

VI. Développement

1) Projet industriel : développement du prototype

Avant de vous rendre à l'atelier, il est important d'établir un **plan côté de la pièce** à réaliser, qui doit être **tamponné « bon pour usinage » par un enseignant**. Doivent être joints à ce plan :

- **Dimensions et matériau du brut**
- **La ou les machines-outils (pensez à demander les disponibilités de celle(s)-ci)**
- **Les différentes phases avec : la mise en position, les opérations à réaliser, les outils et conditions de coupe**

Quelques rappels (vous pouvez également vous aider des cours d'atelier de GMP1 disponibles sur fonteniaud.fr) :

a) Sécurité

Les machines peuvent projeter des copeaux brûlants ou liquides (lubrifiant,...) et entraîner doigts ou cheveux. Il peut arriver également que certains éléments chutent par accident. Pour toutes ces raisons, vous devez :

- Vous protéger en portant :
 - o **Une blouse** ou combinaison **en coton ajustée et boutonnée**. Ajouter un tablier de surprotection pour la soudure.
 - o Des **chaussures de sécurité**
 - o Des gants lorsque vous manipulez des outils, copeaux ou pièces avec des parties affûtées
 - o De quoi attacher vos cheveux (s'ils sont longs)
 - o Des lunettes de sécurité, des protections auditives et des gants



- Avec les machines :
 - o Utilisez obligatoirement les protections installées (écrans, capots,...)
 - o Assurez-vous que les pièces et outillages sont bien positionnés et fixés
 - o Assurez-vous que les personnes à proximité sont elles-mêmes protégées
 - o Arrêtez la machine pour toute intervention
 - o **Nettoyez et rangez à la fin de chaque utilisation**

b) Vitesse de coupe

Les paramètres de coupe dépendent de :

- La matière usinée : aluminium, bronze, fonte, acier carbone, acier allié,...
- La nature du métal constituant l'outil : HSS, carbure,...
- La section du copeau (élément modifiable selon qu'il soit question d'un travail d'ébauche ou de finition) :
 - o Ebauche : Permet d'enlever un maximum de matière en un minimum de temps sans prendre en compte l'état de surface final. Un outil d'ébauche doit supporter des efforts de coupe importants.
 - o Finition : Dernier usinage d'une surface, elle permet d'obtenir une très bonne qualité (rugosité) sur les surfaces usinées.
- La rigidité de la machine utilisée (conventionnel ou CNC)
- Lubrification (annexe, directement au centre de l'outil ou sans)
- ...

Pour commencer, il faut déterminer la vitesse de coupe (V_c). C'est la grandeur cinématique de base du couple outil/pièce. Elle va donc varier en fonction de la matière de l'outil et de la pièce. **Ces valeurs en m/min, sont adaptées à nos machines et outils (sans lubrification) :**

	Outil acier rapide supérieur		Outil carbure	
	Ebauche	Finition	Ebauche	Finition
Acier doux	40	50	90	100
Acier fortement allié	15	20	70	80
Inox	15	20	80	90
Bronze	20	25	-	-
Fonte	25	30	70	80
Aluminium	80	120	200	300
Laiton	45	55	-	-
Titane	15	20	60	70
Teflon	200	250	-	-

Exceptions :

Pinule de centrage : $n = 500$ tr/min - **Foret à pointer** : $n = 1000$ tr/min - **Foret HSS** : $V_c = 10$ m/min

Cela permet ensuite de déterminer la fréquence de rotation « n » sur la machine (exprimée en tour par minute) à l'aide de la formule suivante :

$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d}$	n : Vitesse de rotation en tours par minutes (tr/min) V_c : Vitesse de coupe en mètres par minutes (m /min) d : Diamètre de la partie tournante (pièce en tournage et fraise/forêt en fraisage/perçage)
--	---

c) Vitesse d'avance

L'**avance (fz)** est la vitesse avec laquelle progresse une dent de l'outil suivant l'axe de rotation, elle s'exprime donc **en millimètres par dent**. En tournage, l'avance s'appelle « f » et est exprimée en mm par tour, car Z=1). La **vitesse d'avance (Vf)** est la vitesse réglée sur la machine, en **millimètres par minute**. Celle-ci est donc directement liée à la fréquence de rotation en tours par minutes définie précédemment et au nombre de dents sur l'outil (Z=1 en tournage). Elle s'obtient donc grâce à la formule suivante :

$$V_f = f \times Z \times n \text{ (mm/min)}$$

- En tournage :

f en mm/tr	Outil acier rapide supérieur		Outil carbure	
	Ebauche	Finition	Ebauche	Finition
	0,1	0,05	0,2	0,05

- En fraisage :

Outil acier rapide supérieur	Ebauche	$f_z = 0,075 \times K$
	Finition	$f_z = 0,5 \times 0,075 \times K$
Outil carbure	Ebauche	$f_z = 0,125 \times K$
	Finition	$f_z = 0,4 \times 0,125 \times K$

Avec :

K = 0,8 pour des opérations de surfacage

K = 0,5 pour des opérations de fraisage combiné, rainurage, contournage et sciage

K = 0,3 pour des opérations en plongées verticale (ex : perçage avec une fraise)

d) Profondeur de passe

Théoriquement la profondeur de passe en ébauche peut aller jusqu'à 2/3 de la longueur de l'arête de l'outil si la puissance de la machine le permet. Avec nos machines nos outils, les **profondeurs de passe sont les suivantes** :

- En tournage :

ap maxi	Chariotage		Dressage	
	Ebauche	Finition	Ebauche	Finition
	2mm au rayon	0,3mm au rayon	1mm	0,3mm

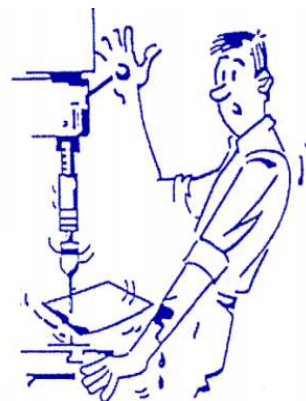
- En fraisage :

Surfacage		$ap \text{ maxi} = 0,1 \times \varnothing_{\text{Fraise}}$
Contournage	Ebauche (denture ravageuse)	$ap \text{ maxi} = 0,6 \times \Phi \text{ fraise}$ Engagement latéral $< 0,5 \times \varnothing_{\text{Fraise}}$
	Finition (denture lisse)	$ap \text{ maxi} = 1 \times \Phi \text{ fraise}$ Engagement latéral $< 0,15 \times \varnothing_{\text{Fraise}}$
Rainurage	Ebauche (denture ravageuse)	$ap \text{ maxi} = 0,6 \times \varnothing_{\text{Fraise}}$
	Finition (denture lisse)	$ap \text{ maxi} = 0,3 \times \varnothing_{\text{Fraise}}$

e) Perçage

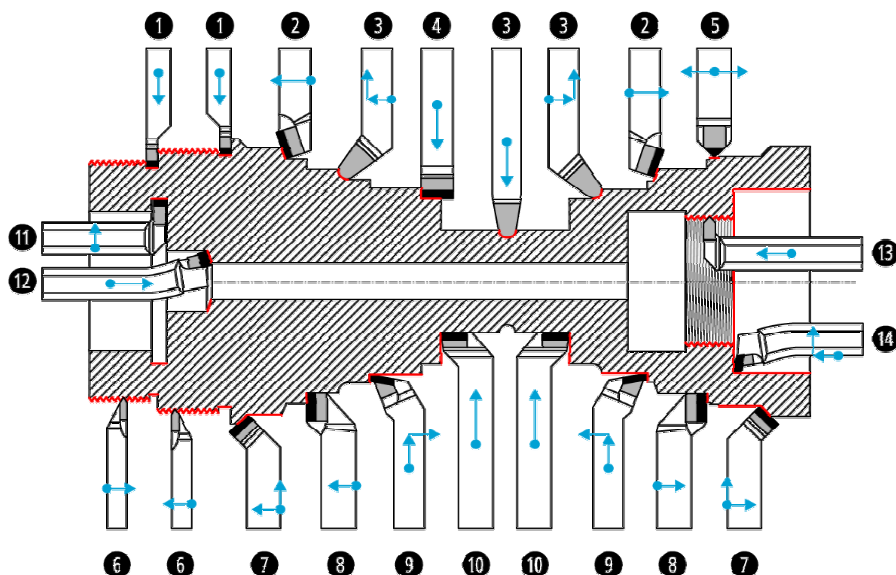
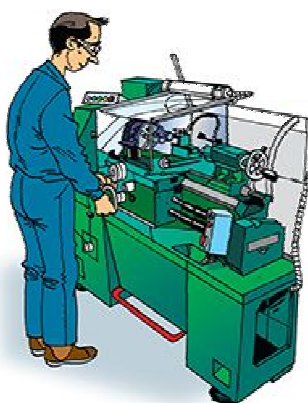
Attention l'utilisation de la perceuse avec un foret ne permet pas la réalisation d'alésages de précision !

- **Ne maintenez jamais les pièces à la main** : utilisez un étau ou des brides.
- N'enlevez jamais les copeaux à main nue
- Toujours faire un pointage avant de percer
- Faire un avant trou pour des gros diamètres



f) Tournage conventionnel

- Bien serrer la pièce dans le mandrin et **enlever la clé du mandrin**
- Vérifier que la pièce soit bien axée par rapport au mandrin (lui faire faire quelques tours)
- Choisir l'outil adapté à l'opération à réaliser, le fixer correctement et à hauteur de pointe.
- En tournage comme en fraisage, **pensez aux rattrapages des jeux.**

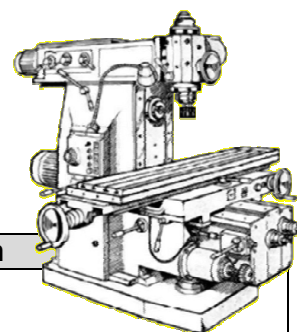


1	Outil à saigner
2	Outil à charioter droit
3	Outil à retoucher
4	Outil pelle
5	Outil à retoucher
6	Outil à fileter (extérieur)
7	Outil à charioter coudé

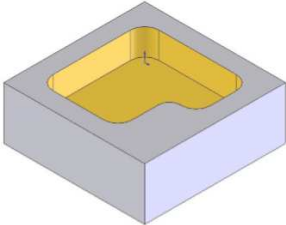
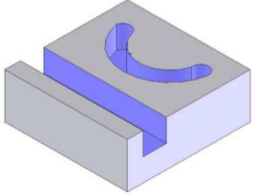
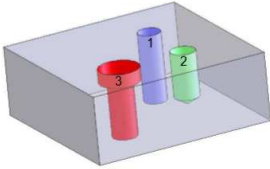
8	Outil couteau
9	Outil à dresser d'angle
10	Outil à dresser les faces
11	Outil à chambrer
12	Outil à aléser
13	Outil à fileter (intérieur)
14	Outil à aléser et dresser

g) Fraisage conventionnel

- Fixer la pièce : en étaux ou à l'aide d'un montage d'usage.
- Choisir l'outil adapté à l'opération à réaliser et l'installer correctement dans la machine :



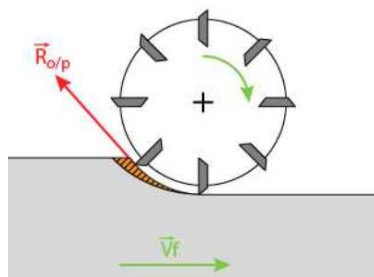
Opération	Représentation	Définition
Surfaçage		Le surfaçage est l'usinage d'un plan
Épaulement		C'est l'usinage de deux plans perpendiculaires en une seule opération

Usinage de poche		La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconques (cylindriques et planes). C'est une forme creuse dans la pièce.
Rainurage		Réalisation d'une entaille de section rectangulaire, en forme de T ou en queue d'aronde.
Perçage, lamage, alésage et taraudage		Obtention de trous débouchants (1) ou non (2). Le perçage est l'obtention d'un trou lisse. Le lamage (3) est une forme servant à noyer la tête de la vis. L'alésage est une opération de finition servant à calibrer le trou. Le taraudage est l'obtention du filetage à l'intérieur du trou.

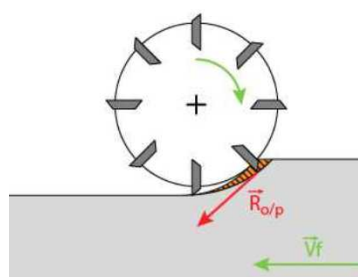
- Choisir l'outil ayant le diamètre le plus petit permettant de couvrir la surface en une seule passe (lorsque c'est possible) : cela permet d'avoir un nombre minimum d'opérations et d'avoir une vitesse d'avance plus rapide, donc de diminuer le temps de fabrication.

- Une fraise peut travailler respectivement :

- De profil (dit « de forme ») où la surface à réaliser est parallèle à l'axe de la fraise.

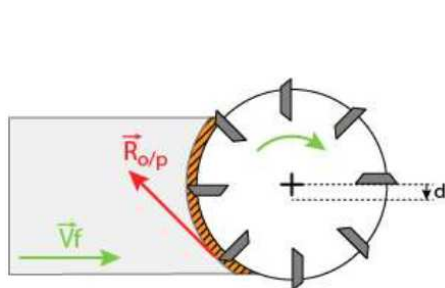


Fraisage de profil en opposition

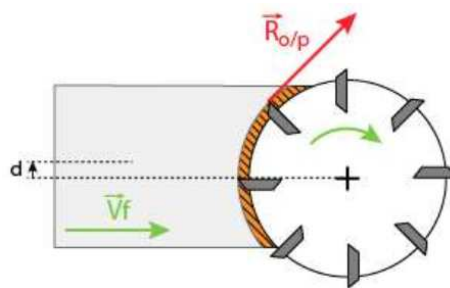


Fraisage de profil en avalant

- En bout (dit « d'enveloppe » ou « surfacage »). Pour ce type d'usinage la surface à réaliser est perpendiculaire à l'axe de la fraise.



Fraisage de face en opposition



Fraisage de face en avalant

- **Travailler en opposition** : l'effort de coupe tangentiel de la fraise s'oppose à l'avance de la pièce à fraiser ; c'est la méthode utilisée sur machine conventionnelle afin de **neutraliser les jeux de transmission de mouvement**.

- **Envoyer les efforts vers le mors fixe de l'étau**, afin de ne pas solliciter le mors mobile.

h) Imprimante 3D

Nous disposons de 3 modèles d'imprimantes 3D à l'IUT, qui ont chacune leurs propriétés, choisissez la plus adaptée à vos besoins :

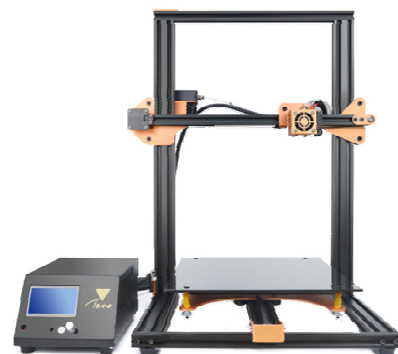
- Imprimante 3D « amateur » (Creality Ender 3)

- Coût d'utilisation très faible (pièces et entretien pas chers, fil à 15€/kg,...)
- Libre accès et utilisation de la machine par les étudiants
- Capacité d'impression : 220X220X250mm
- Précision : $\pm 0.2\text{mm}$
- Matériau possible : **ABS** ou **PLA** (voir couleurs disponibles en magasin)



- Imprimante 3D « amateur » (Tevlo tornado)

- Coût d'utilisation très faible (pièces et entretien pas chers, fil à 15€/kg,...)
- Libre accès et utilisation de la machine par les étudiants
- Capacité d'impression : 300X300X400mm
- Précision : $\pm 0.2\text{mm}$
- Matériaux possibles : **PLA** (voir couleurs disponibles en magasin)



- Imprimante 3D industriel « Dimension Elite »

- Coût d'utilisation élevé (pièces et entretien très chers, fil à 290€/kg)
- Utilisation de la machine uniquement par Sylvain LEPETIT (voir disponibilité de la machine et fournir un fichier Catia Catpart ou un fichier STL)
- Capacité d'impression : 200X200X200mm
- Précision : $\pm 0.2\text{mm}$
- Matériaux possibles : ABS : rouge, bleu, jaune, noir, ivoire, blanc



i) Soudure



Il existe divers risques importants de brûlures, de coupures, de chutes et d'écrasements tout au long du processus de réalisation des pièces.

- Pour toutes les activités ayant lieu dans l'atelier de soudage-chaudronnerie, il est obligatoire de porter : **blouse et pantalon en coton minimum, chaussures de sécurité, tablier et sur-chaussures en cuir, gants en cuir.**

- Manipulez les chariots porte-bouteilles avec précaution.

Il est interdit de porter des lentilles lors de la pratique du soudage et de la découpe plasma.

- **Il est interdit de regarder l'arc électrique sans protections oculaires.** Le port du masque (sensibilité de 9 à 13 pour le soudage MIG et TIG) ou de lunettes (sensibilité 4 et 5 pour le soudage chalumeau et découpe plasma) est obligatoire.

- Le port de protections oculaires est obligatoire pour réaliser les opérations de piquage (retrait du laitier), d'ébarbage ou de meulage.
- Le port de protections auditives est obligatoire pour réaliser les opérations de meulage ou de sablage.
- Les opérations suivantes se feront toujours **sous des systèmes d'aspiration des vapeurs et des fumées** : dégraissage de pièces, soudage de pièces (en métal nu, peintes ou ayant subi un traitement de surface) et peinture.

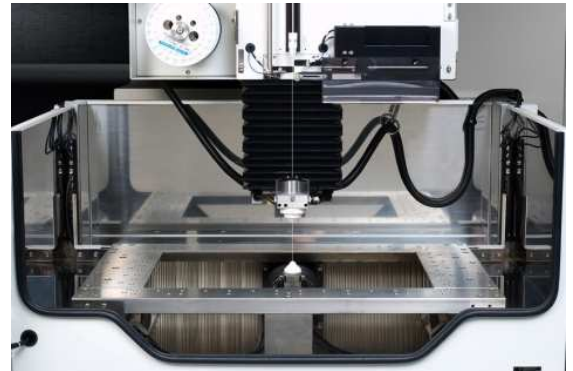


j) Electroérosion à fil

Les vitesses d'usinage ne sont pas très élevées (entre 0,2 et 10 mm/min), mais avec une précision de $\pm 0.02\text{mm}$ avec état de surface $Ra\ 0.1/1$ (proche du poli d'un miroir). Le coût de fonctionnement est d'environ 45€HT de l'heure.

Il est intéressant d'utiliser cette machine dans les cas suivants :

- Usinage des métaux durs ou trempés
- Usinage de pièces délicates : pas d'actions mécaniques entre la pièce et l'outil donc pas de bridage nécessaire.
- Usinage de formes particulières (trous de section carrée, triangulaire, en hélice, gravures complexes).
- Extraction d'outils cassés (forets, tarauds)
- Pièce nécessitant une très bonne précision et bon état de surface (identique à la rectification).



Si votre pièce n'impose pas un ou plusieurs de ces critères, privilégiez plutôt le tour et/ou la fraiseuse conventionnels, car l'électroérosion à fil a un coût de fonctionnement élevé : enlèvement de matière lent, consommation électrique importante et érosion rapide de l'électrode.

Notre machine : Fanuc Alpha0iD

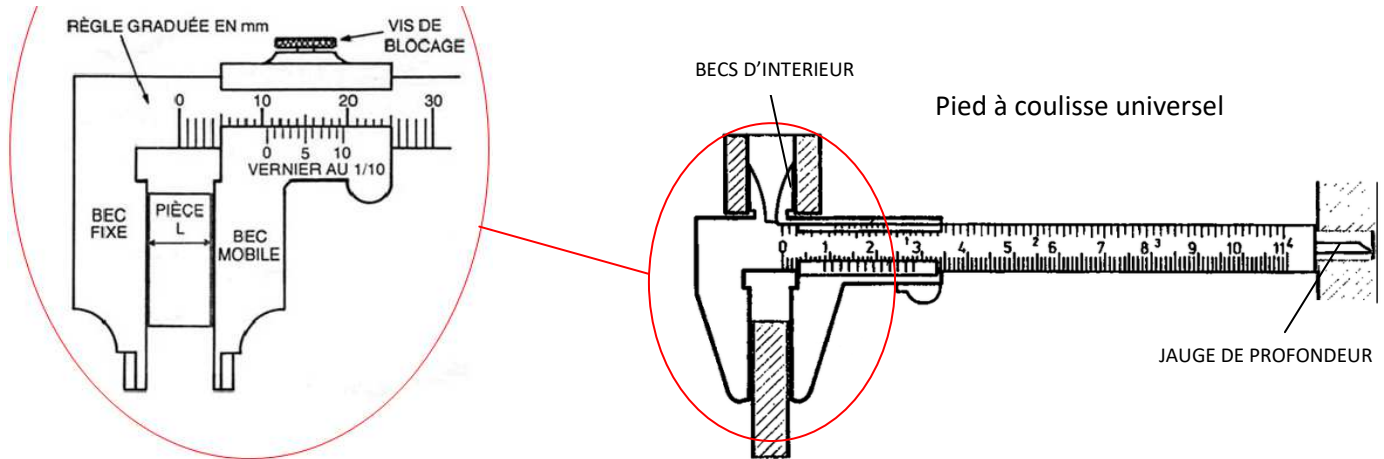
Dimensions de travail: 368.3X269.2X254mm

Pour l'utilisation, voir avec Sylvain LEPETIT. Vous présenter avec :

- Un plan côté avec les tolérances ou un plan Catia avec la pièce dessinée aux côtes moyennes
- Le nom de la matière que vous souhaitez utiliser

k) Contrôle

- Pied à coulisse



Le pied à coulisse permet une mesure dont la précision varie avec le type de vernier utilisé. Le vernier peut être au 1/10, au 1/20, au 1/50. Il permet donc d'évaluer une mesure au 1/10 de mm (0,1mm), au 1/20 de mm (0,05 mm), et au 1/50 de mm (0,02 mm). Il permet différents types de mesures :



1- Nettoyer les 2 becs, les mettre en contact et vérifier que les 0 sont alignés et que le 10 du vernier est aligné avec le 49 de la règle (vernier au 1/50)

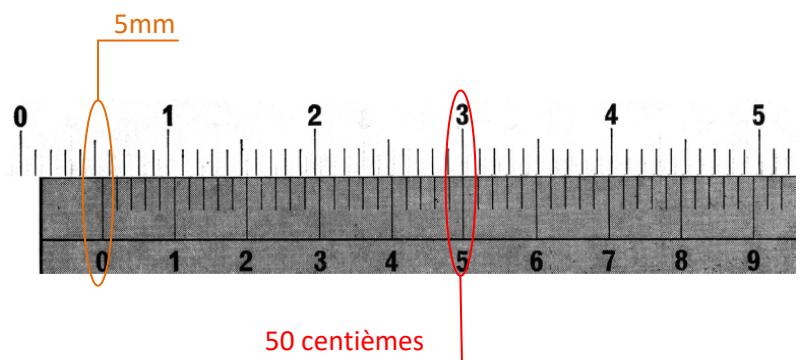
2-Amener les becs du pied à coulisse en contact avec la pièce à mesurer et serrer modérément en vérifiant que les becs sont bien en appui

3-Immobiliser le bec mobile à l'aide de la vis de blocage

4-Lire sur la règle le nombre de mm ENTIERS situés à GAUCHE du zéro du vernier

5-Rechercher sur le vernier la graduation qui est alignée avec une graduation de la règle. Cette valeur correspond aux centièmes de millimètres et doit être ajoutée au nombre entier trouvé précédemment.

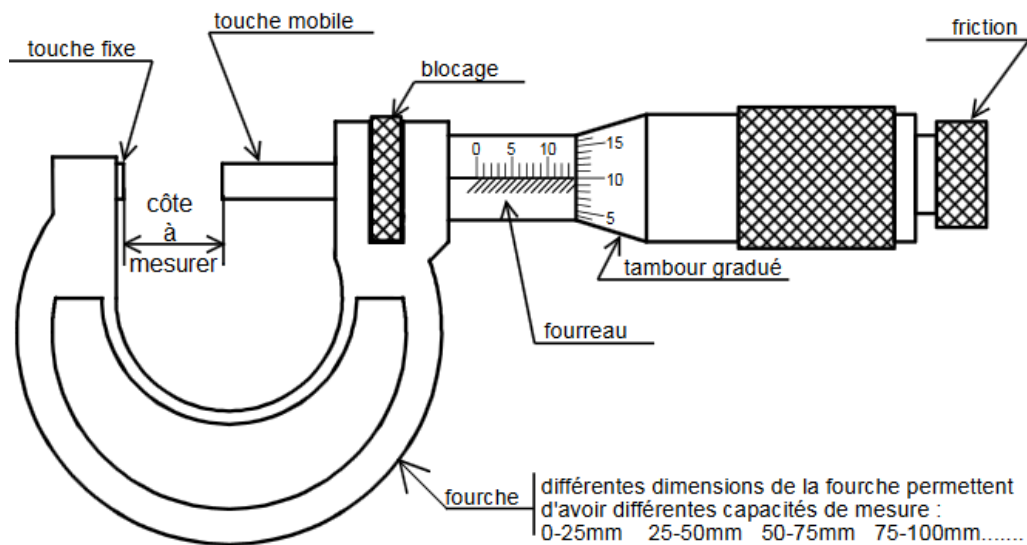
Exemple :



soit 5mm et 50 centièmes : **5,50mm**

- Micromètre (aussi appelé « palmer »)

Le micromètre permet une mesure plus précise que le pied à coulisse (1/100 de mm). Il en existe de différents types en fonction de la mesure à effectuer.



1- Relever la dimension au pied à coulisse, pour éviter les erreurs de demi-millimètre

2- S'assurer que le tambour n'est pas bloqué

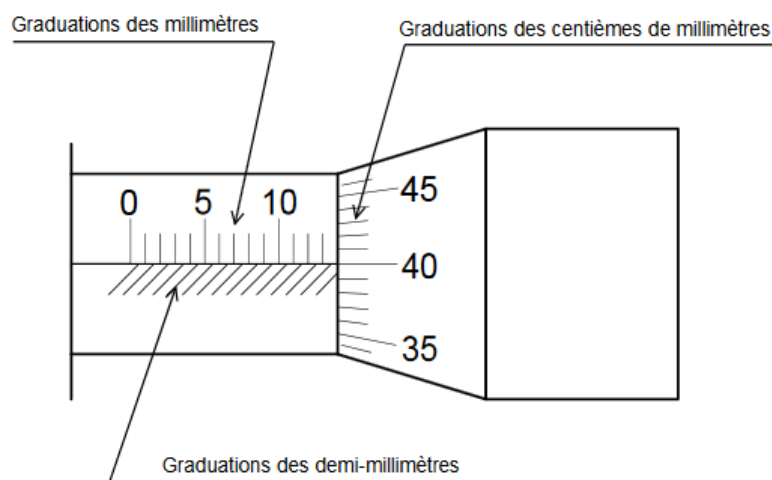
3- Contrôler l'étalonnage du micromètre :

- S'il s'agit d'un micromètre 0 - 25 mm : nettoyer les deux touches, les amener au contact l'une de l'autre, quand la friction patine, le 0 doit être en face de la ligne du fourreau.
- S'il s'agit d'un micromètre 25 - 50 mm : pratiquer de la même façon, mais intercaler entre les deux touches un étalon (cylindre ou cale) de 25 mm

4- Si le zéro est décalé, procéder à l'alignement à l'aide d'une clé spéciale fournie avec le micromètre.

5- Prendre la mesure sur la pièce : Utiliser obligatoirement et exclusivement la friction pour mettre en contact les touches de mesure avec la pièce à mesurer. Ne jamais utiliser le tambour gradué pour mettre en contact les touches de mesure avec la pièce à mesurer (risque de détérioration du micromètre et d'erreur de lecture).

6- Lire la mesure effectuée



Relever les millimètres	13,
Relever, éventuellement le demi-millimètre	0,5
Relever les centièmes de millimètre	0,40
Faire le total	13,90