

MS 372
METROLOGIE/Cours N°5

Présenté par
Pr. HAMOU Saïd



Chapitre 4: Mesure et contrôle

4.1 Mesure directe des longueurs et des angles (utilisation de la règle, du pied à coulisse, du micromètre et du rapporteur d'angle)

4.2 Mesure indirecte (utilisation du comparateur , des cales étalons)

4.3 Contrôle des dimensions (utilisations des tampons, des mâchoires,...)

4.4 Machines de mesure et de contrôle utilisées en atelier mécanique (utilisations du comparateur pneumatique, projecteur de profils et rugosimètre)

4 semaines

1. Mesure directe des dimensions: pied à coulisse, micromètre.

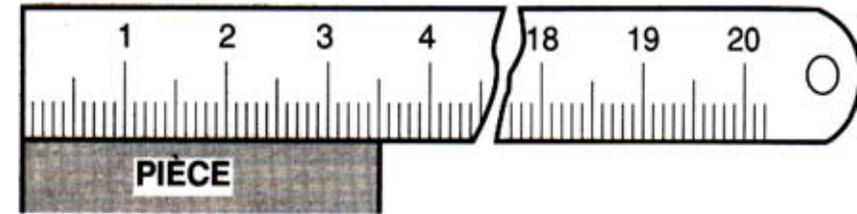
1.1 MESURE ET CONTRÔLE D'UNE GRANDEUR

MESURE

Mesurer une grandeur c'est définir combien de fois elle contient la grandeur choisie comme **unité**.
La valeur d'une grandeur s'exprime donc par le produit d'un nombre par **l'unité de mesure**.

Exemples :

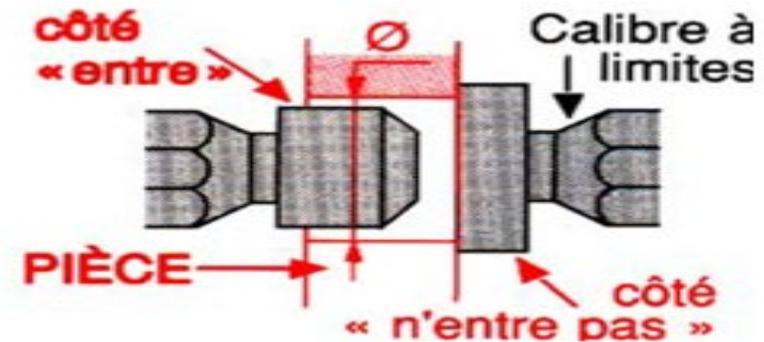
- La longueur de cette pièce est de **35.5 mm**; La puissance de ce moteur est de **5 kW**.
- L'intensité du courant électrique est de **12 A**; La masse de cette pièce est de **15 Kg**.



1. Mesure directe des dimensions: pied à coulisse, micromètre.

1.2 CONTRÔLE

Le contrôle permet de s'assurer du respect des spécifications chiffrées contenues dans le cahier des charges. La valeur réelle de la grandeur de l'élément est comprise entre deux valeurs limites (maxi et mini).

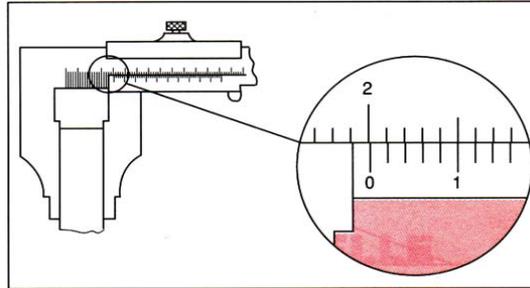


Le diamètre ϕ mesuré sur la pièce doit être compris entre:
La **valeur mini** côte « **entre** »
Et la **valeur maxi**, côte « **n'entre pas** »

1-3. TYPES DE MESURES

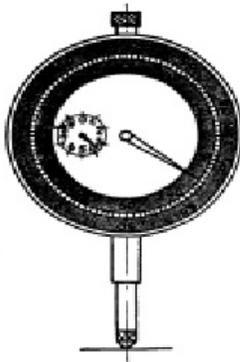
par mesure directe:

calibre à coulisse (pied à coulisse),

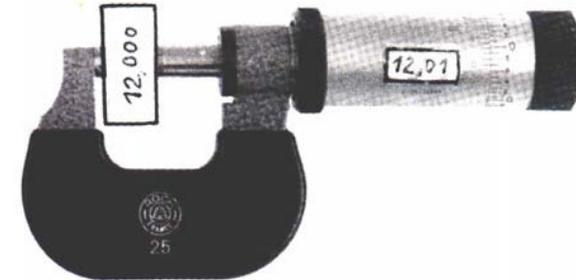


par comparaison:

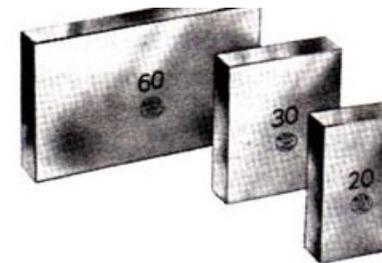
comparateur,



micromètre (Palmer);

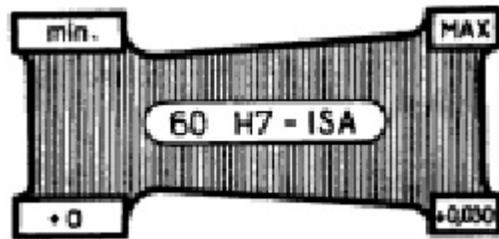


cale étalon;

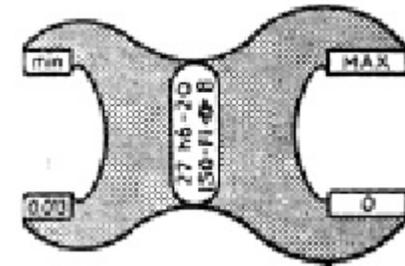


par calibrage:

jauges de tolérances maxi et mini,



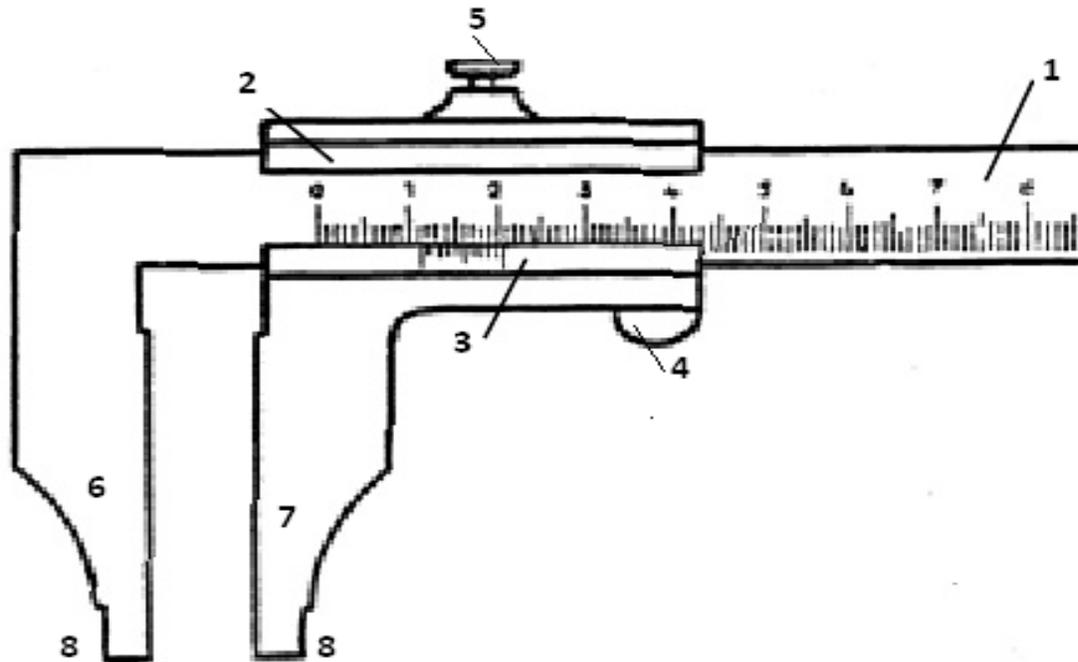
calibres à mâchoire



1-4. INSTRUMENTS DE MESURE

1-4-1. LE CALIBRE À COULISSE OU PIED À COULISSE

Cet appareil de mesure directe, entièrement en acier inoxydable, peut être de dimensions et d'utilisations variables, en fonction de sa longueur et de la forme de ses becs. Certaines versions très modernes possèdent un cadran facilitant la lecture.



1:Règle

2:Coulisseau

3:Vernier

4:Poussoir

5:Vis de blocage

6:Bec fixe

7:Bec mobile

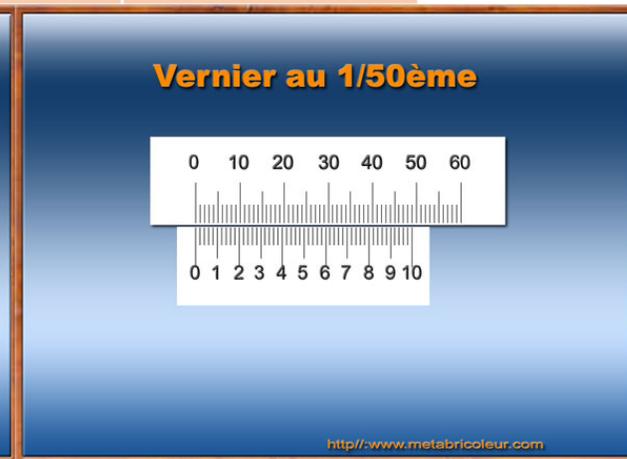
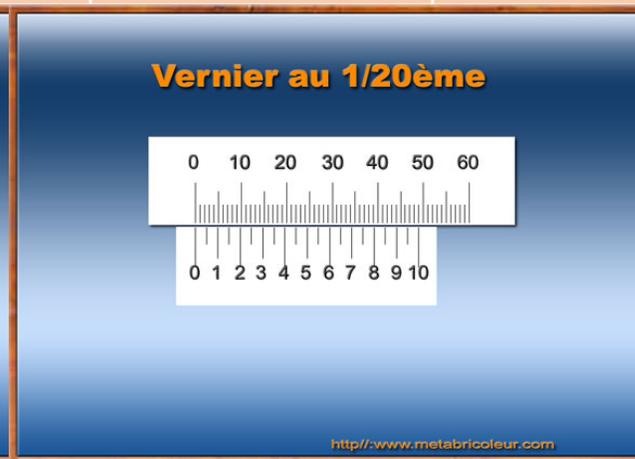
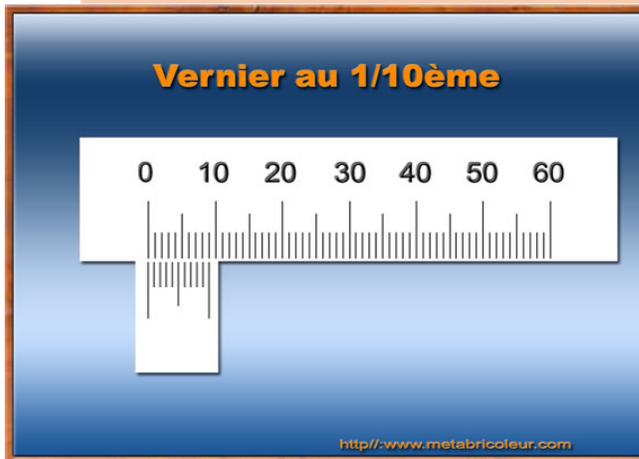
8:Méplats de 5 + 5

mm(mesures d'alésage)

Différents types

En fonction du nombre de graduations qui se trouvent sur le vernier, la précision de lecture du pied à coulisse est :

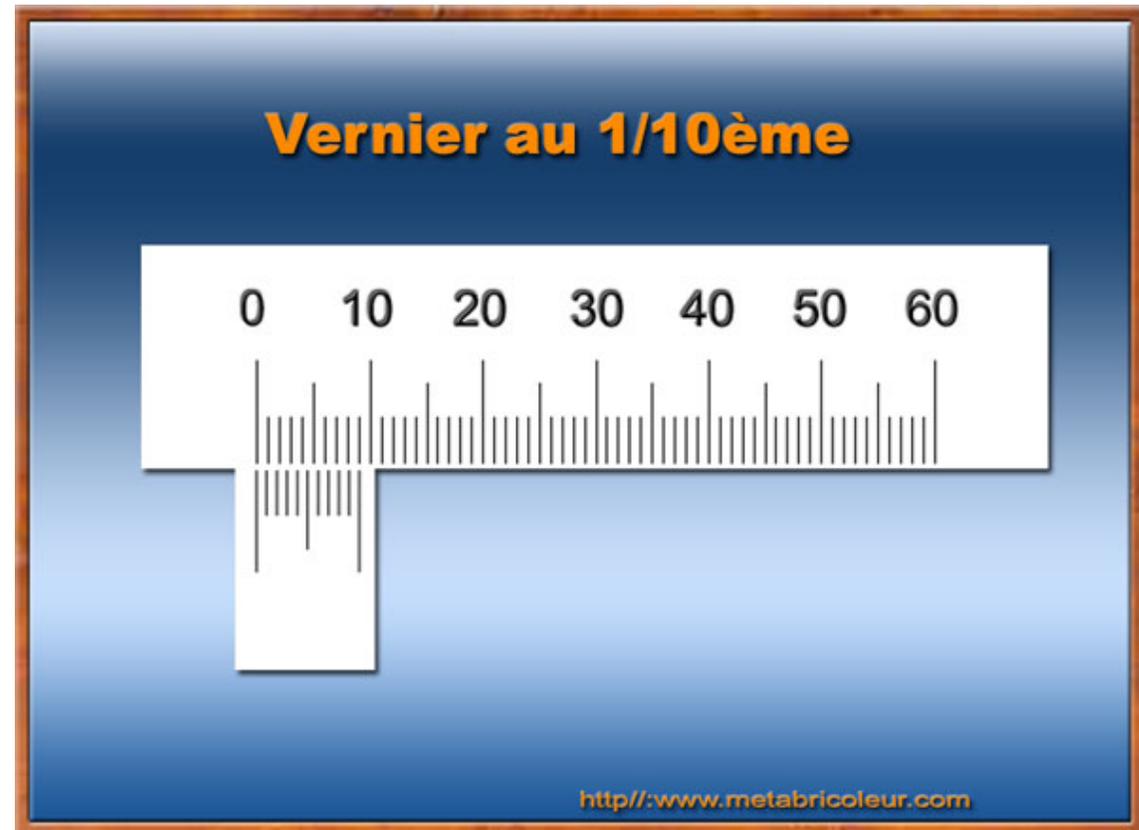
Nombres de graduation sur le vernier	10	20	50
Graduation de la règle	0 à X mm de mm en mm	0 à X mm de mm en mm	0 à X mm de mm en mm
Précision de lecture du Pied à coulisse	1/10 de mm	1/20 de mm	1/50 de mm



Pied à coulisse avec une précision de lecture de 1/10^{ème} millimètre

Principe

possède **10** graduations égales, et mesure **9 mm**. 1 graduation = **0,9mm**.
Sur la règle, chaque graduation vaut **1 mm**. Chaque écart d'une graduation entre la **règle** et le **coulisseau** vaut : **1mm - 0,9mm = 0,1mm** soit **une précision de 1/10^{ème}**



Pied à coulisse avec une précision de lecture au 1/20 de millimètre

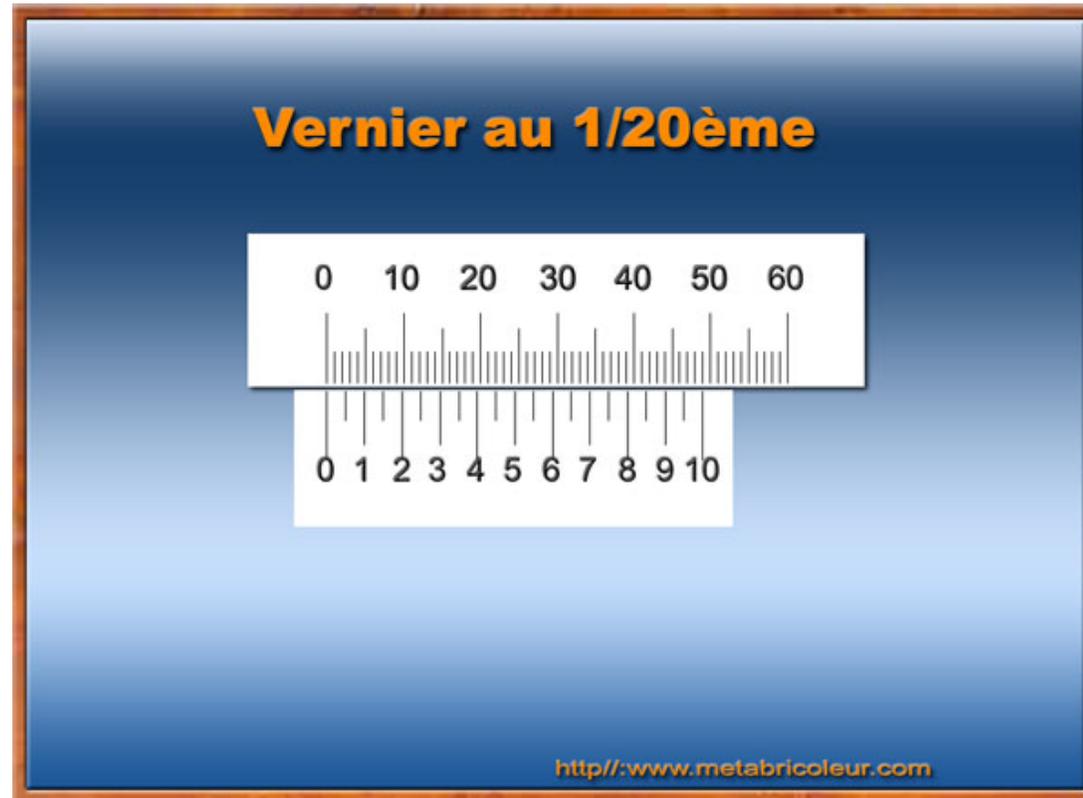
Principe

Sur le vernier au 1/20^{ème}, ce sont 19 mm partagés en 20 parties et valant chacune 0,95 mm .

Sur la règle, chaque graduation vaut 1 mm.

Chaque écart d'une graduation entre la règle et le coulisseau vaut : $1\text{mm} - 0,95\text{mm} = 0,05\text{ mm}$

soit une précision de 1/20^{ème}



Pied à coulisse avec une précision de lecture au 1/50 de millimètre

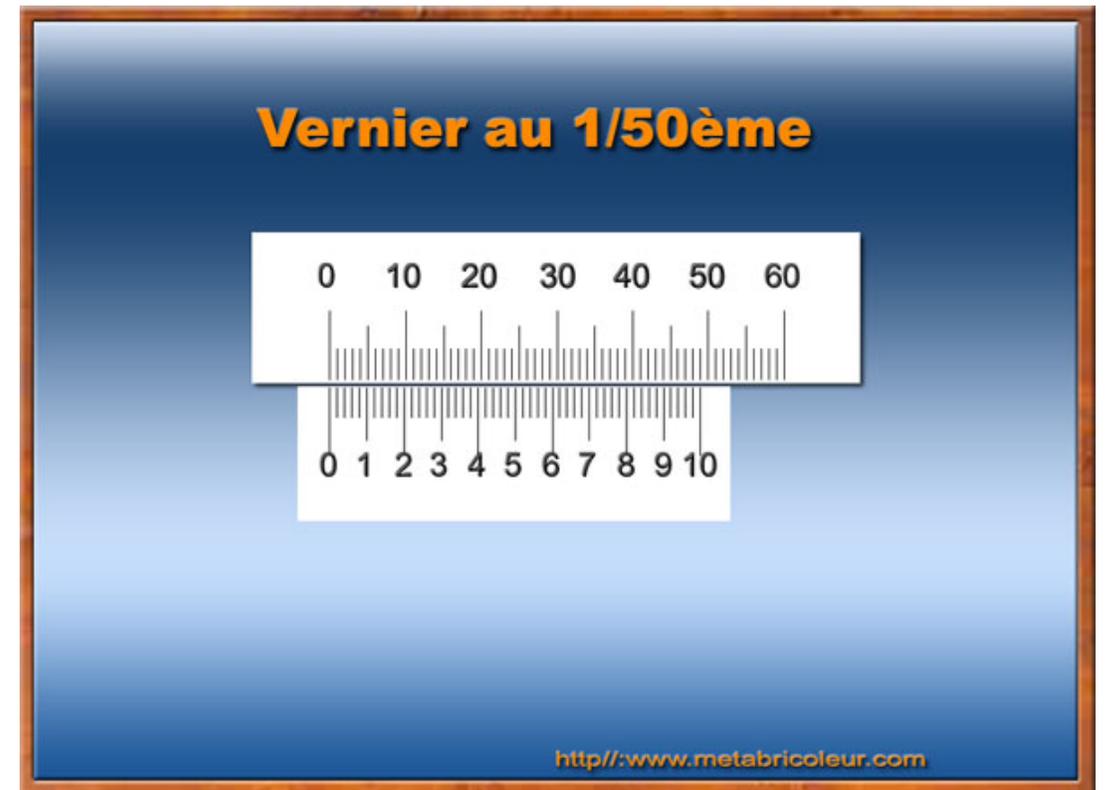
Principe

Sur le vernier au 1/50^{ème}, ce sont 49 mm partagés en 50 parties et valant chacune 0,98 mm.

Sur la règle, chaque graduation vaut 1 mm.

Chaque écart d'une graduation entre la règle et le coulisseau vaut :

$$1\text{mm} - 0,98\text{mm} = 0,02\text{ mm soit } 1/50\text{ ème}$$

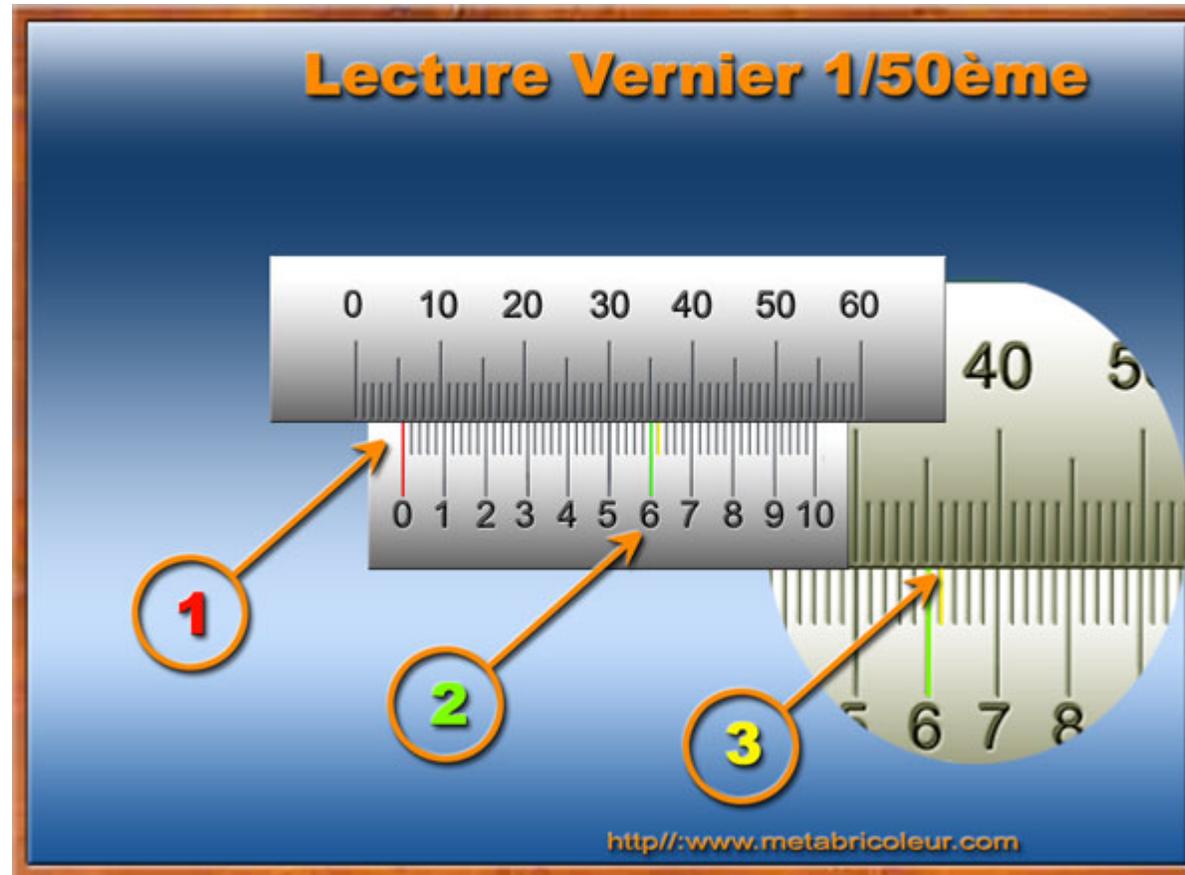


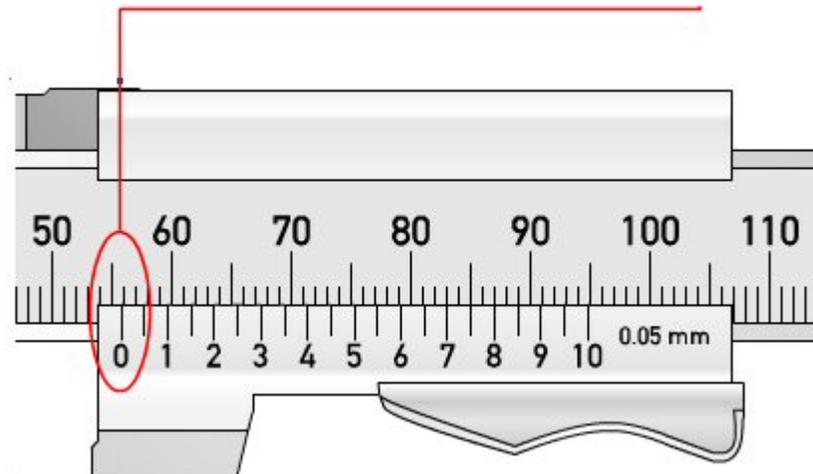
On commence par définir les **mm** en **1**

Puis les **10^{ème}** en **2**

Puis les **100^{ème}** en **3**

Sur la présente lecture on va donc lire **5,62mm**



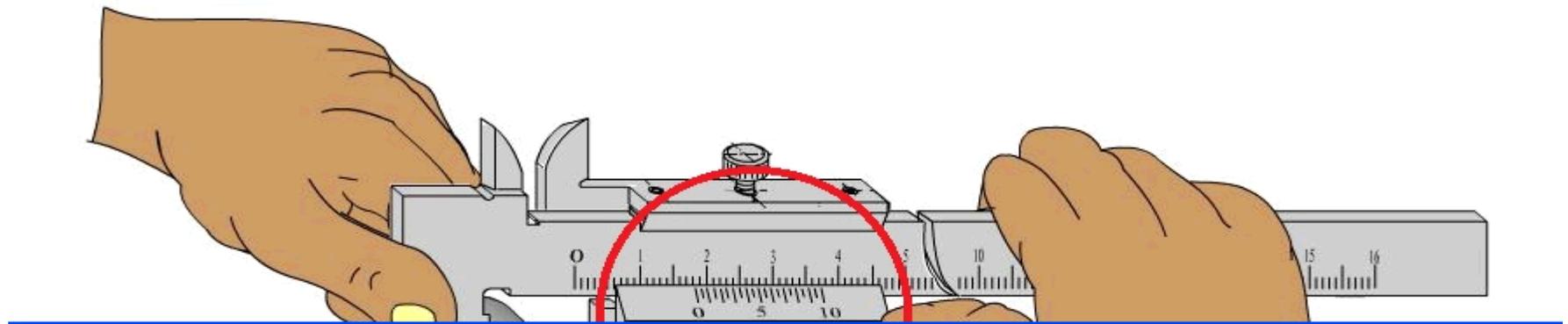
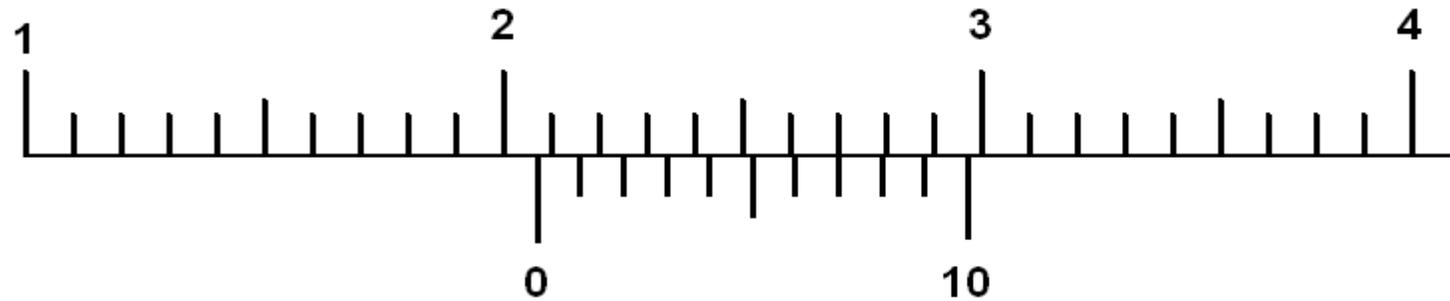
APPLICATION 1

Le trait de graduation du vernier qui coïncide avec un trait de graduation de l'échelle générale, indique les vingtièmes de millimètres

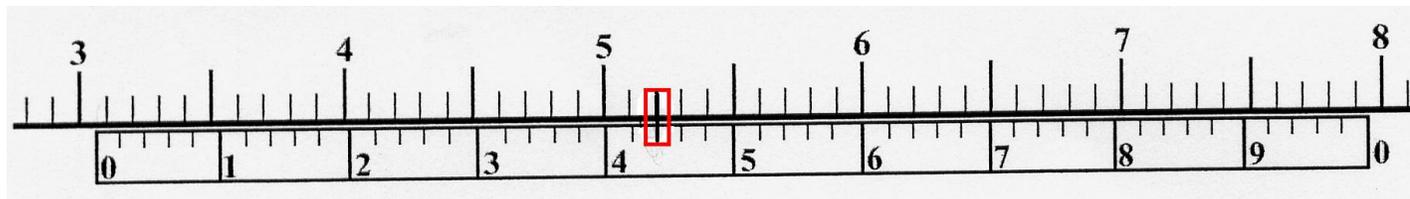
$$\text{Mesure : } 55 \text{ mm} + 0.75 \text{ mm} = 55.75 \text{ mm}$$

APPLICATION 2

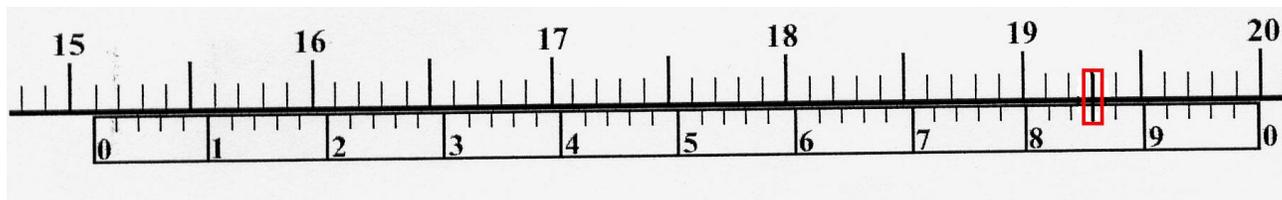
Quelle est la mesure de cette image du pied à coulisse?



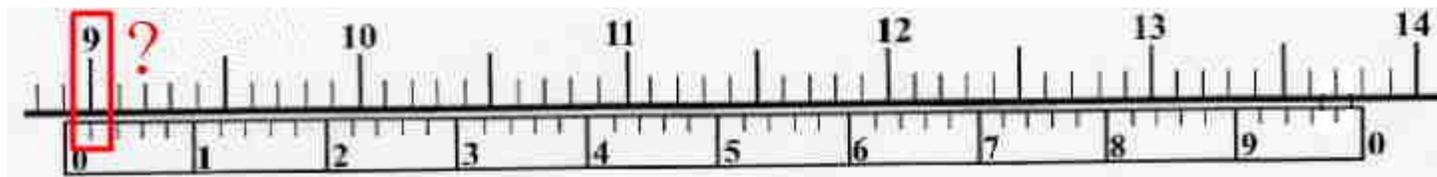
EXERCICES SUR LE PIED A COULISSE



3.42 34.54 3.45 30.44 3.45



198.3 15.198 151.86 150.86 15.86



8.02 90.02 99.2 89.02 9.132

1.4.2 - LE MICROMETRE (PALMER)

Le Micromètre (Palmer) fut inventé en 1848 par Jean-Louis Palmer, mécanicien français, d'où il tire son surnom.



PRÉCISION DE MESURES

Le micromètre est un instrument beaucoup **plus précis que le calibre à coulisse**. Grâce à la **touche mobile** à vis micrométrique au pas de **0,5 mm**, la précision de lecture est de **1/100^{ème} de mm**.

D'autre part :

- Les erreurs résultant de l'inégalité de pression de l'appareil sur les pièces à mesurer se trouvent éliminées par le système de friction.
- Les déformations de l'appareil sont négligeables, le corps pouvant avoir une section suffisante pour rendre toute flexion impossible.
- Les incertitudes de lecture sont très faibles, puisqu'une variation de cote de 1/100 de mm nécessite la rotation de la douille de la valeur d'une division, équivalent environ à 1 mm en longueur développée.

PRINCIPE DE LA LECTURE

VIS au PAS de 0,5 mm :

Le tambour est gradué en 50 parties égales.

Chaque partie représente une lecture de $1/100$ de mm.

Il faut donc tourner le tambour de 2 tours pour que la touche mobile se déplace de 1 mm.

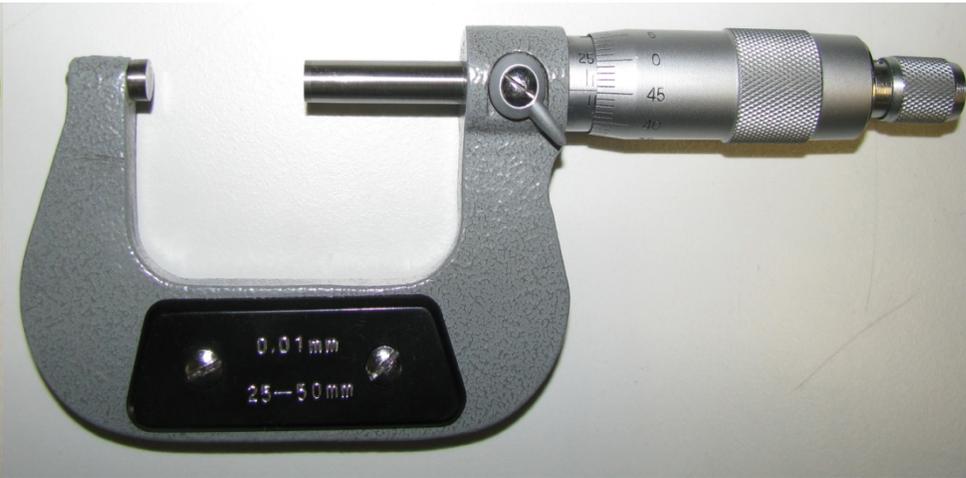
De 1 à 49 centièmes, la lecture est directe.

de 51 à 99 centièmes, il aura fallu ajouter 1 demi millimètre visible sur le manchon pour obtenir la valeur exacte.

Nous voyons donc que la lecture au micromètre présente une particularité demandant une certaine attention pour ne pas commettre d'erreur.



Le micromètre **0-25 mm**. Il permet de mesurer des épaisseurs entre 0 mm et 25 mm.



Le micromètre **25-50 mm**. Il permet de mesurer des épaisseurs entre 25 mm et 50 mm.

Étalonnage des micromètres extérieurs:

Les micromètres sont livrés avec une **clé de réglage** et une **cale étalon** (sauf pour les 0/25 où l'étalonnage se fait sur la touche fixe)



Méthode de réglage (étalonnage)

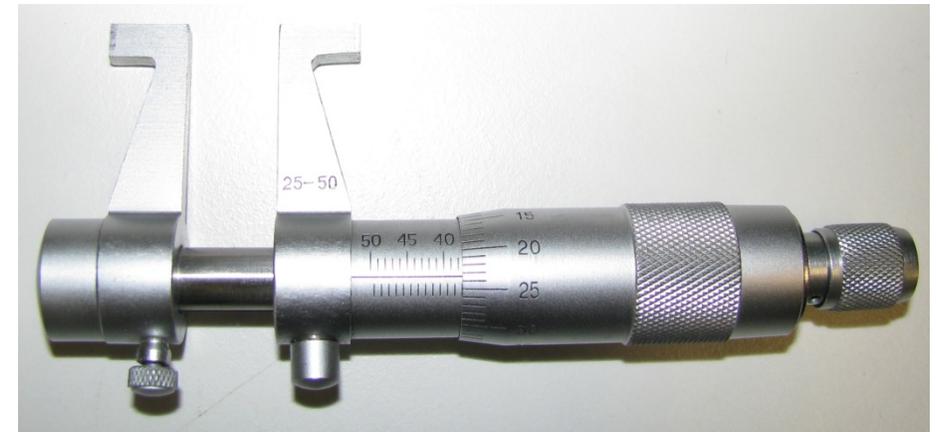
Le réglage s'effectue en positionnant la cale étalon (ici 50mm) entre les touches de mesurage, **on effectue trois mesures consécutives afin d'avoir une bonne appréciation de la valeur**, puis on tourne le fourreau à l'aide de la clé de réglage (à gauche de l'image)

LE MICROMETRE (PALMER) D'INTERIEUR

Cet instrument de précision 0.01 mm sert à mesurer des rainures et des alésages (diamètres intérieur).



Le micromètre 5-30 mm. Il permet de mesurer des épaisseurs entre 5 mm et 30 mm.



Le micromètre 25-50 mm. Il permet de mesurer des épaisseurs entre 25 mm et 50 mm.

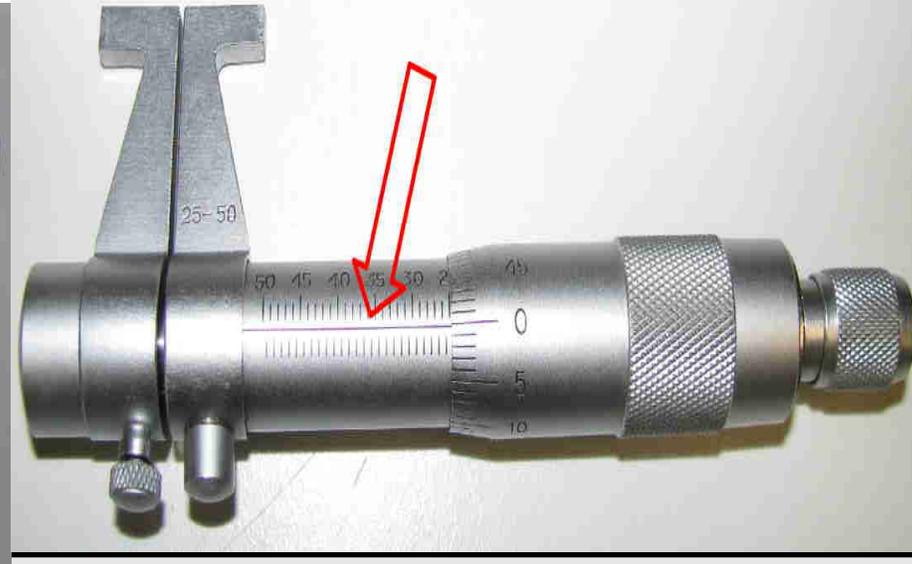
L'étalonnage

Il est important de bien étalonner son micromètre pour avoir une mesure correcte.

Pour cela on mesure une cale étalon.

Si le micromètre n'est pas étalonné on utilise une clé que l'on met dans les trous (**entouré en rouge**).

Jusqu'à ce que l'on ait le **trait du corps sur le 0**.



Micromètre intérieur trois touches



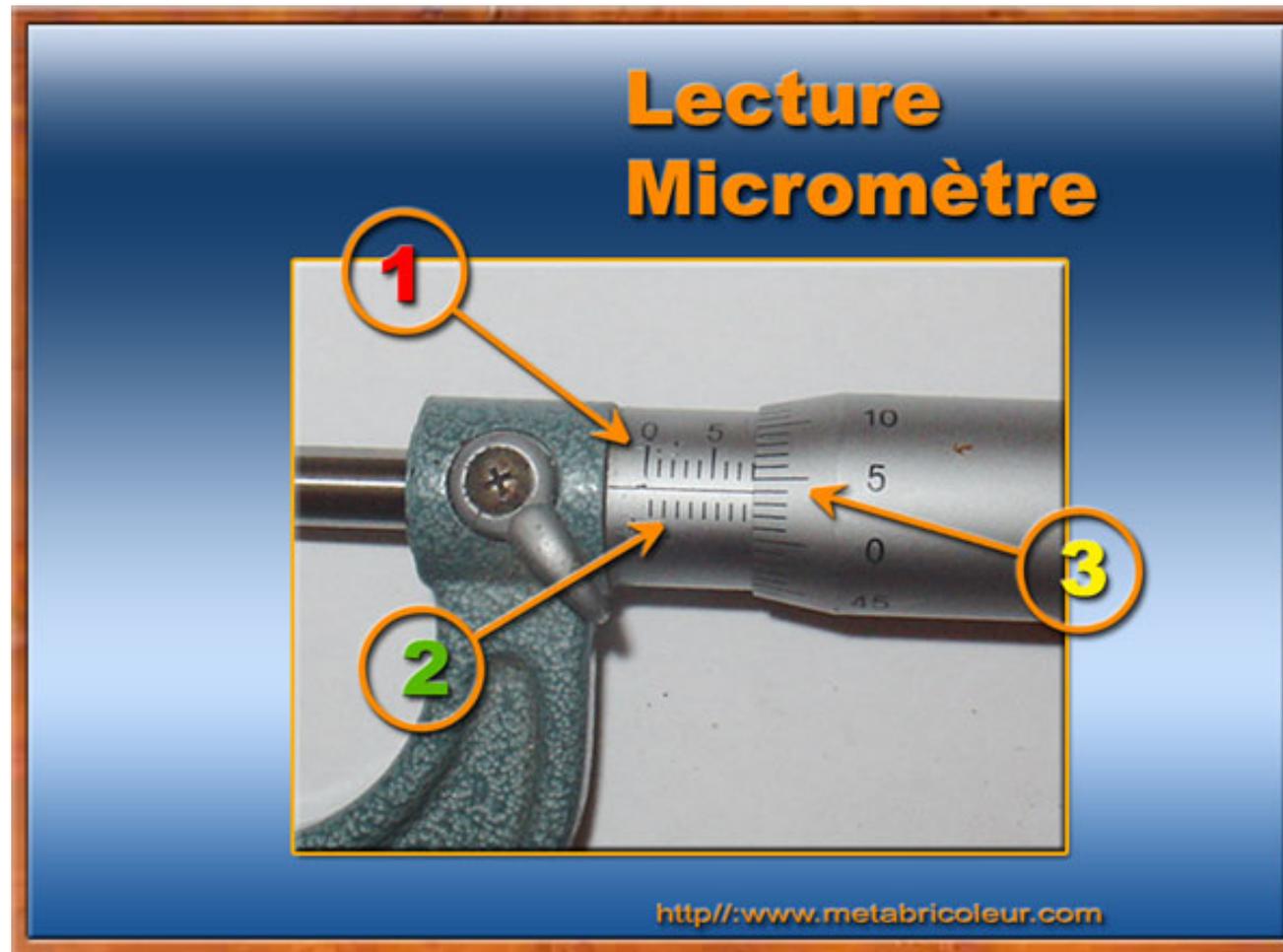
Réglage:

Le réglage s'effectue de la manière suivante

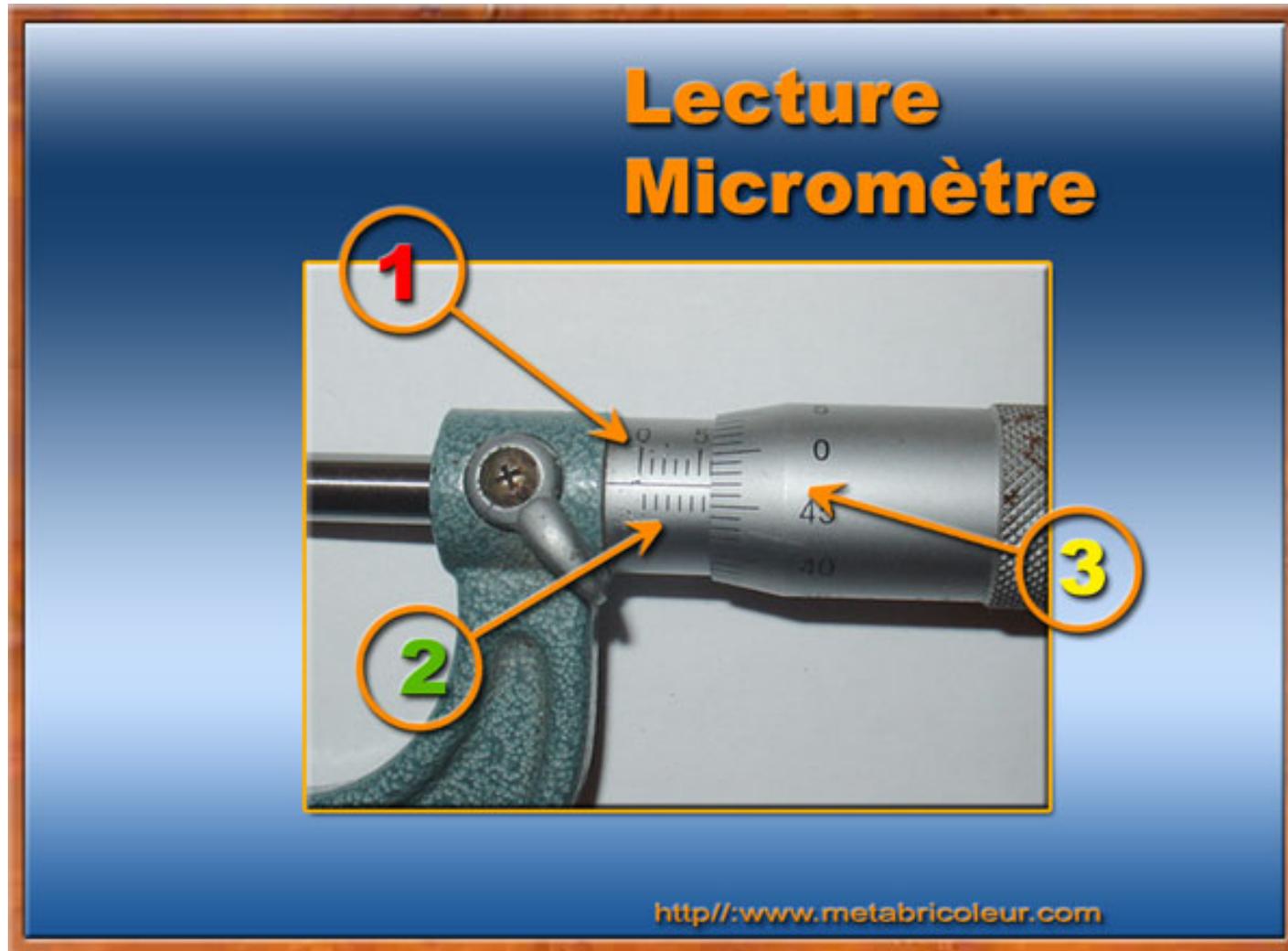
- 1- placer le micromètre dans une bague étalon
- 2- procéder au mesurage de la bague (3 fois mini)
- 3- Desserrer la vis
- 4- tourné la bague où se trouve la ligne de foie de façon à ce qu'elle co-indice avec les graduations et en fonction de la valeur de la bague (ici 25.000mm)
- 5- procéder au contrôle avec la bague (3 fois mini)

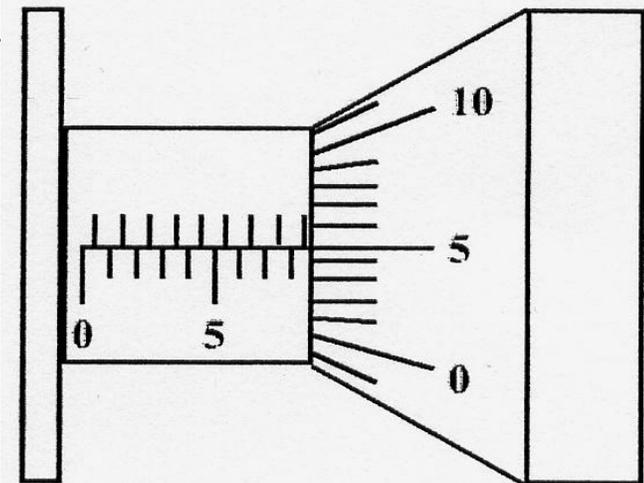
Lecture au micromètre extérieur

Ici on lit en 1 : 8 mm; en 2: pas de demi graduation; et en 3: 4 (1/100ème)
Ce qui nous fait **8.04mm**

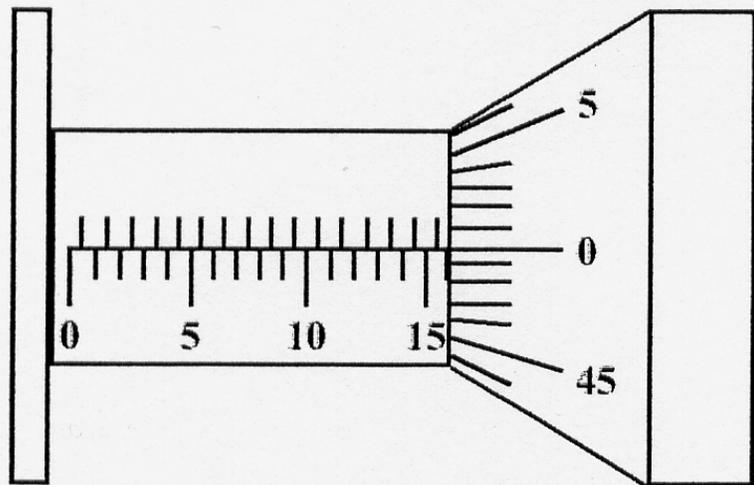


Ici on lit en 1: 5 mm; en 2: +1 demi graduation de 0.5 mm ; et en 3: 47 (1/100ème)
Ce qui nous fait **5.97mm**

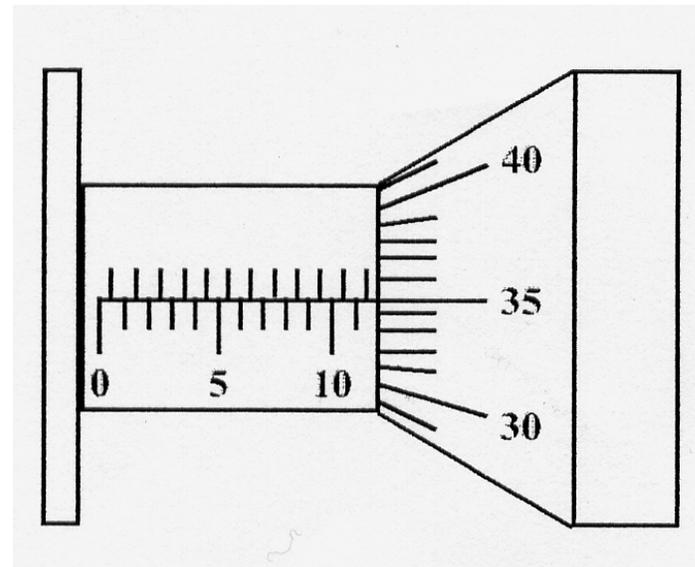




53.55 80.55 8.55 85.5 5.35

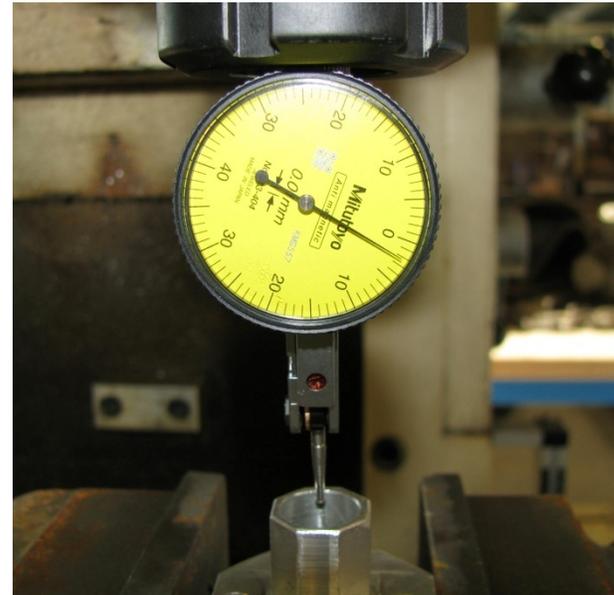


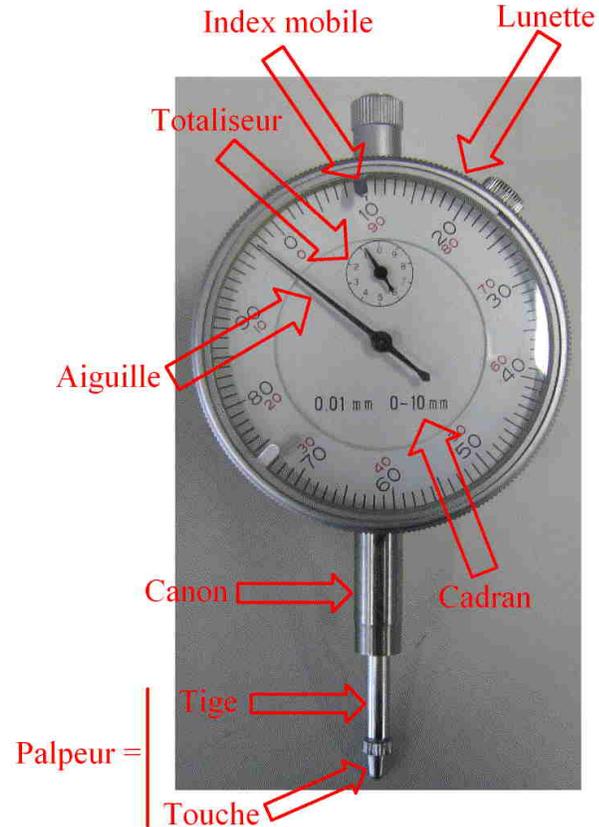
15 160 16 151 15.1



11.85 110.535 10.35 100.35 100.535

2. Mesure indirecte des dimensions par comparaison à cadran.





Le comparateur à cadran à aiguille: Autour du cadran une lunette comportant un ou plusieurs index peut pivoter manuellement. L'index permet à l'utilisateur de matérialiser le point zéro.

Le comparateur dit à "course normale" comporte un totaliseur qui indique le nombre de tours effectués par l'aiguille.

Par exemple, pour un comparateur ayant une course de 10 millimètres, chaque tour d'aiguille représente 1 millimètre. Si le palpeur se déplace d'un millimètre, l'index du totaliseur marquera "un".

Principe d'utilisation

Le comparateur est constitué d'une tige mobile en translation. Le déplacement de cette dernière est transmis à un dispositif mécanique transformant la translation de la tige en rotation de l'aiguille.



Le **comparateur à cadran a la forme d'une grosse montre.**

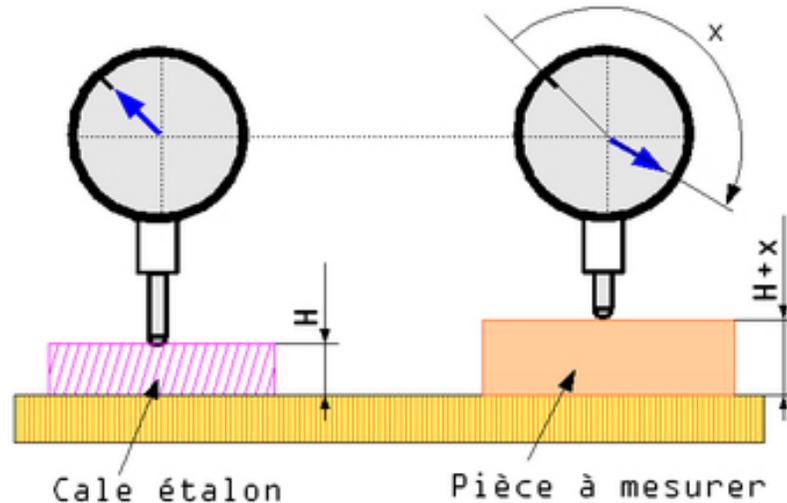
La grande aiguille, commandée par le palpeur fait un tour pour une différence de cote de 1 mm. Le grand cadran est divisé en 100 parties égales, il est donc possible d'apprécier le **1/100^{ème} de mm.**

Le petit cadran indique le nombre de tours de la grande aiguille.

L'ensemble de la grande graduation peut tourner autour de l'axe de la montre, afin que la division "zéro" puisse être mise à volonté devant l'aiguille centrale.

Il existe également des comparateurs à cadran permettant d'apprécier le 1/1000^{ème} de mm.

Principe de mesure



Pour effectuer une mesure on fait un point zéro à l'aide par exemple d'une [cale étalon](#). Il faut que le comparateur soit installé sur un support et qu'il soit vertical à la pièce. Le corps du comparateur étant fixe, on place la pièce à mesurer sous le comparateur qui indique alors la différence entre le point de référence et la dimension de la pièce mesurée. Si la valeur ne change pas le long de la pièce alors le parallélisme est correcte.

LES CALES ETALON



Les cales étalon sont des parallélépipèdes généralement en acier dont la longueur entre deux des faces (appelées mesurandes) est parfaitement connue. Les cales étalons sont utilisées pour étalonner ou régler des appareils de mesure de longueur.

LES CALES ETALON



Les cales étalon sont des parallélépipèdes généralement en acier dont la longueur entre deux des faces (appelées mesurandes) est parfaitement connue. Les cales étalons sont utilisées pour étalonner ou régler des appareils de mesure de longueur.

4.3 Contrôle des dimensions (utilisations des tampons, des mâchoires,...)

LES VÉRIFICATEURS À TOLÉRANCE

Principe de vérification :

Le principe du contrôle d'une grandeur mécanique par calibre à limite est basé sur l'utilisation d'un calibre **ENTRE** et d'un calibre **N'ENTRE PAS** parfois appelés **GO** et **NO GO**. Ce contrôle ne donne pas de renseignement sur la valeur de la grandeur. En revanche, il renseigne sur le fait que la grandeur mesurée est dans la [tolérance](#) spécifiée et nécessaire pour assurer le fonctionnement d'un ensemble mécanique.

C'est donc en principe un contrôle de fabrication ou même de réception mais ce n'est pas une mesure. Les calibres à limite ne sont pas des appareils mesureurs (comme un [pied à coulisse](#) par exemple). Son avantage réside dans la simplicité et la rapidité de la mesure. Elle permet un tri des pièces mais elle ne permettra pas de faire un diagnostic sur une éventuelle non-conformité.

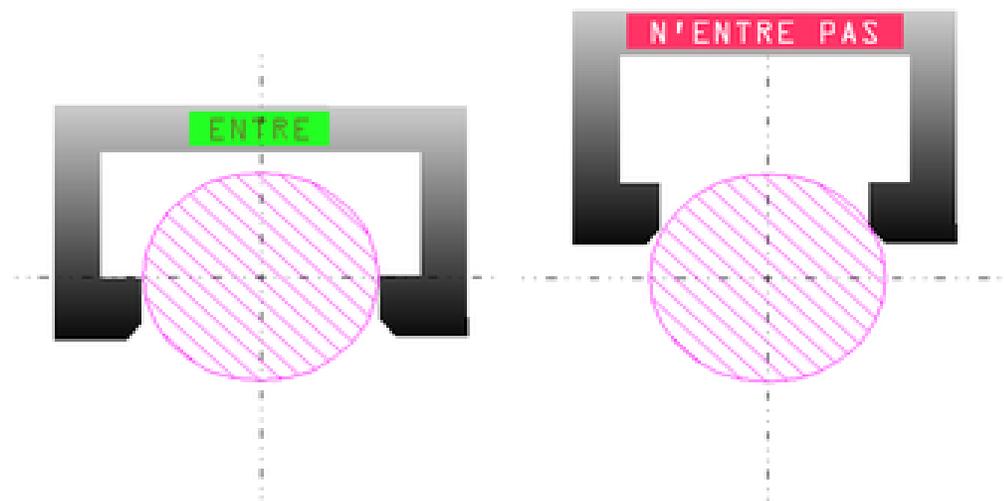
La grandeur mesurée est dite dans la tolérance si :

le calibre *ENTRE* n'interfère pas avec la grandeur, c'est-à-dire pénètre.

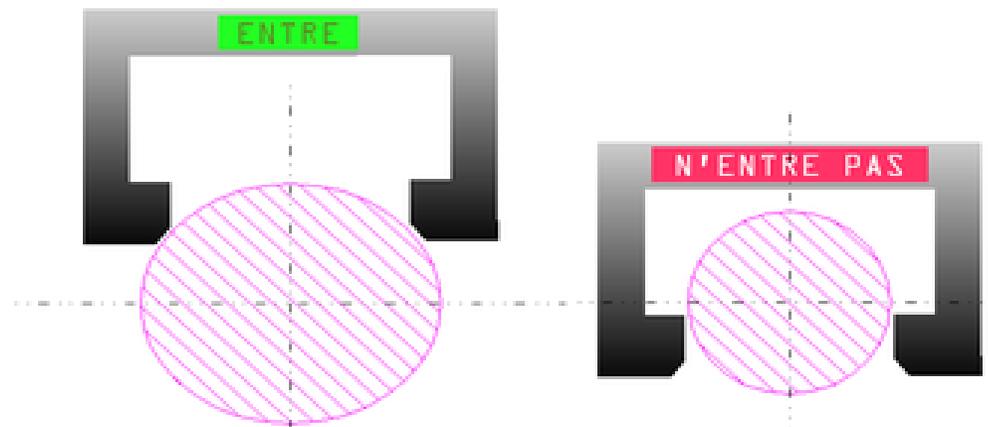
le calibre *N'ENTRE PAS* interfère avec la grandeur, c'est-à-dire ne pénètre pas.

Mesure extérieure (exemple : diamètre d'un arbre) : pièce dans la tolérance

Calibre extérieur



Mesure extérieure : pièce hors tolérance

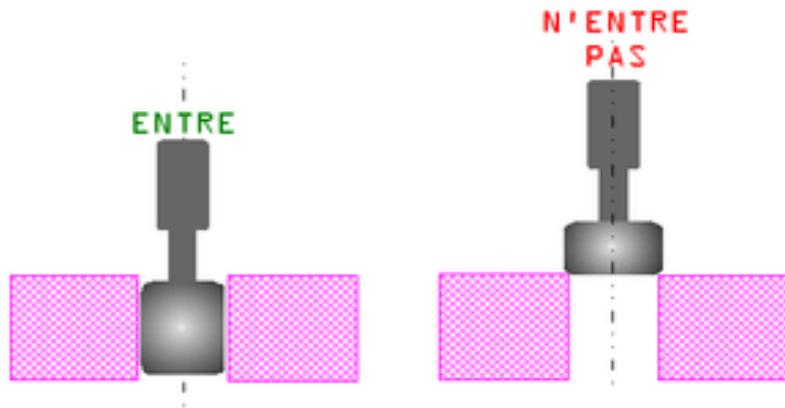


Diamètre supérieur à la tolérance

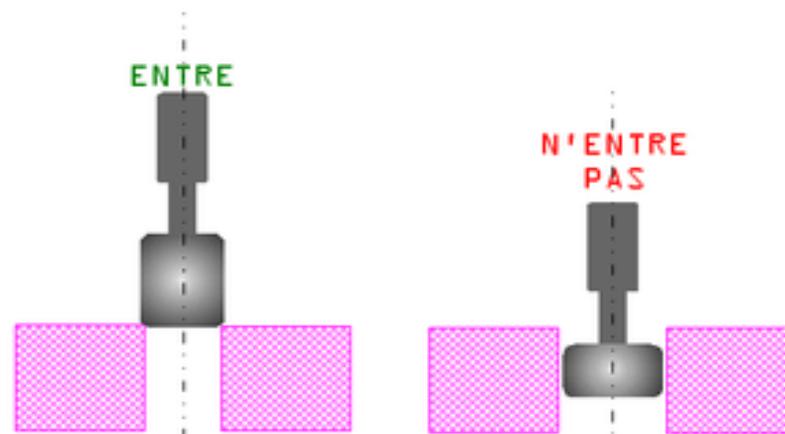
Diamètre inférieur à la tolérance

Calibre intérieur

Mesure intérieure (exemple : alésage) : pièce dans la tolérance



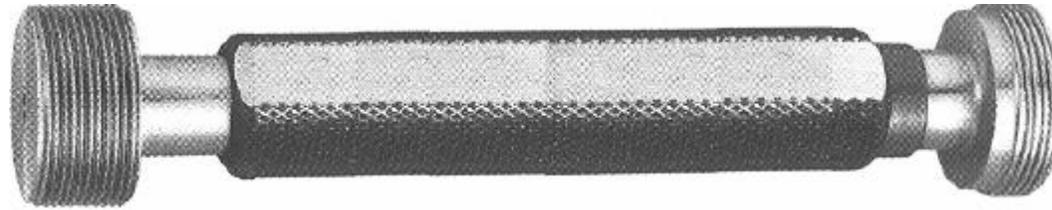
Mesure intérieure : pièce hors tolérance



Diamètre inférieur à la tolérance

Diamètre supérieur à la tolérance

Contrôle de filetage



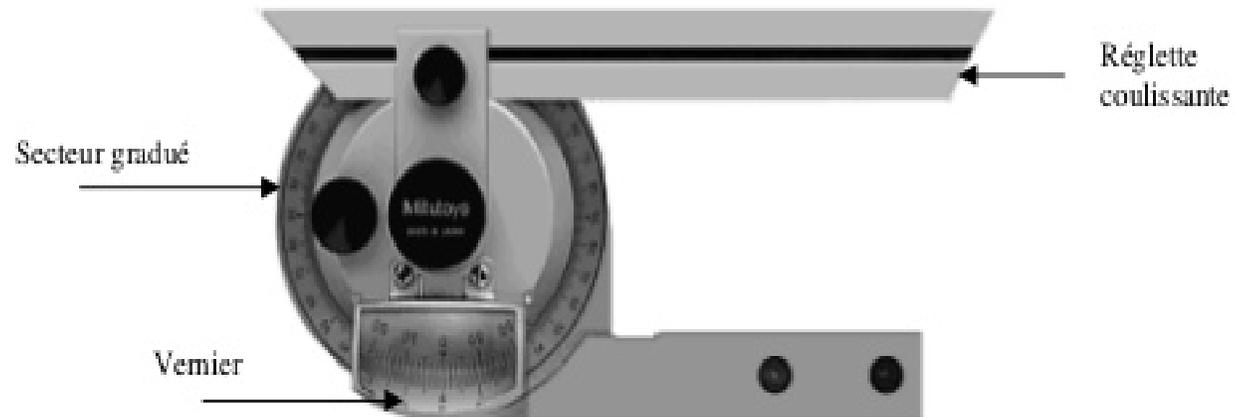
Jauges

Les jauges sont des instruments d'ateliers qui permettent un contrôle rapide et simple, peu précis. On peut distinguer les jauges à rayons, d'épaisseurs, de filetages...



Rapporteur d'angles:

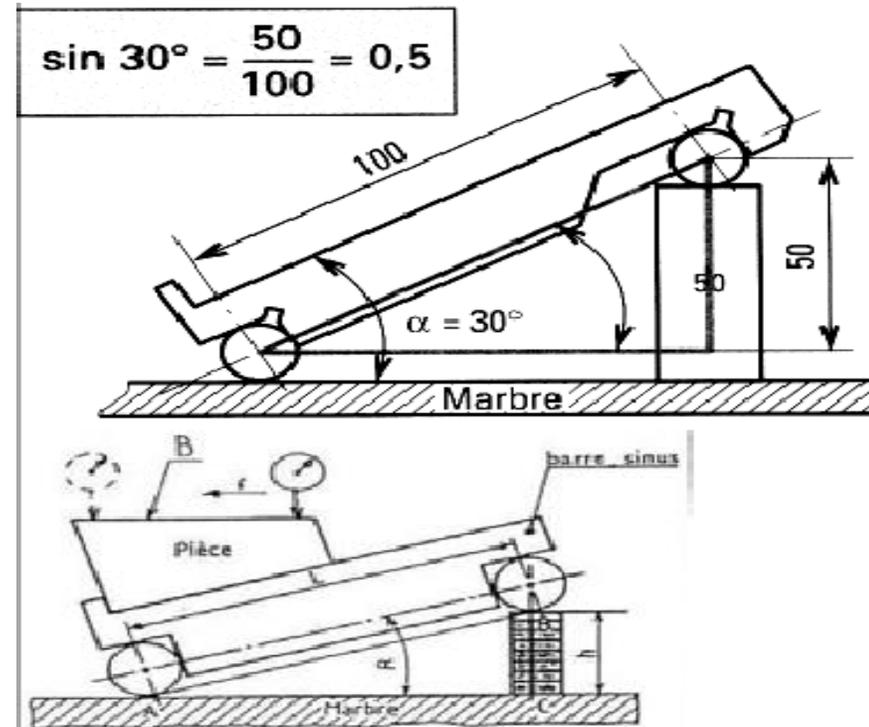
Description : C'est un appareil de mesure des angles.
Il comporte : un secteur gradué, un vernier et une réglette coulissante.



Barre sinus

Elle sert à mesurer un angle dont la précision est supérieure à cinq minutes ou à régler une pièce suivant un angle très précis.

Elle est composée d'un corps qui permet de maintenir deux pignes à une distance fixe et précise

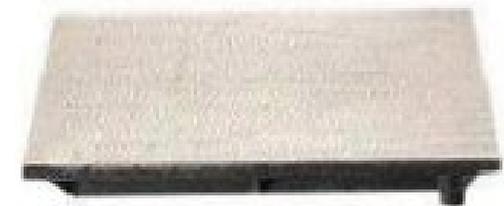
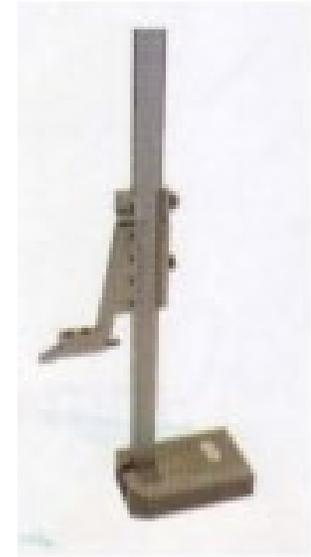
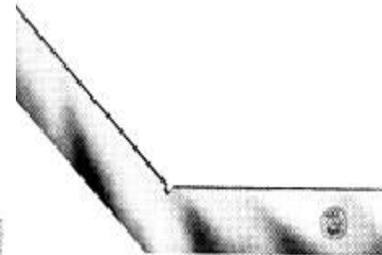
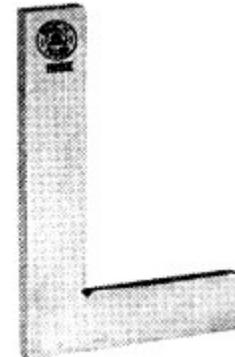


- **Trusquin** : Il sert à tracer des lignes parallèles à une hauteur donnée.

- **Equerre** : Elle permet d'apprécier à l'œil la différence entre son angle et celui de la pièce.

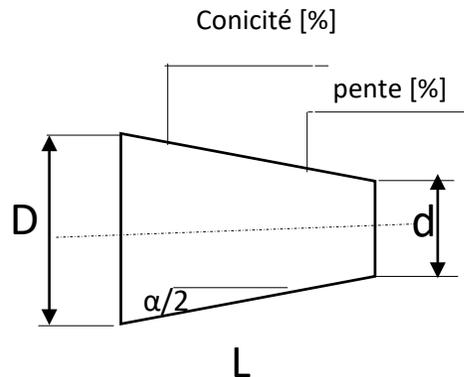
- **Bloc en Vé** : Utilisé pour retenir des pièces cylindriques en vue de traçage et du contrôle, aussi pour contrôler des surfaces perpendiculaires des pièces prismatiques avec le marbre.

- **Marbre** : Support en fonte ayant une surface supérieure parfaitement plane utilisé pour la vérification de la planéité d'une pièce.



3. Contrôle de la conicité

3-1. Mesure et contrôle d'une conicité



Conicité : rapport entre la différence des diamètres et la longueur du cône.

$$\text{conocité} = \frac{D-d}{L}$$

Pente : rapport entre la différence des rayons et la longueur du cône.

$$\text{Pente} = \frac{R-r}{L} = \text{tg}\alpha$$

Exercice: Trouver la relation entre la conicité et la pente ($\text{tg}\alpha$)

3. Contrôle de la conicité

3-1. Mesure et contrôle d'une conicité

Le cône à contrôler (cône mâle) tel que schématisé sur la figure page 35 prend appui sur un arbre et des piges identiques sont posées contre deux génératrices apposées respectivement sur le marbre et sur des cales latérales de hauteurs identiques H.

On mesure les cotes l_1 et l_2 et on déduit la conicité C.

On mesure les cotes l_1 et l_2 et on déduit la conicité C

$$C = \frac{l_1 - l_2}{H}$$

