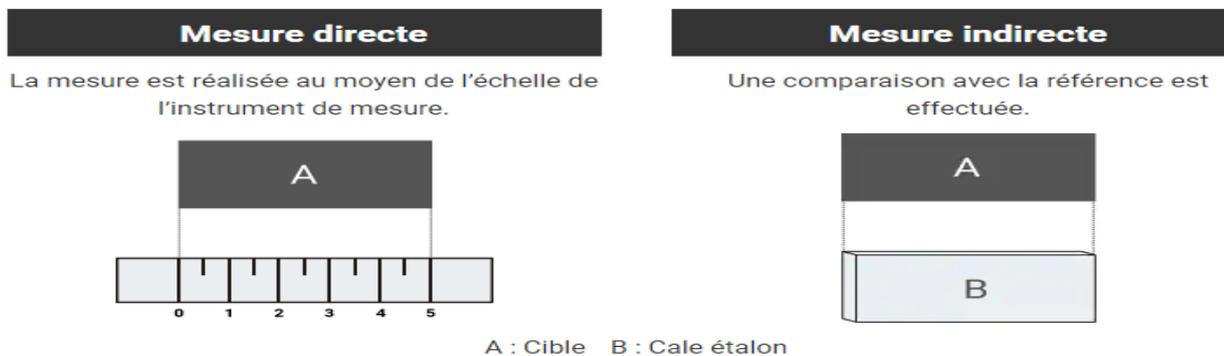


Chapitre II DIFFERENTS TYPES DE MESURES

II. Les Instruments Mécaniques :

Il existe deux méthodes pour réaliser des mesures dimensionnelles : la mesure directe et la mesure indirecte. La mesure directe consiste à mesurer directement les dimensions de la cible au moyen d'un instrument tel qu'un pied à coulisse, un micromètre ou une machine à mesurer tridimensionnelle. Les mesures réalisées sont appelées mesures absolues. La plage de mesure admissible est relativement étendue, en fonction de l'échelle de l'instrument de mesure, mais cette méthode présente un risque d'erreur car le résultat repose sur la lecture correcte de l'échelle.

La mesure indirecte consiste à mesurer les dimensions au moyen d'un instrument de mesure tel qu'un indicateur à cadran, qui évalue la différence entre la cible et la référence (cale étalon, bague de contrôle, etc.). Les mesures réalisées sont dites comparatives, car une comparaison à un objet aux dimensions standard est effectuée. Plus la forme et les dimensions de la référence sont précises, plus la mesure est facile. Cependant, cette méthode présente aussi l'inconvénient d'offrir une plage de mesure limitée.



1. Mesure des grandeurs dimensionnelles

Les mesures dimensionnelles permettent de prendre les dimensions exactes des objets. Plusieurs systèmes de mesure dimensionnelles sont accessibles pour un usage professionnel : contrôle d'alignement, mesures de diamètres, mètres rubans, micromètres, niveaux laser etc

1.1 Ruban de mesure : Mètre ruban en acier ou en matière synthétique, comportant généralement une graduation en mm. Souvent enroulable et dans un boîtier (dévidoir).

Règle de mesure : règle droite (à l'exception des mètres pliants) fabriquée dans un matériau approprié et dont une des faces est généralement graduée.

1.2 Plage de mesure

Il existe des rubans pour des mesures courtes et pour des mesures plus longues. Pour les mesures plus courtes, on utilise généralement un ruban de mesure en acier de 1, 5 ou 10 m de longueur. Pour les mesures plus longues, on optera généralement pour un mètre ruban en matière synthétique d'une longueur de 20, 30, 50 ou 100 m. Les règles de mesure sont généralement plus courtes.

1.3 Utilisation

Les règles et les rubans de mesure sont principalement utilisés pour les méthodes de mesure suivantes :

Mesure de dimensions et détermination de la position

Verticalité

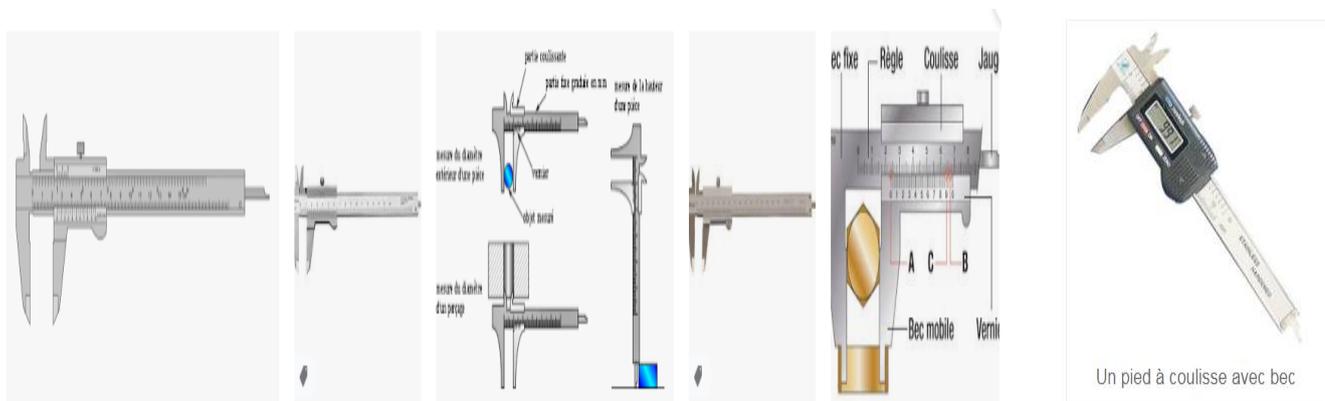
Courbure

Rectitude de joints



2. Le pied à coulisse

Le pied à coulisse à vernier : Cet instrument de mesure fut inventé par le mathématicien français Pierre Vernier.



2.1. L'utilisation

Le principe du vernier est simple. Le long d'une règle divisée en mm peut glisser une réglette également divisée de manière que les 2 graduations se touchent. Mais les divisions de la réglette sont plus petites que celles de la règle.

Chaque fois qu'on avance ainsi le vernier pour faire coïncider une de ses divisions avec la division immédiatement à sa droite sur la règle. On augmente d'autant l'écart entre le zéro du vernier et la division immédiatement à gauche sur la règle.

2.2. La mesure des cotes intérieures : Le pied à coulisse permet également de mesurer une cote intérieure, par exemple le diamètre d'un alésage de cylindre. L'extrémité des becs mesure généralement 10 mm et cette cote est très précise. Il suffit d'ouvrir le pied pour mettre les 2 becs en contact avec l'alésage sur un diamètre.

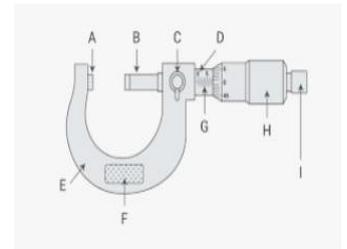
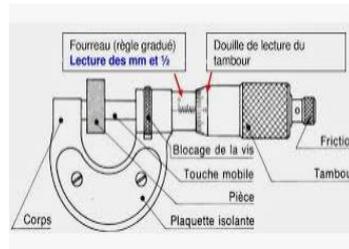
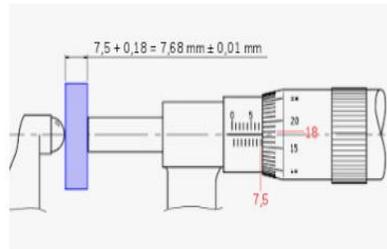
En déplaçant très légèrement le pied de part et d'autre du diamètre à mesurer, on sent parfaitement quelle est la position pour laquelle le pied s'ouvre au maximum. Il suffit alors de serrer légèrement la vis du curseur et de sortir délicatement le pied pour lire la cote relevée.

Bien entendu, on ajoutera 10 mm à la dimension lue sur la règle.

2.3. Les becs concentriques

Certains pieds à coulisse possèdent des becs concentriques opposés aux becs normaux permettant de relever directement la cote, ils comportent également une jauge coulissante de profondeur solidaire au curseur.

2. Le palmer



Le palmer ou micromètre permet de mesurer jusqu'au 1/100^e de mm. La pièce à mesurer étant placée entre enclume et broche, on tourne le tambour jusqu'au contact avec la pièce. Il ne faut jamais faire glisser la pièce à mesurer entre les touches de l'appareil, mais écartez celles-ci pour dégager.

Pour soustraire l'instrument aux variations de température pouvant résulter du contact de la main, l'étrier est souvent muni, de chaque côté, d'une plaque en matière isolante.

La capacité de mesure donnée par la course de la broche est normalement de 25 mm. Et les appareils peuvent être établis de 2 façons :

- soit avec une ouverture d'étrier correspondant à cette course
- soit avec une grande ouverture d'étrier et des touches fixes interchangeables

L'appareil est livré avec une ou plusieurs étalons permettant son contrôle.

4. Les jauges de profondeur

4.1. La jauge à vernier

Très proche du pied à coulisse, elle comprend une pigne centrale graduée couissant dans le corps de l'appareil, son blocage pouvant être obtenu par une molette.

Certains modèles comprennent un coulisseau en 2 parties, l'un assurant l'appui, l'autre le réglage de l'appareil. Son fonctionnement et sa précision sont identiques à celle du pied à coulisse.

4.2 La jauge de type palmer

L'étrier est remplacé par une semelle plate que traverse une tige solidaire de la broche. Des tiges interchangeables de différentes longueurs permettent de couvrir une gamme de profondeurs assez étendue.

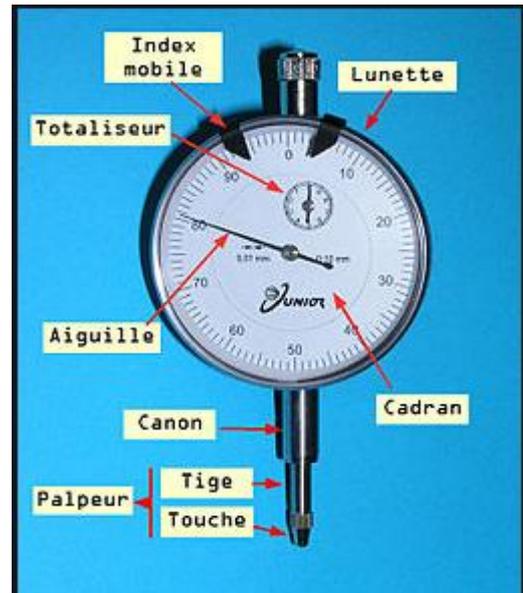
Cet appareil a les mêmes utilisations que la jauge de profondeur vernier, sur laquelle il présente toutefois l'avantage d'une plus grande précision. Il existe des modèles à affichage digital.

5. Le comparateur

Bien que cet appareil ne puisse être considéré comme faisant partie de l'équipement de base du mécanicien amateur, il trouve sa place dès qu'on est conduit à travailler sur des organes où la précision joue un grand rôle. C'est le cas dans la boîte de vitesses et le différentiel mais aussi dans le moteur.

Il est parfois nécessaire de contrôler l'alésage des cylindres en différents points. Comme son nom l'indique, cet instrument ne relève pas des mesures absolues, mais les écarts par rapport à une cote donnée.

La montre comparateur comporte comme élément essentiel, une tige pouvant se déplacer selon un diamètre du boîtier, ce déplacement étant amplifié et traduit par le déplacement d'une aiguille dans un cadran gradué.



Dans certains modèles, la tige mobile, munie d'une denture, entraîne un ensemble de roues dentées dont le rapport des diamètres détermine un tour d'aiguille pour un déplacement de 1 mm de la tige.

En dehors des contrôles d'alésage, le comparateur convient pour de nombreuses autres vérifications

2. **Mesure d'accélération** : Un accéléromètre est un capteur qui, fixé à un mobile ou tout autre objet, permet de mesurer l'accélération linéaire de ce dernier.

On parle d'accéléromètre même lorsqu'il s'agit en fait de 3 accéléromètres qui calculent les accélérations linéaires selon 3 axes orthogonaux.



3. Mesure de la vitesse :

Les mesures de vitesses regroupent de nombreux pièces et appareils qui sont conçus pour déterminer la vitesse d'un objet.



Mesure de la vitesse de rotation : principe, application...



Mesures de vitesses linéaires - tous les f...



Capteur de vitesse linéaire -

4. **Mesure de déplacement** : La mesure de déplacement se réalise avec un capteur de déplacement qui peut être avec ou sans contact avec la pièce à mesurer. Les déplacements sont mesurés dans les domaines de la recherche et du développement sont de quelques nanomètres à quelques dizaines de mm.

La mesure de déplacement couvre un large spectre d'applications dans tous les domaines de l'industrie.

4.1. Les technologies proposées : Capteurs à fil tendu ou capteur potentiométrique : Le câble est directement ou indirectement lié au déplacement à mesurer et du potentiomètre, le signal de sortie est linéaire et continue, c'est un capteur simple et économique pour une mesure complexe et précise.

4.2. Capteur à courant de Foucault : Ils mesurent la distance entre la face du capteur et des objets métalliques qui peuvent être magnétiques ou non-magnétiques (inox, aluminium, cuivre). La mesure de déplacement se fait sans contact avec la pièce à mesurer.

4.3. Capteur LVDT : Le principe du LVDT est de mesurer la position du noyau à l'intérieur du corps du capteur. Le signal délivré est proportionnel à la position du noyau. Il peut être déplacé soit par un système de palpeur, soit en le raccordant avec une tige filetée (noyau libre).

4.5. Capteur inductif : Les capteurs inductifs se distinguent par leur robustesse, leur précision, leur réponse en fréquence élevée (10kHz) et leur facilité d'utilisation. Alimentation 5Vdc (et en option 13 à 28 Vdc).



Capteur inductif de déplacement linéaire IW 150...
zoneindustrie.com



Capteurs de déplacement - Mes...
pm-instrumentation.com



Capteur de déplacement Optique ODP-A - FT...
fmesures.com



Linéaire Déplacement - Mesure Instrum...
www2.hoskin.qc.ca



Système de mesure de déplacement à cour...
zoneindustrie.com



HX-V
Capteur de vitesse à Câble - EM
jusqu'à 20m



LX-PA | LX-EP
Capteur de déplacement à câble
compact - low cost



PMI 520 LVDT
Conditionneur analogique pour
capteur LVDT



LIPS P103
Palpeur inductif industriel - 2 à 50 mm
- IP67

Les capteurs de déplacement

5. Mesure des forces

Une force modélise, en physique, une action mécanique exercée par un objet sur un autre. Elle est capable de lui imposer une accélération induisant la modification de son vecteur vitesse : une force exercée sur l'objet fait aller celui-ci plus vite, moins vite ou le dévie d'une trajectoire rectiligne.

Les forces peuvent être distinguées selon deux catégories: les forces à distance et

5.1. Les forces de contact:

Les forces à distances peuvent s'exercer sans contact entre les objets. Les principales forces sont :

5.1.1. La force de gravitation : c'est est une force fondamentale qui correspond à l'attraction mutuelle s'exerçant entre deux corps de masse non négligeables.

5.1.2. La force magnétique : c'est la force qui permet à un aimant d'attirer un morceau de fer ou qui oriente l'aiguille d'une boussole vers le nord. Les forces magnétiques agissent soit par attraction soit par répulsion.

5.1.3. La force électrique : c'est la force qui attire des morceaux de papier vers une baguette en plastique qui a été frottée ou qui met les électrons en mouvement dans un circuit électrique. Ainsi deux corps chargés électriquement exercent l'un sur l'autre des forces qui augmentent quand la distance qui les sépare diminue.

5.1.4. Les forces nucléaires : ce sont des forces qui maintiennent ensemble les nucléons et assurent la stabilité du noyau des atomes. Les forces nucléaires sont parfois appelées forces fortes résiduelles.

5.2. Les forces de contact se manifestent lorsqu'un corps est en contact avec un autre corps (solide, liquide et gazeux). Les principales forces de contact sont :

5.2.1. La force de réaction d'une surface (sol, table ou autre) : Cette force est en général verticale et orientée vers le haut et compense souvent le poids. L'ensemble des forces de contact est équivalent à une force unique appelée réaction du support.

5.2.2. Les forces de pressions exercées par un gaz ou un liquide : les fluides exercent sur les corps en contact avec eux des forces qui sont dites délocalisées. Exemple : la poussée d'Archimède.

5.2.3. Les forces de frottement exercées par une surface ou par l'air sur un objet en mouvement : ce sont des forces qui s'opposent aux mouvements relatifs entre deux systèmes en contact. Les forces de frottements dépendent de la nature de la surface et de la normale et sont indépendantes de l'aire de contact et de la vitesse.



Mesureurs de force
pce-france.fr



Mesurer la valeur d'une ...
maxicours.com



Instruments de mesure d...
pce-france.fr



Mesurer la valeur d'une...
maxicours.com



Instrument de mesure d...
conrad.fr · En stock



Appareil de mesure de fo...
directindustry.fr



Dynamomètres et pesons, appareils de mesur...
blet-mesure.fr



Mesureur de force radial...
afficher le prix



Dynamomètres et pesons, appa...
...



Instruments de mesure...
...



KERN Appareil de mesure d...
...



Dynamomètre mécanique...
...



Mesure de force et de ...
...



Appareil de mesure & contrôle pour s...
...

6. Mesure des volumes, masses, température

6.1. La mesure d'un volume

- Le volume correspond à la place prise par une substance qu'elle soit liquide, solide ou gazeuse. En mathématiques, nous apprenons à calculer le volume de différents solides (cube, cylindre, etc.). Mais comment mesurer le volume d'un liquide ?

- Il faut utiliser un appareil de mesure. Il en existe plusieurs, mais le plus courant est l'éprouvette graduée. Réalisons une mesure avec cet appareil. Versons un peu d'eau dans l'éprouvette graduée.

La surface libre du liquide est courbée. Cette surface en courbe est appelée ménisque. Pour mesurer le volume du liquide, il faut lire la graduation indiquée par le bas du ménisque.

- Il existe bien d'autres récipients qui permettent de mesurer un volume : les béchers, les erlenmeyers, etc. Pour mesurer un volume donné, on utilise également des récipients jaugés qui ont un repère indiquant un volume bien déterminé.

- Les unités en physique et en chimie sont les mêmes pour les scientifiques de tous les pays et sont unifiées par des règles dans le Système International d'unités (S.I.). Les unités de base de ce système sont appelées les unités légales.

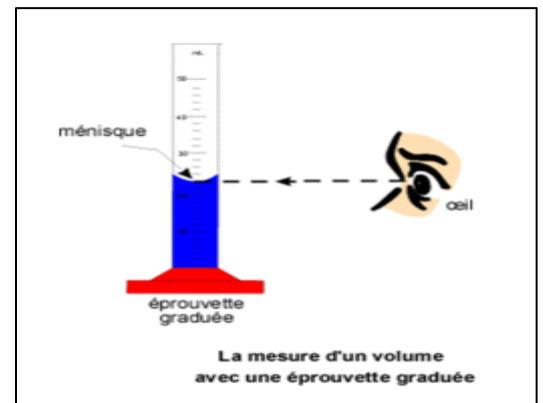
L'unité légale de volume est le mètre cube (m^3), mais pour les liquides, on utilise couramment une autre unité : le litre (L).

Les correspondances entre unités sont les suivantes :

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L}$$

$$1 \text{ dm}^3 \text{ (décimètre cube)} = 1 \text{ L}$$

$$1 \text{ cm}^3 \text{ (centimètre cube)} = 1 \text{ mL (millilitre)}$$



6.2. La mesure d'une masse

L'unité légale de masse est le gramme. Pour mesurer une masse, il faut utiliser une balance. Réalisons une mesure avec cet appareil.

- Protocole : dans un premier temps, le récipient vide est placé sur la balance. Puis on remet la balance à zéro : c'est la tare. On verse ensuite dans le récipient 200 mL d'eau. La masse de ce volume d'eau se lit alors directement sur la balance.

- Résultat : on obtient une masse de 200 g, ce qui signifie qu'1 L d'eau a une masse de 1 000 g, soit 1 kg ou encore qu'1 mL (1 cm^3) a une masse de 1 g.

On dit que la masse volumique de l'eau est de 1 g/cm^3 .

- Remarque : il ne faut pas confondre les notions de masse et de poids : la masse ne dépend que de la quantité de matière alors que le poids dépend de l'attraction terrestre.

III. La mesure d'une température

- Pour mesurer une température, on utilise un thermomètre dans lequel un liquide coloré se dilate plus ou moins. La température se lit sur la graduation gravée sur le verre.

- L'unité courante de température est le degré centigrade, également nommé degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Ce n'est toutefois pas l'unité légale, qui est le kelvin (K). Ce dernier n'est utilisé que par les scientifiques et jamais dans la vie courante.

IV. Convertir des mesures de masse et de volume

1. Convertir une masse

• Voici le tableau de conversion des masses

tonne	quintal	kilogramme	hectogramme	décagramme	gramme	décigramme	centigramme	milligramme
t	q	kg	hg	dag	g	dg	cg	mg

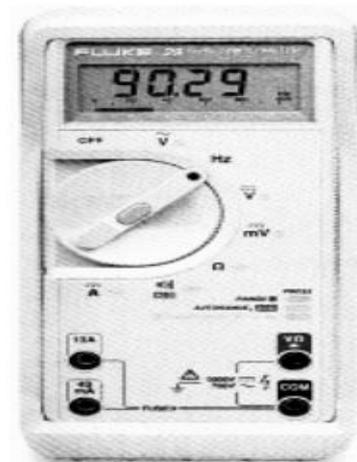
Les instruments de mesure électriques :

1. Le multimètre :

Le multimètre est le plus connu et le plus utilisé des instruments de mesure. Il permet de mesurer des tensions et des courants en continu et en alternatif.

La position ohmmètre permet de mesurer des résistances ainsi que la résistance ohmique des circuits ou des autres éléments.

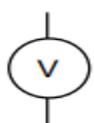
Les multimètres récents affichent les résultats des mesures avec des nombres (digits) qui apparaissent sur un écran (display).



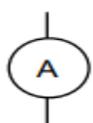
Les anciens modèles de multimètres sont équipés d'une aiguille mobile. Ce sont des instruments à cadre mobile. L'aiguille se déplace sur une échelle graduée et sa position nous indique la valeur mesurée.

Certains multimètres possèdent également une position qui permet de mesurer des affaiblissements ou de gains. Il s'agit de rapports de niveaux de tension exprimés en décibels dB.

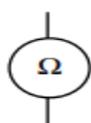
Symboles de schéma :



voltmètre



ampèremètre

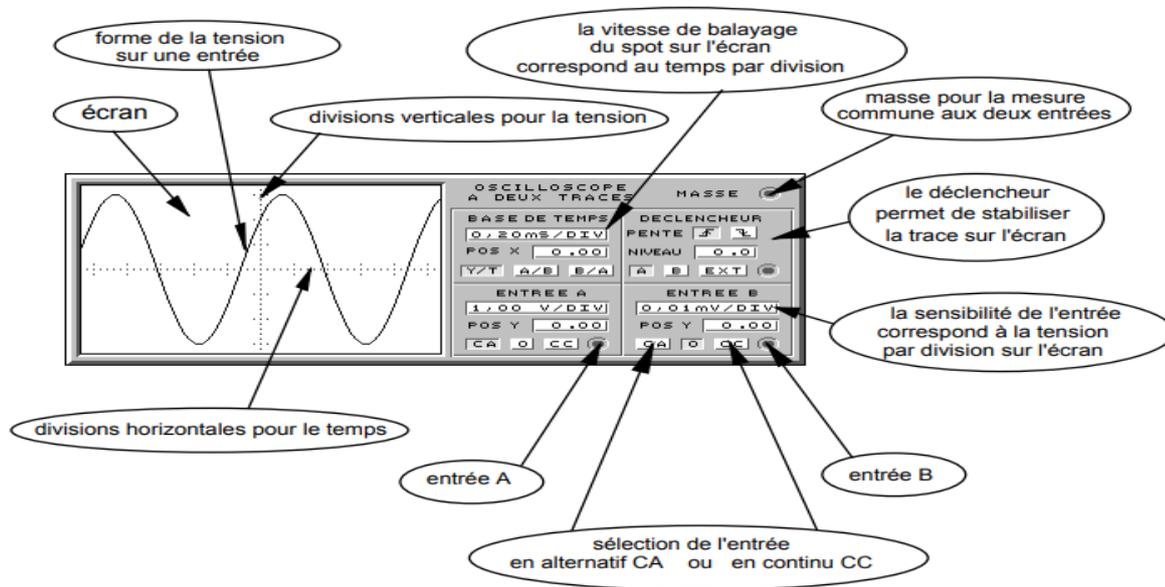


ohmmètre

2.L'oscilloscope :

Comme les téléviseurs, l'oscilloscope est équipé d'un écran sur lequel il affiche la forme de la tension présente sur son entrée. La plupart des oscilloscopes sont équipés de deux entrées et ils permettent de visualiser deux tensions simultanément.

L'oscilloscope est un instrument de mesure très pratique et capable de mesurer toutes les formes de tensions. Il est composé des éléments de commande suivants :



Avec un peu de pratique, l'oscilloscope devient très rapidement un instrument pratique pour effectuer toutes les mesures de tensions.

Les oscilloscopes se présentent de différentes façons. Suivant leur utilisation, ils sont équipés d'une ou de deux traces.



Ci-dessus, un modèle d'oscilloscope double traces. Il permet de mesurer des fréquences jusqu'à 60 [MHz] et ses commandes sont électroniques.

Leur affichage permet d'indiquer la valeur de la tension ou du courant mesuré, et il visualise également la forme du signal.



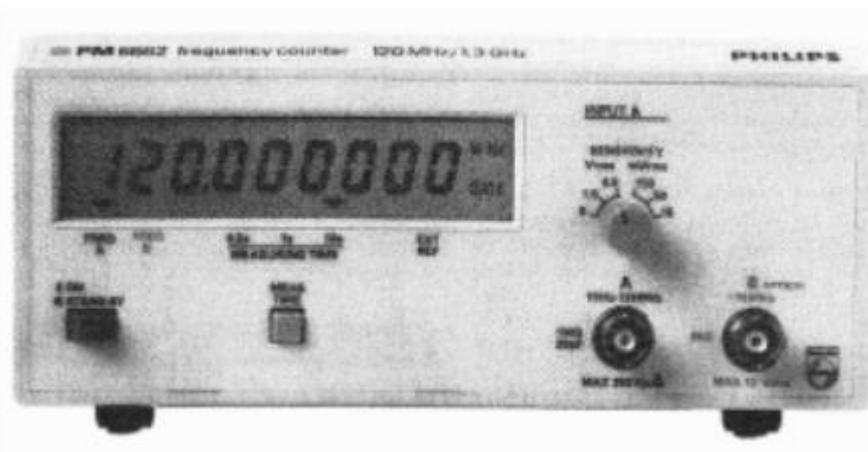
3. Le fréquencesmètre :

Il existe plusieurs modèles différents de fréquencesmètres, suivant la mesure désirée.

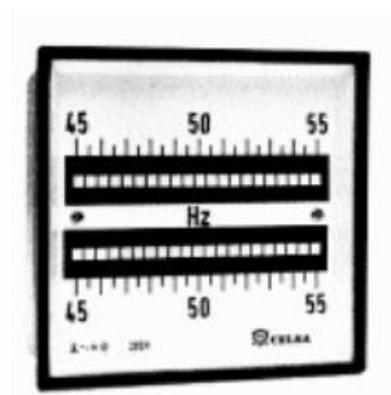
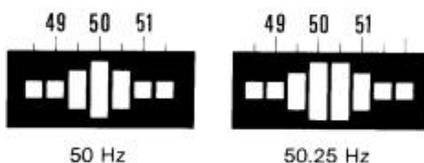
- Electronique : La fréquence est affichée sur un écran, comme pour le multimètre numérique. Certains multimètres possèdent une position de mesure de la fréquence.
- Mécanique : Des lamelles de tailles différentes sont mises en vibration. Les lamelles vont se mettre en vibration en fonction de leur longueur et la fréquence mesurée. Ces instruments sont utilisés dans les tableaux électriques pour mesurer la fréquence du réseau.

Fréquencesmètre numérique. Son affichage permet une lecture aisée de la valeur de la fréquence.

Ces instruments sont également appelés compteur car ils permettent de mesurer des durées d'impulsions



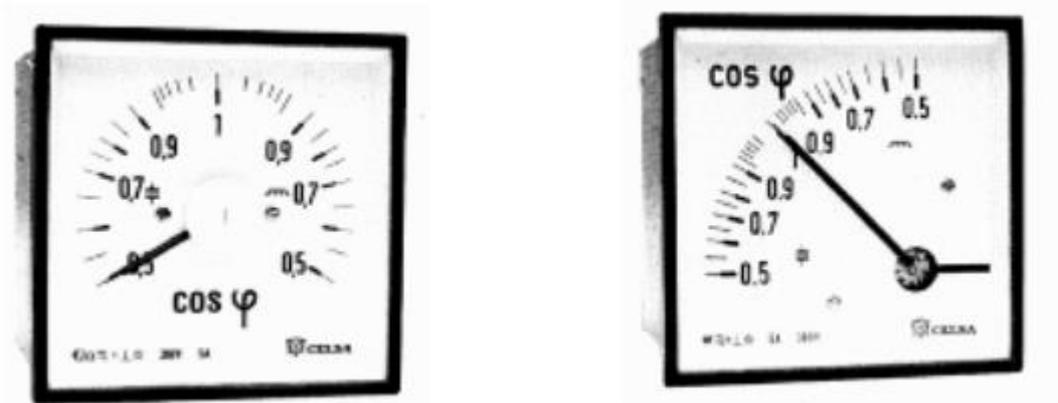
Fréquencesmètre mécanique à lamelles.



La lecture de la fréquence s'effectue de la manière suivante. Les lamelles sont montées sur un électroaimant et sont soumises au champ magnétique alternatif. Elles se mettent en vibration et oscillent plus ou moins fortement en fonction de leur longueur.

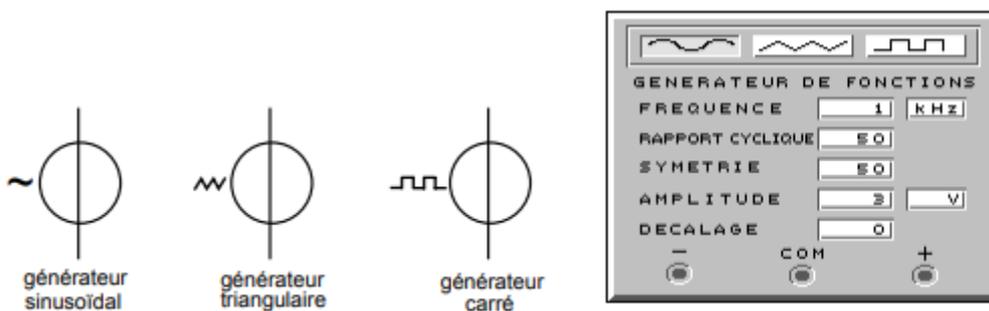
4.Le cosphimètre : Instrument complémentaire au voltmètre et à l'ampèremètre pour les mesures en alternatif. Le cosphimètre est utilisé pour contrôler le facteur de puissance d'une installation ou d'un récepteur.

Suivant la position de l'aiguille, il est possible de déterminer si le récepteur ou l'installation a un comportement inductif ou capacitif.

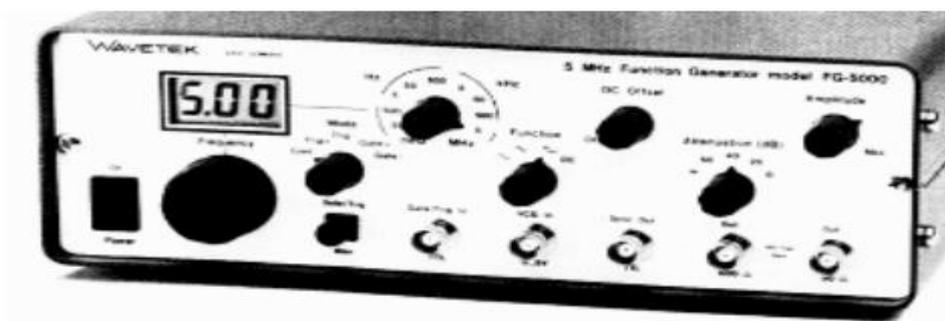


7.Le générateur de fonctions :

Le générateur de fonctions est particulièrement utilisé au laboratoire. Il permet de générer des signaux de formes différentes, sinusoïdale, triangulaire et carrée.



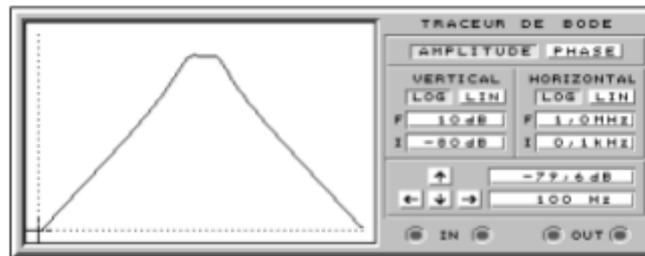
Il permet de simuler et d'effectuer des mesures sur des circuits électriques ou électroniques avec des tensions faibles.



8. Le traceur de Bode :

Le traceur de Bode est un instrument peu courant. Il est utilisé pour visualiser des courbes de tensions ou de phases. Il se raccorde à l'entrée et à la sortie du circuit à mesurer et trace la courbe de la modification de la tension ou de la phase entre l'entrée et la sortie.

Le traceur de Bode est très utile pour déterminer les caractéristiques d'un amplificateur, d'un filtre ou d'une ligne de transmission.



III. Mesure De Température

III.1 La température

La température est, au même titre que la pression, le volume, la longueur, etc... un paramètre définissant l'état d'un système physique ; cette température ne variant pas avec l'extension du système est appelée "variable d'état intensive".

III.2 Grandeur thermométrique - Échelle thermométrique

Une grandeur thermométrique est une grandeur physique (longueur, volume, résistance électrique, ...) qui dépend de la température : $G = f(q)$. Elle peut alors servir à la détermination de cette température

III.3 Unités de mesure thermiques

Échelle Celsius (1742):

– Échelle relative:

- Références:
- Fusion de la glace à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Ébullition de l'eau distillée à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

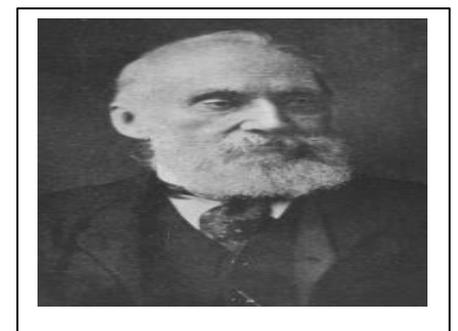


III.4 Unités de mesure thermiques

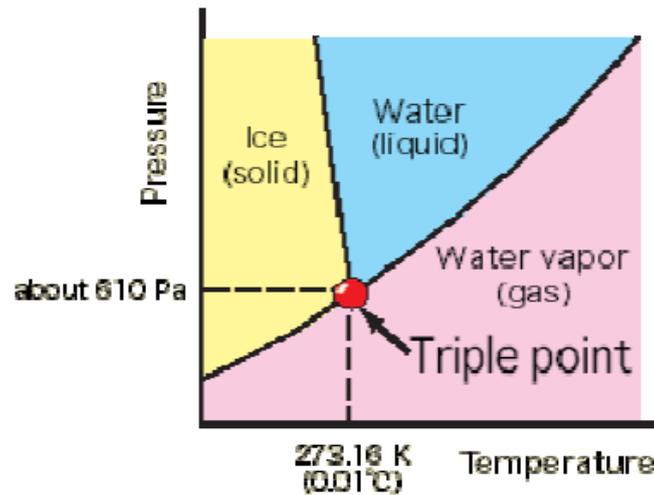
• Échelle Kelvin (1848):

– Échelle absolue:

- Références:
- Zéro thermodynamique: 0 K ;
- Point triple de l'eau ($0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$): 273.16 K .

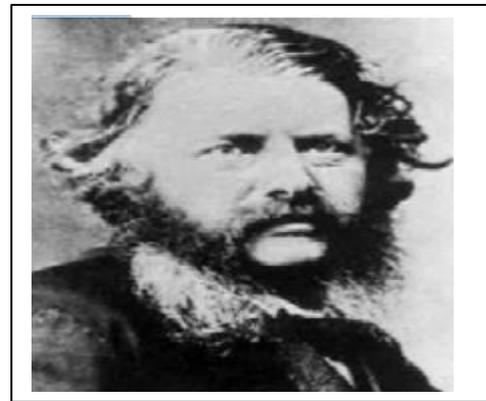


$$T(^{\circ}C) = T(K) - 273.15$$



III.3 Unités de mesure thermiques

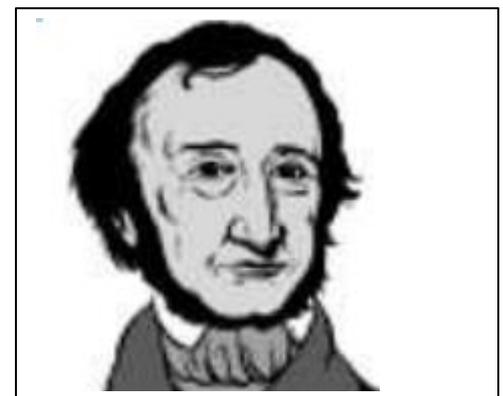
- Échelle Rankine:
- Échelle absolue du Fahrenheit:
- Références:
- Zéro thermodynamique: 0 °R;
- Point triple de l'eau (0.01 °C): 459.7 °F



$$T(^{\circ} F) = T(^{\circ} R) - 459.7$$

III.4. Unités de mesure thermiques

- Échelle Fahrenheit (1707):
- Échelle relative:
- Références:
- T. minimum solution aqueuse de NaCl: 0 °F;
- Température d'un cheval sain: 100 °F.
- Température du corps humain: 96 °F;



$$T(^{\circ} F) = \frac{9}{5} T(^{\circ} C) + 32$$

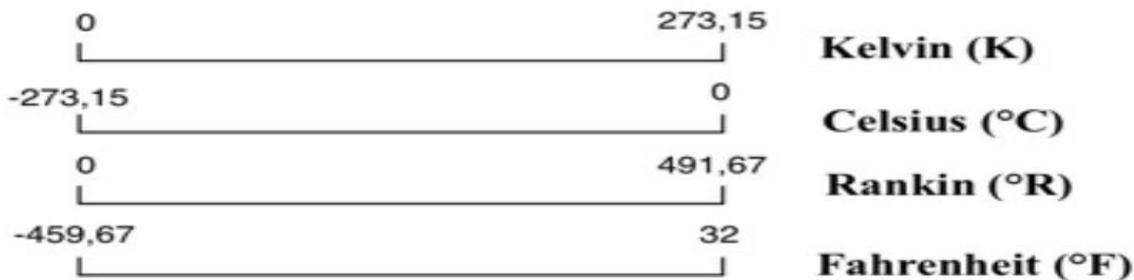
III.5. Les différentes unités de température

a. Les échelles de température

on général, c'est l'échelle Celsius, dérivée à partir de l'échelle Kelvin par :

$$T(K) = T(C) + 273,15$$

Cette dernière échelle, qui est celle du système international, ne dépend d'aucun phénomène particulier



Echelles de température

III.6. Échelle de Fahrenheit :

L'unité est le degré Fahrenheit (°F). Cette échelle s'obtient par décalage de l'échelle absolue de Rankin :

$$T(°F) = T(°R) - 459,67$$

• Conversion entre échelle de Celsius et de

Fahrenheit :

$$T(°C) = (T(°F) - 32) \cdot 5/9$$

III.7. Principes de mesure de la température

Pour effectuer des mesures de température, le plus simple est de se fier à un phénomène physique, au cours duquel une grandeur facile à repérer ou à mesurer, suit, dans ses moindres variations, les variations de cette température. Les indications doivent présenter toutefois des garanties de :

- justesse
- sensibilité
- fidélité

La détermination de la température peut être reliée à des grandeurs physiques telles que :

- des grandeurs géométriques : longueur, volume, surface
- une grandeur mécanique : pression
- une grandeur optique : couleur
- une grandeur électrique : résistance, intensité d'un courant

Les dispositifs les plus simples font appel aux phénomènes de dilatation, c'est-à-dire aux changements de dimensions des corps chauffés ou refroidis.

Dans la pratique, les mesures de température sont essentiellement basées sur :

- les phénomènes de dilatation
- les phénomènes de tension de vapeur
- les phénomènes de thermoélectricité) Thermomètres à dilatation

On constate que le volume d'un corps augmente en général, lorsque sa température s'élève (sans qu'il y ait de changement d'état physique). La dilatation étant réversible, elle fournit un mode pratique de repérage des températures. Ce phénomène se retrouve de façon analogue, mais avec une ampleur différente pour les liquides, les gaz et les solides. D'où les trois types de thermomètres à dilatation.

III.7. Les appareils de mesure de la température

a) Thermomètres à dilatation

On constate que le volume d'un corps augmente en général, lorsque sa température s'élève (sans qu'il y ait de changement d'état physique). La dilatation étant réversible, elle fournit un mode pratique de repérage des températures. Ce phénomène se retrouve de façon analogue, mais avec une ampleur différente pour les liquides, les gaz et les solides. D'où les trois types de thermomètres à dilatation.

Les appareils de mesure de la température

a-1) Thermomètres à dilatation de liquide Il est constitué d'un réservoir surmonté d'un capillaire de section faible et régulière se terminant par une ampoule de sécurité (utile lors d'un dépassement de la température admissible). Il est réalisé en verre. Sous l'effet des variations de température, le liquide se dilate plus ou moins. Son niveau est repéré à l'aide d'une échelle thermométrique gravée sur l'enveloppe.

Thermomètre à dilatation de liquide [dilatation_liquide]

2) La loi de variation du volume du liquide en fonction de la température est :

$$V = V_0 (1 + \alpha \times \theta)$$

avec :

- V_0 : volume du liquide à 0°C ;
- V : volume de liquide à $\theta^\circ\text{C}$;
- α : coefficient de dilatation du liquide en $^\circ\text{C}^{-1}$.

* Cette équation nous montre que la sensibilité du thermomètre à dilatation de liquide est proportionnelle au volume V_0 (fonction du volume du réservoir), au coefficient de dilatation du liquide (donc au type de liquide choisi)

* L'espace libre au dessus du liquide peut-être vide, pour permettre de mesurer des hautes températures.

a-2) Thermomètres à dilatation de gaz

L'équation d'un gaz parfait est :

$$PV = nRT$$

Avec: n : Nombre de moles ; $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; T : Température en K ; P : Pression en Pa.

* Si on enferme une certaine quantité de gaz dans une enveloppe de volume constant V, la pression développée par le gaz est proportionnelle à la température absolue :

$$P = \frac{RT}{V}, \text{ avec le rapport } \frac{R}{V} \text{ constant.}$$

Sous une forme schématisée, un thermomètre à gaz est composé d'une sonde (A), formant une enveloppe dans laquelle est enfermé le gaz thermométrique. Cette sonde est reliée par un tube capillaire de raccordement à l'extrémité (B) d'un tube de Bourdon, appelée spirale de mesure. Cette extrémité est fixe.

La longueur du tube de raccordement ne doit pas excéder 100 mètres. Sous l'effet de la température du milieu dans lequel la sonde est placée, la pression du gaz va varier, ce qui modifiera l'équilibre de l'extrémité libre du tube de Bourdon. Cette variation de pression se traduira par un mouvement de rotation de l'index indicateur qui se déplacera devant un cadran portant des graduations thermométriques.

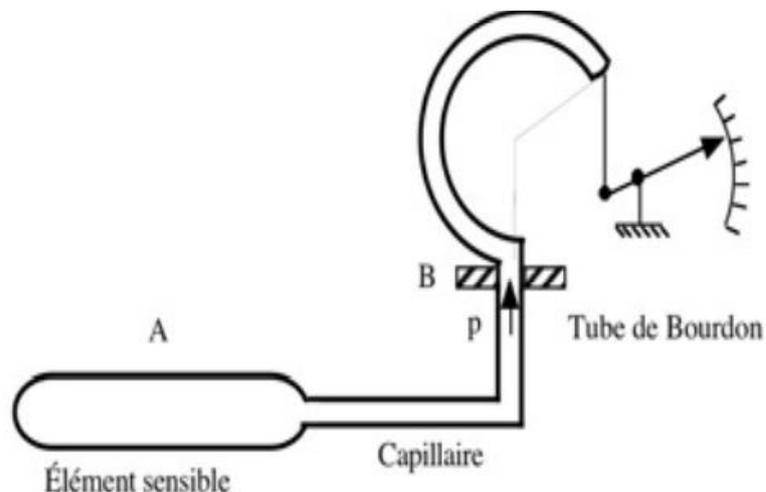
a-2) Thermomètres à dilatation de gaz

* Si on enferme une certaine quantité de gaz dans une enveloppe de volume constant V, la pression développée par le gaz est proportionnelle à la température absolue :

$$P = \frac{RT}{V}, \text{ avec le rapport } \frac{R}{V} \text{ constant.}$$

* Sous une forme schématisée, un thermomètre à gaz est composé d'une sonde (A), formant une enveloppe dans laquelle est enfermé le gaz thermométrique.

* Cette sonde est reliée par un tube capillaire de raccordement à l'extrémité (B) d'un tube de Bourdon, appelée spirale de mesure. Cette extrémité est fixe. La longueur du tube de raccordement ne doit pas excéder 100 mètres. Sous l'effet de la température du milieu dans lequel la sonde est placée, la pression du gaz va varier, ce qui modifiera l'équilibre de l'extrémité libre du tube de Bourdon. Cette variation de pression se traduira par un mouvement de rotation de l'index indicateur qui se déplacera devant un cadran portant des graduations thermométriques.



Thermomètre à gaz

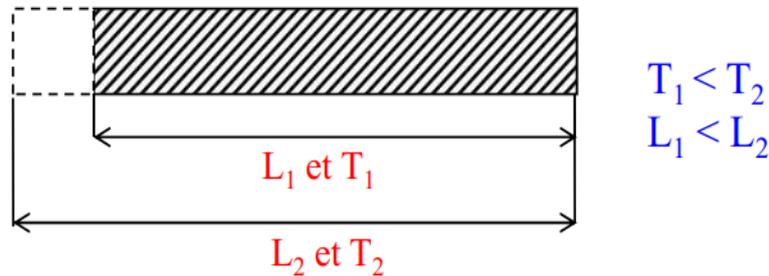
Avantage des thermomètres à gaz

- leur précision, 1 % en mesures industrielles.
- repérage des très basses températures.

-véritables instruments de précision, exp ; Le thermomètre à hydrogène

.a-3) Dilatation des solides / Sous l'effet d'une élévation de température, une tige d'un matériau quelconque s'allonge Cette augmentation de la longueur est d'autant plus importante que :

- l'augmentation de la température DT est grand



Le coefficient de dilatation linéaire K est grand ($\text{mm} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$)

Variation de la longueur d'une tige en fonction de la variation de la température

$L = K \cdot L \cdot DT$ (mm) Où L est la longueur initiale de la tige (m)

Matériau	K ($\text{mm} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$)
Acier	0.012
Cuivre	0.017
Aluminium	0.022
Plomb ou Zinc	0.029
PVC	0.080

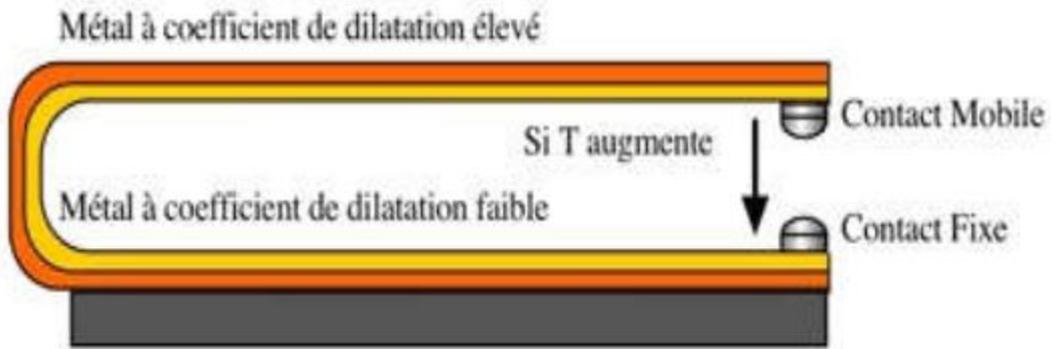
III.9 Thermomètre à Dilatation de métal

Il existe deux types: a) Thermomètre à dilatation d'une tige métallique simple .Ce type d'appareil, très peu utilisé, repose sur la variation de la longueur d'une tige métallique par un changement de température.

b) Thermomètre à dilatation d'un bilame Sur ce type de thermomètre, l'élément de mesure est une lame composée de deux métaux aux coefficients de dilatation différents et laminés de façon inséparable pour former un bilame.

* Sous l'influence d'une élévation de température, les deux métaux se dilatent différemment et le bilame s'incurve du côté du métal ayant le plus faible coefficient de dilatation.

• La courbure obtenue est pratiquement proportionnelle à la température. Le déplacement induit par la déformation du bilame peut alors être reporté sur un indicateur.



Avantages

- 1) Système de mesure simple et courant;
- 2) Mesure de -50°C à 500°C ;
- 3) Volume réduit;
- 4) Précision de $\pm 1\%$. Pour une meilleure sensibilité on augmente la longueur du bilame soumis à la dilatation.

REFERENCES:

1. <http://www.utc.fr/~avalle/dossiers-pdf/Incertitudes-version2002.PDF>
2. <http://psjpa.free.fr/lois/student/student.htm>
3. Mohammed LADRA polycopié Master I énergétique instrumentations et mesures 2018/2019
4. Guide pratique des instruments de mesure de précision.
5. REFFAS Sid Ahmed polycopié Master I énergétique instrumentations et mesures 2017/2018
6. Mme N.Drici cours Mesure et Instrumentation université des sciences et de la technologies HOUARI BOUMEDIENE Alger 2016/2017.