

### Formation sur place



### Maintenances sur place



### Service sur place



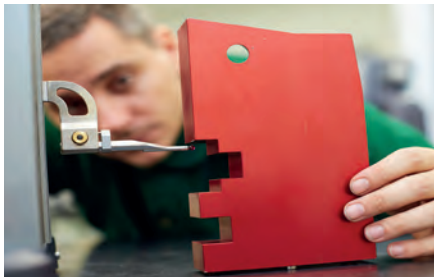
### Service d'étalonnage sur place



### Showroom Urdorf



### Démonstration



### Service d'étalonnage en laboratoire

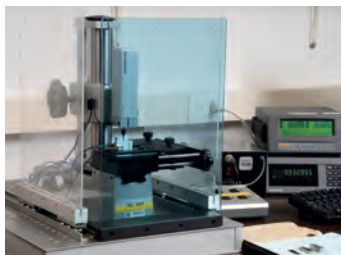


### Séminaire sur la métrologie



### Réparation et service après-vente





**Service de calibrage en laboratoire**    **Mesures en sous-traitance**

**Service de calibrage sur place**    **Gestion des moyens de**

**Maintenances sur place**    **contrôle**

**Réparations**    **Conseil**

**Devis**    **Présentations**

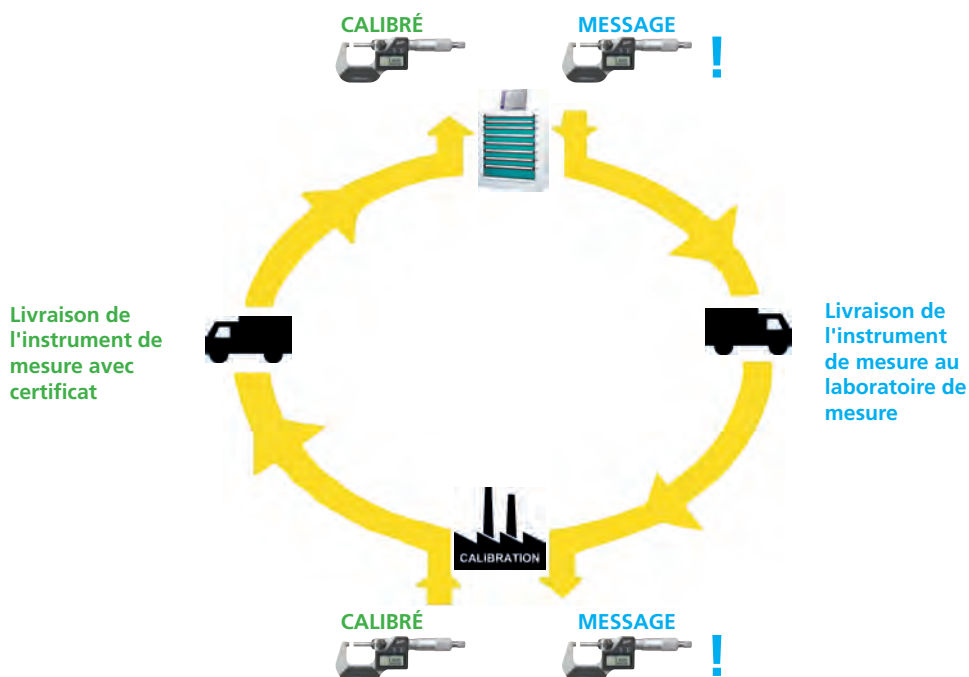
**Appareils en location**    **Formations**

**Gravures laser**    **Qualifications**

### Cycle de gestion des moyens de contrôle

Afin de s'assurer que les mesures effectuées fournissent des résultats corrects, les instruments de mesure doivent être contrôlés à des intervalles adéquats.

La gestion des moyens de contrôle permet de s'assurer que ces derniers sont en état de marche et que leur disponibilité est clairement définie. Une gestion efficace des moyens de contrôle permet de réaliser de grandes économies grâce à des intervalles de calibrage réguliers (pas de mesures incorrectes ni de temps d'attente).



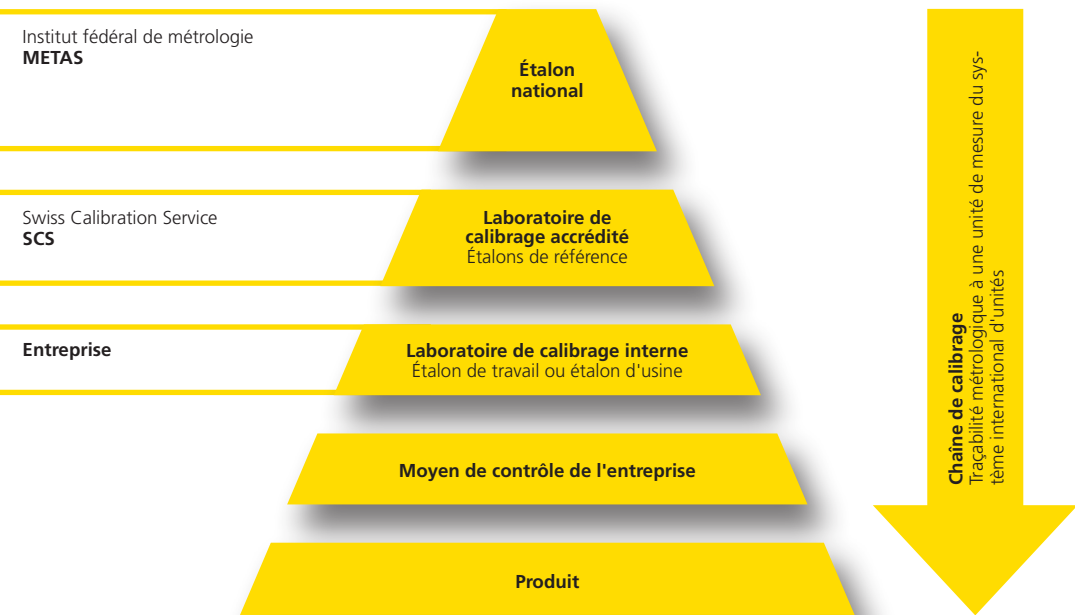
**Hiérarchie de calibrage**

Idéalement, chaque résultat de mesure est traçable jusqu'à un étalon national. Pour ce faire, des services de calibrage (METAS et SCS) ont été mis en place. La chaîne de calibrage permet d'assurer cette traçabilité.

**Ordre**

Dans l'ordre, la chaîne va d'un étalon national à un moyen de contrôle utilisé exclusivement dans l'entreprise, le résultat de chaque calibrage dépendant du résultat du calibrage précédent.

Il est à noter que l'incertitude de mesure augmente au fil des calibrages.



**Commande d'un instrument de mesure avec calibrage**

- 1. Catalogue**  
Sélection de l'instrument de mesure dans le catalogue


- 2. Calibrage**  
Sélection du calibrage sur la liste de prix \*


- 3. Commande**  
Commande de l'instrument de mesure avec calibrage


- 4. Laboratoire de mesure accrédité**  
L'instrument de mesure est directement envoyé à un laboratoire de mesure accrédité


- 5. Envoi**  
Une fois le calibrage effectué, l'instrument de mesure est directement envoyé au client avec le certificat de calibrage



\* La liste de prix de calibrage actuelle est disponible sous <https://info.brw.ch/fr/toolservices/metrologie/calibrage.html>



CAL L1		Longeur	
L1	Pieds à coulisse	L32	Instruments de traçage
L2	Pieds à coulisse de profondeur	L33	Billes de référence
L3	Micromètres de précision	L34	Marbre de contrôle en granit ou en céramique
L3b	Étalon de réglage pour micromètres de précision	L35	Marbre en granit ou en céramique
L4	Micromètres d'intérieur avec trois touches	L36	Règle en granit ou en céramique
L5	Micromètres d'intérieur avec deux touches	L36b	Règle en acier
L6	Micromètres de profondeur	L37	Equerre de contrôle en granit, céramique ou en acier
L7	Butées micrométriques	L38	Règle à filet de précision
L8	Comparateurs à cadran et digitaux	L39	Equerre sans et avec chapeau
L9	Indicateurs à levier	L40	Equerre à filet de précision
L10	Palpeurs électroniques	L41	Réglette en acier, règlette en acier, mètre à ruban, mètre pliant
L12	Palpeurs de mesure rapide interne et externe	L42	Circomètre
L12b	Micro-comparateurs de précision à cadran mécanique	L43	Jauge d'épaisseur
L13	Appareil électronique pour mesure de longueurs	L44	Mesures d'inclinaison, Niveau à bulle
L14	Rapporteurs d'angle	L45	Colonnes de mesure
L15	Tampons lisses seuls	L46	Verres d'interférence plans-parallèles
L15b	Tampons lisses seuls conique	L47	Projecteurs de mesure
L16	Tampons à tolérance	L47b	Microscopes de mesure
L16b	Tampons hexagonal	L48	Télémetre laser
L17	Jeu de jauges tampons	L50	Rugosité
L18	Jauges de contrôle pour micromètres	L53	Vérificateurs d'alésages
L19	Piges (seules)	L54	Mesureurs d'épaisseur
L20	Jeu de piges	L54a	Jauge d'épaisseur à ultrasons (FE/NFE)
L21	Jeu de fils pour la mesure de filetage (3 pièces)	L55	Calibre-mâchoire à indicateur de précision avec comparateur
L22	Tampon de filetage (seules)	L56	Banc de mesure avec comparateur
L23	Tampons filetés à tolérance	L57	Banc de mesure horizontal
L24	Bagues lisses	L58	Instruments de mesure horizontaux (LAB)
L25	Bagues filetées	L59	Plateau circulaire 360°
L26	Calibre-mâchoires	L60	Banc d'essai MECMESIN
L27	Cales-étalons parallèles (seules)	L100	Bagues de références
L28	Cales-étalons parallèles (jeu)	L101	Tampons lisses (seuls) circularité (forme)
L29	Étalon de réglage pour micromètres d'extérieur	L102	Tampons à tolérance circularité (forme)
L30	Étalons de réglage pour pieds à coulisse	L103	Piges (seules) circularité
L31	Mesureurs verticaux		
CAL C1		Couple	
C1	Clé et tournevis dynamométrique	C3	Boulonneuse pneumatique
C2	Couplemètre de précision (p.e. Tohnichi ATG, BTG)	C4	Appareil de contrôle du couple
CAL F1		Force	
F1	Balances à ressort	F3	Tensiomètre de câble
F2	Dynamomètres		
CAL M1		Masse	
M1	Balances		
CAL P1		Pression	
P1	Manomètres	P2	Calibrateur de pression
CAL T1		Température - Humidité	
T1	Thermomètre	T6	Four
T2	Thermomètre avec 1 Sonde de température	T7	Calibrateur de température
T2a	Thermomètre avec 1 Sonde temperature et humidité	T8	Chambres climatiques
T3	Thermomètre infrarouge	T9	Temperatur sensor pour system de mesure avec laser
T4	Thermomètre ambiencie	T10	Thermocouple pour modules (type K)
T5	Thermomètre et enregistreur de données		
CAL Lx		Luxmètre	
Lx	Luxmètre		
CAL E1		Électriques	
E1	Multimètres	E31	Analyse qualité réseau
E5	Oszilloskop	E18	LCR-mètre
E9	Sonde de tension	E19	Ohmmètre
E11	Pince ampèremétrique	E37	Résistance et boîte de décade
E14	Compteur de fréquence	E21	Testeur d'isolement
E15	Générateur de fonction	E38	Sonomètre
E16	Tester d'installation NIN/IV	E39	Chronomètre
E23	Alimentateur	E40	PAT Tester (appareil pour secutest selon VDE0701/0702)
E17	Générateur de fonction	E41	Testeur haute tension (HiPot)
E26	Calibrateur de procès	E42	Détecteur haute tension
CAL D1		Service complémentaires	
D1	Mesures différents	D4	Coûts de voyage (sur site)
D2	Mesure sur place (sur site)	D8	Étalonnage Express
D3	Services divers	D9	Divers



## Certificat d'étalonnage SCS

(équivalent à DAKKS (D), UKAS (GB), ACCREDIA (I))

Peut être établi exclusivement par des laboratoires accrédités. Un certificat SCS est reconnu au sein des états membres de l'EA (European cooperation for Accreditation).

Le certificat SCS confirme l'étalonnage d'un appareil de mesure au moyen d'un process ayant été validé par un institut national compétent, comme le METAS de l'Eidg. Institut für Messwesen à Berne. L'avantage d'appareils de mesure traçables par des normes nationales (et donc en règle générale également par des normes internationales) est la comparabilité des résultats de mesure à l'échelle mondiale.

Conformément aux accords internationaux (ILAC), seuls les laboratoires de contrôle accrédités (laboratoires d'étalonnage) selon la norme EN ISO/CEI 17025 sont autorisés à effectuer des étalonnages traçables, et ainsi à garantir la comparabilité internationale des résultats d'étalonnage.

## Certificat d'étalonnage ISO 9000

Le certificat d'étalonnage ISO 9000 est établi par des laboratoires d'étalonnage garantissant la traçabilité des mesures selon les normes nationales, mais ne possédant pas l'accréditation correspondante.

La mesure comparative s'effectue selon des procédures internes qui satisfont aux exigences de la norme ISO 9001 ou ISO TS16949. Les process utilisés, la qualification du laboratoire et les compétences techniques des collaborateurs du laboratoire influent sur la valeur technique du certificat.

Le certificat ISO 9000 contient les données relatives à l'identification de l'appareil, les conditions de mesure appliquées, les conditions ambiantes et les résultats de mesure.

## Certificat de conformité

Est délivré par le laboratoire d'étalonnage, qui confirme la conformité de l'appareil de mesure avec les données techniques issues des documents du fournisseur pour les paramètres de base de l'appareil de mesure.

Le certificat de conformité confirme la qualité de l'appareil de mesure contrôlé en rendant un avis : « conforme ou non conforme ». Aucun résultat de mesure absolu n'est émis.

La qualité du document est garantie par la traçabilité des étalons utilisés.

## Capacité du moyen de mesure

La capacité du moyen de mesure a pour objectif de définir les divergences systématiques et/ou aléatoires d'un appareil de mesure et si nécessaire, de prendre des mesures correctives ou de modifier la procédure de mesure.

### Méthode 1

- Les valeurs caractéristiques de capacité  $C_g$  et  $C_{gk}$  permettent la prise d'une décision indiquant si un dispositif de mesure utilisé avec un étalon est adapté pour l'utilisation prévue dans les conditions de service.
- Une pièce maîtresse (étalon) est mesurée au moins 25 fois. Aucune influence de l'opérateur. Les grandeurs de capacité  $C_g$  et  $C_{gk}$  sont calculées. Ces deux valeurs correspondent aux valeurs  $C_p$  et  $C_{pk}$  dans l'analyse de capacité du process.

### Méthode 2

- La méthode 2 détermine essentiellement l'influence de l'opérateur. La valeur caractéristique  $R\&R$  (repeatability (répétabilité) and reproducibility (comparabilité)) est ici utilisée pour estimer si le dispositif de mesure est adapté.
- Dix pièces, dont les masses n'ont pas à être connues sont mesurées au moins deux fois par deux opérateurs différents. S'en suit un certain nombre d'étapes mathématiques simples au cours desquelles il faut se référer à des tableaux très spécifiques (limites d'accès pour les cartes de régulation de qualité – niveau de confiance par ex. 99.73%). Le résultat obtenu correspond à des dispersions en pourcentage plus ou moins réparties. L'avantage de cette méthode réside dans le fait qu'elle ne nécessite ni connaissances mathématiques approfondies, ni logiciel spécifique.

### Méthode 3

Il s'agit d'un cas particulier de la méthode 2 qui est utilisé pour les systèmes de mesure qui ne présentent aucune influence de l'opérateur (par ex. dispositif de mesure mécanisé, automates de contrôle, etc.).

Le calcul s'effectue comme pour la méthode 2, toutefois avec un testeur.



## Mètre

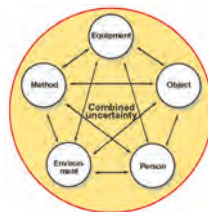
Un mètre est défini comme la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une durée de  $1/299'792'458$  seconde.

## Accréditation

Homologation formelle de la compétence d'un organisme d'étalonnage, de contrôle, d'inspection ou de certification, selon des exigences internationales déterminantes, lui permettant d'effectuer des contrôles et évaluations de conformité définis.

## Incertitude de mesure

Un résultat de mesure approximatif pour la valeur réelle d'une grandeur de mesure doit toujours comporter l'indication d'une incertitude de mesure. Cette incertitude limite une plage de valeurs dans laquelle se trouve la valeur réelle de la grandeur de mesure avec une probabilité à indiquer (les plages sont généralement comprises entre environ 68% et 95%). La valeur estimative utilisée comme résultat de mesure ou comme valeur de mesure individuelle devant déjà être corrigée d'après les divergences systématiques connues.



## Traçabilité

Une valeur de mesure traçable se base toujours sur une chaîne ininterrompue de mesures comparatives basées sur une norme nationale ou internationale reconnue. Pour chacune de ces mesures comparatives, l'étalonnage s'effectue en se basant sur une norme de valeur supérieure issue de la hiérarchie d'étalonnage (voir page 2).

## Étalon

Mesure matérialisée/étalon, appareil de mesure, matériel de référence ou dispositif de mesure ayant pour objectif de définir, matérialiser, préserver ou reproduire une ou plusieurs valeur(s) de grandeur. Un étalon possède un étalonnage qui par une chaîne ininterrompue d'étalonnages est lié aux définitions des unités du système international. Les **instituts nationaux de métrologie** sont en charge de la mise en œuvre du système international, par ex. :

Pour l'Allemagne :	le <b>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</b> (PTB)
Pour la Suisse :	l' <b>Eidgenössische Institut für Metrologie</b> (METAS)
Pour l'Autriche :	le <b>Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen</b> (BEV)
Pour la Grande-Bretagne :	le <b>National Physical Laboratory</b> (NPL)
Pour les États-Unis :	le <b>National Institute of Standards and Technology</b> (NIST)

## Étalonnage

L'étalonnage est un processus de mesure permettant de constater et de consigner de manière reproductible et fiable la divergence entre un appareil de mesure et un autre appareil ou une autre mesure matérialisée (étalon), qui est désigné dans ce cas comme l'étalon.

## Ajustage

Le terme d'ajustage désigne le réglage le plus exact possible par une intervention professionnelle. Il s'agit de préférence du réglage d'un dispositif de mesure ou de son afficheur, de telle sorte que les divergences de mesure restent les plus faibles possibles ou ne dépassent pas les limites d'erreur admissibles.

## Jaugeage

Le jaugeage désigne la succession d'opérations réalisée par une administration ou un organisme agréé pour contrôler et confirmer qu'un moyen de mesure satisfait aux prescriptions légales. (par ex. pour les balances)





## Divergences de mesure

De manière générale, il est possible de distinguer cinq catégories de divergences de mesure :

***Précision, précision de répétition, précision de comparaison, linéarité et stabilité.***

### **Précision, exactitude, divergence de mesure systématique**

La précision ou l'exactitude est déterminée par une mesure répétée d'un seul et même échantillon. Pour ce faire, une comparaison est réalisée entre la valeur moyenne des valeurs de mesure relevées et la valeur caractéristique réelle de l'échantillon. La différence entre la valeur moyenne et la valeur réelle est désignée comme la divergence de mesure systématique. En fonction de cette différence, un avis est rendu sur la précision du moyen de mesure.

### **Précision de répétition, répétabilité**

Pour l'évaluation de la précision de répétition, le même échantillon est mesuré plusieurs fois successivement par le même opérateur et avec le même moyen de mesure. L'échantillon est toutefois toujours retiré et remis en place entre les différentes mesures. La divergence standard des valeurs de mesure est ainsi une grandeur pour la précision de répétition.

### **Précision de comparaison, traçabilité**

Pour calculer la précision de comparaison, le même échantillon est soumis à des mesures par des opérateurs différents, à des endroits différents ou avec plusieurs appareils du même type, selon une procédure de mesure définie. En règle générale, il existe deux ou trois opérateurs qui mesurent plusieurs fois de suite les mêmes échantillons, ou le même opérateur répète la même procédure de mesure à des endroits différents ou avec des appareils différents. Lors d'un examen, une seule des trois variables (opérateur, endroit, appareil) doit être modifiée à la fois. La grandeur pour la précision de comparaison correspond donc aux différences entre les valeurs moyennes observées par chacun des opérateurs (ou à chacun des endroits ou avec chacun des appareils).

### **Stabilité**

Pour l'examen de la stabilité, un seul et même échantillon est soumis à plusieurs mesures avec le même équipement d'appareil, au même endroit et par le même opérateur à des intervalles définis, selon une procédure de mesure définie. La valeur moyenne des valeurs de mesure est calculée à l'issue de chaque série de mesures. Les différences entre les valeurs moyennes observées aux différents moments sont alors utilisées comme grandeur pour la stabilité du moyen de mesure.

### **Linéarité**

Pour l'examen de la linéarité, plusieurs échantillons dont les valeurs caractéristiques couvrent l'ensemble de la plage de valeurs attendue en pratique sont soumis à des mesures par le même opérateur et avec le même moyen de mesure au même endroit, et selon une procédure définie. Chaque échantillon est mesuré plusieurs fois. La valeur moyenne des valeurs de mesure observées est alors calculée pour chaque échantillon. La différence entre la valeur réelle et la valeur moyenne observée (cf. Précision) est alors calculée pour chaque échantillon. Si ces différences varient et si elles sont si importantes qu'elles ne peuvent être simplement considérées comme une dispersion aléatoire, alors le comportement du moyen de mesure n'est pas linéaire.



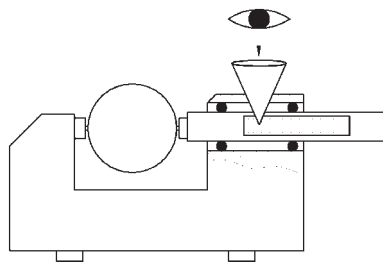
**Règles de base générales**

Une mesure ne remplit son rôle que si elle est fiable et réalisée avec le soin nécessaire. Les règles de base générales suivantes doivent donc être respectées :

- La zone à mesurer sur l'objet testé et la zone de comparaison sur la représentation de la mesure ou l'élément à mesurer doivent être alignées dans le sens de mesure. Dans le cas des barres de mesure, la zone à mesurer doit ensuite former le prolongement en ligne droite de la partie servant de barre de mesure (principe de mesure mécanique d'Abbe).
- Il faut toujours utiliser l'appareil de mesure ou l'équipement de mesure approprié et doté de la précision nécessaire pour réaliser la mesure.
- La précision de mesure et l'état de l'équipement de mesure doivent être contrôlés à des intervalles réguliers définis (contrôle de l'équipement de mesure). Un équipement de mesure inutilisable ou imprécis ne doit plus être utilisé (même dans la production).
- La mise à zéro des équipements de mesure réglables doit à nouveau être contrôlée.
- Le point de lecture doit être observé verticalement afin d'éviter tout parallaxe.
- Il faut veiller à un éclairage correct et sans éblouissement du poste de mesure.
- Les équipements de mesure et les représentations des mesures, comme par ex. les pieds à coulisse, doivent être utilisés avec délicatesse. Saisir uniquement au niveau des éléments de poignée prévus à cet effet (protection thermique).
- Les surfaces de mesure des pièces et l'équipement de mesure doivent être nettoyés avant la mesure. Les pièces doivent être ébarbées avant la mesure.
- Il faut s'assurer que la pression de mesure est correcte pour les équipements et appareils de mesure. L'ancienne règle « Ne mesure pas avec force, mais avec finesse » reste toujours aussi valide !
- Lors des mesures fines, il faut faire attention à la température de référence de 20 °C (laisser refroidir les points de mesure chauffés par l'usinage).

**Principe d'Abbe**

Ernst Abbe, l'un des fondateurs des usines Carl Zeiss à Jena, a établi le principe suivant en 1893 : la zone à mesurer sur l'objet testé et la zone de comparaison sur la représentation de la mesure doivent être alignées dans le sens de mesure. Ce principe est utilisé dans le principe « comparateur ».



**Indice de protection IP**

L'« indice de protection » est la désignation d'une protection d'appareil contre les contacts directs et contre la pénétration de corps étrangers tels que des objets, de la poussière ou de l'eau. Les classes internationales de protection « IP » (International Protection) définissent le degré de résistance contre ces sollicitations. Les normes IP (DIN EN 60529) décrivent les classes de protection respectives.

Premier code : <b>Degrés de protection pour la protection contre les contacts et les corps étrangers</b>			Deuxième code : <b>Degrés de protection pour la protection contre l'eau</b>		
Code	Dénomination	Explication	Code	Dénomination	Explication
0	Aucune protection	La pénétration de corps étrangers solides n'est pas empêchée par des mesures de protection particulières.	0	Aucune protection	La pénétration d'eau n'est pas évitée par des mesures de protection particulières.
1	Protection contre les corps étrangers de grande taille	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 50 millimètres.	1	Protection contre les gouttes d'eau verticales	Les gouttes d'eau verticales qui tombent sur l'appareil ne doivent avoir aucune influence néfaste.
2	Protection contre les corps étrangers de taille intermédiaire	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 12,5 millimètres.	2	Protection contre les gouttes d'eau diagonales	Les gouttes d'eau verticales ne doivent avoir aucune influence négative lorsque le moyen de production est incliné avec un angle jusqu'à 15 degrés par rapport à son orientation normale.
3	Protection contre les corps étrangers de petite taille	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 2,5 millimètres.	3	Protection contre l'eau vaporisée	Protection contre l'eau qui tombe sur l'appareil avec un angle quelconque jusqu'à 60 degrés par rapport à la verticale.
4	Protection contre les corps étrangers granulaires	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 1 millimètres.	4	Protection contre les projections d'eau	Les projections d'eau dans toutes les directions contre le boîtier ne doivent avoir aucune influence néfaste.
5	Protection contre les poussières	La pénétration de poussières ne doit pas nécessairement être totalement évitée, mais toutefois dans une certaine mesure, de telle sorte que le fonctionnement et la sécurité de l'appareil ne sont pas entravés.	5	Protection contre les jets d'eau	Un jet d'eau dirigé sur le boîtier dans n'importe quelle direction ne doit avoir aucune influence néfaste.
6	Étanche à la poussière	La pénétration de poussière est totalement évitée.	6	Protection contre les jets d'eau puissants	Les projections d'eau sous la forme de jets d'eau puissants dans toutes les directions contre l'appareil ne doivent avoir aucune influence néfaste.
			7	Protection en cas d'immersion temporaire	En cas d'immersion temporaire à une profondeur d'1 mètre, à partir de l'arête inférieure de l'appareil, la quantité d'eau pénétrant dans l'appareil doit rester suffisamment faible pour que le moyen de production ne soit pas endommagé.
			8	Protection en cas d'immersion prolongée dans l'eau	Le moyen de production convient pour une immersion prolongée dans l'eau. Les conditions doivent être définies entre le fabricant et l'utilisateur, mais doivent toutefois être d'une efficacité supérieure aux indications mentionnées pour le code 7.

**Exemple Indice de protection IP65 : contre « pénétration de poussière » et « jet d'eau »**





## Concepts de métrologie

### Plage d'affichage

La plage d'affichage correspond à la plage entre l'affichage minimal et maximal d'un appareil de mesure.

### Plage de mesure

La plage de mesure d'un appareil de mesure à affichage est la plage des valeurs de mesure dans laquelle les limites d'erreur prescrites ou convenues ne sont pas dépassées.

### Écart de mesure

La plage d'affichage correspond à la plage entre l'affichage minimal et maximal d'un appareil de mesure.

### Plage de réglage

La plage de réglage correspond à la plage d'une grandeur de mesure, de laquelle la plage de mesure peut être déplacée.

### Domaine d'application

Le domaine d'application est égal à la somme de la plage de réglage et de la plage de mesure. Remarque : chaque plage est identifiée par sa valeur initiale et sa valeur terminale.

### Grandeur de mesure

Grandeur physique qui s'applique pour la mesure, c'est-à-dire qu'il s'agit de la longueur à mesurer ou mesurée ou de l'angle à mesurer ou mesuré.

### Valeur de mesure

La valeur de mesure est la valeur déterminée par la mesure, elle correspond donc à la grandeur de mesure et est affectée à la valeur fournie (par ex. affichage) d'un appareil ou d'un dispositif de mesure. Une valeur de mesure est indiquée sous la forme d'un produit composé d'une valeur chiffrée et d'une unité. La valeur de mesure se compose de la valeur réelle et des divergences de mesure aléatoires et systématiques.

### Résultat de mesure

La valeur de mesure, corrigée des divergences de mesure systématiques connues, donne le résultat de mesure. Le résultat de mesure est à nouveau entaché d'une incertitude de mesure, qui comprend à la fois les divergences de mesure systématiques inconnues et aléatoires.

### Valeurs limites d'une caractéristique de métrologie MPL

Pour un dispositif de mesure par des spécifications, normes d'usine, etc., valeurs extrêmes pour une caractéristique de métrologie.

### Valeurs limites pour les divergences de mesure pour une caractéristique de métrologie MPE

Pour un dispositif de mesure par des spécifications, normes d'usine, etc., valeurs extrêmes pour une divergence de mesure d'une caractéristique de métrologie.

### Précision de répétition

Il s'agit de la propriété d'un appareil de mesure à restituer des résultats de mesures successives dans une direction de mesure identique et dans la même grandeur de mesure, et réalisés dans des conditions de mesure identiques. La précision de répétition doit s'exprimer comme la divergence standard des valeurs caractéristiques de dispersion. La précision de répétition est une information importante pour estimer l'incertitude de mesure.

### Limite de répétition

La limite de répétition est la valeur limite pour la précision de répétition.

### Limites d'erreur G

Les limites d'erreur correspondent aux « valeurs limites pour les divergences de mesure pour une caractéristique de métrologie MPE ». Les limites d'erreur sont des valeurs pour les divergences limites d'un appareil de mesure. Le cas normal en métrologie pratique correspond à des limites d'erreur symétriques. Pour ces limites, une seule valeur est indiquée sans signe positif ou négatif.

### Écart de divergence

L'écart de divergence est la différence d'ordonnée entre les points maximal et minimal dans le diagramme de divergence. L'écart de divergence s'applique toujours pour l'écart de mesure total ou la plage de mesure, ou pour un écart de mesure partiel et une plage de mesure partielle. Il est calculé grâce à des mesures dans un sens (sans changement du sens d'action de la force de mesure), c'est-à-dire avec une touche de mesure rentrante. L'écart de divergence total est calculé grâce à des mesures dans les deux sens (avec changement du sens d'action de la force de mesure), c'est-à-dire avec une touche de mesure rentrante et sortante.

### Hystérésis (de la valeur de mesure)

L'hystérésis (de la valeur de mesure) est la différence déterminée des affichages d'un appareil de mesure, lorsque dans des conditions de mesure identiques la même valeur de grandeur de mesure est mesurée pour des valeurs qui augmentent et qui diminuent. L'hystérésis (de la valeur de mesure) doit s'exprimer comme la divergence standard des valeurs caractéristiques de dispersion. L'hystérésis (de la valeur de mesure) peut être défini grâce à des mesures individuelles à un endroit quelconque de l'écart de mesure ou de la plage de mesure, ou être relevé dans le diagramme de divergence totale.

### Force de mesure

En métrologie, la force de mesure définit la force délivrée à chaque mesure par l'appareil ou le dispositif de mesure, et qui s'exerce sur l'objet à mesurer.

La géométrie, le matériau et la force de mesure du palpeur ont une influence significative sur le résultat de mesure.

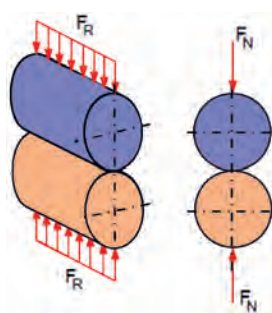
La pression hertzienne doit, entre autres, être prise en considération. Elle est différente selon la géométrie et le matériau du palpeur et provoque un aplatissement des surfaces de contact. Si deux corps bombés entrent en contact, par exemple deux billes ou deux cylindres croisés, il en résulte une ellipse de contact. Dans le cas de deux cylindres parallèles, il en résulte au contraire une surface de contact rectangulaire.

Plus la surface de mesure est petite, plus la pression hertzienne est élevée et donc également l'erreur de mesure due à la déformation.

Pour pouvoir comparer des valeurs de mesure entre elles, il est impérativement nécessaire que les surfaces de mesure soient identiques en terme de géométrie et qu'elles soient soumises à une force identique.

Peu d'appareils de mesure tactiles offrent la possibilité de réduire la force de mesure à moins de 1 mN pour minimiser l'influence de la pression hertzienne et éviter une déformation, voire un endommagement de l'échantillon.

Une alternative consiste à utiliser la métrologie optique et sans contact. Les limites étant ici la longueur d'onde de la lumière (env. 0.6  $\mu\text{m}$ ) et les effets tels que la diffraction de Fraunhofer ou la dispersion, de telle manière qu'une précision inférieure à 1  $\mu\text{m}$  n'est plus possible pour les mesures de haute précision. Selon le type d'éclairage et son intensité, les résultats sont plus ou moins prononcés.





**Affichage**

L'affichage correspond à l'information sur la valeur de mesure que les sens humains sont capables de détecter immédiatement. Il peut être rendu de manière visuelle, sonore ou d'autres manières. Sur les appareils de mesure à affichage, une distinction est faite entre l'affichage gradué, l'affichage à chiffres et les autres types d'affichage. Sur les mesures matérialisées, les inscriptions correspondent aux affichages.

*Remarque : les normes réservent les termes « analogique » et « digital » pour la différenciation des procédés de mesure. Ces termes ne doivent pas être utilisés pour la désignation d'affichages.*

**Affichage gradué**

Un affichage gradué correspond à l'état lisible d'un repère sur une échelle graduée.

**Échelle graduée**

Une échelle graduée (division) est la succession d'un certain nombre de graduations sur un support d'échelle.

**Espacement des graduations**

L'espacement des graduations d'une échelle graduée correspond à la distance mesurée en unités de longueur entre deux graduations avoisinantes le long de la trajectoire de la marque de lecture (par ex. pointe de l'indicateur).

**Échelle partielle**

Partie d'une échelle entre deux graduations successives.

**Valeur d'une graduation**

La valeur d'une graduation est la somme de la différence entre les valeurs correspondant à deux graduations successives. La valeur d'une graduation est indiquée dans l'unité figurant sur l'échelle.

**Valeur du vernier**

La valeur du vernier est le changement de valeur de la grandeur de mesure qui entraîne un changement d'une d'échelle partielle de la division du vernier sur l'affichage.

**Affichage à chiffres**

L'affichage à chiffres est l'affichage sous la forme d'un nombre (suite de chiffres).

**Division**

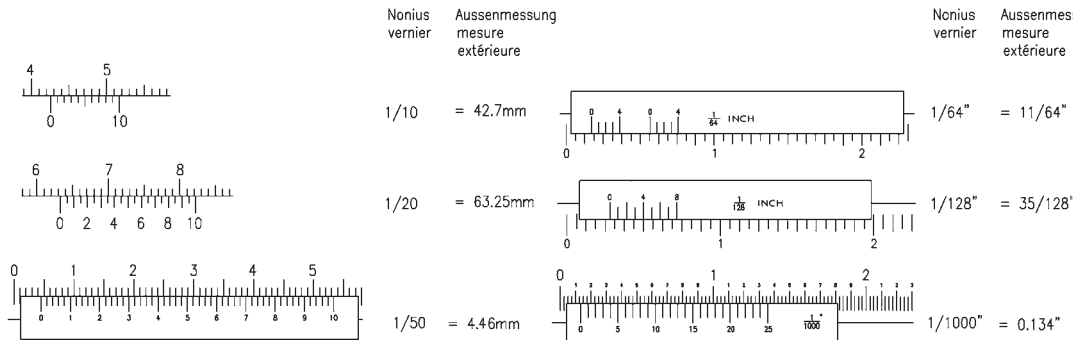
La division est la différence entre deux chiffres successifs du dernier chiffre d'une échelle numérique.

**Échelle numérique**

Une échelle numérique est une succession de chiffres (généralement de 0 à 9) sur un support. Sur une échelle numérique à plusieurs chiffres, les échelles numériques à un seul chiffre sont placées côte à côte avec une graduation décimale.

**Résolution**

La résolution est le changement d'une valeur chiffrée sur l'affichage. La résolution, qui correspond à la valeur d'une graduation, est indiquée dans l'unité de la grandeur de mesure.





Préfixes et particules préfixes			
da = Deka = 10 <sup>1</sup>		d = Dezi = 10 <sup>-1</sup>	
h = Hekto = 10 <sup>2</sup>		c = Zenti = 10 <sup>-2</sup>	
k = Kilo = 10 <sup>3</sup>		m = Milli = 10 <sup>-3</sup>	
M = Mega = 10 <sup>6</sup>		μ = Mikro = 10 <sup>-6</sup>	
G = Giga = 10 <sup>9</sup>		n = Nano = 10 <sup>-9</sup>	
T = Tera = 10 <sup>12</sup>		p = Piko = 10 <sup>-12</sup>	
P = Peta = 10 <sup>15</sup>		f = Femto = 10 <sup>-15</sup>	
E = Exa = 10 <sup>18</sup>		a = Atto = 10 <sup>-18</sup>	

Unités de travail					
	J	kW h	[kp·m]	[kcal]	[PS·h]
1 J <sup>2)</sup> =	1	0.278·10 <sup>-6</sup>	0.102	0.239·10 <sup>-3</sup>	0.378·10 <sup>-6</sup>
1 kW h =	3.60·10 <sup>6</sup>	1	367·10 <sup>3</sup>	860	1.36
[1 kp·m] =	9.81	2.72·10 <sup>-6</sup>	1	2.345·10 <sup>-3</sup>	3.70·10 <sup>-6</sup>
[1 kcal] =	4186.8	1.16·10 <sup>-3</sup>	426.9	1	1.58·10 <sup>-3</sup>
[1 PS h] =	2.65·10 <sup>6</sup>	0.736	0.27·10 <sup>6</sup>	632	1

Unités de longueur						
	m	μm	mm	cm	dm	km
1 m =	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10	10 <sup>-3</sup>
1 μm =	10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup>
1 mm =	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-6</sup>
1 cm =	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>4</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup>
1 dm =	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-4</sup>
1 km =	10 <sup>3</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	1

Unités de puissance					
	W	kW	[kp·m/s]	[kcal/h]	[PS]
1 W <sup>3)</sup> =	1	10 <sup>-3</sup>	0.102	0.860	1.36·10 <sup>-3</sup>
1 kW =	1000	1	102	860	1.36
[1 kp·m/s] =	9.81	9.81·10 <sup>-3</sup>	1	8.43	13.3·10 <sup>-3</sup>
[1 kcal/h] =	1.16	1.16·10 <sup>-3</sup>	0.119	1	1.58·10 <sup>-3</sup>
[1 PS] =	736	0.736	75	632	1

Unités de longueur (suite)						
	mm	μm	nm	[Å] <sup>1)</sup>	pm	[mÅ] <sup>2)</sup>
1 mm =	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>
1 μm =	10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
1 nm =	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	10	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>
[1 Å] =	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
1 pm =	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	1	10
[1 mÅ] =	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-1</sup>	1

Unités de vide			
Dépression [mm Hg]	Vide [%]	Pression absolue [mbar]	Dépression [mbar]
0	0	1000	0
-75	10	900	-100
-100	13.3	867	-133
-150	20	800	-200
-200	26.7	733	-267
-225	30	700	-300
-300	40	600	-400
-375	50	500	-500
-400	53.3	467	-533
-450	60	400	-600
-500	66.7	333	-667
-525	70	300	-700
-600	80	200	-800
-675	90	100	-900
-690	92	80	-920
-760	100	0	-1000

Unités de surface						
	m <sup>2</sup>	μm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>
1 m <sup>2</sup> =	1	10 <sup>12</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>-6</sup>
1 μm <sup>2</sup> =	10 <sup>-12</sup>	1	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-18</sup>
1 mm <sup>2</sup> =	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>6</sup>	1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-12</sup>
1 cm <sup>2</sup> =	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>2</sup>	1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-10</sup>
1 dm <sup>2</sup> =	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	1	10 <sup>-8</sup>
1 km <sup>2</sup> =	10 <sup>6</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>8</sup>	1

Unités de volume					
	m <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	dm <sup>3 3)</sup>	km <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> =	1	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>-9</sup>
1 mm <sup>3</sup> =	10 <sup>-9</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-18</sup>
1 cm <sup>3</sup> =	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-15</sup>
1 dm <sup>3</sup> =	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-12</sup>
1 km <sup>3</sup> =	10 <sup>9</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>12</sup>	1

Unités de masse					
	kg	mg	g	dt	t = Mg
1 kg =	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>
1 mg =	10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
1 g =	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>
1 dt =	10 <sup>2</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	1	10 <sup>-1</sup>
1 t = 1 Mg =	10 <sup>3</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10	1

Conversion des unités de température							
°F	°C	°F	°C	°C	°F	°C	°F
-40	-40	105	40.6	-40	-40	105	221
-35	-37.2	110	43.3	-35	-31	110	230
-30	-34.4	115	46.1	-30	-22	115	239
-25	-31.7	120	48.9	-25	-13	120	248
-20	-28.9	125	51.7	-20	-4	125	257
-15	-26.1	130	54.4	-17.8	0	130	266
-10	-23.3	135	57.2	-15	5	135	275
-5	-20.6	140	60	-10	14	140	284
0	-17.8	145	62.8	-5	23	145	293
5	-15.01	150	65.6	0	32	150	302
10	-12.2	155	68.3	5	41	155	311
15	-9.4	160	71.1	10	50	160	320
20	-6.7	165	73.9	15	59	165	329
25	-3.9	170	76.7	20	68	170	338
30	-1.1	175	79.4	25	77	175	347
32	0	180	82.2	30	86	180	356
35	1.7	185	85	35	95	185	365
40	4.4	190	87.8	40	104	190	374
45	7.2	195	90.6	45	113	195	383
50	10	200	93.3	50	122	200	392
55	12.8	205	96.1	55	131	205	401
60	15.6	210	98.9	60	140	210	410
65	18.3	215	101.7	65	149	215	419
70	21.1	220	104.4	70	158	220	428
75	23.9	225	107.2	75	167	225	437
80	26.7	230	110	80	176	230	446
85	29.4	235	112.8	85	185	235	455
90	32.2	240	115.6	90	194	240	464
95	35	245	118.3	95	203	245	473
100	37.8	250	121.1	100	212	250	482

Unités de temps					
	s	ns	μs	ms	min
1 s =	1	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	16.66·10 <sup>-3</sup>
1 ns =	10 <sup>-9</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	16.66·10 <sup>-12</sup>
1 μs =	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	16.66·10 <sup>-9</sup>
1 ms =	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	16.66·10 <sup>-6</sup>
1 min =	60	60·10 <sup>9</sup>	60·10 <sup>6</sup>	60·10 <sup>3</sup>	1
1 h =	3600	3.6·10 <sup>12</sup>	3.6·10 <sup>9</sup>	3.6·10 <sup>6</sup>	60
1 d =	86.4·10 <sup>3</sup>	86.4·10 <sup>12</sup>	86.4·10 <sup>9</sup>	86.4·10 <sup>6</sup>	1440

Unité de force (poids)					
	N <sup>4)</sup>	kN	MN	[kp]	[dyn]
1 N =	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>	0.102	10
1 kN =	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	0.102·10 <sup>3</sup>	10 <sup>8</sup>
1 MN =	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	1	0.102·10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup>

Unités de pression					
	Pa	N/mm <sup>2</sup>	bar	[kp/cm <sup>2</sup> ]	[Torr]
1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> =	1	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	1.02·10 <sup>-5</sup>	0.0075
1 N/mm <sup>2</sup> =	10 <sup>6</sup>	1	10	10.2	7.5·10 <sup>3</sup>
1 bar =	10 <sup>5</sup>	0.1	1	1.02	750
[1 kp/cm <sup>2</sup> = 1 at] =	98100	9.81·10 <sup>-2</sup>	0.981	1	736
[1 Torr] =	133	0.133·10 <sup>-3</sup>	1.33·10 <sup>-3</sup>	1.36·10 <sup>-3</sup>	1

1) Å = Ångström  
 2) 1 mÅ = 1 XE = 1 X-unité  
 3) 1 dm<sup>3</sup> = 1 l = 1 litre  
 4) 1 N = 1 kg m/s<sup>2</sup> = 1 Newton

### Unités fondamentales du système d'unités MKS

Egalement connu système SI (Système International d'unités SI). Désignation complète du système MKSACK (abréviation usuelle dans la mécanique).

M = Mètre (ongueur)  
 A = Ampère (ampérage)  
 K = Kilogramme (masse)

K = Kelvin (température)  
 S = Seconde (temps/heure)  
 C = Candela (lumineuse)

Grandeur	Unité SI et autres unités homologuées			Unités plus homologuées légalement
	Nom	signe	rélation	
<b>espace et temps</b>				
longueur	mètre	<b>m</b>	unité de base	1 fm (Fermi) = 10 <sup>-15</sup> m 1 Å (Ångström) = 10 <sup>-10</sup> m 1 sm (Mille marin) = 1852 m 1 UE (Unité astronom.) = 1.496·10 <sup>11</sup> m 1 pc (Parsec) = 3.0857·10 <sup>16</sup> m
surface	mètre carré are hectare	<b>m<sup>2</sup></b> <b>a</b> <b>ha</b>	1 m <sup>2</sup> = 1 m·m 1 a = 100 m <sup>2</sup> 1 ha = 10000 m <sup>2</sup>	1 b (Barn) = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
volume	mètre cube litre	<b>m<sup>3</sup></b> <b>l, L</b>	1 m <sup>3</sup> = 1 m·m·m 1 l = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> = 1 dm <sup>3</sup>	
angle plan	radian angle degré angle minute angle seconde	<b>rad</b> <b>°</b> <b>'</b> <b>"</b>	1 rad = 1 m/m 1° = (n/180) rad 1' = 1°/60 1" = 1'/60	1 gon (Gon) = (n/200) rad
angle solide	stéradian	<b>sr</b>	1 sr = 1 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup>	
temps / heure	seconde minute heure jour	<b>s</b> <b>min</b> <b>h</b> <b>d</b>	unité de base 1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 d = 86400 s	
vitesse	mètre/seconde kilomètre/heure	<b>m/s</b> <b>km/h</b>	1 km/h = (1/3.6) m/s	1 M (Mach) = ca. 340 m/s 1 Noeud = 0.51444 m/s
vitesse de angle	radian/seconde	<b>rad/s</b>		
accélération	mètre/seconde <sup>2</sup>	<b>m/s<sup>2</sup></b>		1 Gal = 10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup>
accélération de angle	radian/seconde <sup>2</sup>	<b>rad/s<sup>2</sup></b>		
fréquence	Hertz	<b>Hz</b>	1 Hz = 1/s	
nombre de tours	1/seconde 1/minute	<b>1/s</b> <b>1/min</b>	1/s = 1 s <sup>-1</sup> 1/min = 1 min <sup>-1</sup> = (1/60)s <sup>-1</sup>	
<b>mécanique</b>				
masse	kilogramme gramme tonne unité de masse atomique  carat métrique	<b>kg</b> <b>g</b> <b>t</b> <b>u</b>  <b>ct</b>	unité de base 1 g = 10 <sup>-3</sup> kg 1 t = 10 <sup>3</sup> kg 1 u = 1.660 565 5·10 <sup>-27</sup> kg  1 ct = 0.2 g	1 q (quintal) = 100 kg
masse linéique	kilogramme/mètre Tex	<b>kg/m</b> <b>tex</b>	1 tex = 10 <sup>-6</sup> kg/m	1 den (Denier) = (1/9)·10 <sup>-6</sup> kg/m
masse surfacique	kilogramme/mètre <sup>2</sup>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>		
densité	kilogramme/mètre <sup>3</sup>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>		
volume courant	mètre <sup>3</sup> /seconde	<b>m<sup>3</sup>/s</b>		
masse d'électricité	kilogramme/seconde	<b>kg/s</b>		
impulsion	kilogramme·mètre/seconde	<b>kg·m/s</b>	1 kg·m/s = 1 N·s	
couple impulsion	kilogramme·mètre <sup>2</sup> /seconde	<b>kg·m<sup>2</sup>/s</b>	1 kg·m <sup>2</sup> /s = 1 N·s·m	
moment d'inertie de masse	kilogramme·mètre <sup>2</sup>	<b>kg·m<sup>2</sup></b>		1 kp·m·s <sup>2</sup> = 9.50665 kg·m <sup>2</sup>
force	Newton	<b>N</b>	1 N = 1 kg·m/s <sup>2</sup>	1 dyn = 10 <sup>-5</sup> N, 1 kp = 9.806 65 N 1 kpf = 1kg*≈9.806 65 N
couple vitesse	Newton·mètre	<b>N·m</b>		1 kp·m = 9.806 65 N/m <sup>2</sup>
contrainte unitaire	Newton/mètre <sup>2</sup>	<b>N/m<sup>2</sup></b>		1 kp/m <sup>2</sup> = 9.806 65 N/m <sup>2</sup>
pression	Pascal Bar millimètre pression de mercure	<b>Pa</b> <b>bar</b> <b>mm Hg</b>	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa 1 mm Hg = 1.33322·10 <sup>2</sup> Pa	1 atm = 1.01325·10 <sup>5</sup> Pa 1 at = 0.980665·10 <sup>5</sup> Pa 1 torr = 1.33322·10 <sup>2</sup> Pa 1 barye = 0.1 Pa, 1 pz (Pièze) = 10 <sup>3</sup> Pa 1 mm WS = 9.80665 Pa
viscosité dynamique	Pascal·seconde	<b>Pa·s</b>	1 Pa·s = 1 N·s/m <sup>2</sup>	1 P (Poise) = 10 <sup>-1</sup> Pa·s
viscosité cinématique	mètre <sup>2</sup> /seconde	<b>m<sup>2</sup>/s</b>		1St (Stokes) = 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
<b>energie et puissance</b>				
energie, travail, quantité de chaleur	Joule Kilowatt-heure Électronvolt	<b>J</b> <b>kW·h</b> <b>eV</b>	1 J = 1 N·m = 1 W·s 1 kW·h = 3.6 MJ 1 eV = 1.602189·10 <sup>-19</sup> J	1 cal = 4.1868 J, 1 kp·m = 9.80665 J 1 PS·h = 2.6478 MJ, 1 erg = 10 <sup>-7</sup> J 1 th (Thermie) = 4.1855 MJ 1 SKE = 29.3076 MJ
puissance, flux de chaleur	Watt	<b>W</b>	1 W = 1 J/s = 1 N·m/s = 1 V·A	1 PS = 0.735499 kW 1 kcal/h = 1.163 W

Grandeur	Unité SI et autres unités homologuées			Unités plus homologuées légalement
	Nom	signe	relation	
<b>Acoustique</b>				
Niveau de la puissance acoustique	Watt Décibel	<b>W/W</b> <b>dB</b>	Niveau de la puissance acoustique (dB)= $10 \cdot \log \frac{\text{Puissance acoustique (W)}}{10^{-12} \text{W}}$	
Niveau de la pression	Pascal Décibel	<b>Pa</b> <b>dB</b>	Niveau de la pression acoustique (dB)= $20 \cdot \log \frac{\text{Pression acoustique } (\mu\text{Pa})}{20 \mu\text{Pa}}$	
<b>Température et chaleur</b>				
Température	Kelvin Celsius	<b>K</b> <b>°C</b>	Temp. (°C)=Temp. (K)-273,15 Temp. difference: 1 °C=1K	
Capacité calorique Entropie	Joule/Kelvin	<b>J/K</b>		1 kcal/°C=4.1868 J/K 11 Cl (Clausius)= 4.1868 J/K
Capacité calorique spécifique	Joule(kilogramme·Kelvin)	<b>J/(kg·K)</b>		1 kcal/(kg·°C)=4.1868 kJ/kg·K
Energie interne spécifique	Joule/kilogramme	<b>J/kg</b>		1 kcal/kg=4.1868 kJ/kg
Conductibilité thermique	Watt/(mètre·Kelvin)	<b>W(m·K)</b>		1 kcal/(h·m·°C)=1.163 W/(m·K)
Coefficient de transition thermique	Watt/(mètre²·Kelvin)	<b>W/(m²·K)</b>		1 kcal/(h·m²·°C)=1.1163 W/(m²·K)
<b>Electricité, magnétisme et lumière</b>				
Ampérage	Ampere	<b>A</b>	unité de base	
Charge	Coulomb	<b>C</b>	1C =1 A·s; 1A·h=3600 C	
Tension	Volt	<b>V</b>	1V=1 W/A	
Résistance	Ohm	<b>Ω</b>	1Ω=1V/A	
Conductance	Siemens	<b>S</b>	1S=1/Ω	
Capacité	Farad	<b>F</b>	1F=1C/V	
Flux magnétique	Weber	<b>Wb</b>	1Wb=1V·s=1W·s/A	1 Mx (Maxwell) = 10 <sup>-8</sup> Wb
Densité de flux magnétique	Tesla	<b>T</b>	1T=1Wb/m²	1G (Gauss) =10 <sup>-4</sup> T
Inductance	Henry	<b>H</b>	1H=1Wb/A	
Intensité du champ magnétique	Ampere/mètre	<b>A/m</b>		1 Oe (Oersted)=79.5775 A/m
Intensité lumineuse	Candela	<b>cd</b>		1K (bougie int.)=1.019 cd 1 NK (bougie neuf)=1 cd
Luminance	Candela/mètre²	<b>cs/m²</b>		1 sb (Stilb)=10 <sup>4</sup> cd/m² 1 asb (Apostilb)=(1/π) cd/m² 1 La (Lambert)=(1/π)·10 <sup>4</sup> cd/m²
Courant d'éclairage	Lumen	<b>lm</b>	1 lm=1 cd·sr	
Eclairement	Lux	<b>lx</b>	1 lx=1 lm/m²	

**Comparaison des unités anglo-américaines et unités métriques**

**Unités de longueur**

	in	ft	yd	mm	m	km
1 in =	1	0.08333	0.02778	25.4	0.0254	-
1 ft =	12	1	0.3333	304.8	0.3048	-
1 yd =	36	3	1	914.4	0.9144	-
1 mm =	0.03937	3281·10 <sup>-6</sup>	1094·10 <sup>-6</sup>	1	0.001	10 <sup>-6</sup>
1 m =	39.37	3.281	1.094	1000	1	0.001
1 km =	39370	3281	1094	10 <sup>6</sup>	1000	1

**Unités de volume**

	cu in	cu ft	cu yd	cm³	dm³	m³
1 cu in =	1	5.786·10 <sup>-4</sup>	2.144·10 <sup>-5</sup>	16.39	0.01639	1.64·10 <sup>-6</sup>
1 cu ft =	1728	1	0.037	28316	28.32	0.0283
1 cu yd =	46656	27	1	764555	764.55	0.7646
1 cm³ =	0.06102	3532·10 <sup>-6</sup>	1.31·10 <sup>-6</sup>	1	0.001	10 <sup>-6</sup>
1 dm³ =	61.02	0.03532	0.00131	1000	1	0.001
1 m³ =	61023	35.32	1.307	10 <sup>6</sup>	1000	1

**Unités de surface**

	sq in	sq ft	sq yd	cm²	dm²	m²
1 sq in =	1	6.944·10 <sup>-3</sup>	0.772·10 <sup>-3</sup>	6.452	0.06452	64.5·10 <sup>-6</sup>
1 sq ft =	144	1	0.1111	929	9.29	0.0929
1 sq yd =	1296	9	1	8361	83.61	0.8361
1 cm² =	0.155	1.076·10 <sup>-3</sup>	1.197·10 <sup>-4</sup>	1	0.01	0.0001
1 dm² =	15.5	0.1076	0.01196	100	1	0.001
1 m² =	1550	10.76	1.196	10000	100	1

**Unités de masse**

	dram	oz	lb	g	kg	Mg
1 dram =	1	0.0625	0.003906	1.772	0.00177	1.77·10 <sup>-6</sup>
1 oz =	16	1	0.0625	28.35	0.02832	28.3·10 <sup>-6</sup>
1 lb =	256	16	1	453.65	0.4531	4.53·10 <sup>-4</sup>
1 g =	0.5643	0.03527	0.002205	1	0.001	10 <sup>-6</sup>
1 kg =	564.3	35.27	2.205	1000	1	0.001
1 Mg =	564.4·10 <sup>3</sup>	35270	2205	10 <sup>6</sup>	1000	1



Symboles des tolérances et caractéristiques tolérances		Exemples d'application		
		Indication sur le dessin	Zone de tolérance	Interprétation
—	<b>Rectitude</b> d'une ligne ou d'un axe			Chaque ligne saisie de la surface supérieure, parallèle au plan de projection dans lequel l'induction est donnée, doit être contenue entre deux droites parallèles distantes de $t = 0,1$ .  $a = \text{jeder Abstand}$ $a = \text{tout espace}$
				L'axe du cylindre relié au cadre de la tolérance doit être compris dans une zone de tolérance cyl. de $\varnothing t = 0,08$ de diamètre.
□	<b>Planéité</b> d'une surface			La surface doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ .
○	<b>Circularité</b> d'un disque, d'un cylindre, d'un cône etc.			Le pourtour de chaque section droite du disque doit être compris entre deux cercles coplanaires concentriques distants radialement de $t = 0,03$ .
				Le pourtour de chaque section droite du cône doit être compris entre deux cercles coplanaires concentriques distants radialement de $t = 0,1$ .
⊘	<b>Cylindricité</b>			La surface considérée doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont la distance radiale est $t = 0,1$ .
⌒	<b>Forme du profil d'une ligne quelconque</b> (profil ou contour)			Dans chaque section parallèle au plan de la projection, le profil considéré doit être compris entre deux lignes enveloppes des cercles de diamètre $\varnothing t = 0,04$ dont les centres sont situés sur une ligne ayant la forme géométrique théorique exacte.
⊖	<b>Forme du profil d'une surface quelconque</b>			La surface considérée doit être comprise entre deux surfaces enveloppes des sphères de diamètre $\varnothing t = 0,02$ dont les centres sont situés sur une surface ayant la forme géométrique théorique exacte.









tolérances d'orientation	//	<b>Parallélisme</b> d'une ligne (axe) par rapport à une droite de référence (axe)			L'axe tolérance doit être compris dans une zone cylindrique de diamètre $t = 0,03$ parallèle à l'axe de référence A.
		<b>Parallélisme</b> d'une ligne (axe) par rapport à un plan de référence			L'axe toléré doit être compris entre deux plans parallèles distants de $t = 0,01$ . Les plans sont parallèles au plan de référence B.
		<b>Parallélisme</b> d'une surface par rapport à un plan de référence			La surface saisie doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $t = 0,01$ . Les plans sont parallèles au plan de référence D.
		<b>Perpendicularité</b> d'une ligne (axe) par rapport à un plan de référence			L'axe du cylindre doit être compris dans une zone de tolérance cylindriques de $t = 0,01$ de diamètre perpendiculaires au plan de référence A.







Symboles des tolérances et caractéristiques tolérances		Exemples d'application		
		Indication sur le dessin	Zone de tolérance	Interprétation
tolérances d'orientation	⊥	<b>Perpendicularité</b> d'une surface par rapport à un plan de référence 		La surface verticale doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ et perpendiculaires au plan de réf. A.
		<b>Perpendicularité</b> d'une surface par rapport à une ligne de référence 		La face tolérance de la pièce doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ . Les plans sont perpendiculaires par rapport à l'axe de référence A.
	∠	<b>Inclinaison</b> d'une ligne (axe) par rapport à un plan de référence 		L'axe du trou doit être compris entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ et inclinés d'un angle théorique exact de $60^\circ$ par rapport au plan de référence A.
		<b>Inclinaison</b> d'une surface par rapport à une surface de référence 		La surface tolérée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ et inclinés d'un angle théorique exact de $40^\circ$ par rapport au plan de référence A.
Tolérances de battement et de position	⊕	<b>Localisation</b> de lignes, axes ou surfaces entres eux ou par rapport à un ou plusieurs éléments de référence 		L'axe de chaque trou doit être compris dans une zone de tolérance cylindrique de $\varnothing t = 0,08$ , dont l'axe coïncide avec la position théorique exacte du trou considéré par rapport aux plans de réf. A, B et C.
				La surface oblique doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $t = 0,05$ et disposés symétriquement de part et d'autre de la position théorique exacte de la surface par rapport au plan de réf. A et à l'axe de réf. B.
	○	<b>Coaxialité</b> d'un axe par rapport à un axe commun de référence 		L'axe extrait du cylindre tolérance doit être compris dans une zone de tolérance cylindrique de $\varnothing t = 0,08$ ayant pour axe la droite de référence commune A- B.
	≡	<b>Symétrie</b> d'un plan médian ou d'une ligne médiane (axe) par rapport à une droite ou un plan de référence 		Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ et disposés symétriquement au plan médian par rapport à l'élément de réf. A.
				L'axe du trou doit être compris entre deux plans parallèles distants de $t = 0,08$ . Les plans sont disposés symétriquement par rapport au plan passant au milieu des rainures de référence A et B.
	/	/	<b>Battement circulaire radial</b> 	
<b>Battement circulaire axial</b> (profil ou contour) 				Pendant une révolution complète autour de l'axe de réf. A, le battement circulaire axial ne doit pas dépasser la valeur $t = 0,1$ à chaque point de mesurage.
∕∕		<b>Battement total</b> dans la direction radiale (peut être indiqué dans axiale) 		La surface du cylindre doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux ayant une différence de rayons $t = 0,1$ , dont les axes coïncident avec la droite de référence commune A-B.




**Interface de données**









-  Wireless intégré
-  USB
-  TLC
-  RS484
-  RS232
-  Proximity
-  Power
-  PLC

-  MarConnect
-  Bluetooth
-  Opto-RS
-  Digimatic

**Fabrication/garantie**

-  Fabriqué en Europe
-  Fabriqué en Suisse
-  Garantie de 3 ans
-  Garantie de 2 ans


**Modèle**

-  Tolérance réglable
-  Valeurs prédéfinies réglables
-  Commutable MM/POUCES
-  MAX. ou MIN. réglables
-  Verrouiller ou déverrouiller
-  Tige de mesure ronde
-  Tige de mesure rectangulaire
-  Logiciel



**Certificat inclus dans la livraison**

-  Certificat UKAS
-  Certificat SCS
-  Certificat ISO
-  Certificat DAkkS
-  Certificat d'usine
















**Calibrage sur demande**

-  Calibrage sur demande

**Norme**

-  Fabriqué selon la norme DIN
-  Fabriqué selon la norme d'usage

**Indice de protection IP (EN 60529) Matériau**

-  IP 40
-  IP 52
-  IP 42
-  IP 66
-  IP 50
-  IP 67
-  IP 51
-  IP 65
-  IP 54
-  IP 64
-  Acier
-  Inoxydable
-  Métal dur
-  Céramique
-  Trempé

L'indice de protection IP désigne la protection d'un instrument de mesure portatif contre le contact direct et la pénétration de corps étrangers, de poussière ou d'eau. Le premier chiffre fait référence à la protection contre les corps étrangers solides et la poussière, le deuxième chiffre définit la protection contre l'eau.

**IP 65**

Chiffre	Désignation	Explication
0	Aucune protection	Aucune mesure de protection spéciale n'empêche l'entrée de corps étrangers solides
1	Protection contre les corps étrangers de grande taille	Protection contre l'entrée de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 50 mm
2	Protection contre les corps étrangers de taille moyenne	Protection contre l'entrée de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 12,5 mm
3	Protection contre les corps étrangers de petite taille	Protection contre l'entrée de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 2,5 mm
4	Protection contre les corps étrangers de très petite taille	Protection contre l'entrée de corps étrangers solides d'un diamètre supérieur à 1 mm
5	Protection contre la poussière	L'entrée de poussière n'est pas nécessairement complètement empêchée, mais la poussière ne doit pas entrer en quantité suffisante pour compromettre le bon fonctionnement et la sécurité de l'instrument de mesure portatif
6	Étanche à la poussière	Aucune entrée de poussière

Chiffre	Désignation	Explication
0	Aucune protection	Aucune mesure de protection spéciale n'empêche l'entrée d'eau
1	Protection contre les chutes verticales d'eau	Les gouttes d'eau qui tombent à la verticale sur l'instrument de mesure portatif ne doivent pas avoir d'effet néfaste.
2	Protection contre les chutes de gouttes d'eau en biais	Les gouttes d'eau tombant à la verticale ne doivent pas avoir d'effet néfaste lorsque l'équipement est incliné jusqu'à 15 degrés par rapport à sa position normale
3	Protection contre la pulvérisation d'eau	Protection contre l'eau chutant sur l'instrument de mesure à un angle allant jusqu'à 60 degrés par rapport à la verticale
4	Protection contre les projections d'eau	L'eau projetée contre le boîtier depuis n'importe quelle direction ne doit pas avoir d'effet néfaste
5	Protection contre les jets d'eau	Un jet d'eau dirigé contre le boîtier depuis n'importe quelle direction ne doit pas avoir d'effet néfaste
6	Protection contre les jets d'eau puissants	L'eau projetée contre l'instrument de mesure depuis n'importe quelle direction sous forme de jet puissant ne doit pas avoir d'effet néfaste
7	Protection contre l'immersion temporaire	En cas d'immersion temporaire dans l'eau à une profondeur d'1 mètre par rapport au bord inférieur du dispositif de mesure portatif, le volume d'eau pénétrant dans l'instrument de mesure portatif ne doit pas être suffisamment important pour endommager l'instrument.
8	Protection contre l'immersion permanente	L'instrument de mesure portatif est adapté à une immersion permanente dans l'eau. Les conditions doivent être convenues individuellement entre le fabricant et l'utilisateur mais doivent dépasser les spécifications du chiffre 7