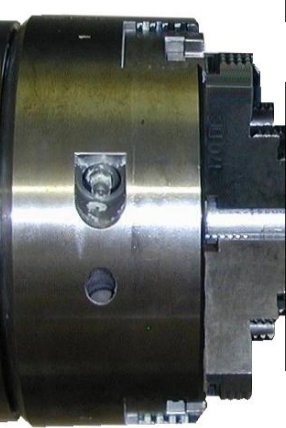
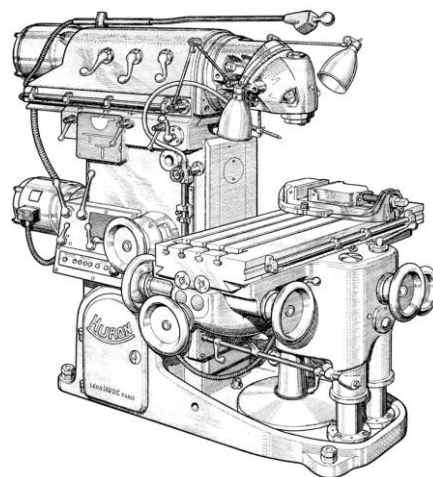
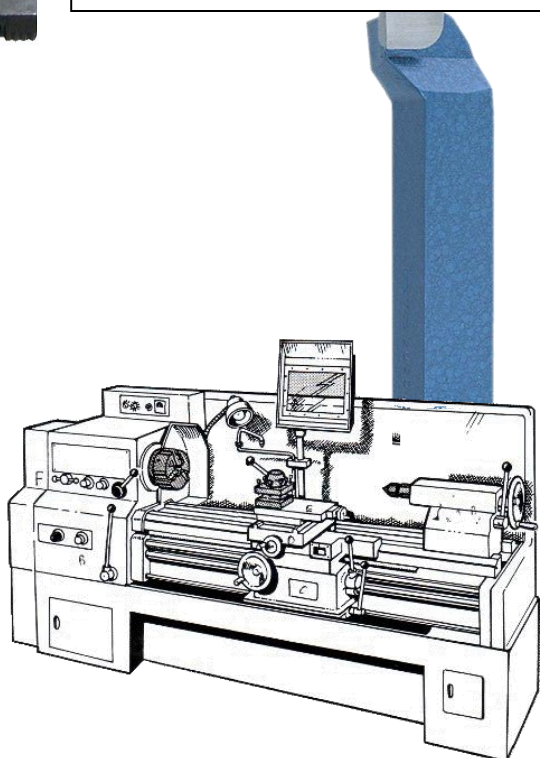




R1.07 – PRODUCTION METHODES



TOURNAGE ET FRAISAGE CONVENTIONNELS



**IUT CLERMONT
AUVERGNE**

Aurillac - Clermont-Ferrand - Le Puy-en-Velay
Montluçon - Moulins - Vichy

SEMESTRE 1



**Génie
Mécanique
Productique
Montluçon**

Nom de la ressource	R1.07 - Production - Méthodes		
Semestre	Semestre 1		
Compétence(s) ciblée(s)			
C1-Spécifier Spécifier les exigences technico-économiques industrielles	C2-Développer Déterminer la solution conceptuelle	C3-Réaliser Concrétiser la solution technique retenue	C4-Exploiter Gérer le cycle de vie du produit et du système de production
X		X	
Apprentissages critiques			
• Formuler l'ensemble des attentes du client • Exprimer les exigences techniques d'un produit existant • Vérifier la conformité d'un produit grand public par rapport à l'usage auquel il est destiné	• Situer les éléments d'un système simple et leurs interactions, dans l'espace, dans le temps • Interpréter les spécifications en fonction de leur représentation pour un système simple • Choisir des solutions appropriées pour des cas simples en étant accompagné/guidé	• Identifier les contraintes de réalisation à partir d'une pré-étude • Choisir des solutions techniques adaptées aux contraintes de réalisation • Mettre en œuvre les outils métiers pour produire une solution simple, réelle ou numérique, qui répond aux spécifications et à la pré-étude • Élaborer des documents métiers pour des pièces/systèmes simples en mettant en œuvre les outils ad hoc	• Décrire le fonctionnement du monde de l'entreprise et de ses services • Déterminer les objectifs de performance, les composants et les indicateurs de performance propres à chaque étape du cycle de vie d'un produit et du système de production
SAÉ concernée(s)	SAÉ1.1, SAÉ1.3, SAÉ1.4, SAÉ2.3		
Prérequis	Aucun		
Descriptif détaillé	Connaître les éléments fondamentaux des principaux procédés de fabrication et d'obtention : • Fonderie, forgeage, découpe, pliage, soudage, enlèvement de matière, fabrication additive... • Type de pièce obtenue • Matériaux employés ainsi que les technologies liées.... Identifier pour une pièce les procédés et leur ordonnancement qui ont mené à sa réalisation Pour les procédés par enlèvement de matière, identifier : • Les outils de coupe fondamentaux et les surfaces qu'ils génèrent • Les différentes opérations de fraisage, tournage et perçage • Connaître les portes-pièces standards (mors doux/durs, pinces, étaux ...) et leurs spécificités (utilisation pour la mise en position et maintien en position, ...) Interpréter un processus de fabrication et une procédure de fabrication : • Lire une gamme • Lire un contrat de phase ou d'opération Mettre en œuvre des moyens de production simples dans un processus global d'élaboration : • Réaliser une pièce unitaire prototype répondant au cahier des charges fonctionnel • Faire une analyse critique (observer/analyser les défauts constatés sur les pièces : introduction aux notions de défauts et de dispersions) ... Recommandations : • Cette ressource doit développer la culture technologique • Les interactions avec les autres services de l'entreprise doivent être évoqués • Dans le cadre de TPs comportant des risques les règles de sécurité doivent être présentées Les interactions avec les autres services de l'entreprise doivent être évoqués		
Mots clés	Procédés de fabrication et d'obtention de brut, gamme, mise en position		

Sécurité	5
-----------------	----------

A- TOURNAGE

I. Vocabulaire

1) Définition	6
2) Tour conventionnel	6

II. Référentiel normalisé

1) Les axes	6
2) Les mouvements de rotation	7
3) Axes additionnels	7

III. Outils

1) Principales opérations de tournage	8
2) Matériaux des outils	10
3) Sens de l'outil	11
4) Les principaux outils de tournage	12
5) Montage d'un outil sur la machine	14

IV. Conditions de coupe

1) Rattrapage des jeux	15
2) Vitesse de coupe	16
3) Vitesse d'avance	17
4) Profondeur de passe	18
5) Astuces	18

B- FRAISAGE

I. Vocabulaire

1) Définition	19
2) Fraiseuse conventionnelle	19
3) Différents types de fraiseuses conventionnelles	19

II. Usinage

1) Principales opérations de fraisage	20
2) Génération des surfaces	21

3) Les outils	22
4) Quelques exemples	26

III. Déplacements

1) Rattrapage des jeux	28
2) Fraisage en opposition	28
3) Fraisage en concordance (ou « en avalant »)	29
4) Fraisage en bout	29

IV. Géométrie de la machine

1) Orientation de la broche universelle	30
2) Orientation de l'étau	30

V. Conditions de coupe

1) Vitesse de coupe	31
2) Vitesse d'avance	31
3) Profondeur de passe	32

VI. Usinage

1) Cubage d'un prisme	32
-----------------------	----

C- METROLOGIE

1) Calibre à limite	35
2) Pied à coulisse	35
3) Micromètre	38
4) Quelques outils de contrôle supplémentaires	40

D-USINAGES

I. Tournage

1) Dessin de définition : Bague épaulée	41
2) Phases	42

II. Fraisage

1) Dessin de définition : Cale étagée	44
2) Phase	45

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 :

- Protéger votre corps, en portant :

- **Une blouse** ou combinaison **en coton** (chaleur des copeaux), **ajustée et boutonnée**.
- Des **chaussures de sécurité**
- Des **lunettes de sécurité** et des protections auditives
- Des **gants** lorsque vous manipulez des outils, copeaux ou pièces avec des parties affûtées
- De quoi **attacher vos cheveux** (s'ils sont longs)



- Avec les machines :

- Utilisez obligatoirement les protections installées (écrans, capots,...)
- Utilisez obligatoirement le crochet pour dégager les copeaux de la machine
- Attention à bien retirer tous les outils de la machine avant de la mettre en fonctionnement : clé de mandrin, clés de serrage des outils, outillages divers,...
- Assurez-vous que les pièces et outillages sont bien positionnés et fixés
- Assurez-vous que les personnes à proximité sont elles-mêmes protégées
- Arrêtez la machine pour toute intervention
- Attention : une pièce qui vient d'être usinée peut être chaude
- **Nettoyez et rangez à la fin de chaque utilisation**

La soufflette n'est pas un jeu et peut être dangereuse si elle n'est pas manipulée avec précautions (projections de copeaux,...)



A- TOURNAGE

I. Vocabulaire

1) Définition

.....

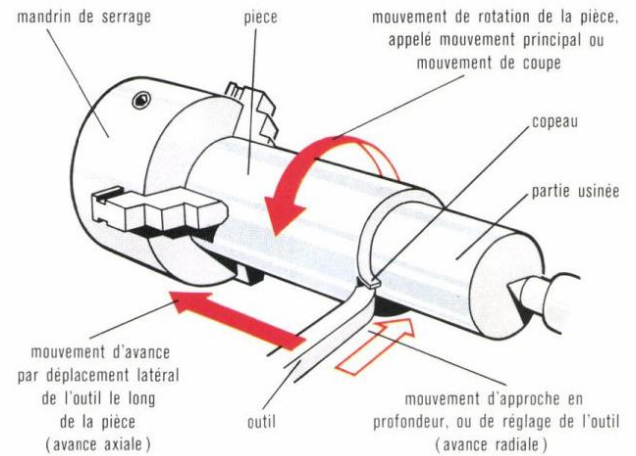
.....

.....

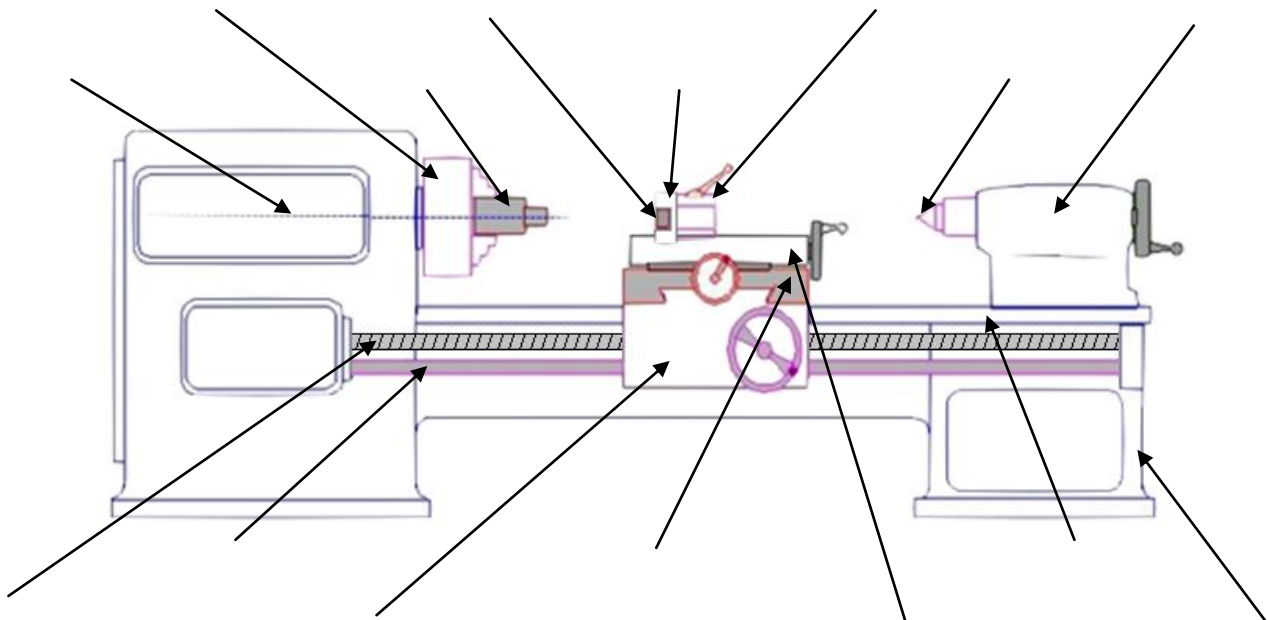
.....

.....

.....



2) Tour conventionnel



II. Référentiel normalisé

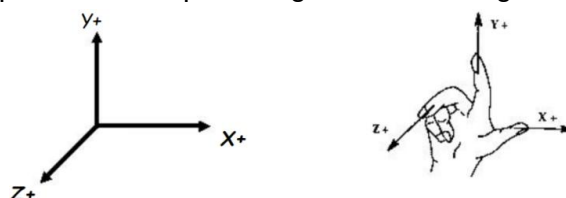
1) Les axes

Sur les centres d'usinage, le choix des axes de déplacement est normalisé. Cela est notamment nécessaire dans le cas de la programmation des commandes numériques afin qu'un programme soit plus facilement transmissible d'une machine à une autre

Axe :

.....

Trièdre de référence : Le système de coordonnées (X, Y, Z) est un système cartésien de sens direct lié à une pièce placée sur la machine. On peut le définir par la règle des trois doigts de la main droite.



L'axe Z :

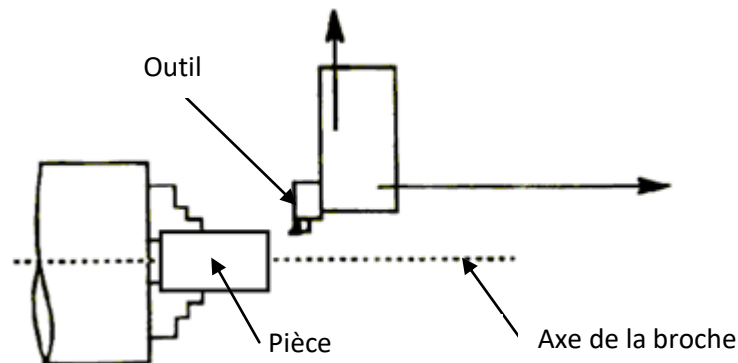
.....

L'axe X :

.....

L'axe Y :

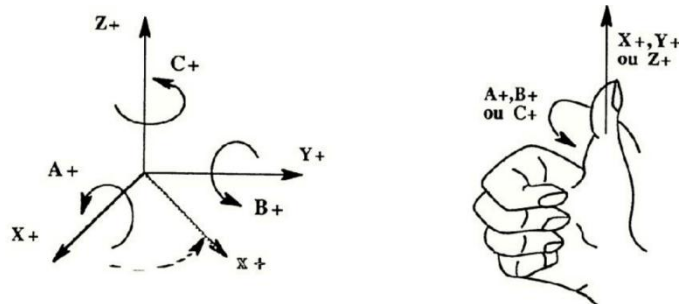
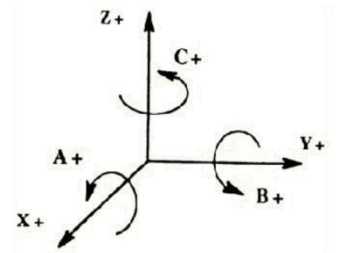
Le sens positif (+) provoque l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce.



2) Les mouvements de rotation

Les symboles A, B et C désignent les mouvements de rotation effectués respectivement autour d'axes parallèles à X, Y et Z.

À partir du trièdre de référence, le sens de rotation autour de Z est donné quand X rejoint Y par l'intérieur du trièdre (schéma ci dessous). Le sens de rotation autour de X est donné quand Y rejoint Z par l'intérieur du trièdre et le sens de rotation autour de Y est donné quand Z rejoint X par l'intérieur du trièdre.

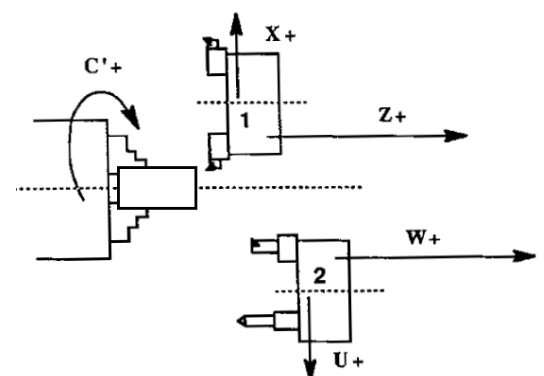


Il est possible de retrouver les sens de rotation en plaçant le pouce de la main droite en direction du sens positif de l'axe linéaire considéré. Le sens positif de l'axe de rotation est donné par la direction des autres doigts de la main, ceux-ci étant légèrement repliés (schéma ci-dessus).

3) Axes additionnels

Afin d'augmenter les capacités opérationnelles des machines, certaines d'entre-elles possèdent des axes en plus des axes principaux.

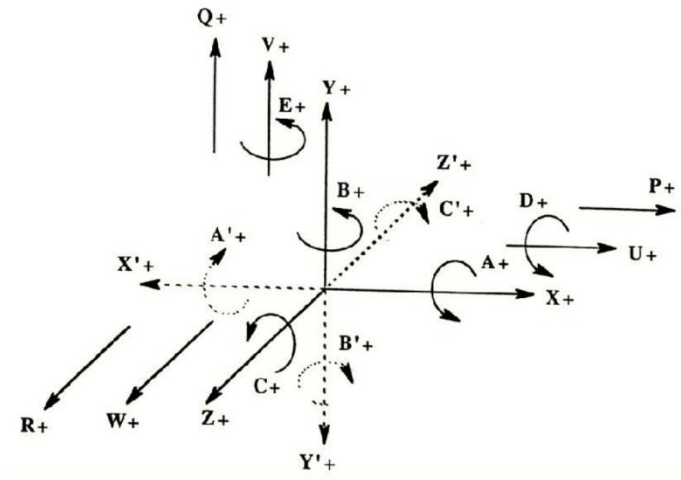
Exemple : Tour CNC à 2 tourelles indépendantes + rotation de la broche numérisée



Le repérage de ces axes est normalisé : (NF Z 68-020)

TRANSLATION			ROTATION	
Primaire	Secondaire	Tertiaire	Primaire	Secondaire
X	U	P	A	D
Y	V	Q	B	E
Z	W	R	C	

Représentation des axes normalisés avec axes additionnels et quel que soit le mouvement de déplacement (outil ou pièce) :

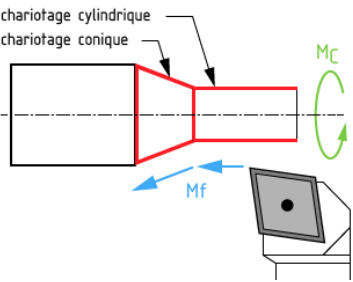


III. Outils

1) Principales opérations de tournage

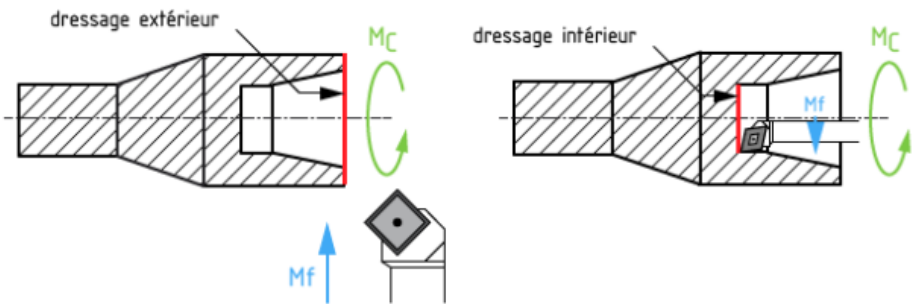
Chariotage :

.....

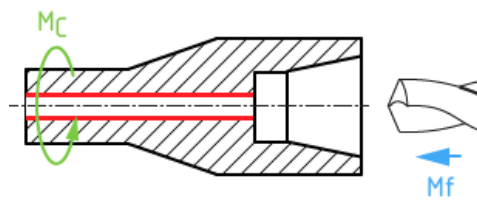


Dressage :

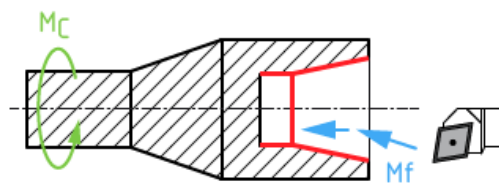
.....



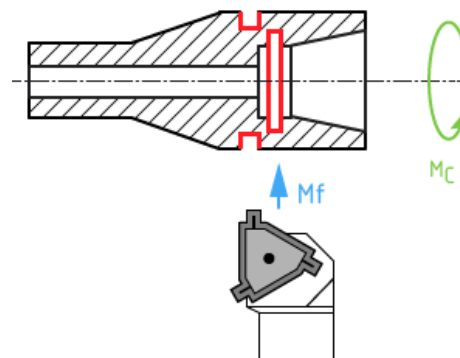
Le perçage :



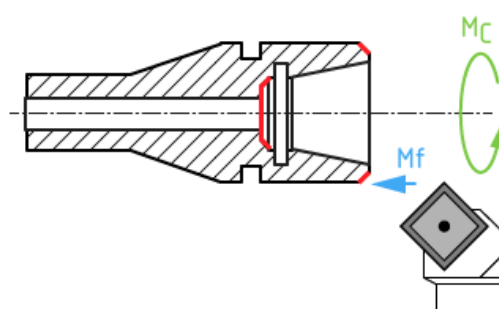
L'alésage :



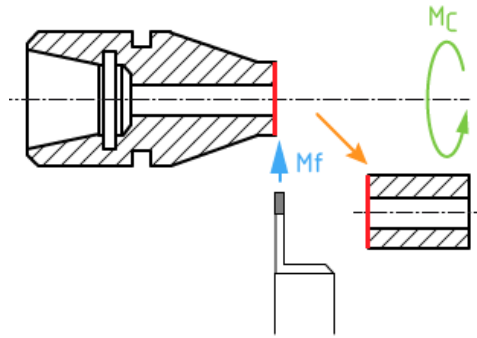
Le rainurage :



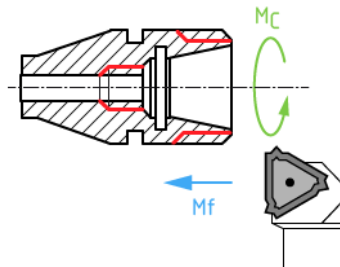
Le chanfreinage :



Le tronçonnage :



Le filetage :



L'épaulement :

Le profilage :

On distingue donc deux classes d'opérations de tournage :

- Les opérations de tournage extérieur :

- Les opérations de tournage intérieur :

2) Matériaux des outils

A sein de l'IUT, nous utiliserons 2 principaux types d'outils (il en existe d'autres) :

- Outil acier rapide (ou HSS) : L'appellation acier rapide ou « acier rapide supérieur », en anglais : high speed steel (abrégé HSS), désigne les aciers outils ayant la capacité de conserver leur trempe à haute température. Composé d'alliages de fer et de carbone, additionnés de chrome, vanadium, molybdène, manganèse, tungstène, cobalt,... Ce type de matériau est utilisé avec des **vitesse de coupe et des passes relativement faibles**. Un outil HSS est bon marché et peut être réaffuté.



Foret HSS



Outil à dresser HSS

- Outil carbure : Agglomérés de carbures divers (titane, bore, tungstène) et de cobalt obtenus par frittage et dont la dureté est proche de celle du diamant. Bien que fragile et sensible aux variations de température, ce type de matériaux peut être utilisé avec des **vitesses de coupe élevées et de fortes passes** pour l'usinage de divers matériaux. Il peut être monobloc ou à plaquette(s)



Foret carbure monobloc



Foret carbure à plaquette

3) Sens de l'outil

Le sens de l'outil est défini par la position de son arête de coupe. En considérant l'outil tenu en main verticalement et le bec en bas :

- l'outil est dit à droite, si, son arête tranchante est orientée vers la droite.
- l'outil est dit à gauche, si son arête tranchante est orientée vers la gauche.
- Si la partie active de l'outil est symétrique par rapport à l'axe de l'outil, ce dernier travaille indifféremment à droite et à gauche, l'outil est neutre.



Outil à gauche



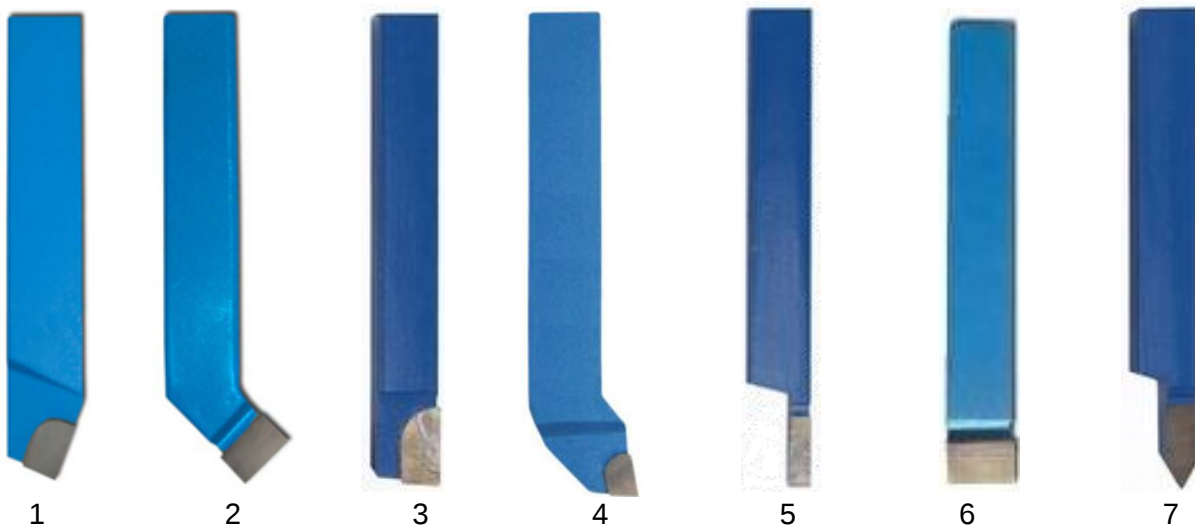
Outil neutre



Outil à droite

4) Les principaux outils de tournage

- Tournage extérieur :



1) Outil droit à charioter : Comme son nom l'indique, il est utilisé pour les opérations de chariotage.

2) Outil coudé à charioter : Cet outil permet de faire du chariotage, du dressage et du chanfreinage.

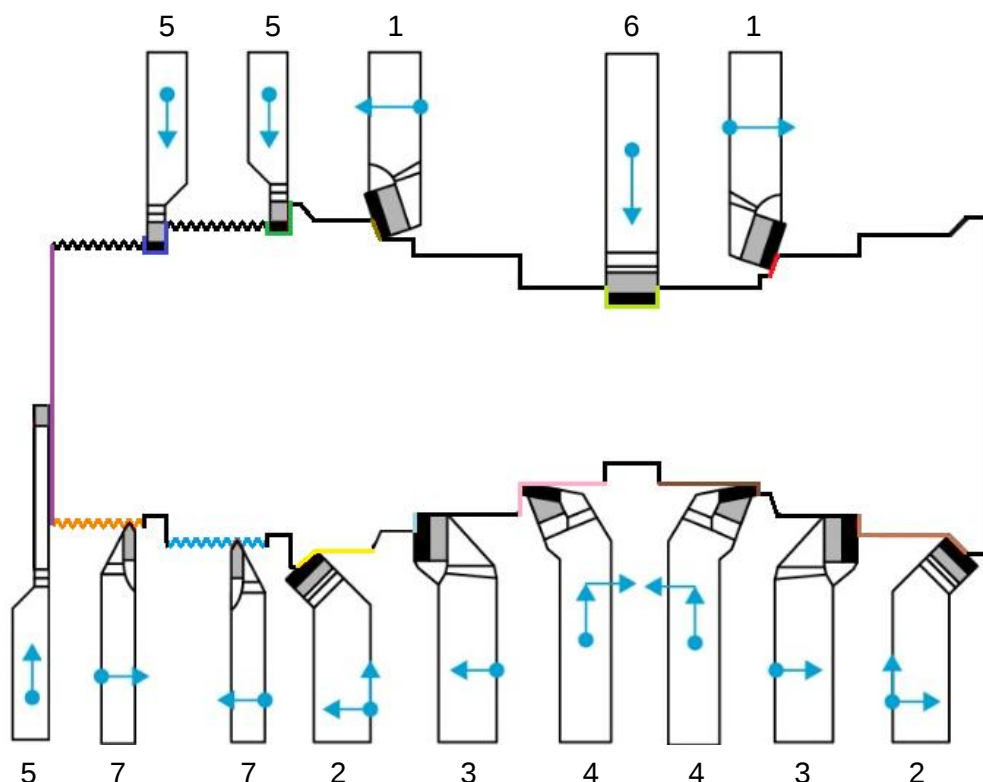
3) Outil couteau : Cet outil permet de faire de l'épaulement (chariotage avec dressage).

4) Outil à dresser d'angle : Cet outil permet de faire du dressage et du raccordement.

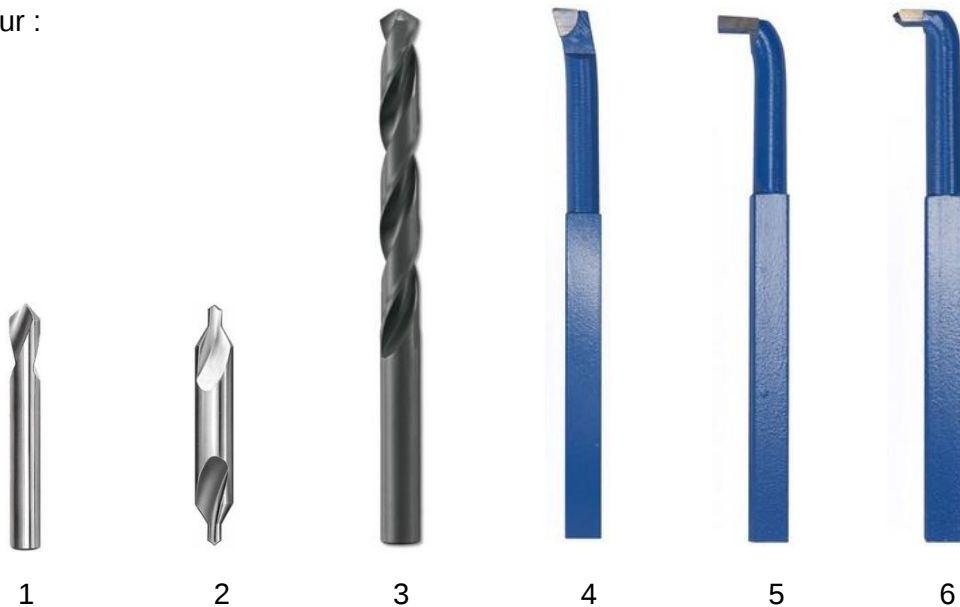
5) Outil à tronçonner/rainurer : Il sert à découper des pièces une fois l'ensemble des usinages terminés. Ces outils ont généralement une section assez réduite, ce qui les rend d'une grande fragilité lors de l'usinage. La tête de l'outil à tronçonner est prévue la plus étroite possible pour diminuer la perte de matière et la consommation d'énergie. Une largeur minimale est nécessaire pour éviter la rupture de la lame (2 à 3 mm). Il peut également être utilisé pour réaliser des rainures.

6) Outil pelle : En fonction de sa largeur, cet outil permet d'usiner des rainures de grandes ou petites largeurs (utilisé par exemple pour le rainurage destiné à recevoir un joint, un circlips,...)

7) Outil à fileter : Outil dont la partie active est affûtée à la forme du filet à obtenir : ISO, gaz, rond, carré, trapézoïdal,...



- Tournage intérieur :



1) Foret à pointer : Un foret à pointer est un foret très rigide, donc très court, qui permet, comme son nom l'indique, d'effectuer un pointage précis avant l'utilisation d'un foret. Il est important de pointer la pièce avant un perçage, car le foret, qui est moins rigide et plus long, peut fléchir à l'approche de la pièce, désaxant ainsi le perçage.

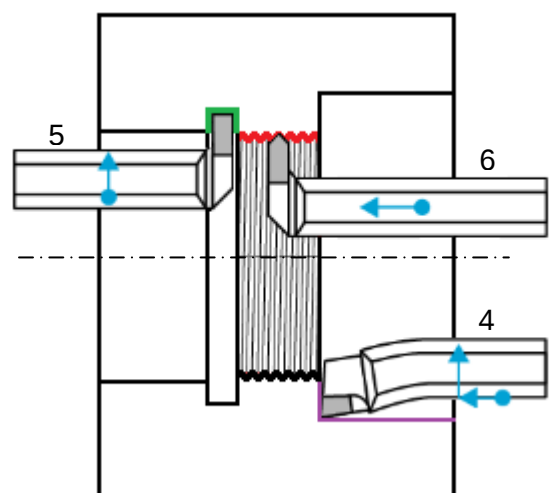
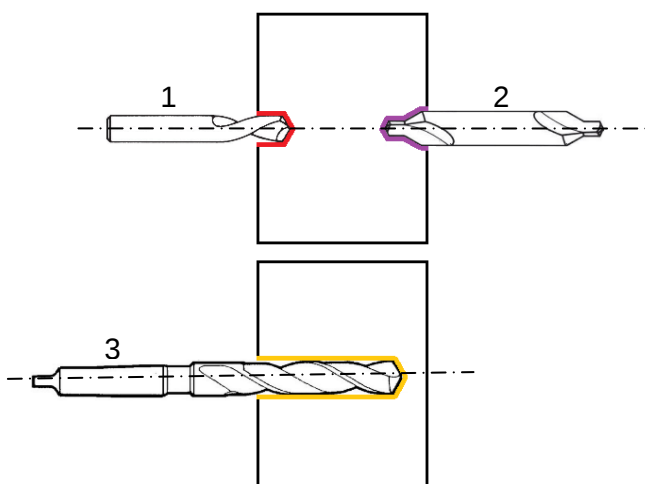
2) Foret à centrer : Un foret à centrer a des caractéristiques proches du foret à pointer. Il peut d'ailleurs être utilisé pour pointer (plus fragile), mais son rôle principal est de réaliser une empreinte pour un montage sur la contre-pointe. Attention, l'angle du foret à centrer doit être le même que celui de la contre-pointe.

3) Foret : Outil permettant la réalisation d'un perçage. Lors d'un perçage de gros diamètre, un ou plusieurs avant-trous peuvent être nécessaires (avec des forets de diamètres inférieurs). L'état de surface et la précision sont médiocres, mais peuvent être améliorés ensuite par le passage d'un alésoir ou d'un outil à aléser.

4) Outil à aléser : A partir d'un perçage, cet outil permet d'obtenir un alésage précis avec un bon état de surface.

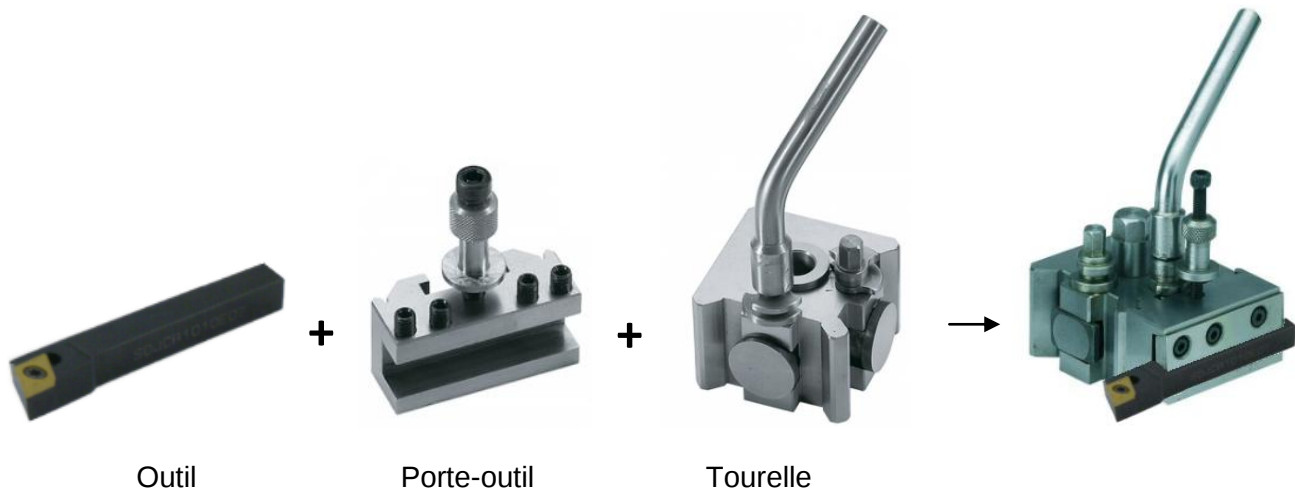
5) Outil à chambrer : Cet outil permet à partir d'un alésage, d'usiner une gorge intérieure (pour positionner un joint ou un circlips par exemple) ou de faire un dégagement intérieur (chambrage).

6) Outil à fileter intérieur : A partir d'un perçage ou d'un alésage, cet outil permet d'obtenir un filetage intérieur



5) Montage d'un outil sur la machine

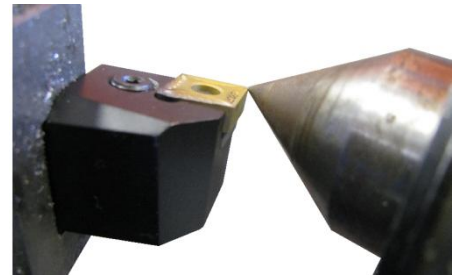
L'outil est monté dans un porte-outil, lui-même monté dans la tourelle (élément de liaison entre le porte-outil et la machine). En usinage conventionnel, la tourelle est orientable et ne peut contenir qu'un seul outil.



Lors du montage de l'ensemble, il faut **régler la hauteur de l'outil pour que sa pointe soit à la aligné avec l'axe de rotation la pièce**. En effet, si ceux-ci ne sont pas alignés, une partie de la pièce ne sera pas usinée.

Il faut utiliser une des deux méthodes suivantes :

- **Utilisation de la contre-pointe** : on va utiliser la contre-pointe du tour dont la position géométrique de la pointe du cône matérialise un point de l'axe de rotation de la pièce. Placer la pointe de l'outil contre la pointe de la contre-pointe et régler la hauteur du porte-outil pour qu'ils coïncident.



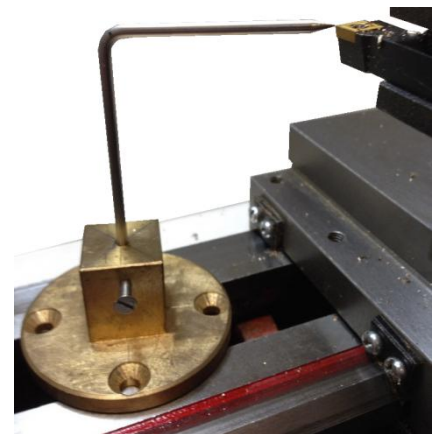
- **Utilisation d'un trusquin** : cette méthode a pour avantage de pouvoir faire le réglage sans déplacer le traînard ou la contre-pointe l'un contre l'autre.

1) Commencer par vérifier que le trusquin est bien à la même hauteur que la contre-pointe.

2) Placer le trusquin contre la pointe de l'outil et régler la hauteur du porte-outil pour qu'ils coïncident.



1

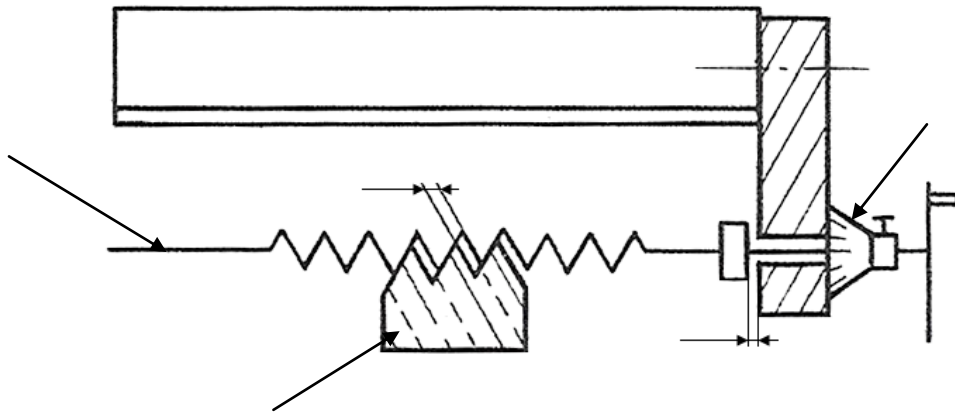


2

IV. Conditions de coupe

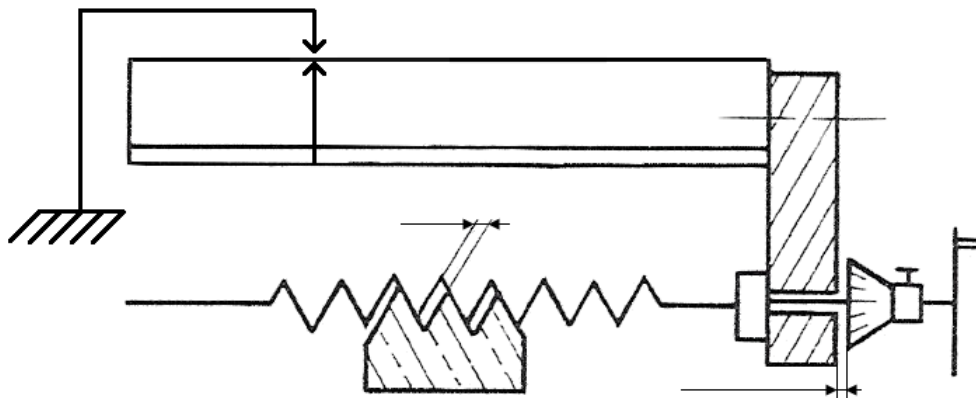
1) Rattrapage des jeux

Le déplacement des différents chariots est assuré par un système vis/écrou, sur lequel est placé un tambour gradué, permettant de contrôler le déplacement effectué. La précision est affectée par un jeu de fonctionnement principalement dû à ce système vis/écrou (J1) mais également au jeu de fonctionnement de la liaison pivot de la vis (J2).

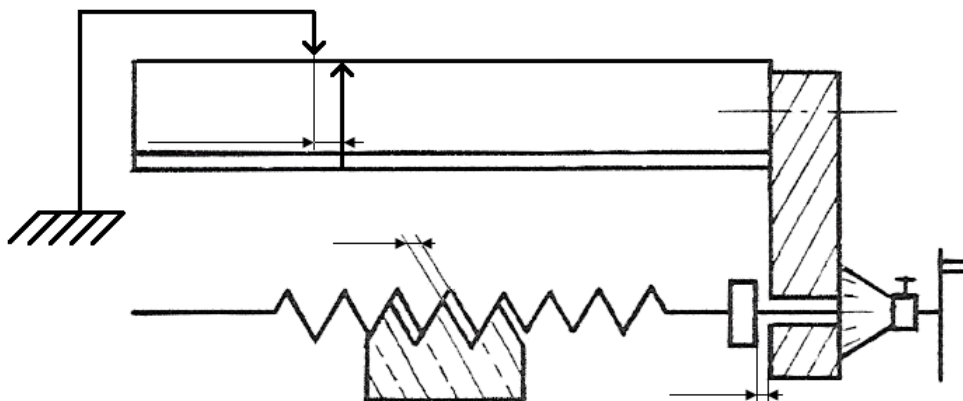


Une même indication sur le tambour gradué peut correspondre à 2 positions de la table, décalées du jeu J2 :

- Si la manivelle a auparavant été tournée dans le sens antihoraire, l'écrou se sera éloigné de la manivelle, et le jeu sera donc du côté opposé à la manivelle.

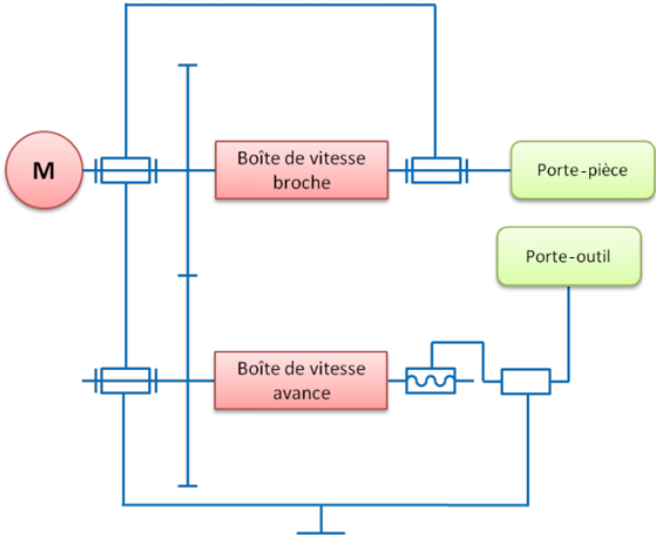


- Si la manivelle a auparavant été tournée dans le sens horaire, l'écrou se sera rapproché de la manivelle, et le jeu sera donc du côté de la manivelle.



En cas de dépassement du repère sur le tambour gradué, il faut donc revenir franchement en arrière, puis effectuer de nouveau le déplacement jusqu'au repère prévu.

Les mouvements des machines conventionnelles sont assurés par un moteur asynchrone. Elles sont équipées de deux boîtes de vitesses mécaniques. La première permet de fixer la vitesse d'avance de l'outil. La seconde permet de choisir la fréquence de rotation de la broche.



2) Vitesse de coupe

En tournage, la vitesse de coupe « **Vc** », est la distance parcourue par un point lié à la pièce en une minute. On l'exprime en mètres par minute (**m/min**). Elle correspond à la longueur du copeau, en mètres, pendant l'unité de temps, la minute.

En fraisage ou en perçage, comme c'est l'outil qui tourne, et non la pièce, c'est la distance parcourue par un point lié à l'outil en une minute.

« **n** » est la vitesse de rotation de la broche en tr/min. Comment obtenir n à partir de Vc ?

→ La distance parcourue par un point sur un diamètre « **D** » (en mm) en un tour est : (en mm).

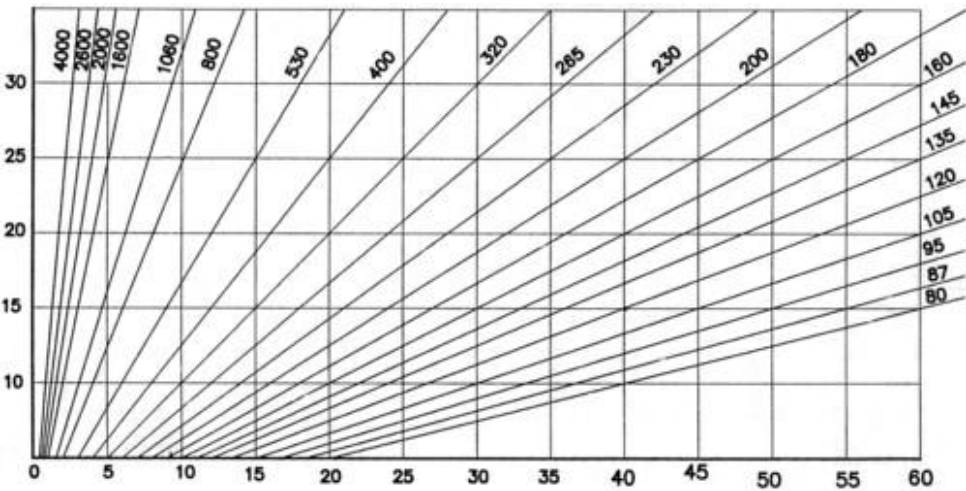
→ Si l'ensemble tourne à « **n** » en tr/min, en une minute nous aurons : (en mm/min) = vitesse de coupe Vc, en mm par min.

→ Pour avoir des m/min il faut donc

En résumé, nous aurons Vc = _____

Soit n= _____

Ce résultat peut être obtenu à l'aide d'abaques comme celui-ci :



La vitesse de coupe est fonction de plusieurs variables dont les principales sont :

- 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) :
 - Ebauche :
 -
 - Finition :
 -
- La rigidité de la machine utilisée (conventionnelle ou CNC)
- Lubrification (annexe, directement au centre de l'outil ou sans)

La vitesse V_c est donnée par les fabricants d'outils. Voici les **valeurs à utiliser sur nos machines conventionnelles avec nos outils** :

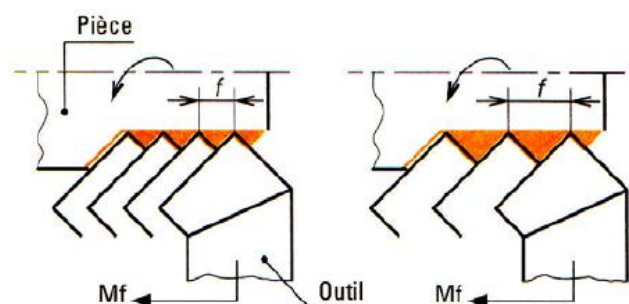
	Outil acier rapide supérieur		Outil carbure	
	Ebauche	Finition	Ebauche	Finition
Acier doux	40	50	90	100
Acier fortement allié	15	20	70	80
Inox	15	20	80	90
Bronze	20	25	-	-
Fonte	25	30	70	80
Aluminium	80	120	200	300
Laiton	45	55	-	-
Titane	15	20	60	70
Teflon	200	250	-	-

Exceptions : Pinule de centrage : $N = 500 \text{ tr/min}$ - Foret à pointer : $N = 1000 \text{ tr/min}$ - Foret HSS : $V_c = 10 \text{ m/min}$

Pour un dressage, la vitesse devrait augmenter lorsque l'on se rapproche du centre (car elle est liée au diamètre). En conventionnel, elle sera fixe et égale au diamètre extérieur. Sur une machine à commande numérique, elle varie (vitesse bloquée à environ 3000tr/min, car au centre, elle devrait être infinie).

3) Vitesse d'avance

En tournage, l'**avance (f)** est la vitesse avec laquelle progresse l'outil suivant l'axe de rotation pendant une révolution de la pièce. Elle s'exprime donc **en millimètres par tour**. Cela correspond, en première approximation à l'épaisseur du copeau. Elle dépend du type d'opération effectuée, de l'outil, de l'état de surface souhaité (ébauche ou finition),...



Pour un même outil, l'importance des stries prises en compte par le critère de **rugosité varie en fonction de l'avance**.

L'avance étant plus importante sur l'image de droite que sur celle de gauche, les stries le seront également

La **vitesse d'avance (Vf)** est la vitesse réglée sur la machine, en **millimètres par minute**. Celle-ci est donc directement liée à la vitesse de rotation en tours par minute définie précédemment. Elle s'obtient donc grâce à la formule suivante :

$$V_f =$$

f (mm/tr)	Outil acier rapide supérieur		Outil carbure	
	Ebauche	Finition	Ebauche	Finition
	0,1 à 0,2	0,03 à 0,1	0,2 à 0,3	0,05 à 0,2

4) 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 et nos outils :

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

5) Astuces

L'aspect des copeaux vous renseignera sur la qualité des paramètres de coupe choisis :

- Avec des outils HSS : les copeaux doivent être plutôt longs et enroulés (hélicoïde).
- Avec des outils carbure : les copeaux doivent être fragmentés.
- Lors de l'usinage de l'acier, si les copeaux sont bleus (notamment lors de travaux avec des outils carbure) même en arrosant, ne vous inquiétez pas, il est normal que la chaleur dégagée par la coupe soit évacuée dans le copeau. En revanche, si la pièce elle-même bleuit, vous devez revoir vos paramètres à la baisse...

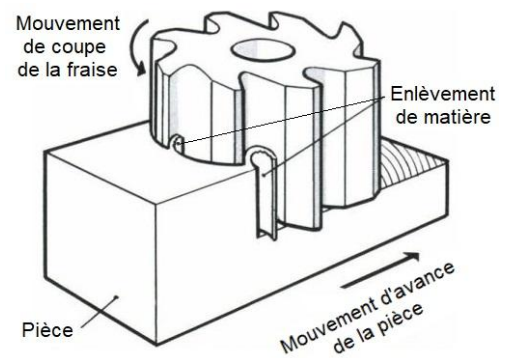


B- FRAISAGE

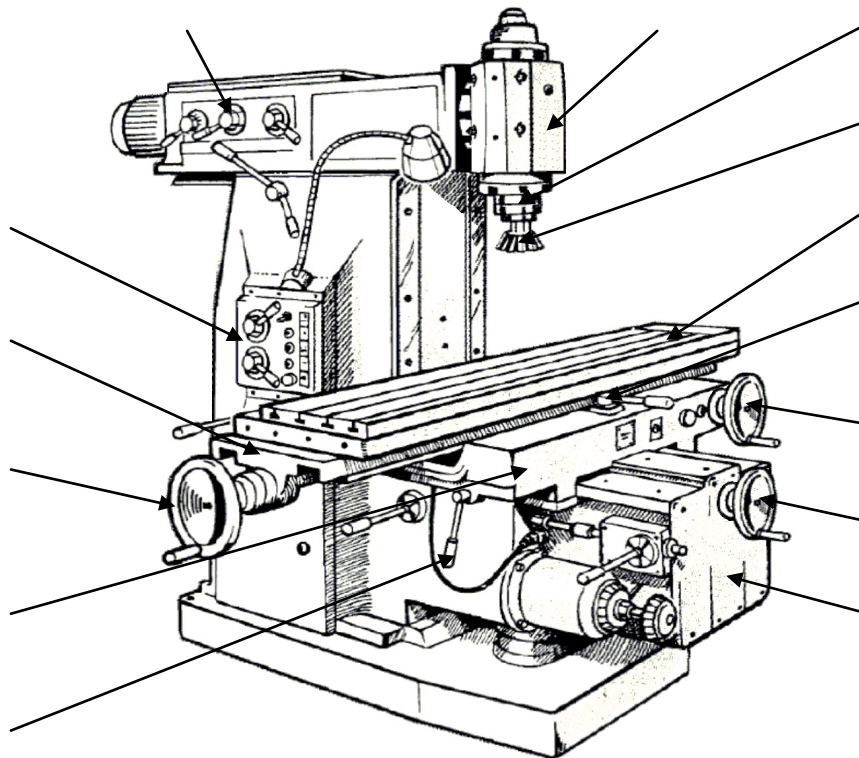
I. Vocabulaire

1) Définition

Le fraisage est un procédé de fabrication par enlèvement de matière, faisant intervenir, en coordination, un mouvement de coupe (rotation d'un outil nommé fraise) et un mouvement d'avance rectiligne (mouvement de la pièce). Elle peut également être équipée d'un foret, d'un taraud, d'un alésoir ou d'outillage spécifique. En CN, l'outil se déplace également et plusieurs mouvements peuvent être réalisés en même temps.



2) Fraiseuse conventionnelle



3) Différents types de fraiseuses conventionnelles

a)

L'axe Z est orientable, car ces fraiseuses sont munies de têtes universelles (exemple : tête bi-rotative). La machine est conçue pour recevoir des équipements spéciaux tels que : appareils diviseurs, tables circulaires, appareil à mortaiser,... Tous les mouvements d'avance sont donnés à la table. Elle permet l'exécution de toutes les opérations courantes, d'où le nom « universelle ».





b)

L'axe Z est vertical et perpendiculaire à la table. La tête possède un déplacement axial de broche (type perceuse colonne), permettant la réalisation d'usinages épargnants le mécanisme du mouvement vertical de la console qui reste bloquée pendant toute la durée des opérations. La tête ne peut pas être démontée, mais est orientable dans un seul plan. Elle est surtout employée pour exécuter des surfacages, rainures et épaulements avec des capacités de coupe bien supérieures à une fraiseuse universelle.

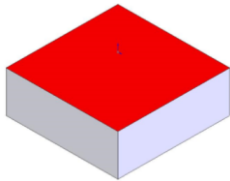
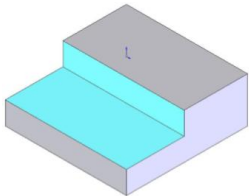
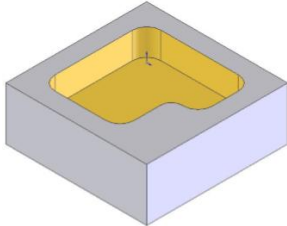
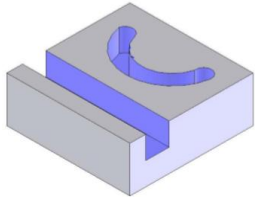
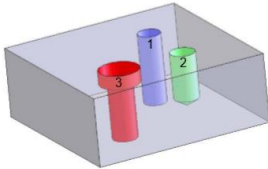
c)

L'axe Z est horizontal et parallèle à la table. Cette solution permet aux copeaux de tomber et de ne pas rester sur la pièce usinée : théoriquement, obtient donc une pièce de meilleure qualité. Mais ce type de montage était surtout destiné à installer des fraises 3 tailles ou fraises disques dans le but de réaliser des rainurages de profilés plats.



II. Usinages

1) Principales opérations de fraisage

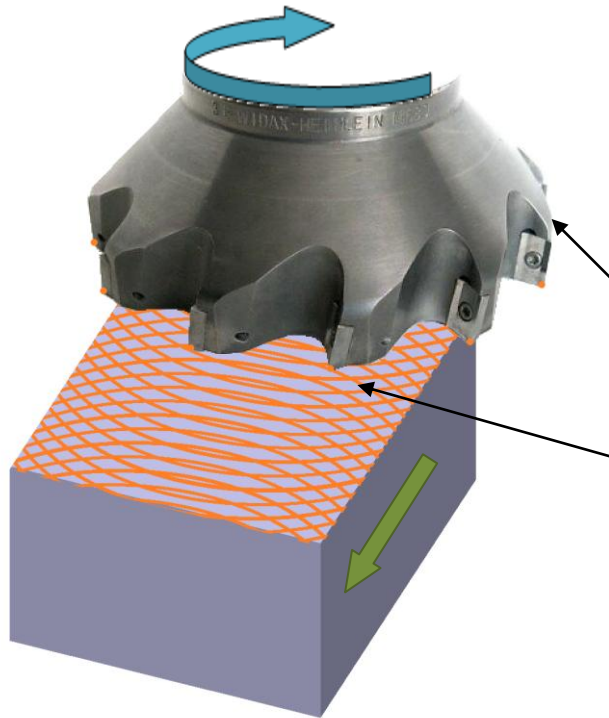
Opération	Représentation	Définition
		Le surfacage est l'usinage d'un plan
		C'est l'usinage de deux plans perpendiculaires en une seule opération
		La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconques (cylindriques et planes). C'est une forme creuse dans la pièce.
		Réalisation d'une entaille de section rectangulaire, en forme de T ou en queue d'aronde.
		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.

2) Génération des surfaces

L'aspect et le degré de finition des surfaces obtenues en fraisage varient, entre autre, selon le mode de génération utilisé : travail d'enveloppe ou travail de forme

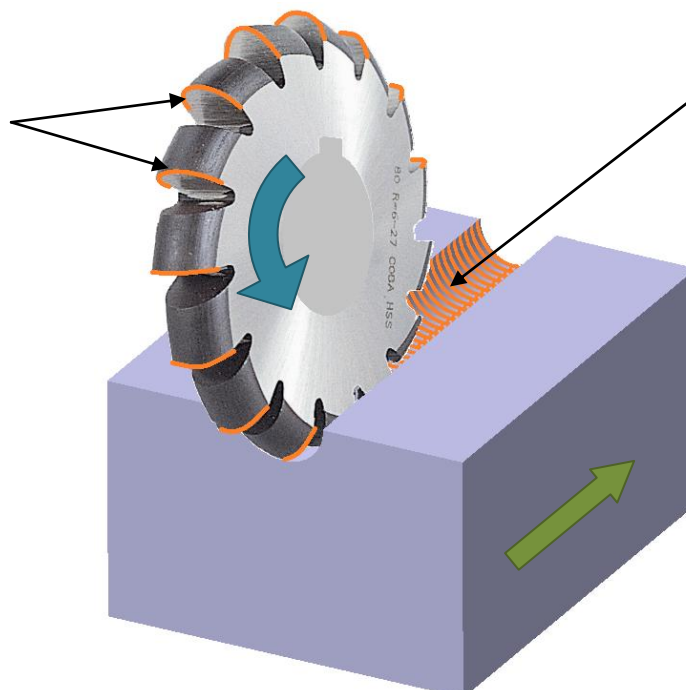
a)

On ne retrouve pas la forme génératrice de la fraise utilisée pendant l'usinage. La surface usinée est l'enveloppe des positions successives de l'outil. Le travail d'enveloppe est obtenu par le **mouvement de coupe**, le **mouvement d'avance** et **la pointe de l'outil**.



b)

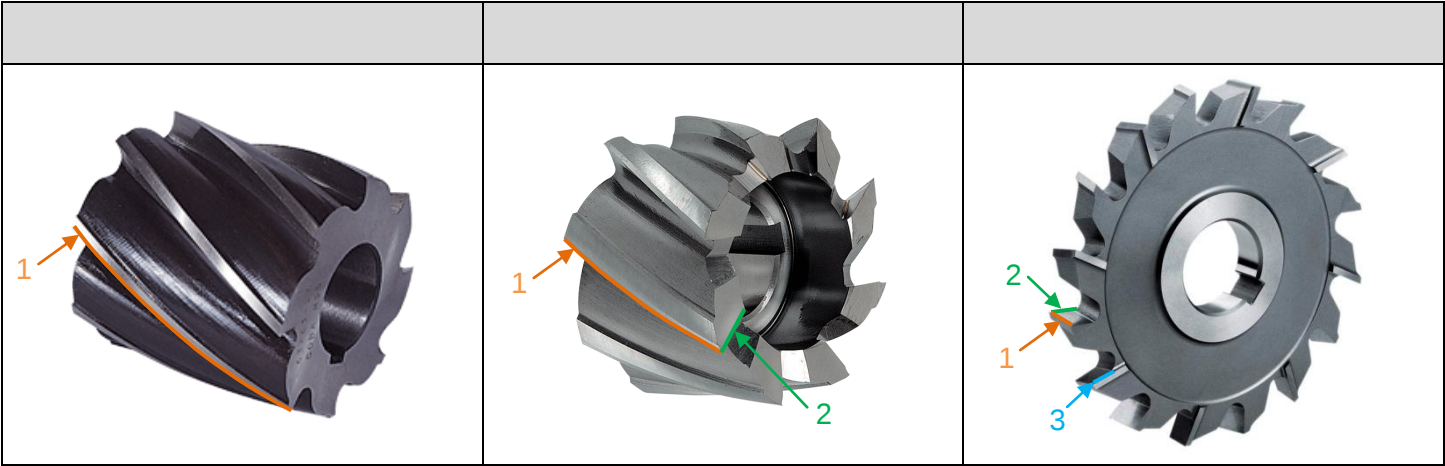
On retrouve la forme génératrice de la fraise utilisée pendant l'usinage. La surface usinée est la forme de l'arête de l'outil. Le travail de forme est obtenu par le **mouvement de coupe**, le **mouvement d'avance** et **l'arête de l'outil**.



3) Les outils

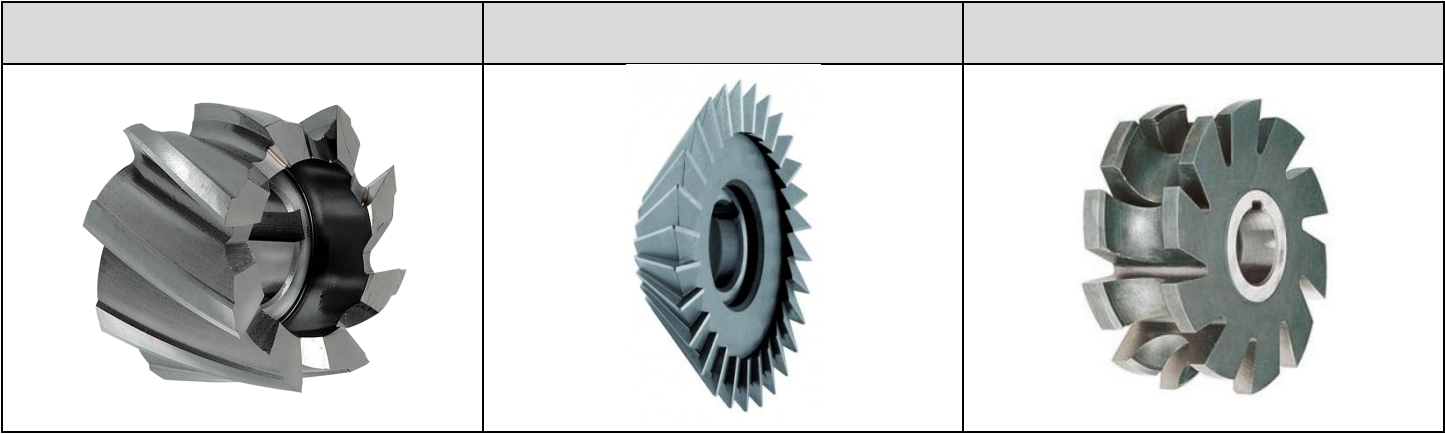
a) La taille

Suivant le nombre de faces qui usinent la matière, on distingue les fraises : une taille, deux tailles ou trois tailles :



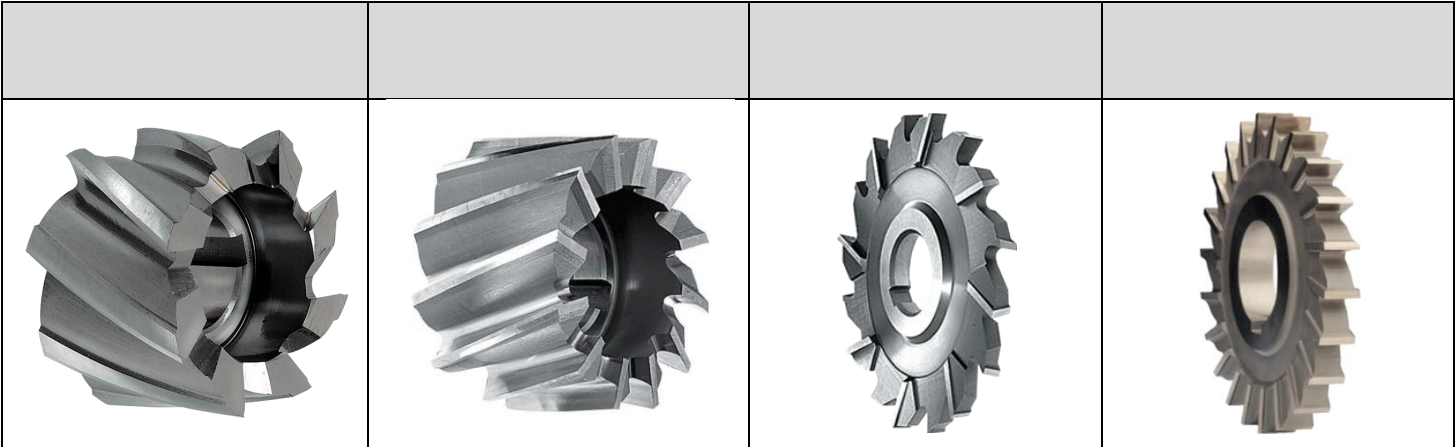
b) La forme

Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue les fraises : cylindrique, conique ou de forme :



c) La denture

Suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, on distingue : les dentures hélicoïdales à droite ou à gauche, les dentures alternées et les dentures droites.

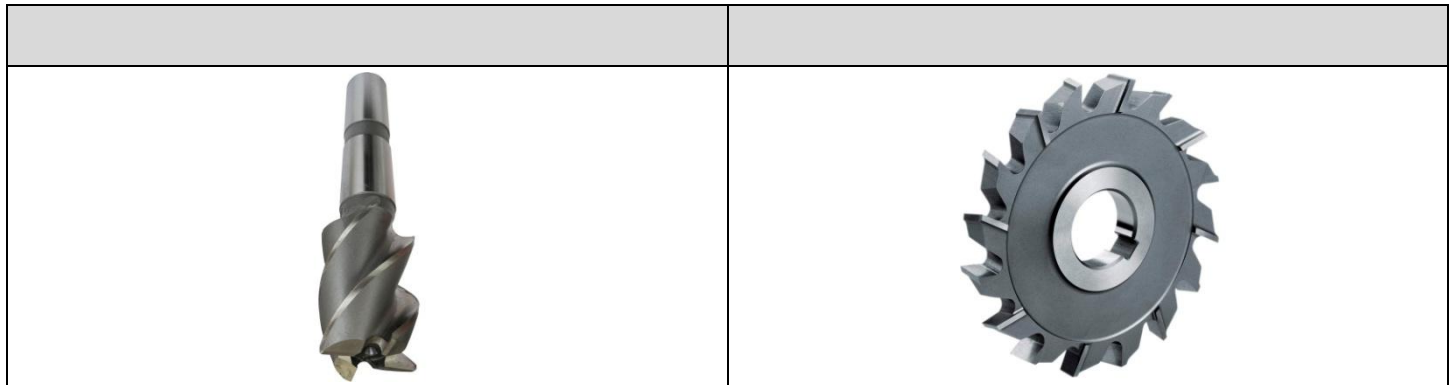


Le nombre de dents peut varier sur deux fraises du même type (même diamètre, même forme,...). Pour V_c et f_z constantes, plus le nombre de dents est grand, plus l'avance de la table peut augmenter sans augmenter la température des arêtes. Par contre, la puissance requise est plus importante, et est souvent un facteur qui limite le nombre de dents engagées en coupe.

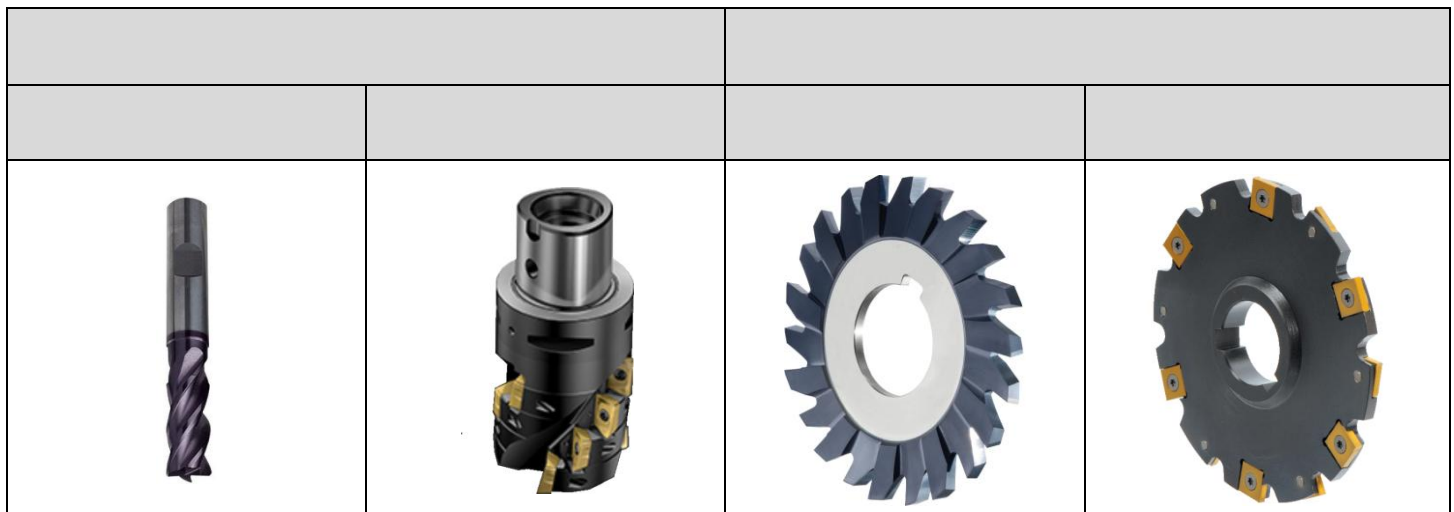
d) Matériaux constituant les outils

Comme en tournage, au sein de l'IUT, nous utiliserons 2 principaux types d'outils (il en existe d'autres) :

- Outil en acier rapide (ou HSS) : Ce type de matériau est utilisé avec des vitesses de coupe et des passes relativement faibles. Un outil HSS est bon marché et peut être réaffuté.



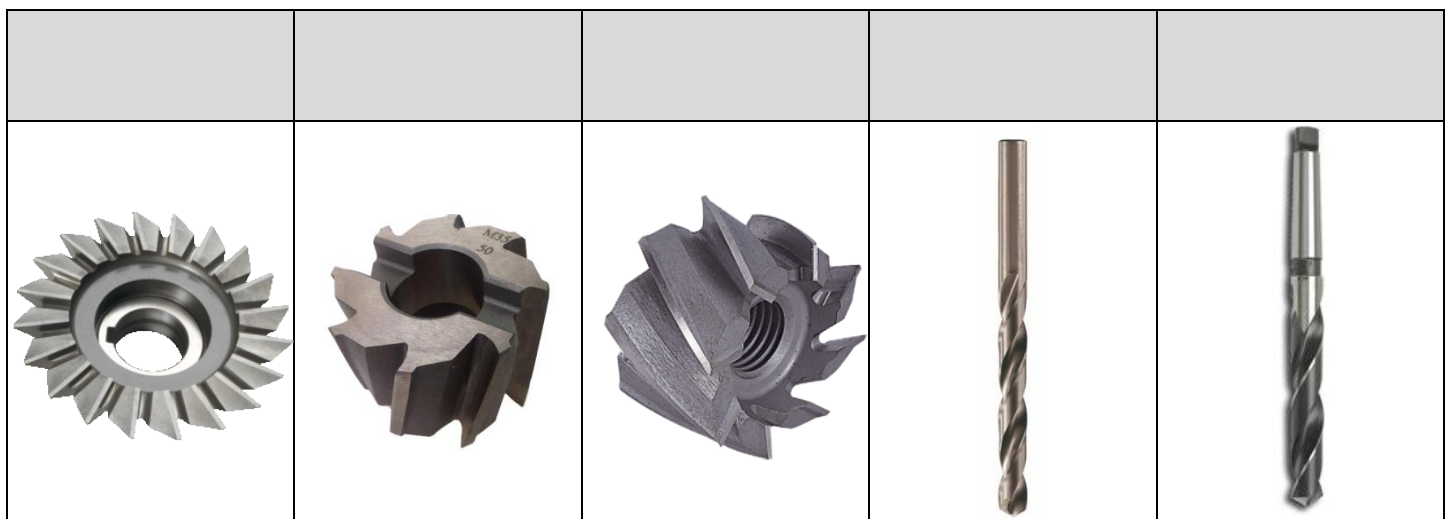
- Outil en carbure monobloc ou à plaquettes : Fragile et sensible aux variations de température, ce type de matériaux peut être utilisé avec des vitesses de coupe élevées et de fortes passes pour l'usinage de divers matériaux.



e) Le mode de fixation de l'outil

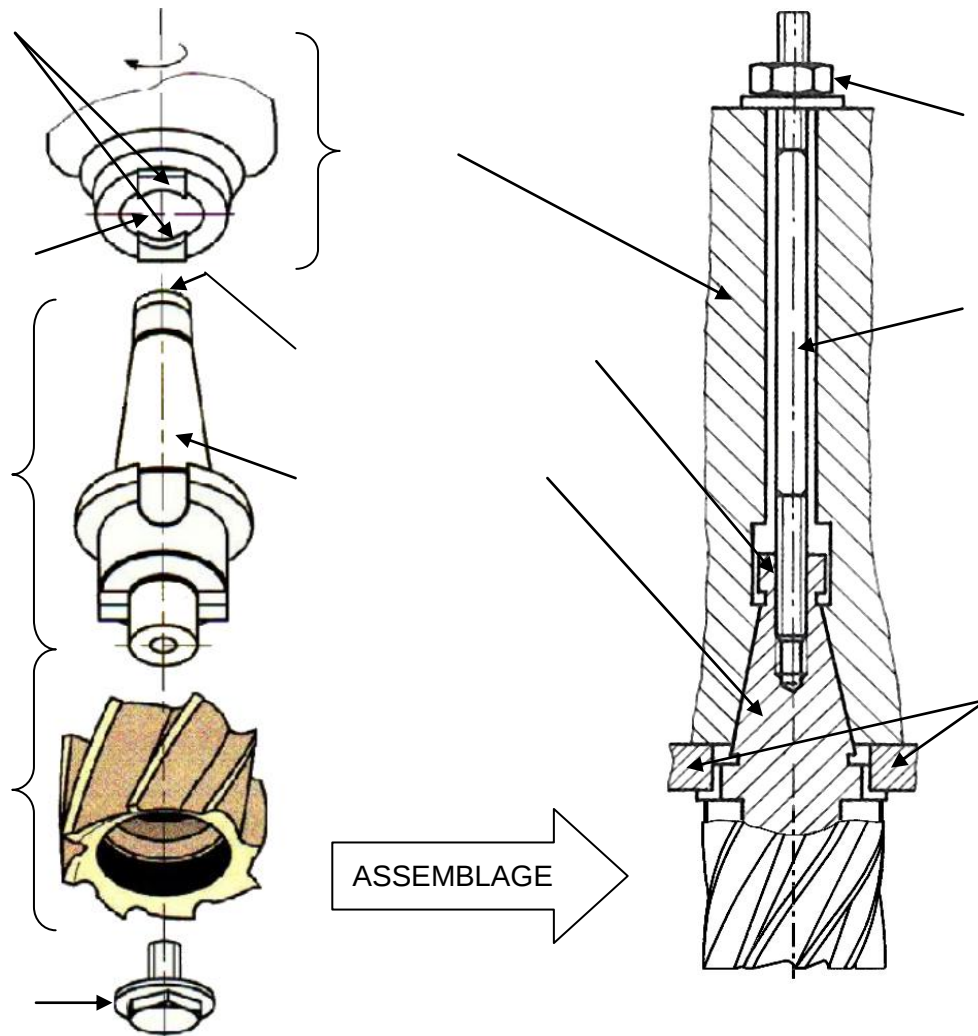
L'outil peut être :

- À alésage : Rainuré, à entraînement par tenons ou taraudé
- À queue : cylindrique ou conique.



f) L'outil sur la machine

Sur une fraiseuse l'outil se monte dans la broche. Son intérieur est conique et permet la mise en position de l'outil. La broche d'une fraiseuse conventionnelle est très souvent réalisée au cône standard américain n°40 (SA40). L'entraînement est assuré par des tenons, en plus de l'adhérence des cônes. Le maintien en position est assuré par un tirant.



Monter l'outil dans la fraiseuse :

- Pousser l'outil dans le cône de la fraiseuse, en prenant soin **d'aligner les empreintes du porte-fraise dans les tenons de la broche**
- Visser le tirant dans l'outil (**faire au moins 10 tours**)
- **Serrer l'écrou de serrage du tirant**

Démonter l'outil de la fraiseuse :

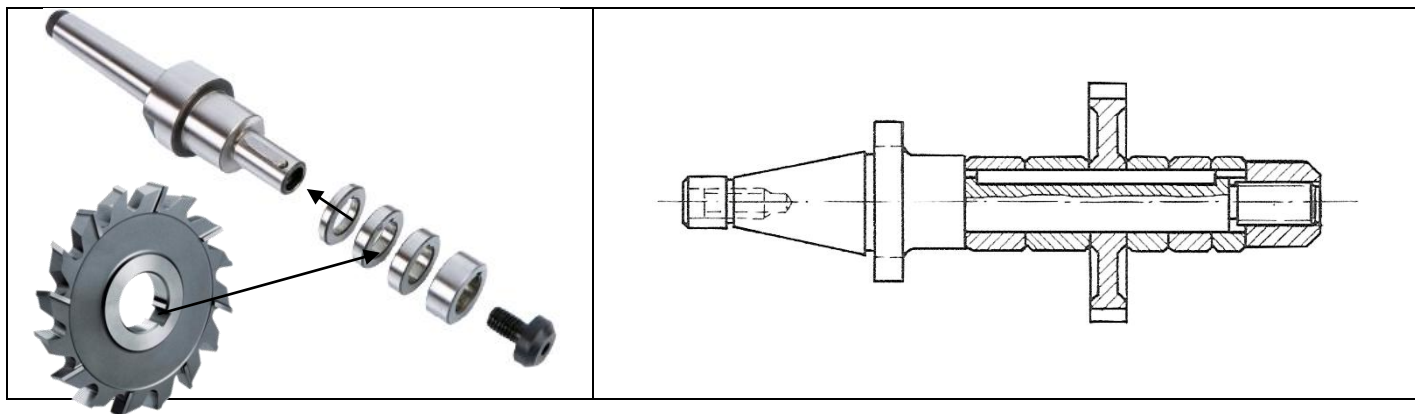
- **Desserrer l'écrou de serrage du tirant d'environ 1 à 2 tours**
- Donner un léger coup de maillet sur le tirant pour dégager le cône
- Pousser l'outil dans le cône de la fraiseuse
- Dévisser le tirant **tout en soutenant l'outil** : **attention de ne pas échapper la fraise sur la table**

g) Les montages d'outils

Afin de pouvoir insérer les outils dans la broche, il est nécessaire d'utiliser un montage permettant la liaison entre la broche (cône SA40) et le mode de fixation de l'outil (alésage rainuré, queue conique,...). Il est donc différent en fonction du mode de fixation de l'outil :

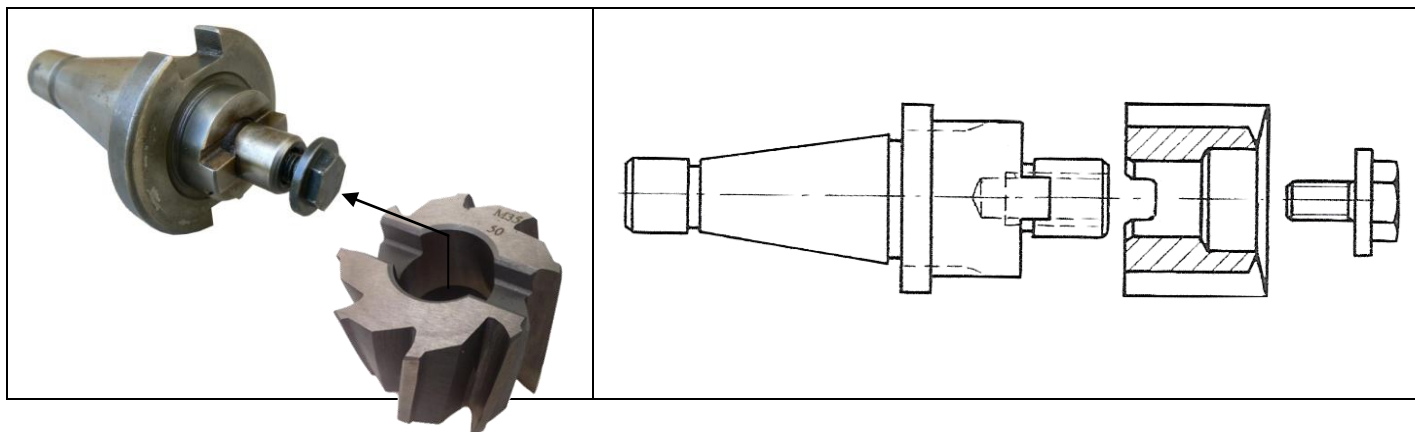
- **L'alésage rainuré** nécessite un :

La mise en position est réalisée par le diamètre de l'arbre. De plus, des entretoises de différentes épaisseurs permettent de situer l'outil sur l'arbre ou de régler l'écartement entre plusieurs outils montés sur le même arbre. Le maintien en position est réalisé grâce à un écrou. La puissance est transmise à l'outil à l'aide d'une clavette. Il en existe avec des arbres de différents diamètres et de différentes longueurs.



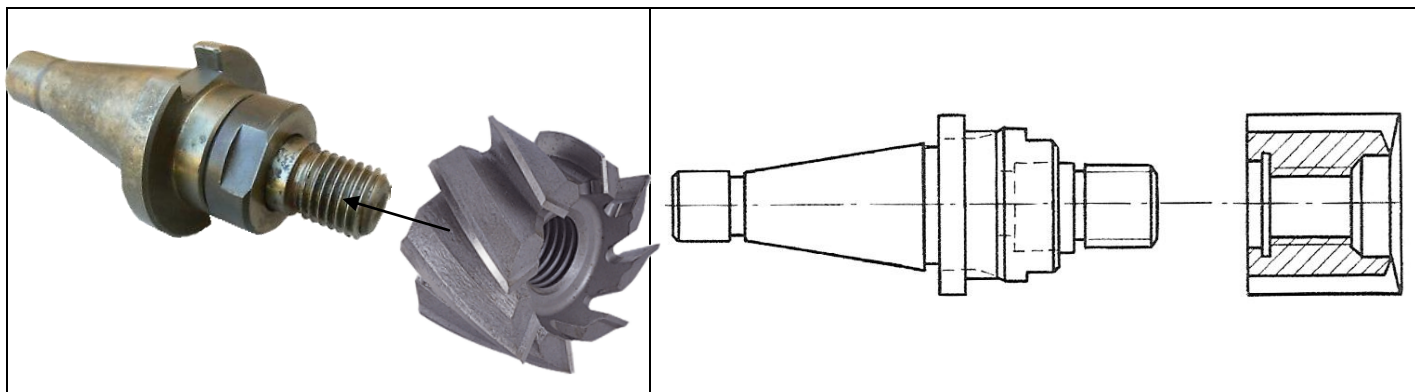
- **L'alésage à entraînement par tenons** nécessite un :

La mise en position est réalisée sur l'alésage. Le maintien en position est réalisé grâce à une vis. La puissance est transmise à l'outil à l'aide des tenons.

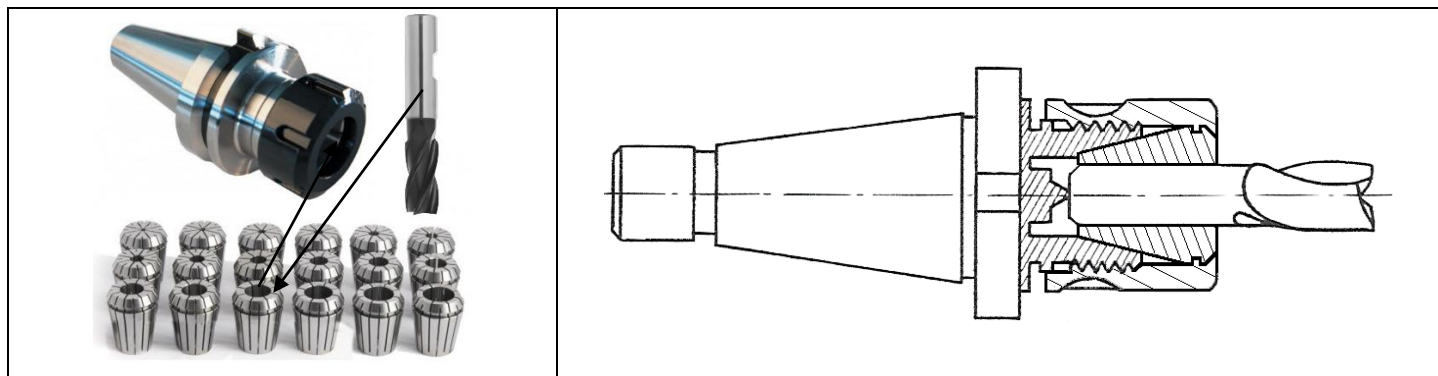


- **Le trou taraudé** nécessite un :

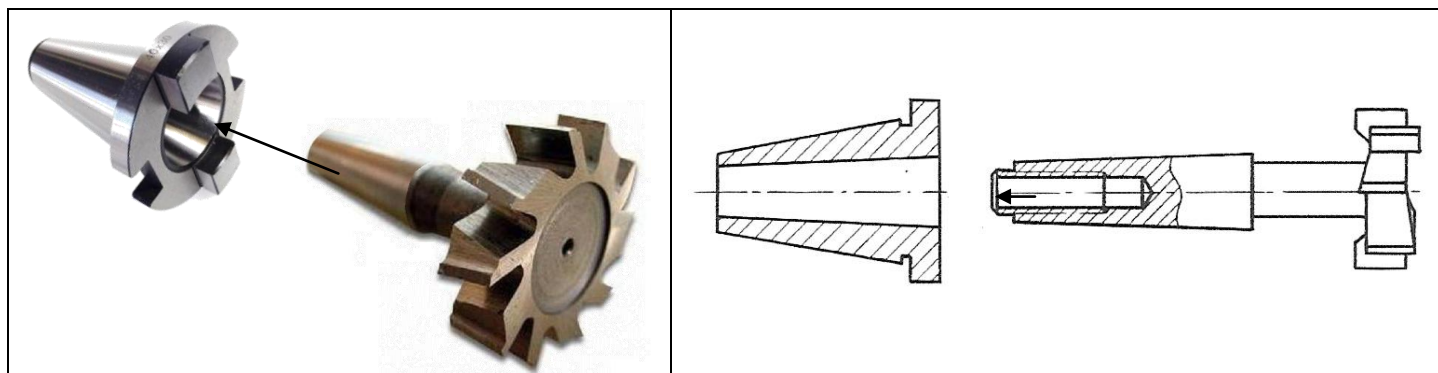
La mise en position est réalisée sur l'épaule située derrière le filetage. Le maintien en position et la transmission de puissance sont assurés par le filetage qui continuera de serrer la fraise sur le porte-fraise sous les efforts de coupe.



- **La queue cylindrique** nécessite un : Lors du serrage du mandrin la pince conique est comprimée sur l'outil, assurant sa mise en position, son maintien en position, mais également la transmission de puissance. Le diamètre de l'alésage de la pince doit être adapté au diamètre de l'outil.

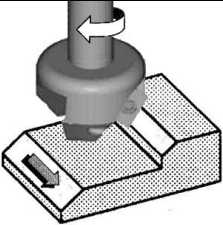
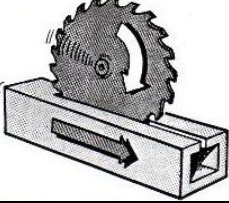
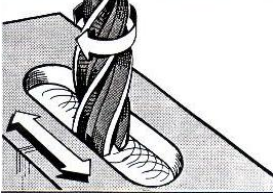
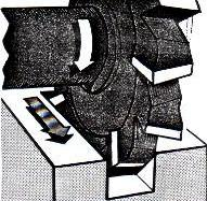
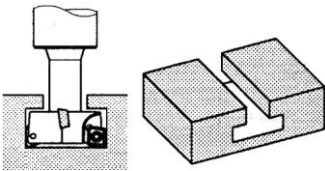
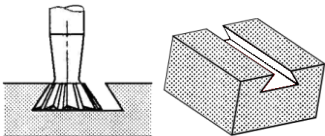
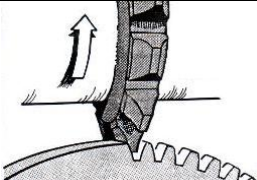
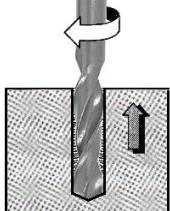
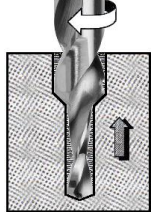
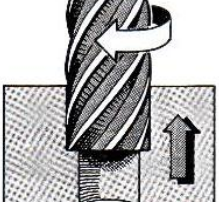


- **La queue conique** nécessite une : Celle-ci permet le passage du cône disponible sur l'outil au cône adapté à la broche (SA40). La mise en position est réalisée par les cônes qui assurent également la transmission de la puissance. Le tirant passant au travers de la douille de réduction, et se vissant directement sur l'outil, assure le maintien en position.



4) Quelques exemples

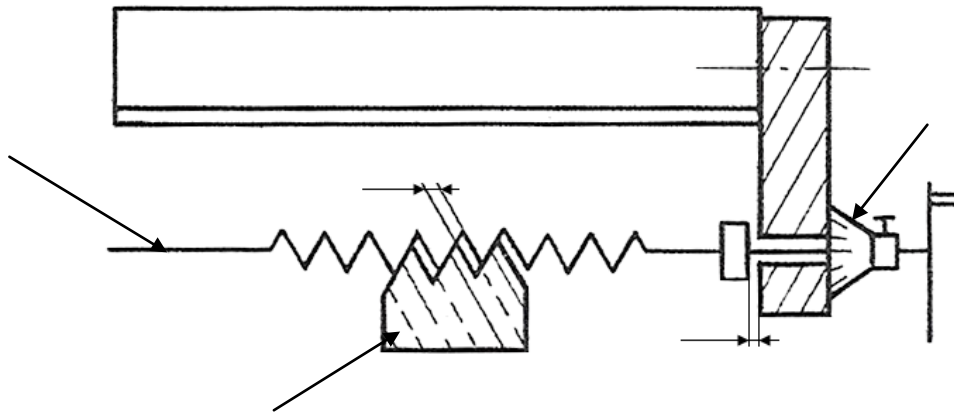
Opération	Représentation	Outil	Type de travail	Commentaires
Surfaçage en bout		Fraise tourteau	Travail d'enveloppe	Génération d'un plan parallèle à la table et perpendiculaire à l'axe de rotation de la fraise.
Surfaçage en roulant		Fraise 1 taille à surfacer	Travail de forme	Génération d'un plan parallèle à la table et parallèle à l'axe de rotation de la fraise.
Dressage en roulant		Fraise 2 tailles	Travail de forme	Génération d'un plan perpendiculaire à la table et parallèle à l'axe de rotation de la fraise.
Fraisage combiné (Surfaçage en bout avec dressage en roulant)		Fraise 2 tailles	Travail d'enveloppe (surfaçage) et de forme (dressage)	Génération de deux plans perpendiculaires. L'un est réalisé par travail d'enveloppe, l'autre par travail de forme.

Chanfreinage		Fraise à chanfreiner	Travail de forme	Génération d'un chanfrein grâce à l'arête de l'outil. Cette fraise de forme existe avec des angles différents.
Sciage		Scie 1 taille	Travail d'enveloppe	Enlèvement de matière sur une faible largeur dans le but de séparer deux parties d'un matériau.
Rainurage		Fraise 2 tailles avec coupe au centre	Travail d'enveloppe et de forme	Nécessite l'utilisation d'une fraise 2 tailles avec une coupe au centre : les dents se rejoignent au centre de la fraise, ce qui lui permet de travailler en plongée.
		Fraise 3 tailles	Travail d'enveloppe et de forme	Permet d'obtenir des rainures avec des faces latérales parfaitement parallèles. La flexion de la fraise et son affutage n'influent pas sur le profil de la rainure.
Rainurage de forme : En té		Fraise à rainurer en T	Travail d'enveloppe et de forme	Sert à usiner les deux parties qui sont en retrait dans une rainure en T. Une ébauche avec une fraise 3 tailles est nécessaire avant le passage de cette fraise.
Rainurage de forme : En queue d'aronde		Fraise à queue d'aronde	Travail d'enveloppe et de forme	Permet l'usinage de glissières « à queue d'aronde ». Une ébauche avec une fraise 2 tailles ou 3 tailles est nécessaire avant le passage de cette fraise.
Fraisage de forme : Taillage d'une roue dentée		Fraise module	Travail de forme	La fraise de forme a pour but de laisser son empreinte dans la pièce. Il en existe de différents types.
Perçage		Foret	Travail d'enveloppe principalement	Obtention d'un perçage avec un état de surface et une précision médiocres (tolérance H13). Lors d'un perçage de gros diamètre, un ou plusieurs avant-trous peuvent être nécessaires.
		Foret étagé	Travail d'enveloppe principalement	Permet de réaliser différents diamètres et angles en une seule opération de perçage.
Alésage		Alésoir	Travail d'enveloppe	Il permet de calibrer avec précision un trou cylindrique (alésage) ébauché à l'aide d'un foret (tolérance H7).

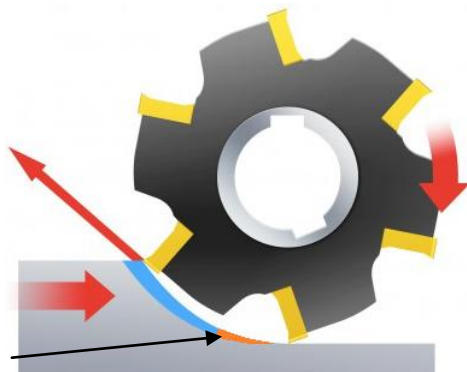
III. Déplacements

1) Rattrapage des jeux

Comme en tournage, le déplacement des différents chariots est assuré par un système vis/écrou, sur lequel est placé un tambour gradué, permettant de contrôler le déplacement effectué. La précision est affectée par un jeu de fonctionnement principalement dû à ce système vis/écrou (J1) mais également au jeu de fonctionnement de la liaison pivot de la vis (J2). Une même indication sur le tambour gradué peut correspondre à 2 positions de la table, décalées du jeu J2. **En cas de dépassement du repère sur le tambour gradué, il faut donc revenir franchement en arrière, puis effectuer de nouveau le déplacement jusqu'au repère prévu.**



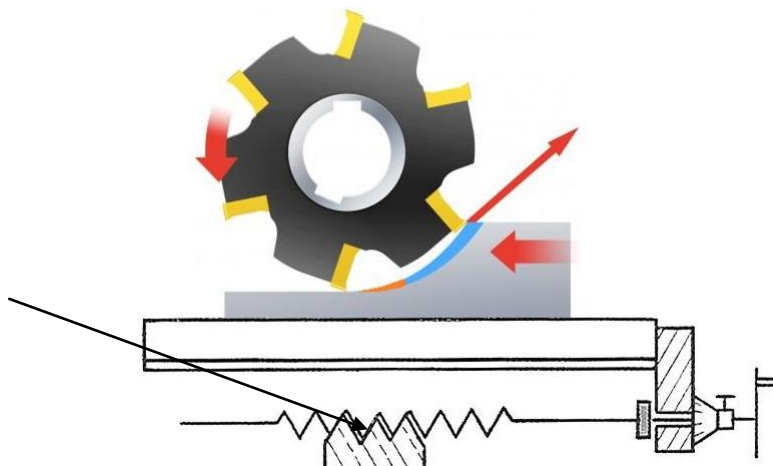
2) Fraisage en opposition



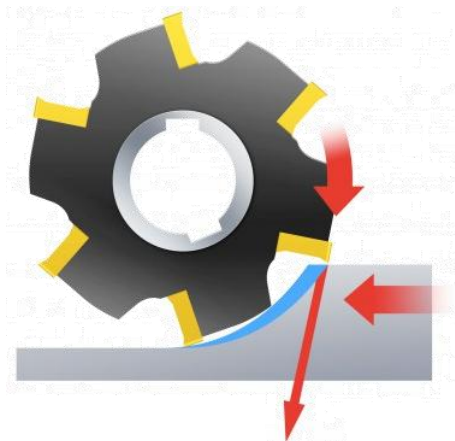
Dans le fraisage en opposition, **la direction de l'avance est opposée au sens de rotation de l'outil.**

L'épaisseur de la matière à enlever tend vers zéro lorsque la dent attaque la matière, entraînant un refus de coupe (copeau mini), et augmente jusqu'à sa valeur maximale lorsque la dent sort de la matière. L'arête de coupe doit donc entrer en coupe par la force, élevant la température et écrouissant souvent la matière (que l'arête suivante devra couper). Ces différents facteurs réduisent la qualité de l'état de surface et la durée de vie de l'outil.

La résultante (R) des efforts de coupe est dirigée dans le sens opposé au mouvement d'avance (Mf). Cela a pour effet d'éloigner la fraise de la pièce, et les forces radiales ont tendance à soulever la pièce. La vis permettant le déplacement du chariot est plaquée contre son écrou avec lequel elle est déjà en contact. **Ce mode de travail est donc utilisé sur les machines outils ayant des vis sans rattrapage de jeux.**



3) Fraisage en concordance (ou « en avalant »)

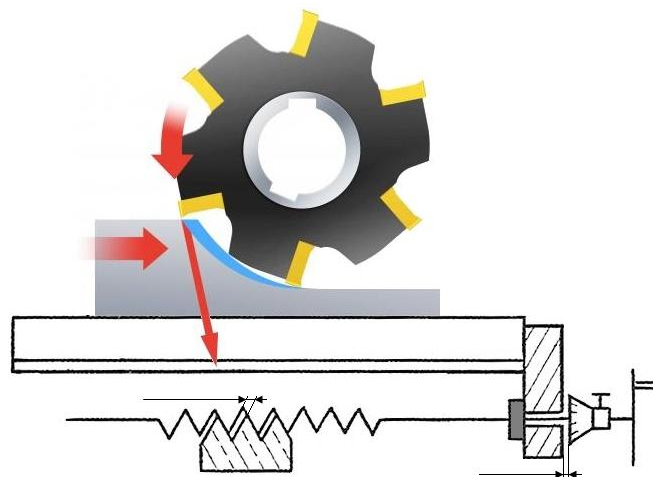


Dans le fraisage en avalant, **l'outil avance dans le sens de sa rotation**.

Les copeaux sont plus épais en entrée qu'en sortie. Ceci permet à l'arête de s'engager en coupe sans frotter contre la surface au préalable. Les forces de coupe ont tendance à tirer la pièce et à faire avancer la fraise en maintenant l'arête engagée.

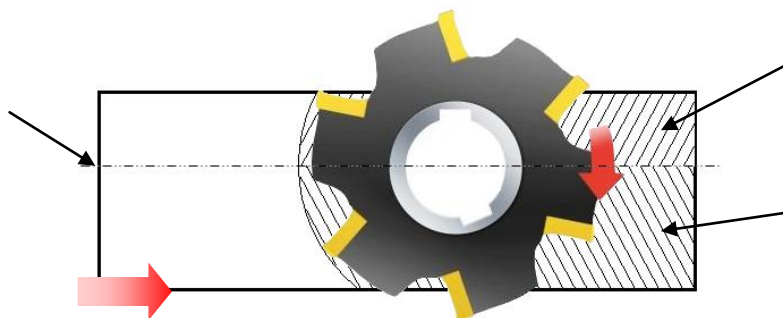
Comme la fraise a tendance à être tirée vers l'intérieur de la pièce, la machine doit contrôler l'avance de la table avec un dispositif de rattrapage de jeu, car sinon l'avance a tendance à augmenter, entraînant une épaisseur de copeaux excessive et une rupture de l'arête.

Le fraisage en concordance doit toujours être préféré **si la machine-outil, le bridage et la pièce le permettent**.

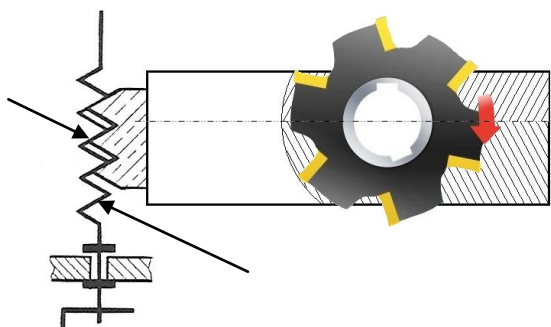


4) Fraisage en bout

Pour un fraisage en bout, la zone fraisée est simultanément en opposition et en concordance.



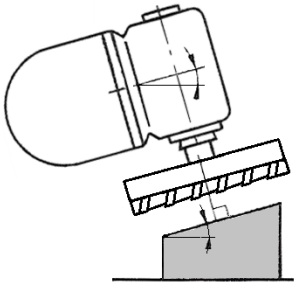
L'axe de la fraise doit donc être désaxée par rapport à celui de la pièce pour obtenir une zone fraisée en opposition plus large que la zone fraisée en concordance (comme dans l'exemple ci-dessus). La composante axiale (F_r) de la résultante (R) des efforts de coupe (F_1 et F_2) sera donc opposée au déplacement de la pièce.



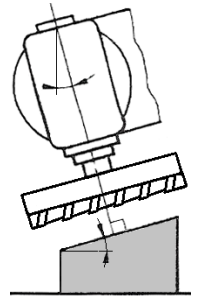
Les flancs des filets de la vis du deuxième axe de la table doivent être mis en contact pendant ce type d'usinage, afin d'éviter des mouvements non désirés sur celui-ci (dû au jus). L'axe peut également être verrouillé.

IV. Géométrie de la machine

1) Orientation de la broche universelle



Les fraiseuses universelles permettent une orientation de la broche grâce à leur tête universelle. Lors de leur utilisation il convient donc de vérifier la bonne orientation de celle-ci, on parle de **dégauçer la broche**. En effet, si celle-ci est orientée d'un angle α par rapport à l'axe X ou β par rapport à l'axe Y, ces angles se retrouveront sur les pièces usinées.

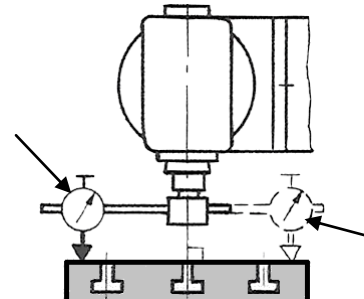
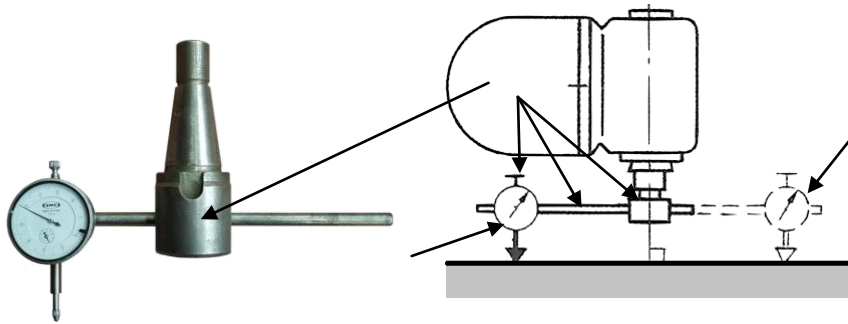


Pour une utilisation en broche verticale, il faut vérifier la perpendicularité entre la broche (axe Z) et la table, **dans les 2 directions (axes X et Y)** :

a) Installer un comparateur sur un bras solide d'un cône SA40, lui-même installé dans la broche de la fraiseuse.

b) Tourner manuellement la broche pour que le comparateur soit aligné avec l'axe à contrôler : Le zéro est alors réglé sur le comparateur. **Attention à ne pas placer le comparateur dans une rainure de la table.**

c) Tourner manuellement la broche de 180° : Le comparateur doit toujours être sur son zéro. Si l'aiguille du comparateur n'est pas sur zéro, l'axe de la broche n'est pas perpendiculaire à l'axe de la table et doit être réorienté en conséquence. Les opérations b) et c) doivent ensuite être réitérées.



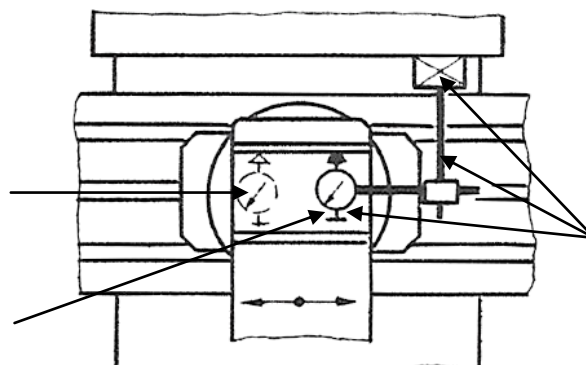
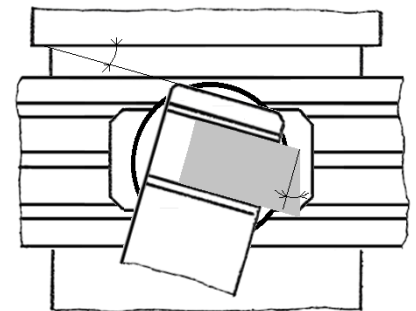
2) Orientation de l'étau

Pour que la pièce soit orientée selon les mêmes axes que la fraiseuse, l'étau doit également être dégauçé afin que ses mors soient parallèles à l'axe X :

a) Un comparateur est monté sur un support magnétique, lui-même fixé au bâti de la fraiseuse.

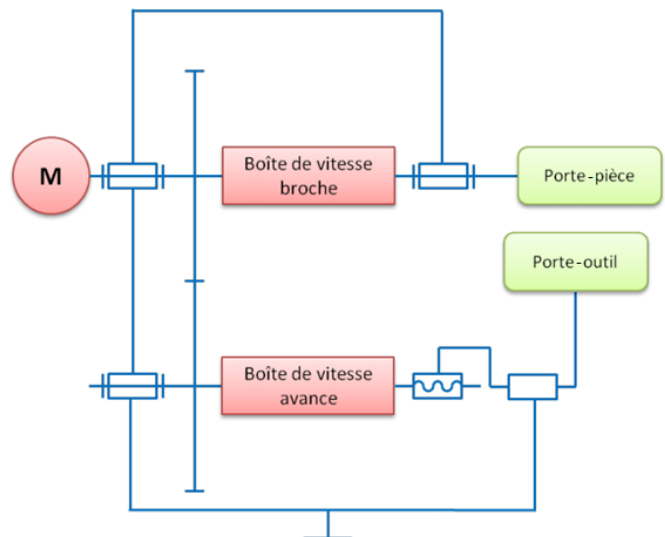
b) Le comparateur est placé à une extrémité du mors fixe : Le zéro est alors réglé sur le comparateur.

c) La table longitudinale est déplacée jusqu'à ce que le comparateur arrive à la deuxième extrémité du mors fixe de l'étau : Le comparateur doit toujours être sur son zéro. Si l'aiguille du comparateur n'est pas sur zéro, les mors ne sont pas parallèles à l'axe X et l'orientation de l'étau doit être revue en conséquence. Les opérations b) et c) doivent ensuite être réitérées.



V. Conditions de coupe

Comme sur un tour conventionnel, les fraiseuses conventionnelles sont équipées de deux boîtes de vitesses mécaniques. La première permet de fixer la vitesse d'avance de l'outil. La seconde permet de choisir la fréquence de rotation de la broche.



1) Vitesse de coupe

La vitesse de la broche « n » s'exprime toujours par la même formule qu'en tournage. Mais ici, la pièce est fixe et c'est l'outil qui tourne. Le diamètre indiqué dans la formule est donc celui de la fraise et non celui de la pièce :

$$n = \frac{V_c}{D}$$

Avec :

n : Vitesse de la broche en tr/min

V_c : Vitesse de coupe en m/min

D : diamètre de la fraise en mm

La vitesse V_c est donnée par les fabricants d'outils. Voici les **valeurs à utiliser sur nos machines conventionnelles avec nos outils** :

	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

2) Vitesse d'avance

Contrairement au tournage, l'outil en fraisage a très souvent plusieurs dents. L'avance n'est donc plus exprimée en mm/tr (appelée « f » en tournage) mais en mm/dent (appelée « f_z » en fraisage). Le calcul de la vitesse d'avance impose donc de connaître le nombre de dents de la fraise, qui peut être variable pour deux fraises de même type et de même taille.

$$V_f = \frac{f_z \cdot n \cdot Z}{1000}$$

Avec :

V_f : Vitesse d'avance en mm/min

n : Vitesse de la broche en tr/min

f_z : avance **par dent** en mm/dent

Z : **Nombre de dents** de la fraise

Choix de l'avance : (en mm/dent)

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)

3) Profondeur de passe

La profondeur de passe (a_p) en fraisage est fonction du type d'opération réalisée et du type de denture (ravageuse ou lisse). Les dentures ravageuses limitent les efforts de coupe. Elles permettent de prendre des profondeurs de passe et des avances plus importantes

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



Les valeurs données sont des valeurs MAXI, pour un serrage optimum. Si le serrage est réalisé sur une faible hauteur, il faut diviser les valeurs par 2. **Pour ce TP nous prendrons $a_p \text{ maxi} = 1\text{mm}$ en ébauche et $0,3\text{mm}$ en finition.**

VII. Usinage

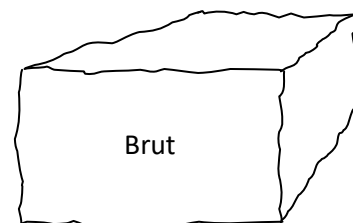
1) Cubage d'un prisme

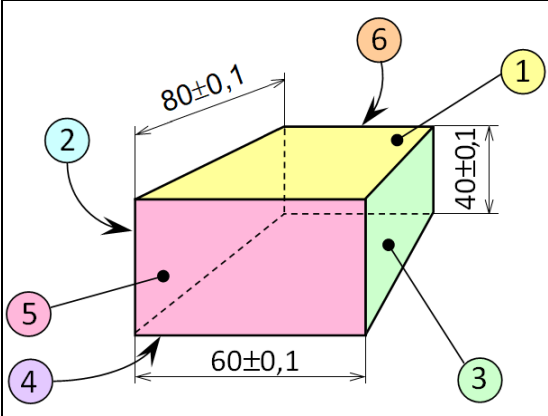
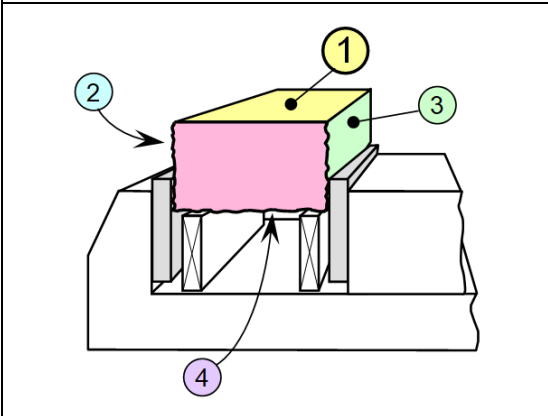
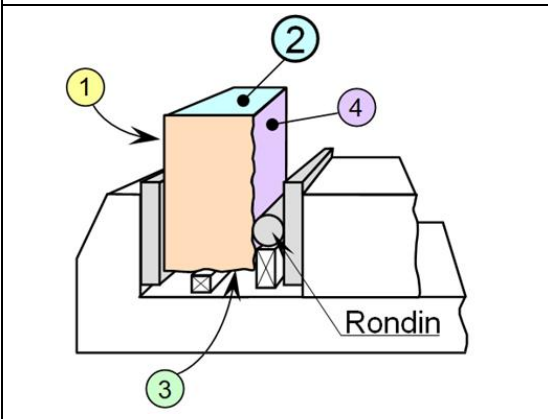
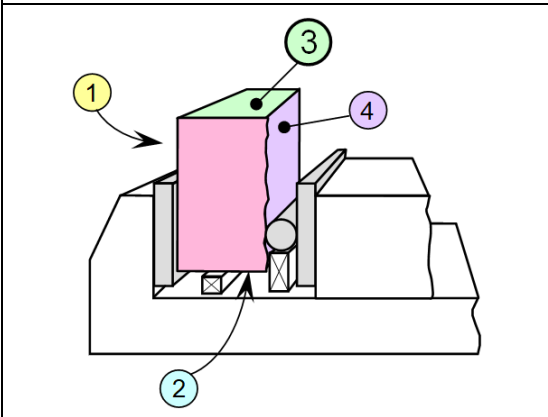
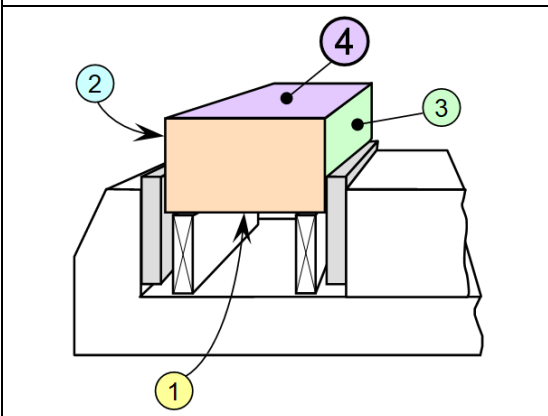
Lorsque le brut de la pièce provient d'un morceau de barre étiré à profil carré ou rectangulaire, on commence par découper la quantité de matière désiré : c'est le **débit du brut**.

Avec une lime ou un ébavureur, on enlève les bavures dues au découpage, et on vérifie au réglet ou au pied à coulisse que le brut est suffisamment grand (cotes extérieures de la pièce finie + épaisseur à enlever).

Ce brut est alors très loin du parallélépipède rectangle « parfait », car ses surfaces ne sont pas planes et non perpendiculaires les unes par rapport aux autres.

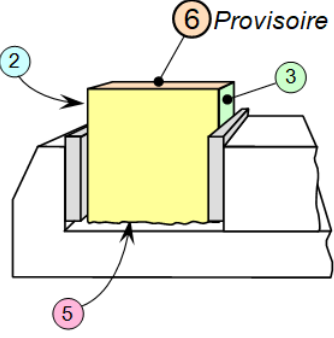
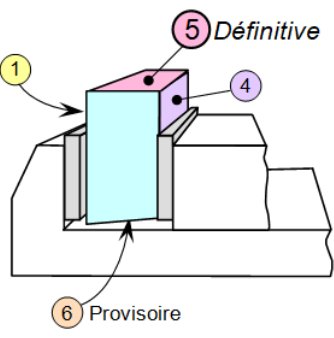
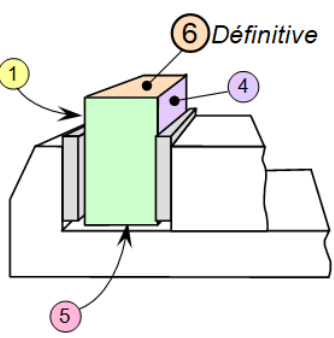
Il est alors nécessaire de **réaliser un cubage** : on usine successivement les différentes faces afin d'obtenir un parallélépipède rectangle dans les tolérances demandées en termes de dimensions (cotes extérieures de la pièce finie) et de géométries (perpendicularité des faces, la planéité et l'état de surface étant assurés par le réglage de la machine et l'état de la pièce).



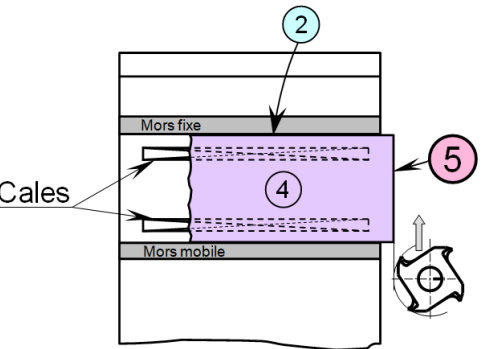
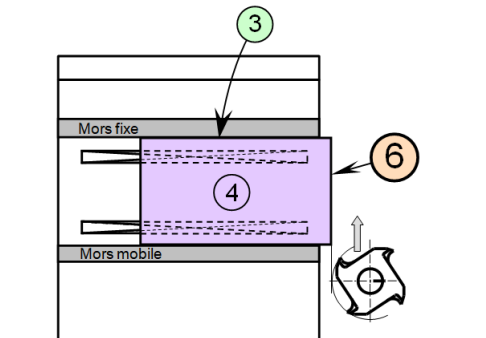
	Exemple de parallélépipède : - Dimensions : 80X60X40mm $\pm 0,1$ - Les faces sont repérées de 1 à 6, correspondant à l'ordre d'usinage. Réglages préalables sur la fraiseuse : - Etau dégauchi (mors fixe // au mouvement longitudinal) - Axe broche $\perp$ à la table dans les deux sens
	Usinage 1ère face : face ① devient SR1 (La face ① doit être une des deux plus grandes surfaces de la pièce) 1) Montage de la pièce : - a- Face ④ sur des cales de même épaisseur, choisies pour que la pièce dépasse de l'étau : appui plan sur les cales - b- Chants ② et ③ sur les mors de l'étau : appui linéaire rectiligne sur le mors fixe 2) Usiner ① (blanchir)
	Usinage 2ème face : chant ② devient SR2 (La face ② ne doit pas être une des deux plus petites surfaces de la pièce) 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) en appui plan sur le mors fixe - b- Chants ③ en appui linéaire rectiligne sur une cale - c- Face ④ sur le mors mobile par l'intermédiaire d'un rondin, posé sur une cale moins large que le diamètre du rondin : Assure l'appui plan de SR1 sur le mors fixe 2) Usiner ② (blanchir)
	Usinage 3ème face : chant ③ devient SR3 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) en appui plan sur le mors fixe - b- Chants ② en appui linéaire rectiligne sur une cale choisie pour que la pièce dépasse suffisamment de l'étau pour réaliser la cote finale entre ② et ③ (ici 60$\pm 0,1$) - c- Face ④ sur le mors mobile par l'intermédiaire d'un rondin, posé sur une cale moins large que le diamètre du rondin : Assure l'appui plan de SR1 sur le mors fixe 2) Usiner ③ (à la cote 60$\pm 0,1$)
	Usinage 4ème face : chant ④ devient SR4 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) en appui plan sur des cales de même épaisseur choisies pour que la pièce dépasse suffisamment de l'étau pour réaliser la cote finale entre ① et ④ (ici 40$\pm 0,1$) - b- Chants ② en appui linéaire rectiligne sur le mors fixe - c- Chants ③ sur le mors mobile 2) Usiner ④ (à la cote 40$\pm 0,1$)

Après avoir usiné les surfaces ①, ②, ③ et ④, il est possible d'usiner les bouts en fonction de la longueur du prisme, suivant deux méthodes :

a) Pour les prismes courts : La méthode du double équerrage

	Usinage 6ème face PROVISOIRE : bout ⑥ 1) Montage de la pièce : - a- SR2 (chant ②) sur le mors fixe : permet d'obtenir l'équerrage avec le bout ⑥ - b- Bout ⑤ sur le fond de l'étau (ou sur des cales) - c- Chants ③ sur le mors mobile 2) Usiner ⑥ (blanchir : état provisoire)
	Usinage 5ème face DEFINITIVE : bout ⑤ 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) sur le mors fixe - b- Bout ⑥ provisoire sur le fond de l'étau (ou sur des cales) - c- Chants ④ sur le mors mobile 2) Usiner ⑤ : permet d'obtenir l'équerrage avec la face ① et le chant ②
	Usinage 6ème face DEFINITIVE : bout ⑥ 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) sur le mors fixe - b- Bout ⑤ sur le fond de l'étau (ou sur des cales) - c- Chants ④ sur le mors mobile 2) Usiner à nouveau ⑥ (à la cote $80 \pm 0,1$)

b) Pour les prismes longs : La méthode par fraisage de profil

	Usinage 5ème face : bout ⑤ 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) en appui plan sur des cales ou le fond de l'étau, le bout à usiner dépasse au minimum de l'étau. - b- Chants ② en appui linéaire rectiligne sur le mors fixe. - c- Chants ③ sur le mors mobile 2) Usiner ⑤ (blanchir en roulant)
	Usinage 6ème face : bout ⑥ 1) Montage de la pièce : - a- SR1 (face ①) en appui plan sur des cales ou le fond de l'étau, le bout à usiner dépasse suffisamment pour obtenir la cote $80 \pm 0,1$ - b- Chants ③ en appui linéaire rectiligne sur le mors fixe. - c- Chants ② sur le mors mobile 2) Usiner ⑥ (à la cote $80 \pm 0,1$)

C- METROLOGIE

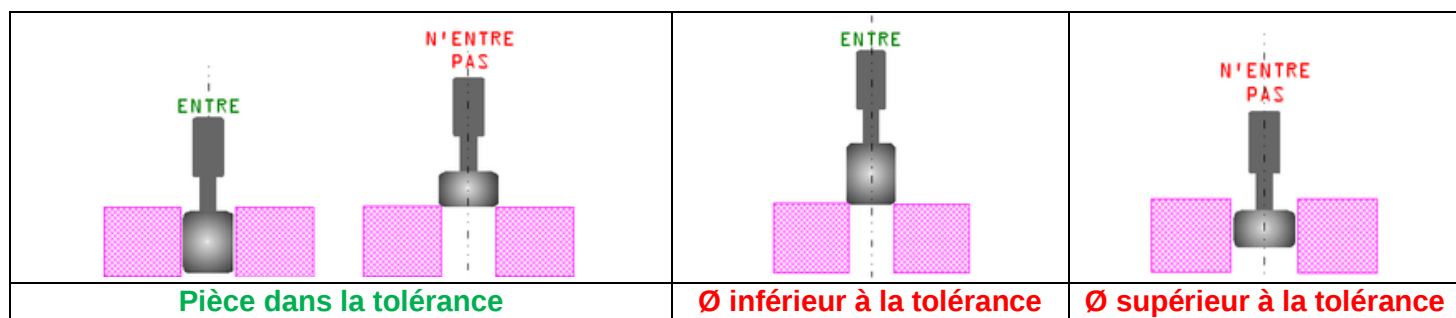
La métrologie au sens étymologique du terme se traduit par « *Science de la mesure* ». Mesurer une grandeur physique consiste à lui attribuer une valeur quantitative en prenant pour référence une grandeur de même nature appelée unité. Pour cela, il est indispensable de choisir l'outil de mesure le plus adapté à la mesure à réaliser et à la précision attendue.

Les résultats des mesures servent à prendre des décisions :

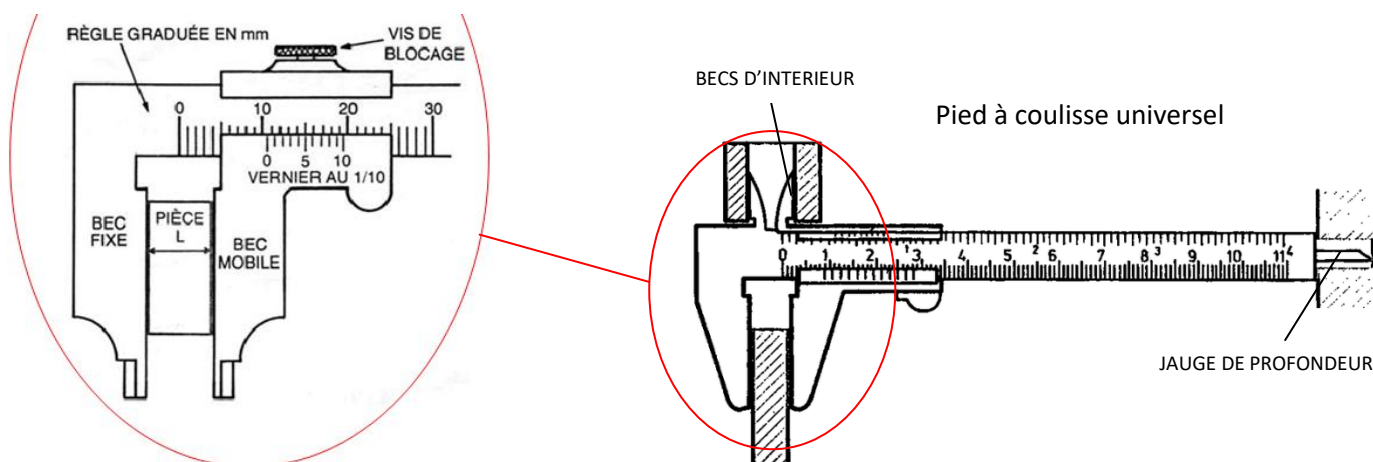
- Réglage d'un paramètre lors d'un usinage : mesures réalisées pendant la fabrication.
- Acceptation ou rebut d'une pièce/ensemble de pièces : mesures réalisées après la fabrication ou l'assemblage.

1) Calibre à limite

Il est également possible de vérifier une valeur sans la mesurer. Par exemple, avec l'utilisation de **calibre à limite** : 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 :

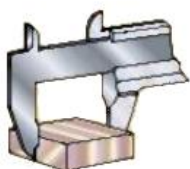


2) Pied à coulisse



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).

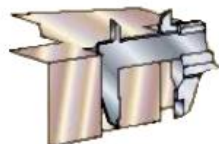
Il permet différents types de mesures :



Mesure extérieure.



Mesure intérieure.



Mesure de décrochement.



Mesure de profondeur.



Mesure de gorge.

Pour mesurer avec un pied à coulisse :

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)

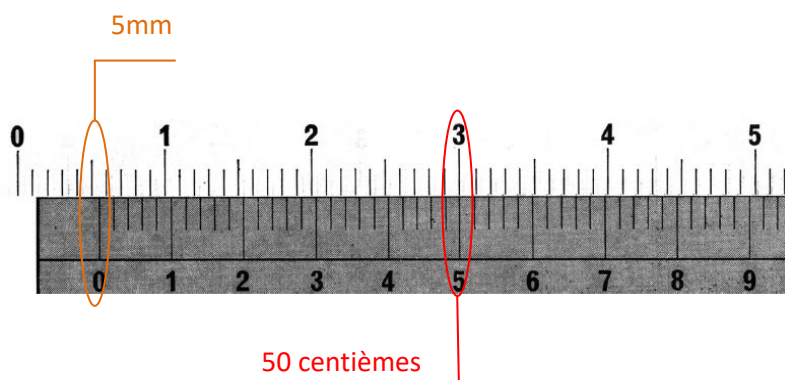
2-Amener les becs du pied à coulisse en contact avec la pièce à mesurer et serrer modérément en vérifiant que les becs sont bien en appui

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

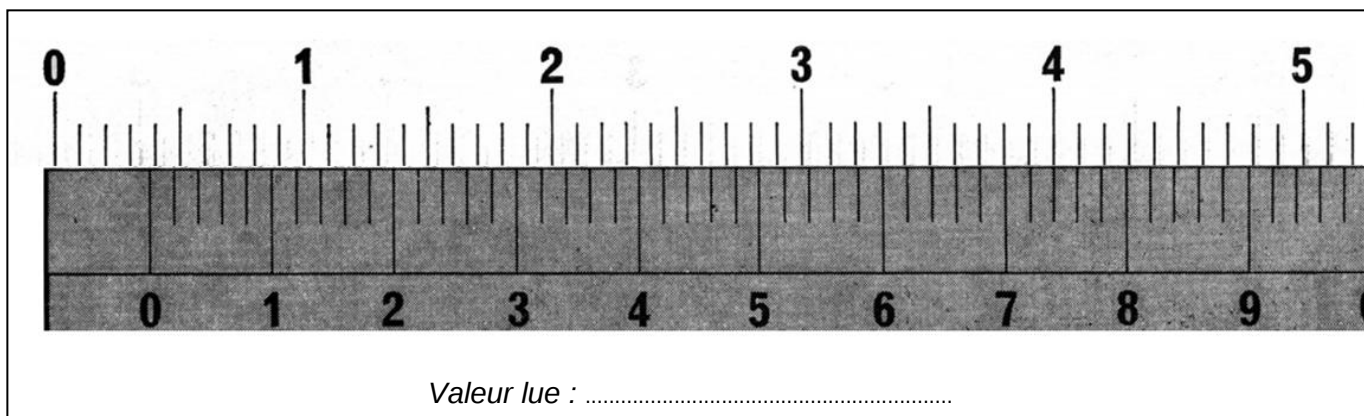
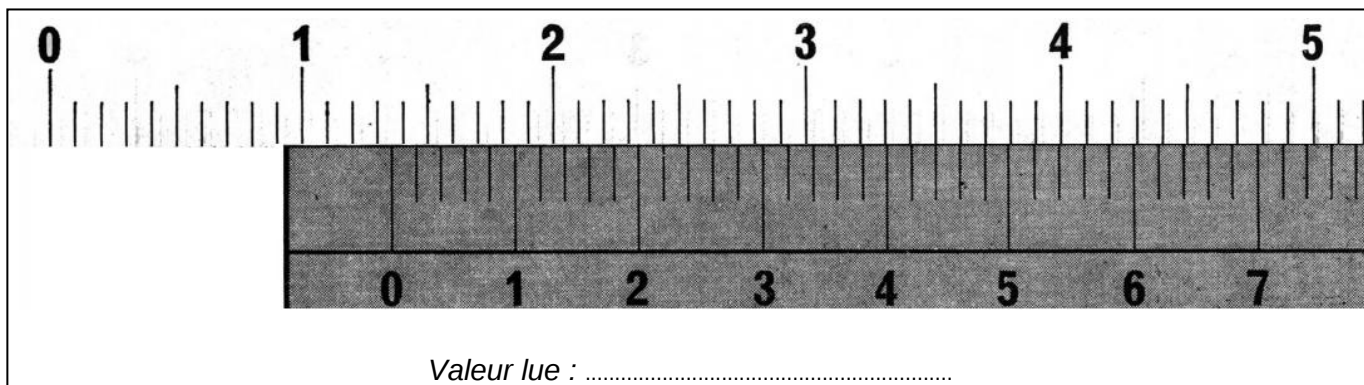
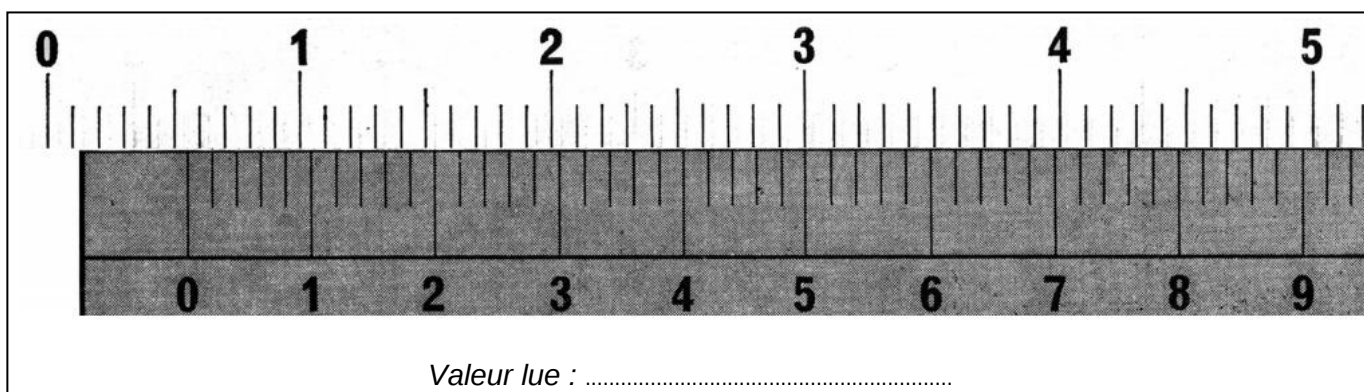
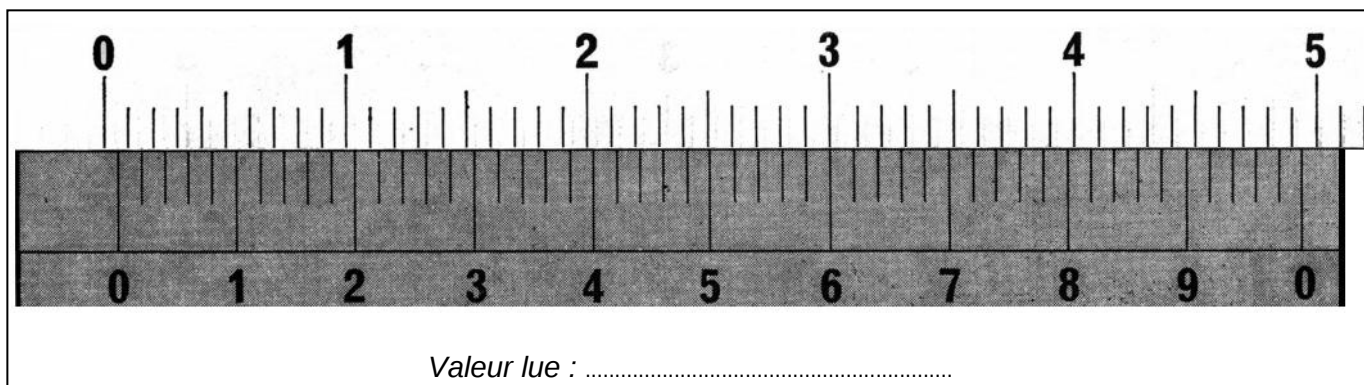
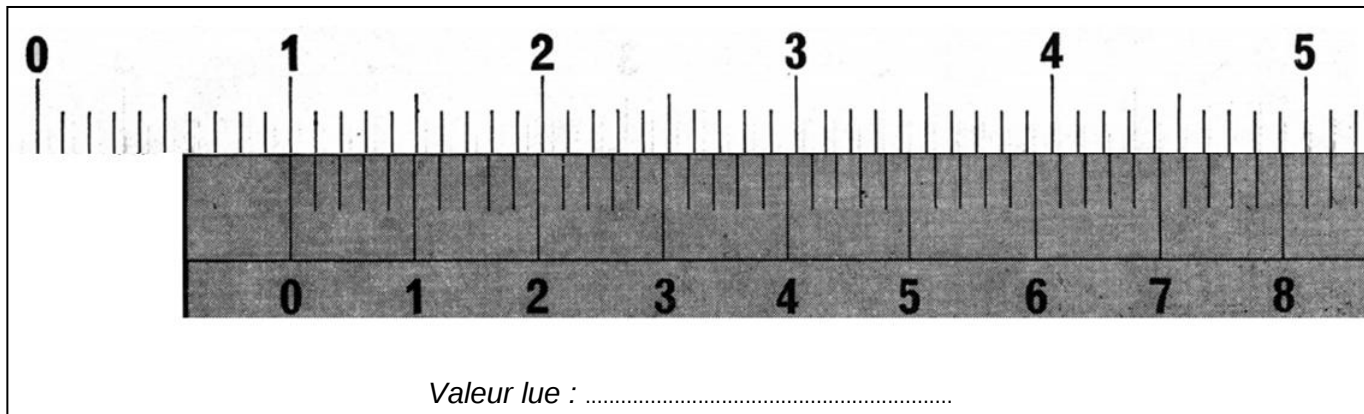
5-Rechercher sur le vernier la graduation qui est alignée avec une graduation de la règle. Cette valeur correspond aux centièmes de millimètres et doit être ajoutée au nombre entier trouvé précédemment.

Exemple :



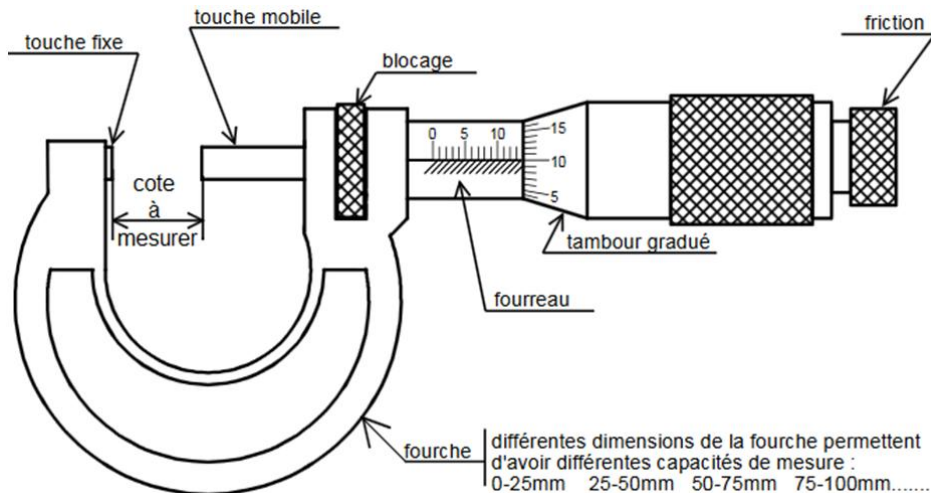
soit 5mm et 50 centièmes : **5,50mm**

Exercices de lecture :

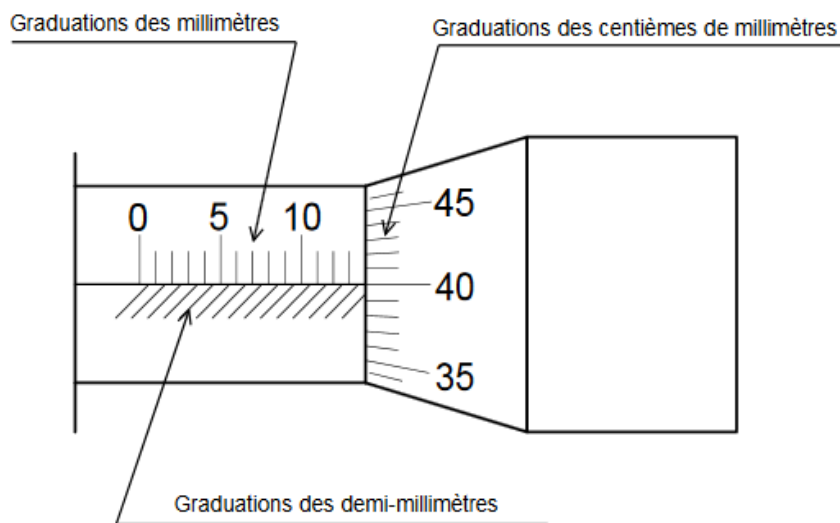


3) Micromètre (aussi appelé « palmer »)

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 (Gamme étagée 0-25, 25-50,... : intérieur, extérieur,...)

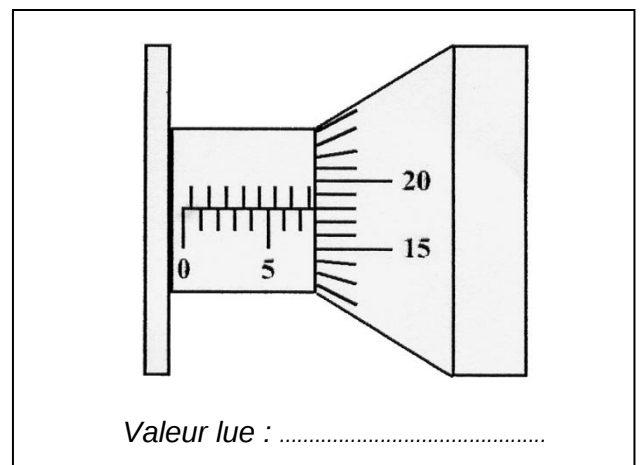
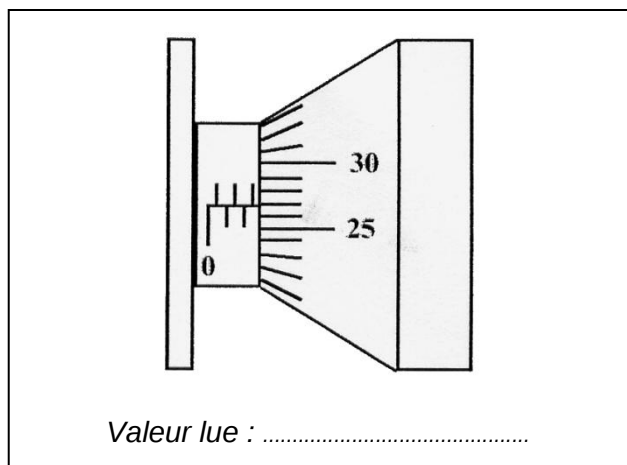
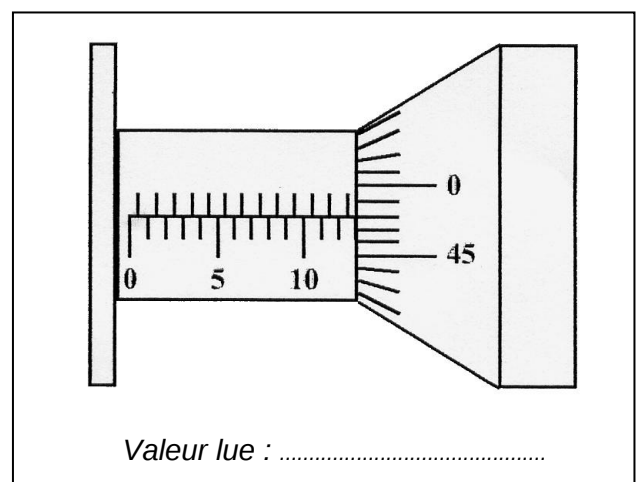
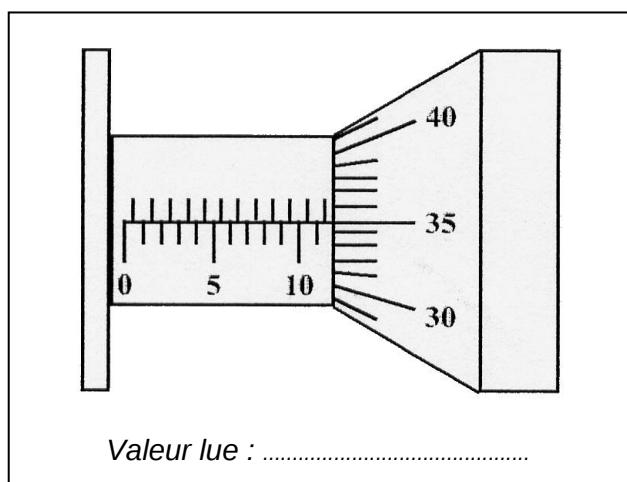
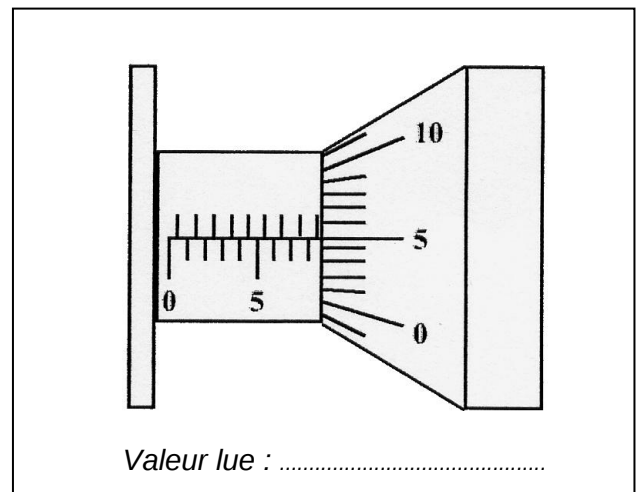
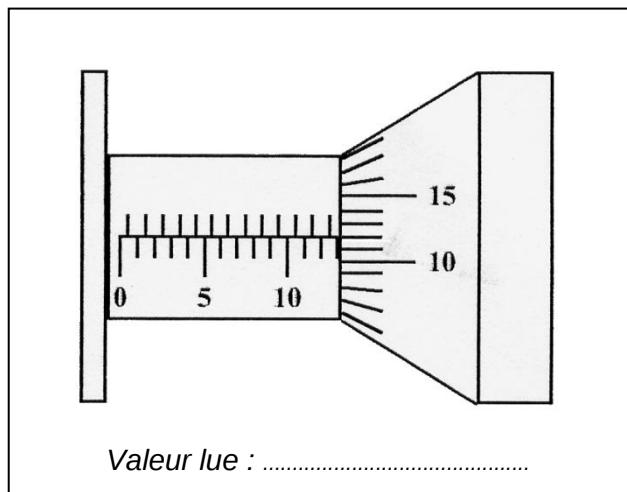
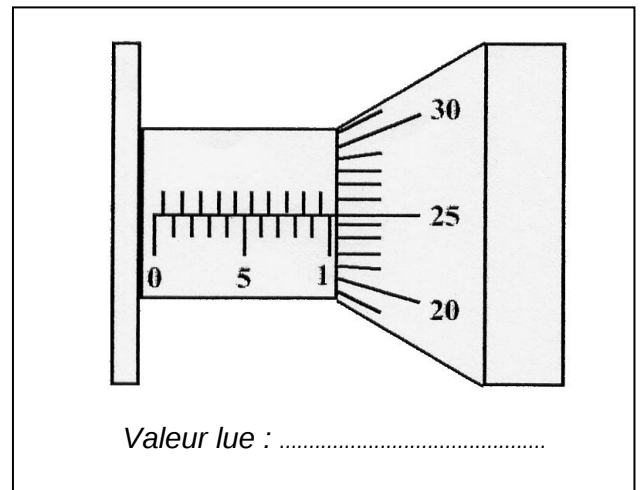
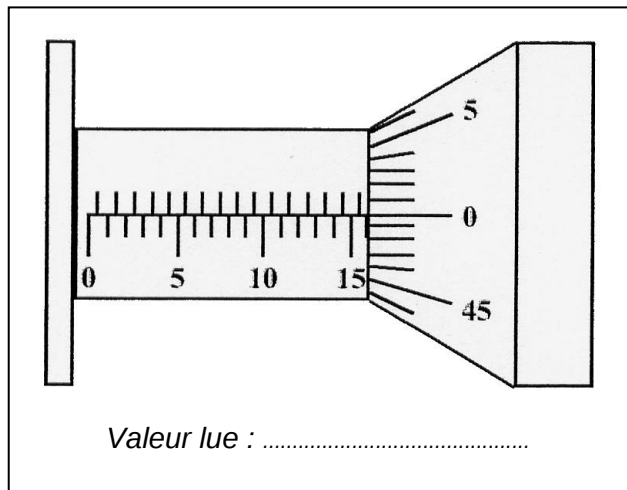


- 1- Commencer par **relever la dimension au pied à coulisse afin d'éviter les erreurs de demi-millimètre**
- 2- S'assurer que le tambour n'est pas bloqué
- 3- Contrôler l'étalonnage du micromètre :
 - S'il s'agit d'un micromètre 0 - 25 mm : nettoyer les deux touches, les amener au contact l'une de l'autre. 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



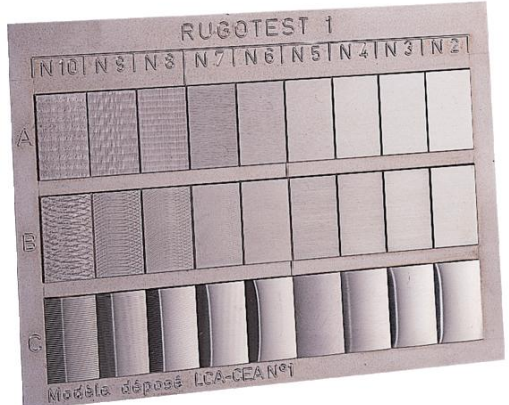
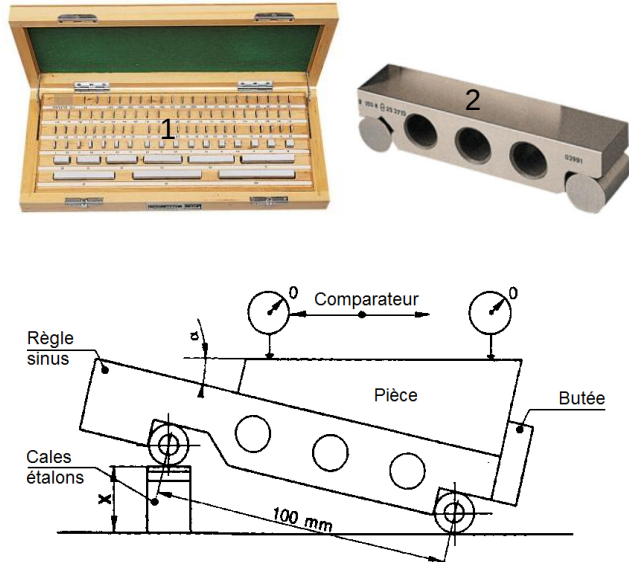
Relever les millimètres	13,
Relever, éventuellement le demi-millimètre	0,5
Relever les centièmes de millimètre	0,40
Faire le total	13,90

Exercices de lecture :



4) Quelques outils de contrôle supplémentaires

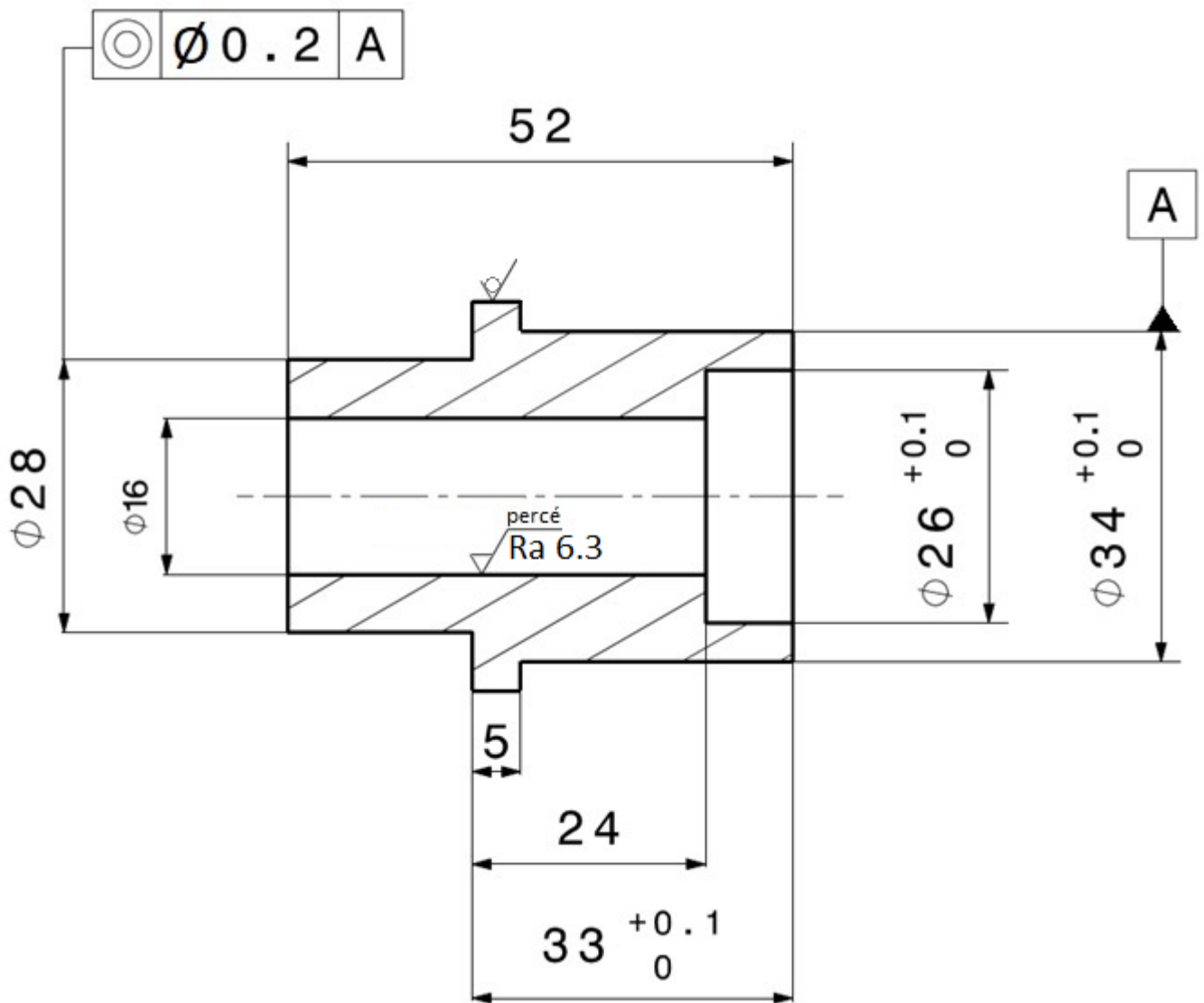
Jauge de profondeur	Rapporteur d'angle
 Diagram of a depth gauge. It consists of a fixed part (1) and a sliding rule (2). The fixed part has a cross-shaped base with a vertical stem and a horizontal base. The sliding rule is a long, thin bar that fits into the vertical stem. Arrows point to the fixed part (1) and the sliding rule (2).	 Diagram of an angle gauge. It consists of a semi-circular protractor with a scale and a sliding rule. The sliding rule is a long, thin bar that fits into the protractor. An arrow points to the sliding rule.
La jauge de profondeur permet, comme son nom l'indique, la mesure de profondeurs : rainures, alésages,... La partie fixe (1), se place sur une face de référence, et la règle coulissante (2) vient en contact avec une partie intérieure à mesurer. La lecture est la même que sur le pied à coulisse.	Le rapporteur d'angle permet de contrôler un angle entre 2 plans. Il en existe de différents types selon la précision recherchée : simple (précision : 1°) ou à vernier (précision : 5' d'arc). Il existe également des modèles numériques.

Rugotest	Règle sinus avec les cales étalons
 Diagram of a Rugotest. It is a rectangular plate with a grid of 12 squares. Each square has a different surface texture. The plate is labeled 'RUGOTEST 1' and 'Modèle déposé LCA-CEAN®'.	 Diagram showing a sine rule (1) and a set of standard gages (2). The sine rule is a long, thin bar with a scale. The standard gages are a set of small, rectangular blocks. Below the images is a diagram of a sine rule setup. A sine rule is shown at an angle α to a horizontal surface. A workpiece (Pièce) is placed on the sine rule. A comparator (Comparateur) is used to measure the workpiece. The distance between the two cylinders (x) is 100 mm. The workpiece is supported by a stop (Butée).
La rugosité peut être appréciée par comparaison visuelle et tactile avec des plaquettes étalons. Chaque état de surface représenté, ayant sa correspondance en mesure de rugosité moyenne Ra.	Les cales étalons (1) sont des parallélépipèdes rectifiés très précisément, dont la longueur entre deux des faces est parfaitement connue. La règle sinus (2) permet le contrôle et le réglage précis d'angles, à l'aide de cales étalons que l'on empile sous l'un de ses cylindres (x). La distance entre les 2 cylindres étant parfaitement connue (100), un calcul rapide permet d'obtenir l'angle α : $\sin \alpha = \frac{\text{longueur des cales étalons}}{100}$

D-USINAGES

I. Tournage

a) Dessin de définition : bague épaulée



BRUT : LAMINÉ Ø40 X 55	BAGUE EPAULÉE		SAUF INDICATION CONTRAIRE: Les cotes sont en millimètres Etat de surface : $\sqrt{Ra\ 3.2}$ partout Tolérances générales : ±0.1
MATERIAU : C35 (Acier à 0,35%C)	VUE EN COUPE		
	ECHELLE 1 :1	FEUILLE 1/1	

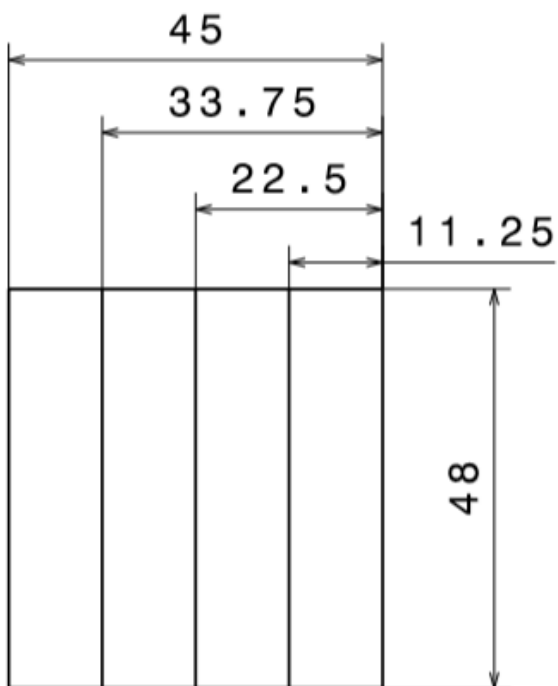
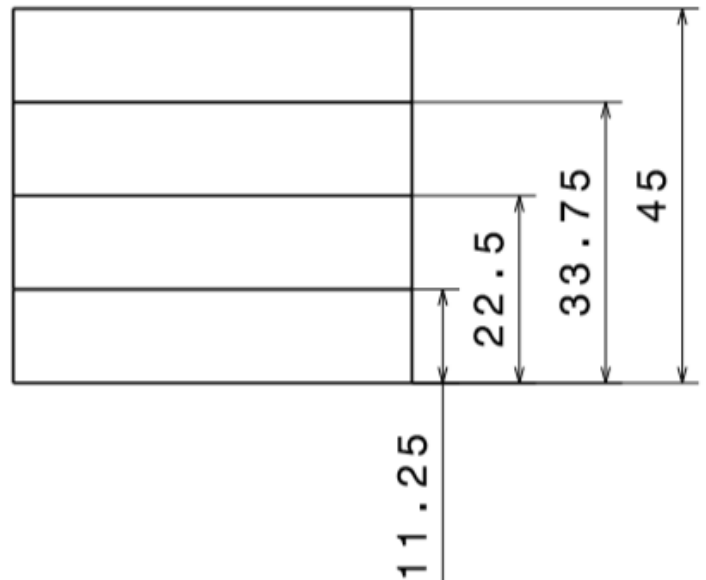
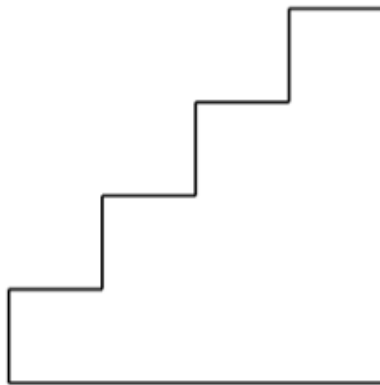
b) Phases

PHASE N°10	Nom de la pièce :					
	Matière :					
	Machine :					
	Dimensions du brut :					
Opérations	Outils	Vc m/min	N _{théorique} tr/min	N _{machine} tr/min	F mm/tr	a mm

PHASE N°20	Nom de la pièce :					
	Matière :					
	Machine :					
	Dimensions du brut :					
Opérations	Outils	Vc m/min	N _{théorique} tr/min	N _{machine} tr/min	F mm/tr	a mm

II. Fraisage : Cale étagée

a) Dessin de définition



BRUT : 50X50X52	CALE ÉTAGÉE		SAUF INDICATION CONTRAIRE: Les cotes sont en millimètres Etat de surface : $\sqrt{Ra\ 3.2}$ partout Tolérances générales : ± 0.1
MATERIAU : C35 (Acier à 0,35%C)	ECHELLE 1 : 1	FEUILLE 1/1	
			A4

b) Phase

PHASES 10 à 60 : CUBAGE DU BRUT	Nom de la pièce :					
	Matière :					
	Machine :					
	Dimensions du brut :					
VOIR PAGES 33 & 34						
Opérations	Outils	Vc m/min	N _{théorique} tr/min	N _{machine} tr/min	F mm/tr	a mm
PHASE 10 : Surfaçage face 1 ébauche						
PHASE 10 : Surfaçage face 1 finition						
PHASE 20 : Surfaçage face 2 ébauche						
PHASE 20 : Surfaçage face 2 finition						
PHASE 30 : Surfaçage face 3 ébauche						
PHASE 30 : Surfaçage face 3 finition						
PHASE 40 : Surfaçage face 4 ébauche						
PHASE 40 : Surfaçage face 4 finition						
PHASE 50 : Surfaçage face 5 ébauche						
PHASE 50 : Surfaçage face 5 finition						
PHASE 60 : Surfaçage face 6 ébauche						
PHASE 60 : Surfaçage face 6 finition						

PHASE N°70

Opérations

Outils

Vc
m/min

 $N_{\text{théorique}}$
tr/min
$$N_{\text{machine}}$$
tr/minF
mm/tra
mm