



Université Internationale
de Casablanca

UNIVERSITÉ RECONNUE PAR L'ÉTAT

FABRICATION MECANIQUE

Smail ZAKI

Professeur d'enseignement supérieure

Ing., phd. Arts et Métiers

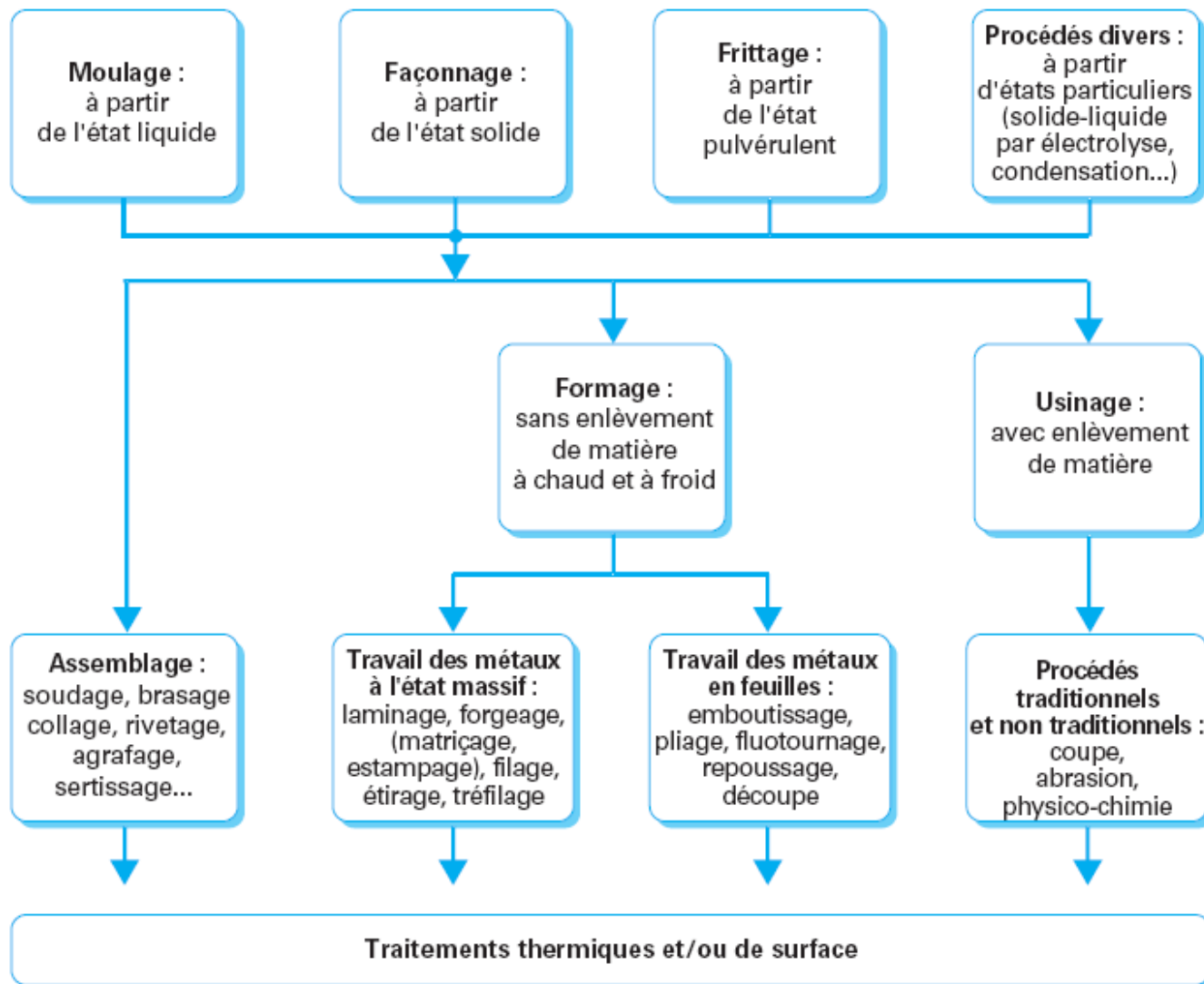
Mobile : 06 67 95 38 67

Email : smail.zaki@gmail.com

Programme Fabrication mécanique (3^{ième} Année)

- ❖ **Partie 1: Techniques et procédés de fabrication de pièces mécaniques**
- ❖ **Partie 2: Usinages conventionnels**
- ❖ **Partie 3: Isostatisme**
- ❖ **Partie 4: liaisons entre la pièce, le porte-pièce et la machine**

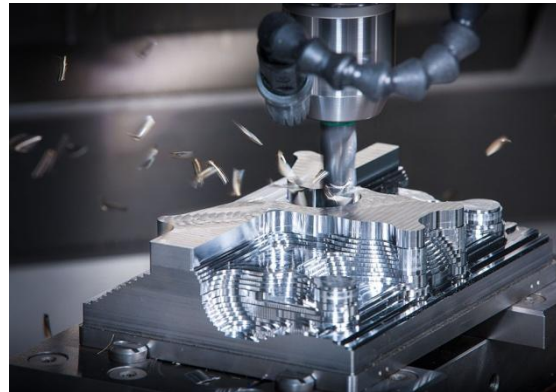
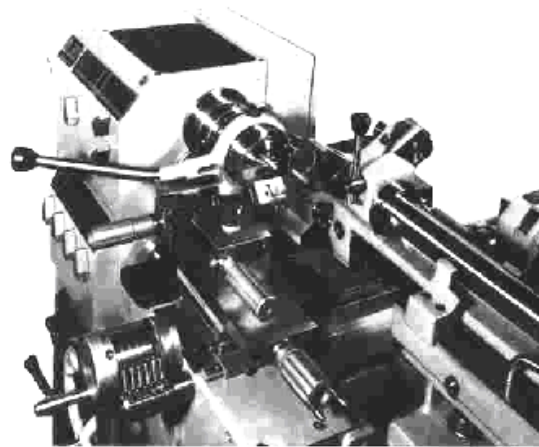
PARTIE 1: Techniques et procédés de fabrication de pièces mécaniques



La figure I qui récapitule les principales classes de procédés utilisés actuellement montre qu'il existe trois voies principales de mise en forme selon l'état de départ du matériau métallique :

- Le **moulage** à partir de l'état liquide, les pièces prennent leurs formes par solidification et passent donc à l'état solide ayant les propriétés géométriques du moule.
- Le **façonnage** à partir d'une ou plusieurs pièces à l'état solide. Cette voie peut, elle-même, se scinder en **formage**, ou **usinage**, dont les principaux aspects sont présentés dans le volume Usinage;
- Le **frittage** à partir de poudres par disparition des vides intergranulaires à haute température et éventuellement sous pression.
- En raison, entre autres causes, de la classification socio-économique des secteurs industriels correspondants, on distingue dans le formage :
 - — le **travail des métaux à l'état massif**, pratiqué essentiellement dans les industries métallurgiques : le frittage et fonderie ;
 - — le **travail des métaux en feuilles**, pratiqué comme l'usinage dans les industries mécaniques (Chaudronnerie,...)

Vidéos en directe...



PARTIE 2: Usinages conventionnels

I.TOURNAGE

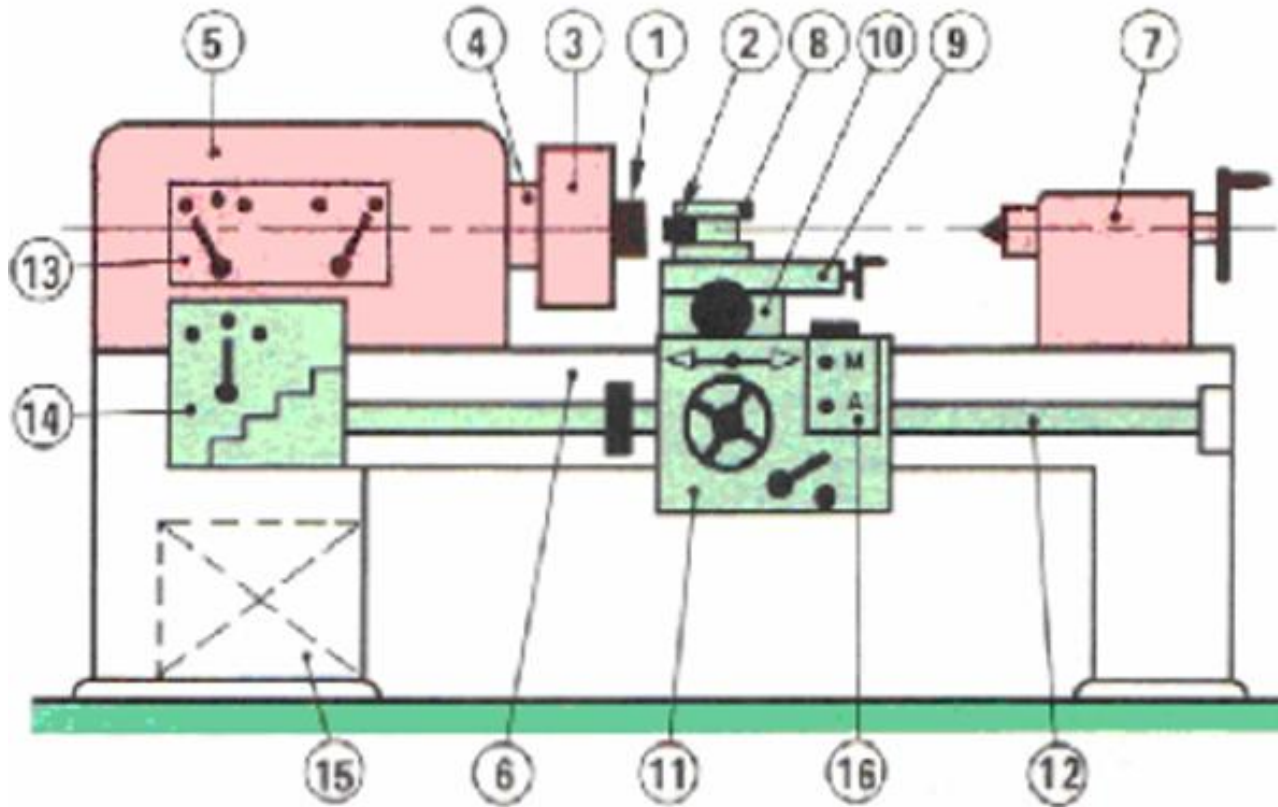
1. LE TOUR PARALLÈLE.

Le **tournage** est un procédé d'usinage permettant l'obtention de surfaces de **révolution** intérieures et extérieures, de surfaces planes ainsi que d'autres surfaces telles que celles obtenues par filetage, gravure, etc.

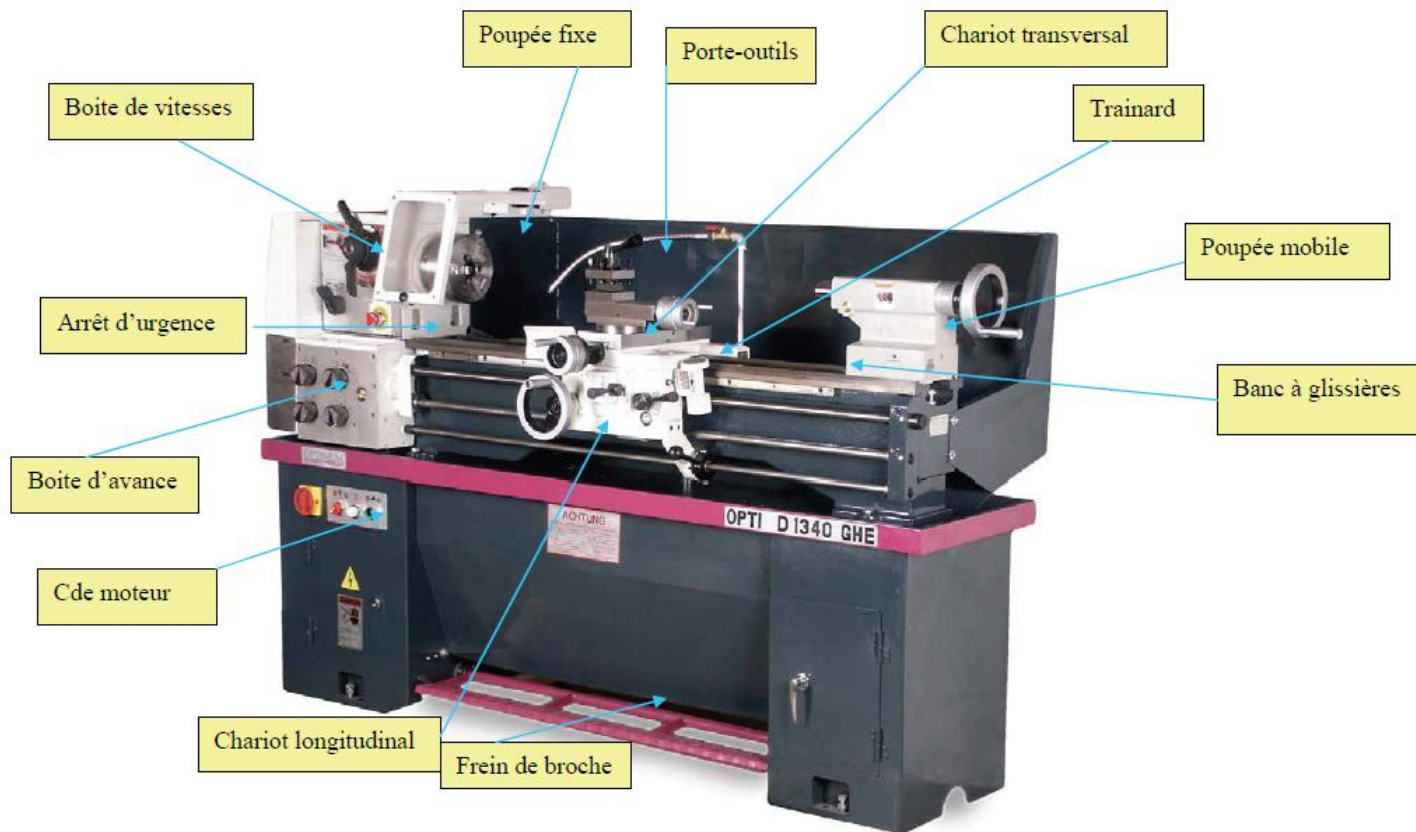
Le tournage est la technique de façonnage génératrice de copeaux la plus employée. Les tours constituent presque à eux seuls le quart de l'ensemble des machines-outils.

•Le tour c'est une machine d'outillage conçue pour le travail unitaire et la petite série.

•Il permet la réalisation de différentes surfaces nécessitant toujours une rotation de la pièce autour d'un axe de révolution.



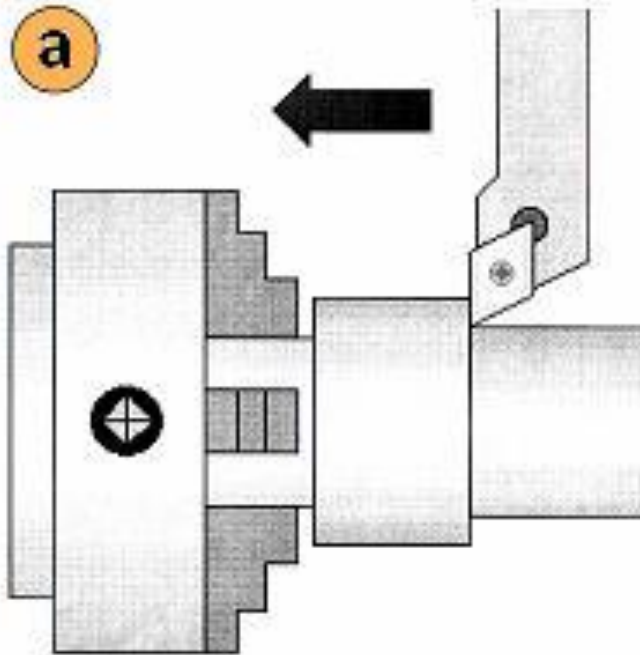
- (1) Pièce ; (2) Outil ;
(3) Mandrin ; (4) Broche ; (5) Poupée fixe ; (6) Banc ; (7) Poupée mobile ; (8) Tourelle porte-outils ; (9) Chariot supérieur ; (10) Chariot transversal ; (11) Traînard ; (12) Barre de chariotage ; (13) Boite des vitesses ; (14) Boite des avances ; (15) Moteur ; (16) Contacteur.



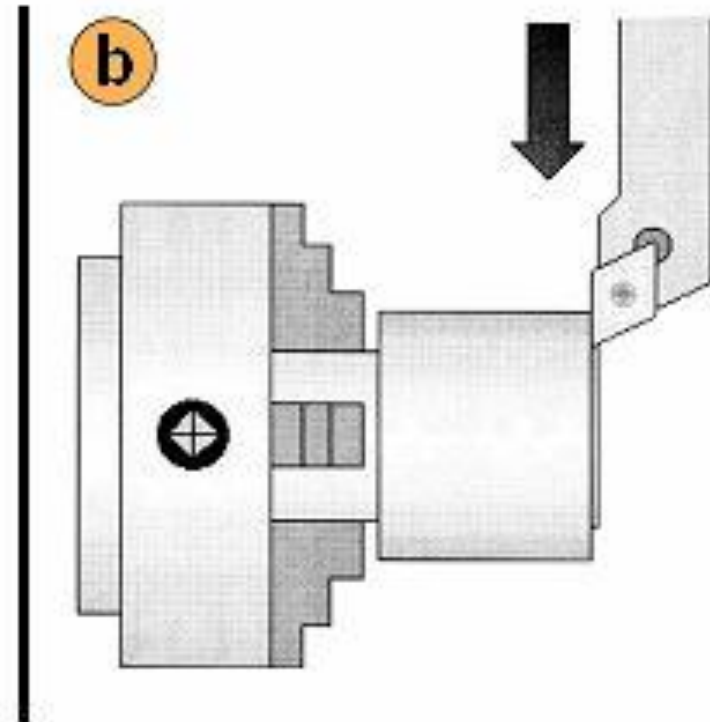
2. Types d'opérations

Le tournage longitudinal (fig. a) est la technique de tournage la plus pratiquée. L'outil se déplace parallèlement à l'axe longitudinal de la pièce à usiner et réduit à cette occasion son diamètre.

Lors du tournage transversal (fig. b) la surface à usiner se trouve la plupart du temps à la verticale de l'axe longitudinal de la pièce à usiner. À cette occasion, le travail de l'outil s'opère de l'extérieur vers le centre ou inversement.

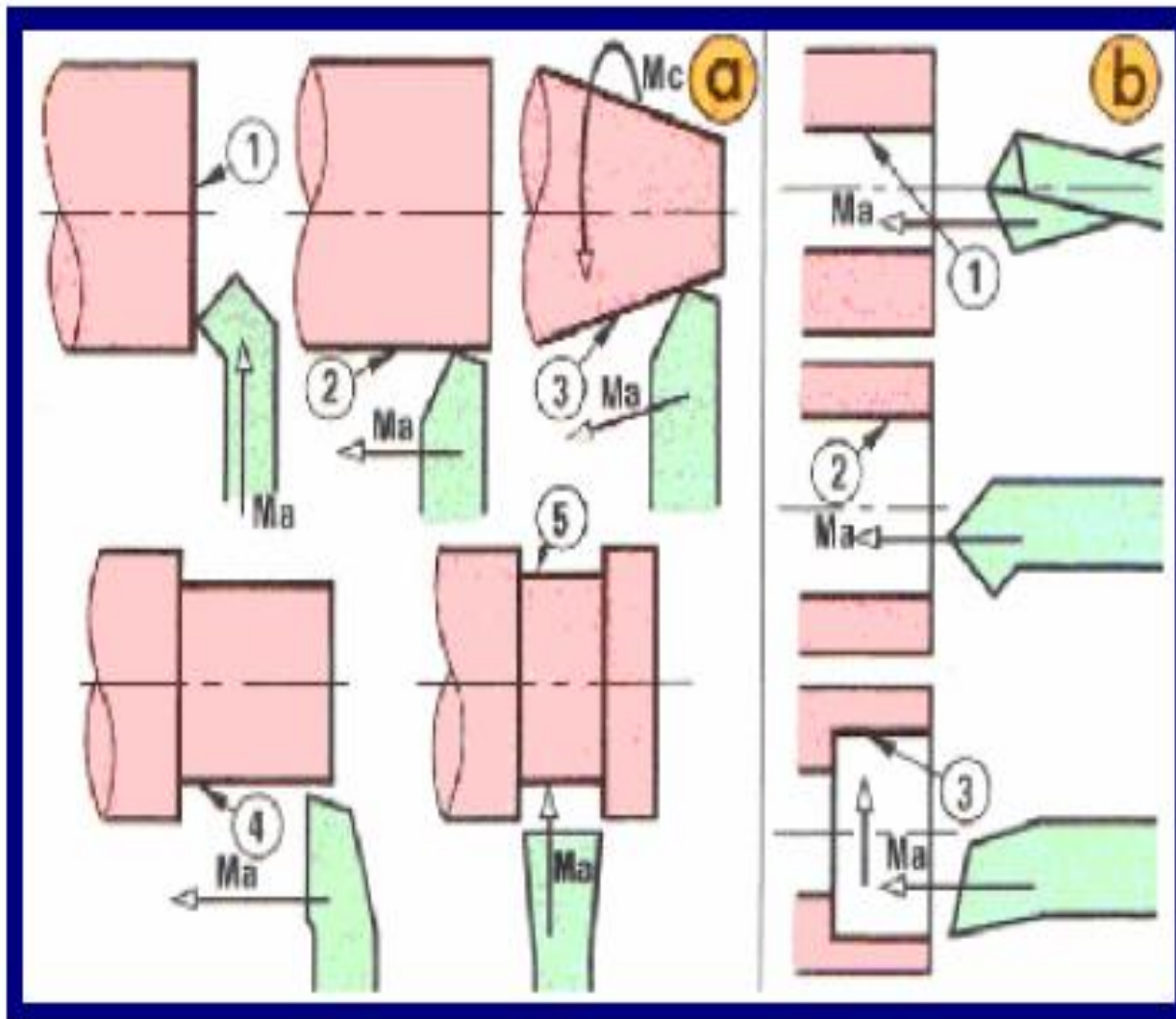


TOURNAGE LONGITUDINAL



TOURNAGE TRANSVERSAL

2. Types d'opérations



a) Opérations extérieures.

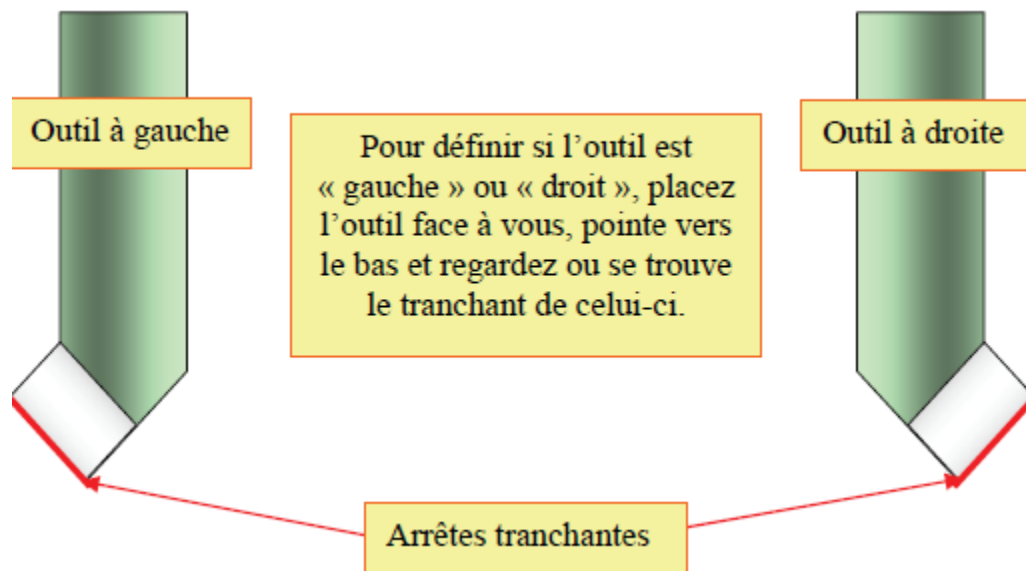
(1) Dressage radial à l'outil à chariotier coudé ; (2) Cylindrage et (3) chariotage conique à l'outil à chariotier ; (4) Décolletage à l'outil couteau; (5) Rainurage à l'outil à gorge.

b) Opérations intérieures.

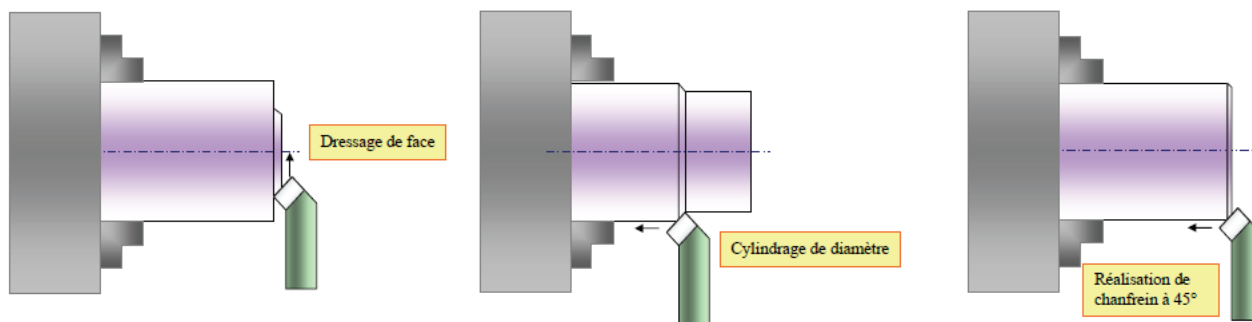
(1) Perçage ; (2) Alésage cylindrique ; (3) Alésage et dressage.

Dressage (l'outil coudé à charioter)

Opération consistant à usiner des épaulements ou des faces plates sur une machine-outil. Sur un tour, le dressage correspond à un déplacement de l'outil suivant un axe perpendiculaire à l'axe de rotation de la pièce.

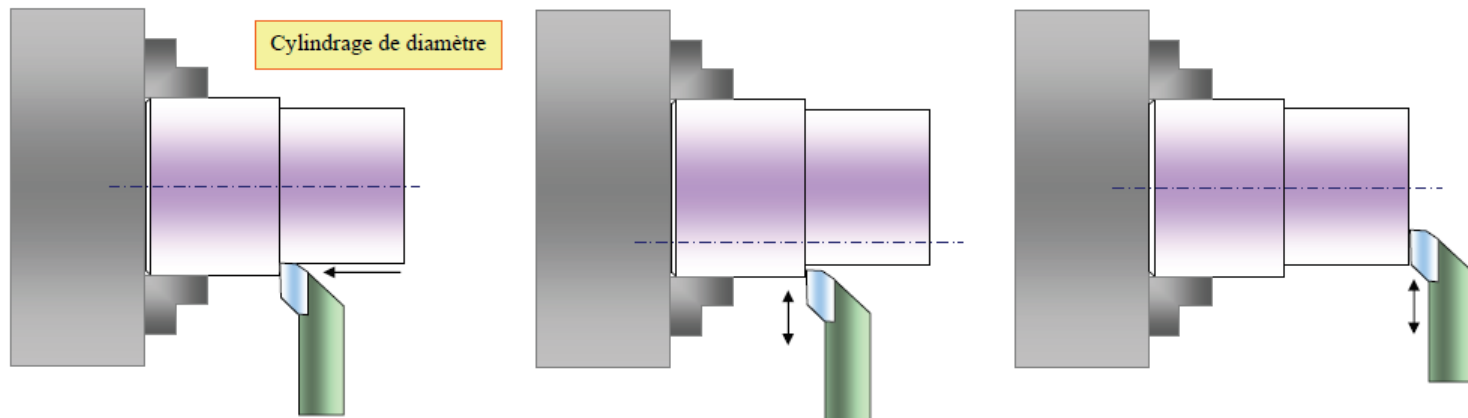
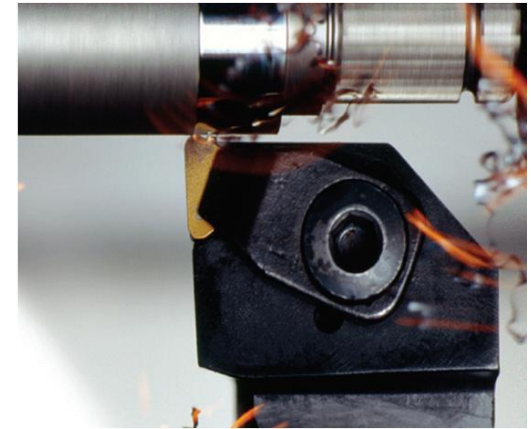


Types de dressage

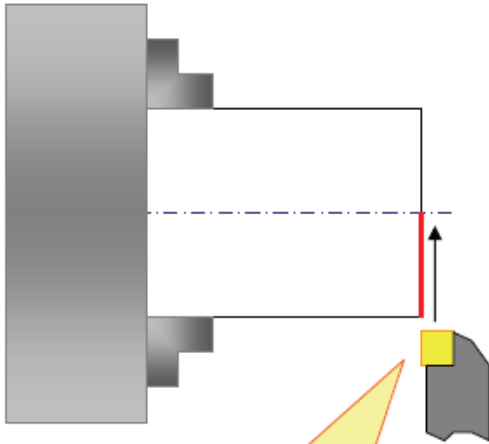


Le chariotage ou cylindrage

Opération consistant à usiner sur un tour un cylindre d'un certain diamètre par déplacement de l'outil de coupe suivant un axe parallèle à l'axe de rotation de la pièce.

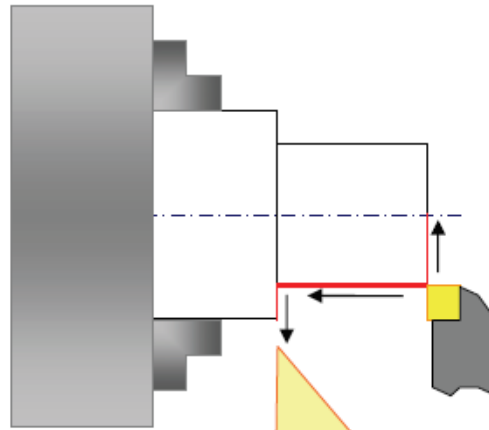


DRESSAGE



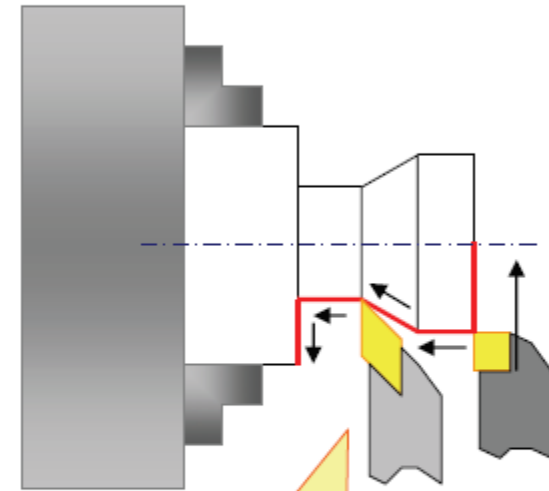
Le dressage s'effectue en général du \varnothing le plus grand au plus petit (en poussant). Les résultats d'état de surface et de forme sont meilleurs.

DRESSAGE FACE CYLINDRAGE DRESSAGE ÉPAULEMENT



Le dressage d'épaulement s'effectue indifféremment du \varnothing le plus grand au plus petit (en poussant). Ou du \varnothing le plus petit au plus grand (tirant). Le choix dépend principalement de la longueur de l'épaulement. Les résultats d'état de surface et de forme sont toutefois toujours meilleurs en poussant.

DRESSAGE FACE CYLINDRAGE COPIAGE DRESSAGE ÉPAULEMENT

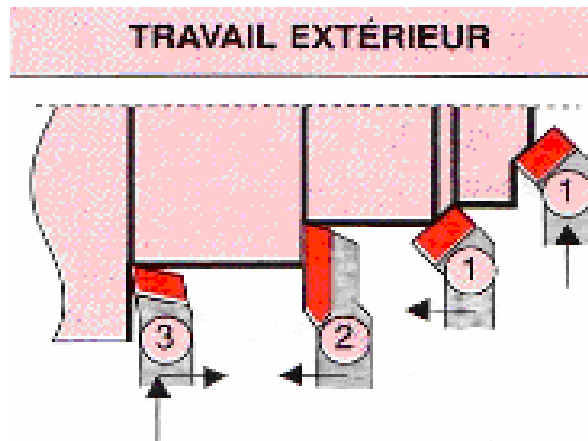


Dans certains types d'usinage, le changement de l'outil est nécessaire pour une question de forme de la pièce. Elle impose un choix différent.

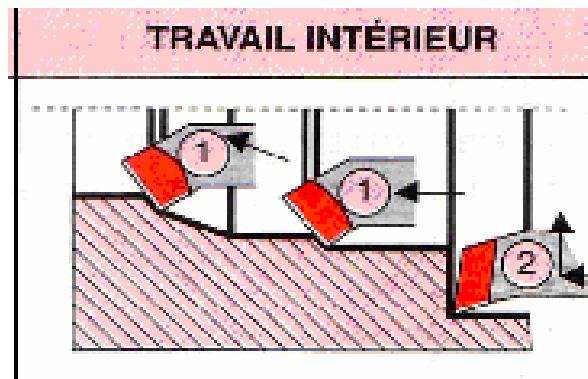
3. Outils de tournage

Ce sont des outils normalisés, à corps prismatique (*section carrée ou rectangulaire*) et partie active en acier rapide ou en carbure

a. Outils ARS






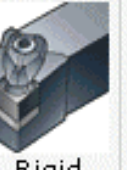

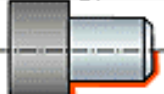

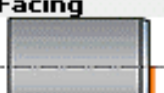



- ① **Outil coudé à charioter :**
Dressage, chariotage, chanfreinage.
- ② **Outil couteau :**
Chariotage et dressage d'épaulement simultané.
- ③ **Outil à dresser d'angle :**
Dressage et raccordement d'épaulement.



- ① **Outil à aléser :**
Alésage de cylindres et de cônes, généralement débouchants, à partir d'un trou.
- ② **Outil à aléser-dresser :**
Alésage de cylindres et de cônes et dressage de fonds.

b. Outils carbures

	Negative inserts				Positive inserts	Ceramic and CBN inserts	
Tooling system	<u>CoroTurn RC</u>	<u>T-MAX P</u>			<u>CoroTurn 107</u>	<u>CoroTurn RC</u>	<u>T-MAX</u>
Clamping system	 Rigid clamp design	 Lever design	 Wedge clamp design	 Screw and top clamp design	 Screw clamp design	 Rigid clamp design	 Top clamp design
Longitudinal turning/facing	**	*	*		*	**	*
							
Profiling	**	*	*	*	**	**	*
							
Facing	**	*	*	*	*	**	*
							
Plunging		*			**		**
							

Remarques

Pour faciliter le choix du type d'outil, on peut considérer qu'il existe, en tournage, quatre opérations de base (figure 1) :

- tournage longitudinal, ou chariotage (1) ;
- dressage (2) ;
- tournage de cônes (3) ;
- contournage (4).

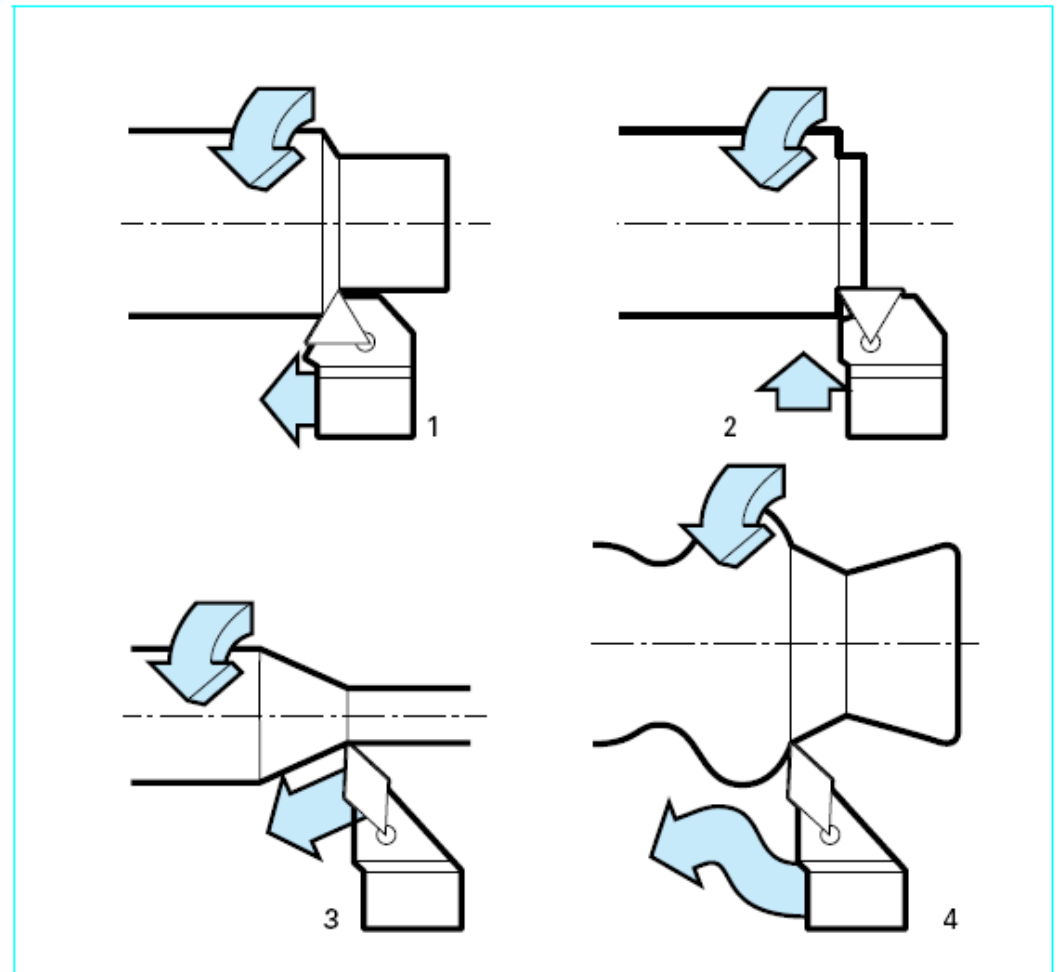


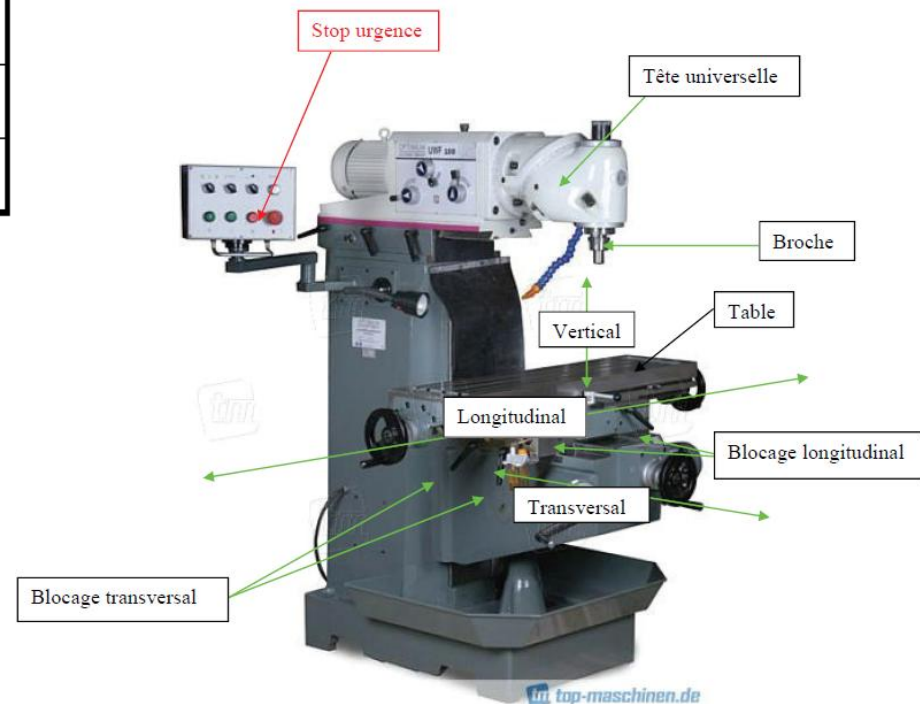
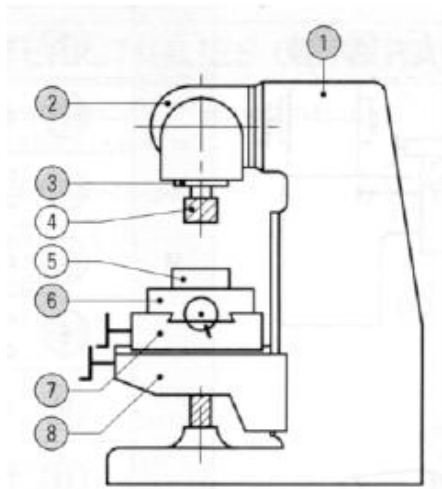
Figure 1 - Opérations de base en tournage

II. LE FRAISAGE

Dans le cas du fraisage : l'outil tourne, la pièce se déplace.

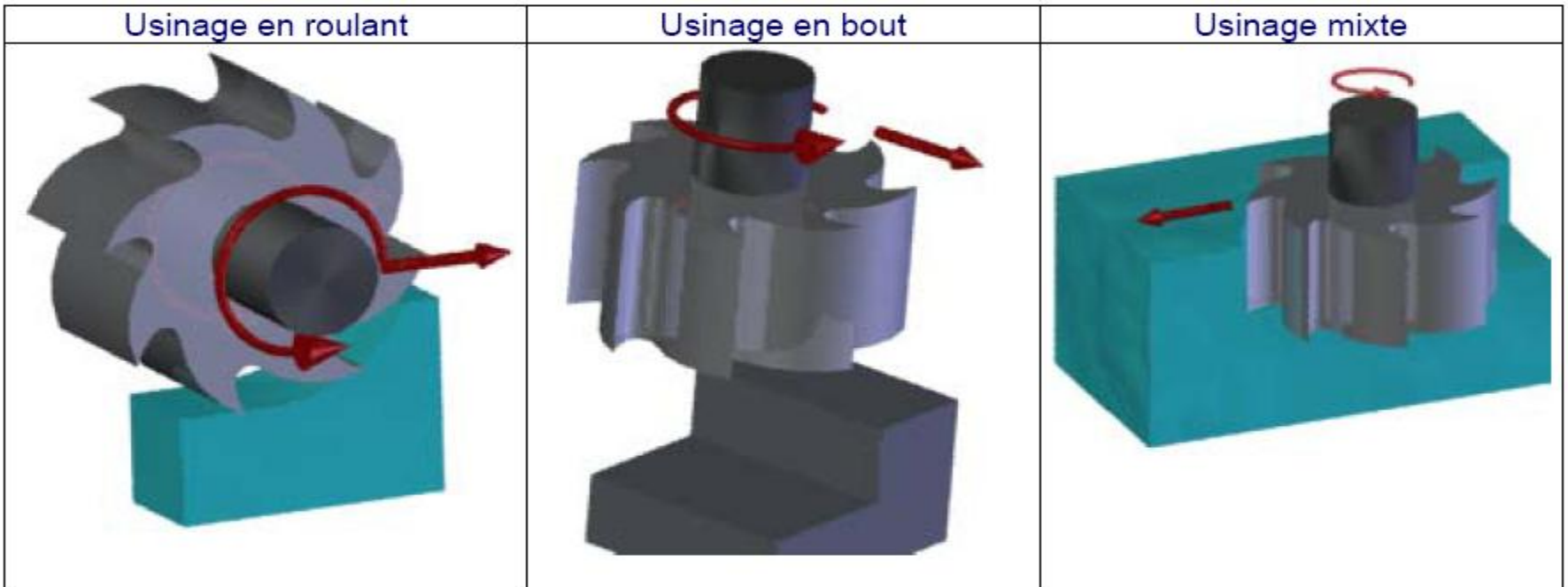
Les centre de fraisage comportent généralement 3 axes (que l'on peut commander individuellement pour faire des formes complexe : hélices...) et un plateau tournant pour présenter toutes les faces de la pièce devant la broche.

1	Bâti	5	Pièce
2	Tête	6	Chariot longitudinal
3	Broche	7	Chariot transversal
4	Outil (fraise)	8	Chariot vertical

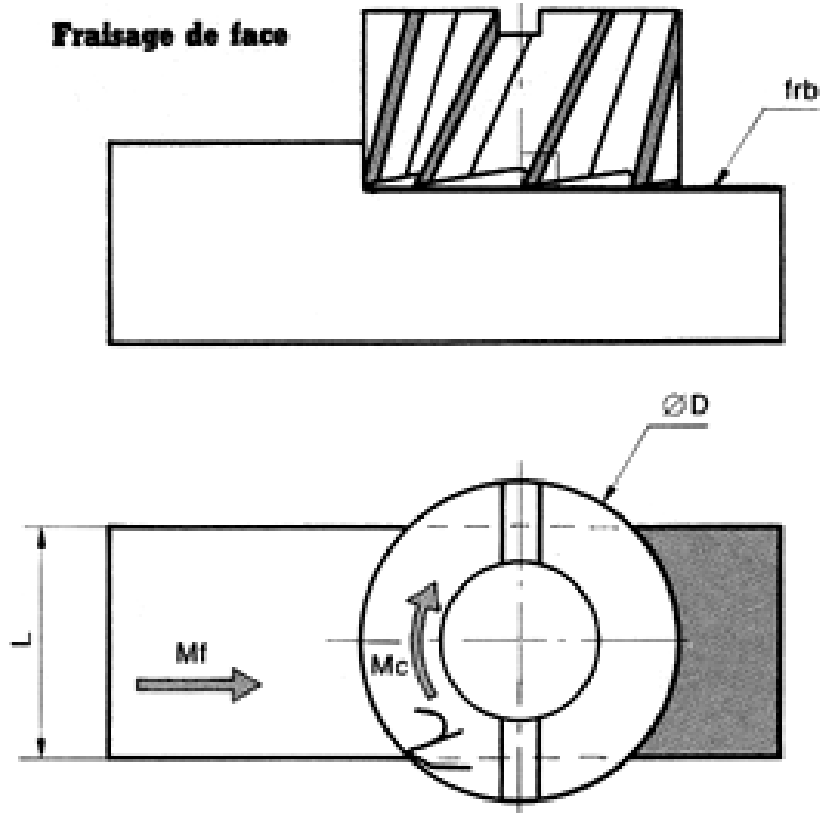


1.Type de fraisage

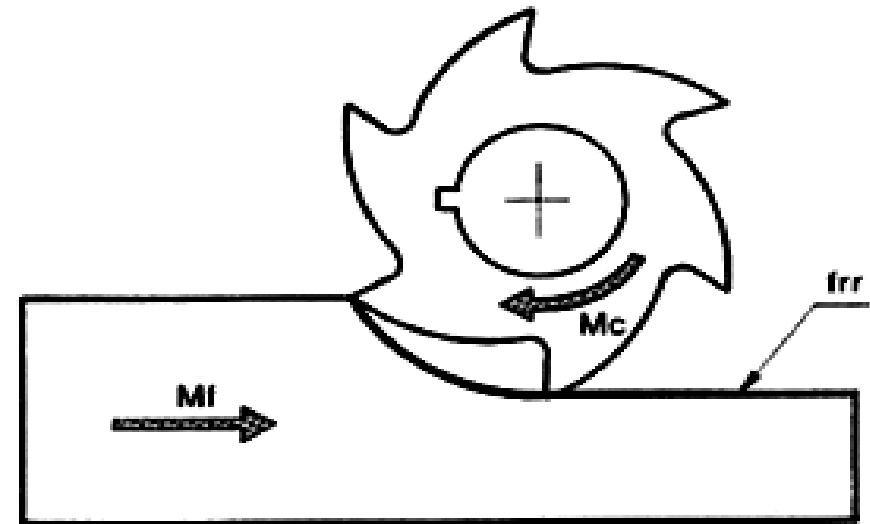
On peut aussi imaginer de monter l'outil au bout un bras de robot. Voir exemple ci-contre. L'outil tourne, la pièce se déplace par rapport à l'outil. Cela permet de réaliser des formes planes, des moules...



1.Type de fraisage

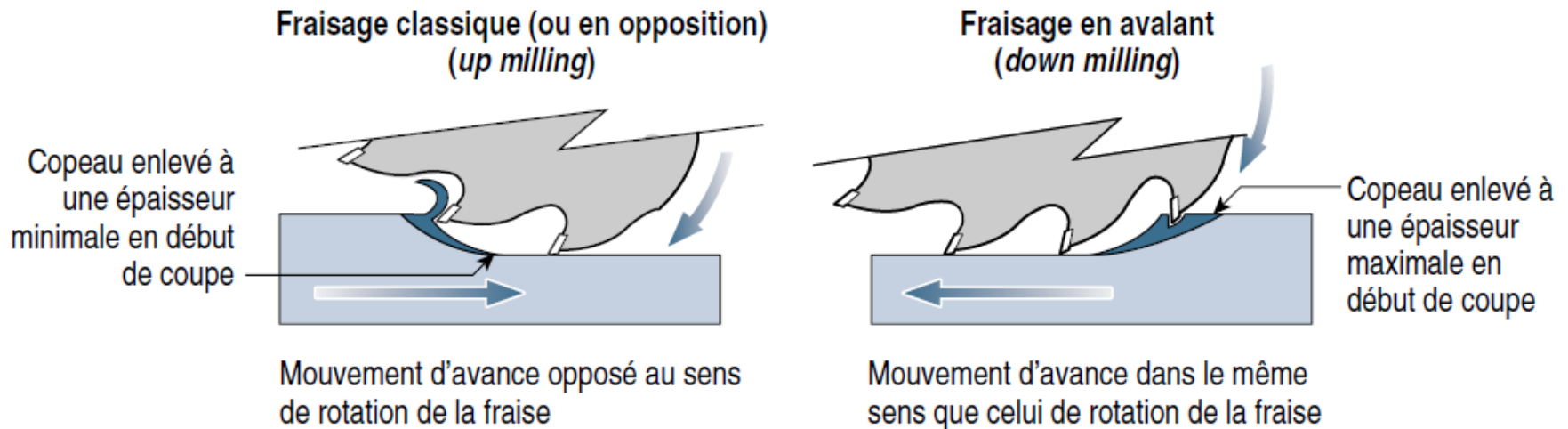


Fraisage de profil



1. Type de fraisage

En tenant compte du sens de fraisage, il existe deux types de fraisages.



Le fraisage en avalant demande moins de puissance de la part de la machine, réduit les bavures sur la pièce et prolonge la durée de vie de la fraise. Mais pour ce faire, la fraiseuse doit être munie d'un mécanisme de reprise de jeu. Sur les fraiseuses à commande numérique, le fraisage se fait presque uniquement en avalant.

2. Classification des fraiseuses

A. Fraiseuse universelle :

La machine de base est une fraiseuse à axe horizontal dont la table est orientable ; les mouvements d'avance sont donnés à la table ; l'arbre porte-fraise est animé du mouvement de rotation uniquement.

La machine est conçue de telle manière qu'elle peut recevoir une tête universelle et des équipements spéciaux tels que : appareils diviseurs, tables circulaires, appareil à mortaiser, etc.

Elle permet en principe l'exécution de toutes les opérations courantes : son universalité est due surtout à la possibilité de la convertir en fraiseuse horizontale ou verticale et de pouvoir assurer l'entraînement des appareils diviseurs.



2. Classification des fraiseuses

B. Fraiseuse verticale :

Ce qui différencie le plus cette dernière de la précédente, c'est que la tête verticale possède un déplacement axial de broche ; la table n'est pas orientable ; elle n'est pas conçue pour recevoir des organes de conversion ; la tête ne peut être démontée mais elle est orientable dans un plan. Elle est surtout employée pour exécuter des surfaçages, rainures et épaulements avec des capacités de coupe bien supérieures, comparé à une machine tête universelle.

En outre, le déplacement axial du fourreau de broche permet la réalisation successive d'épaulements ou des surfaçages à des niveaux étagés sur une même pièce en épargnant le mécanisme du mouvement vertical de la console qui reste bloqué pendant toute la durée des opérations.



2. Classification des fraiseuses

C. Fraiseuse horizontale :

Trois mouvements d'avance de la table porte-pièce ; la table n'est pas orientable.

La machine est rarement commercialisée sous cette forme. Les constructeurs prévoient dans la plupart des cas la possibilité d'y adapter des accessoires - tête universelle - tête verticale. Elle est souvent cataloguée comme fraiseuse universelle.



D. Fraiseuse universelle d'outillage :

Bien que dans la plupart des cas, ses capacités soient assez réduites, c'est la plus universelle de toutes.

La machine de base se caractérise par l'absence de console et c'est en fait la table qui a sa surface placée verticalement ; cette table peut recevoir une table d'équerre ou une table universelle orientable dans 2 plans.

La broche horizontale possède un déplacement axial du fourreau.

Le mouvement transversal est obtenu par déplacement du coulisseau supérieur qui peut recevoir un grand nombre de têtes diverses : universelles, verticales, à pointer, à percer, etc. Son emploi est réservé à la réalisation de matrices, poinçons, moules, gabarits et prototypes. Elle est souvent munie de lecteurs optiques pour des déplacements très précis.



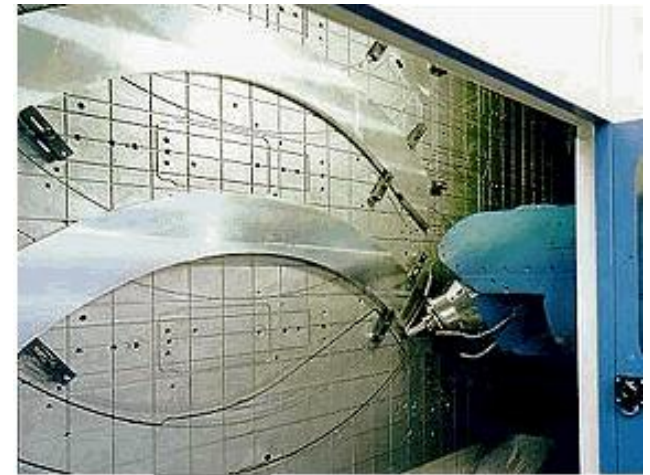
2. Classification des fraiseuses

E. Fraiseuse avec coulisseau :

Supérieur motorisé : le coulisseau supérieur contient tous les mécanismes d'entraînement de la broche et un moteur autonome ; la tête de fraisage à l'extrémité du coulisseau peut être universelle ou verticale. Cette version est souvent également prévue avec broche horizontale entraînée par système classique ainsi conçue avec 2 broches ; la machine est rapidement adaptable à des travaux qui nécessitent de fréquents changements de tête à fraiser.



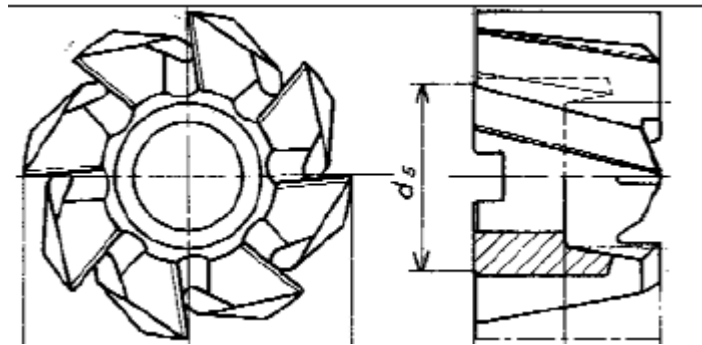
F. Fraisage avec un bras de robot



3. Les outils de fraisage

Fraise deux tailles **ARS**:

Usinages de plans. La fraise est en ARS. Cette fraise, une des plus courante, est remplacée par des fraises carbure.



Fraise deux tailles à plaquettes rapportées

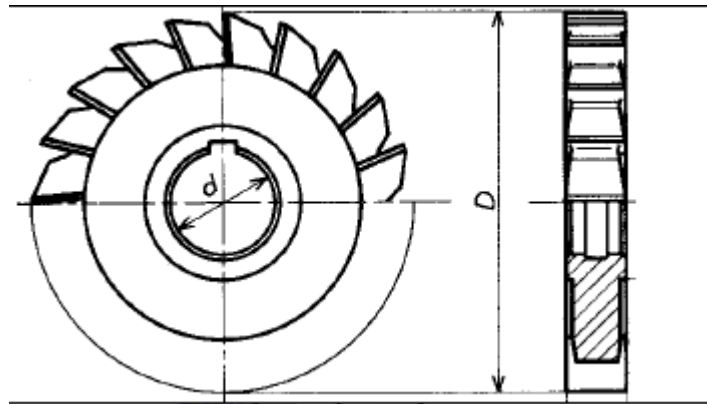
Fraise carbure, de défonçage. Cette fraise permet des ébauches rapides, mais ne permet pas de plonger dans la matière (pas de « coupe au centre »)



3. Les outils de fraisage

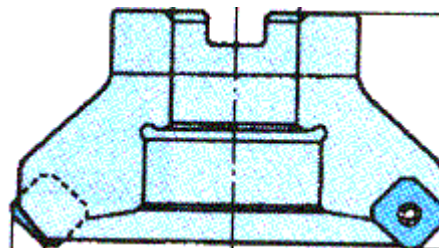
Fraise 3 tailles

Fraise pour usiner les rainure. 3 plans sont usinés dans une seule passe.



Fraise à surfacer

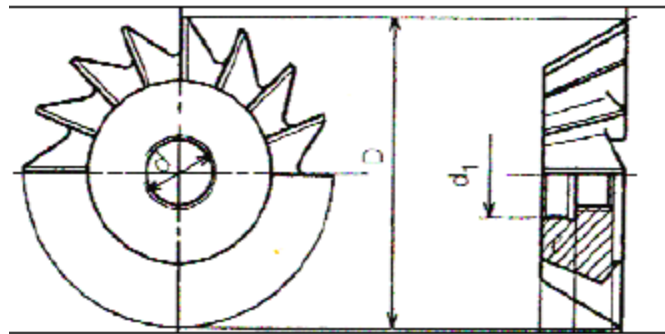
Fraise carbure à surfacer pour usiner des grands plans.



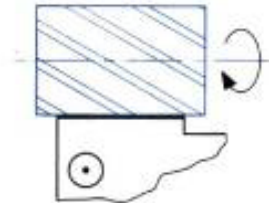
3. Les outils de fraisage

Fraise conique de forme

Fraise de forme pour usiner des rainure de queue d'aronde.

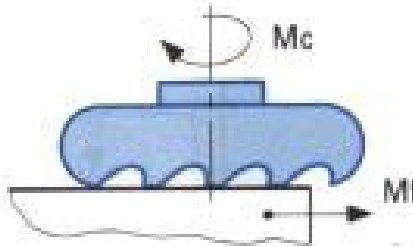


3. Les outils de fraisage

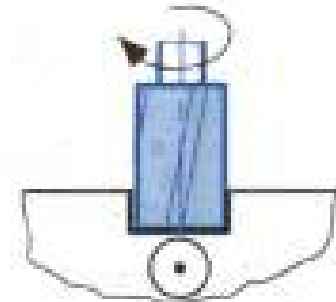


⊙ : direction projetée du mouvement d'avance

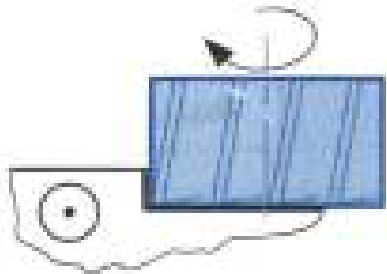
Fraise 1 taille à surfacer



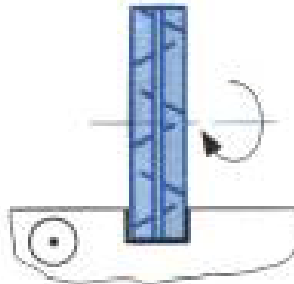
Fraise cloche à surfacer



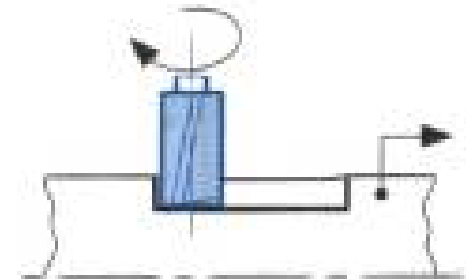
Fraise 2 tailles à queue cylindrique



Fraise 2 tailles à alésages et à entraînement par tenon



Fraise 3 tailles extensible à denture alternées

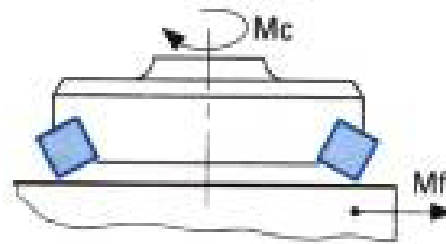


Fraise à rainurer deux lèvres à coupe centrale

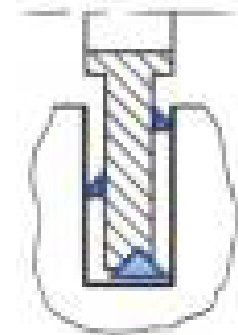
3. Les outils de fraisage



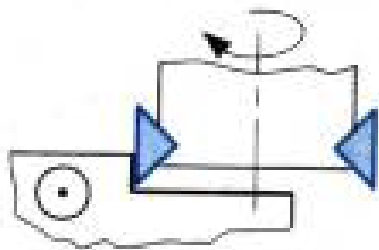
Fraise 2 tailles à queue conique



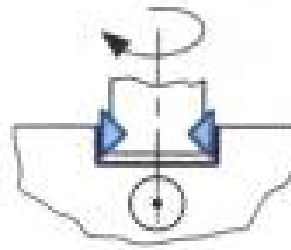
Fraise à surfacier



Fraise 3 tailles à dentures alternées

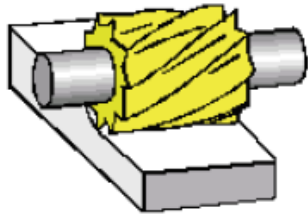


Fraise à surfacier et à dresser

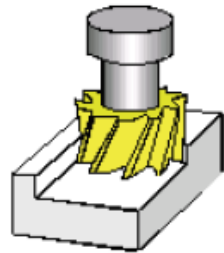


Fraise à rainurer

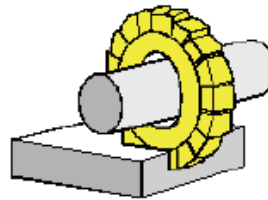
3. Les outils de fraisage



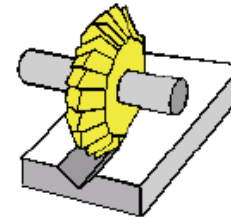
Fraise rouleau 1 taille
Surfaces planes



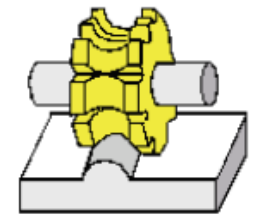
Fraise cylindrique à 2
tailles
Surface plane et angles



Fraise 3 tailles
Dentures alternées
Gorges, rainure

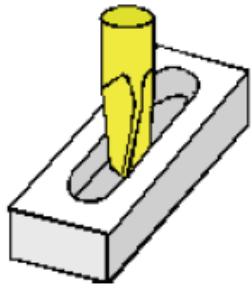


Fraise biconique
Guides en prisme

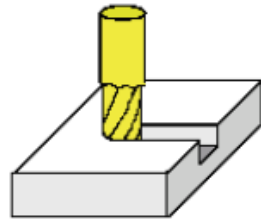


Fraise de profil
circulaire concave
Guides circulaires

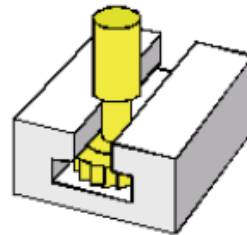
FRAISE A QUEUE



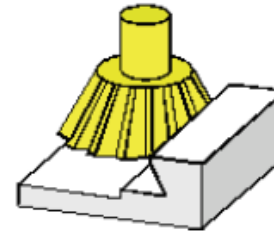
Fraise à gorges
Rainures et poches



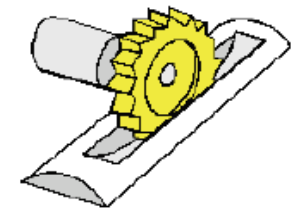
Fraise à rainurer
Rainures profondes et
contours



Fraise en T
Rainures en T

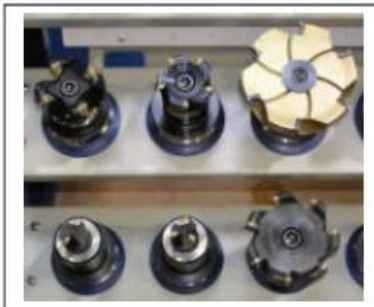


Fraise conique 2 tailles
Guides en angle



Fraise 1 taille
Rainures de clavette

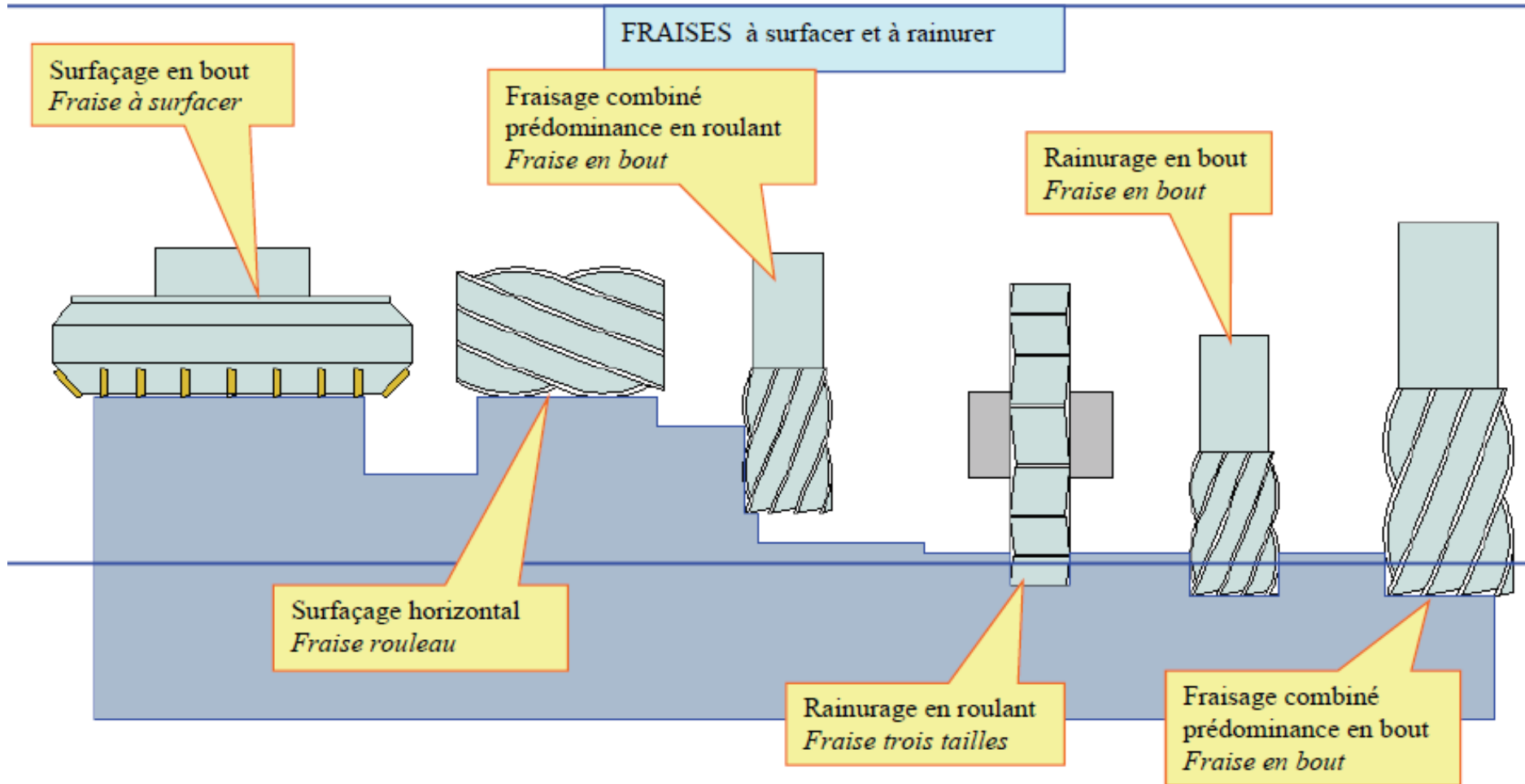
LES FRAISES À SURFACER ET SURFACER-DRESSER



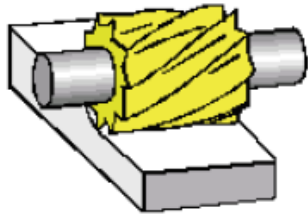
Il existe énormément de fraises différentes de par le nombre de dents, le diamètre, la forme du corps de fraise et de sa plaquette, l'attachement de la fraise et de sa plaquette, les angles de coupe d'attaque, etc. Nous détaillerons plus tard ces variantes.



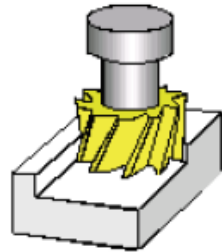
4. les opérations principales du fraisage



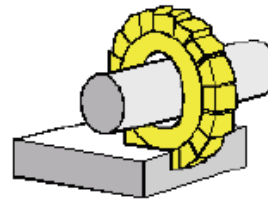
4. les opérations principales du fraisage



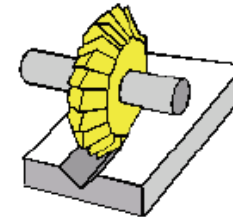
Fraise rouleau 1 taille
Surfaces planes



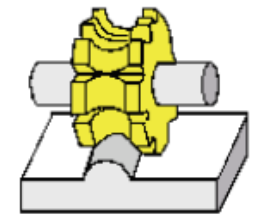
Fraise cylindrique à 2
tailles
Surface plane et angles



Fraise 3 tailles
Dentures alternées
Gorges, rainure

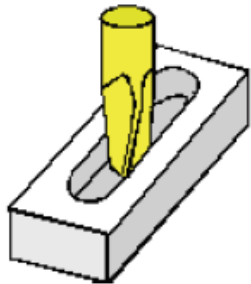


Fraise biconique
Guides en prisme

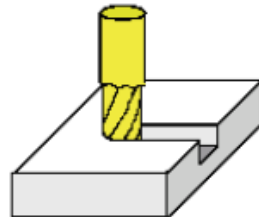


Fraise de profil
circulaire concave
Guides circulaires

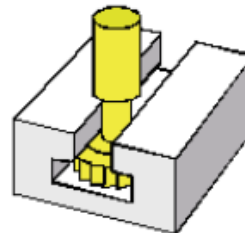
FRAISE A QUEUE



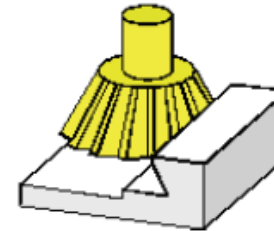
Fraise à gorges
Rainures et poches



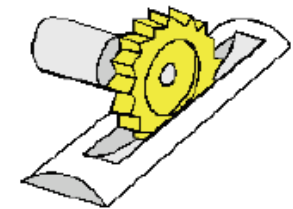
Fraise à rainurer
Rainures profondes et
contours



Fraise en T
Rainures en T

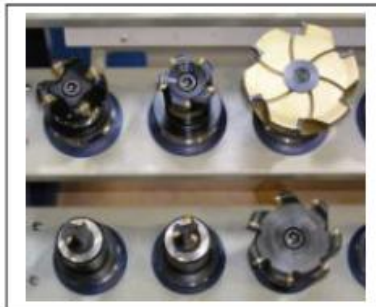


Fraise conique 2 tailles
Guides en angle



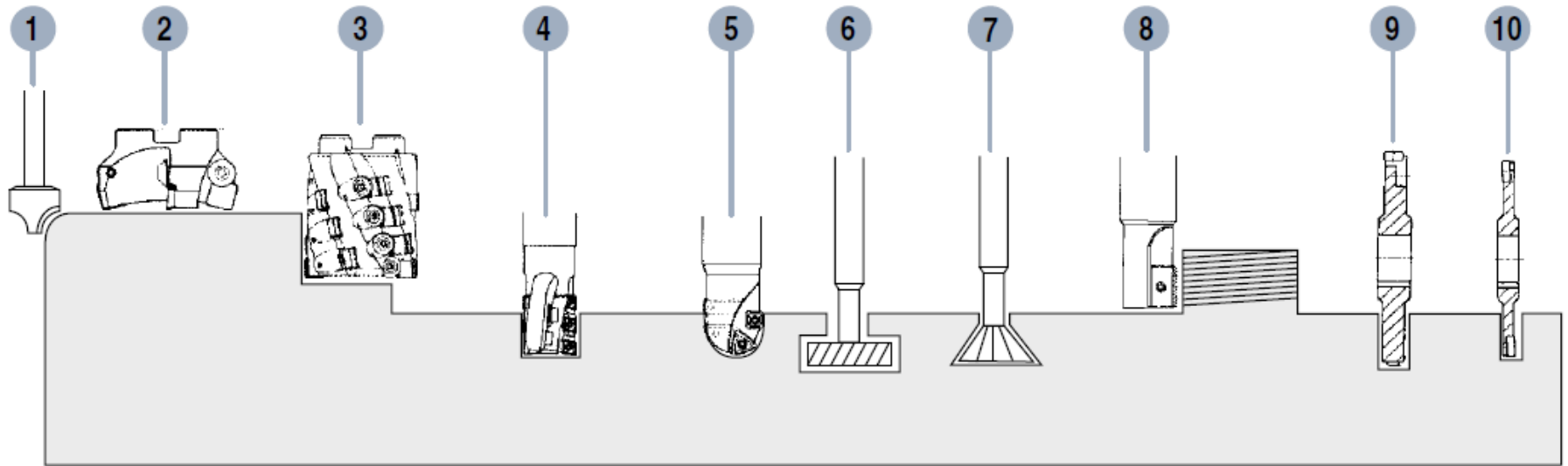
Fraise 1 taille
Rainures de clavette

LES FRAISES À SURFACER ET SURFACER-DRESSER



Il existe énormément de fraises différentes de par le nombre de dents, le diamètre, la forme du corps de fraise et de sa plaquette, l'attachement de la fraise et de sa plaquette, les angles de coupe d'attaque, etc. Nous détaillerons plus tard ces variantes.

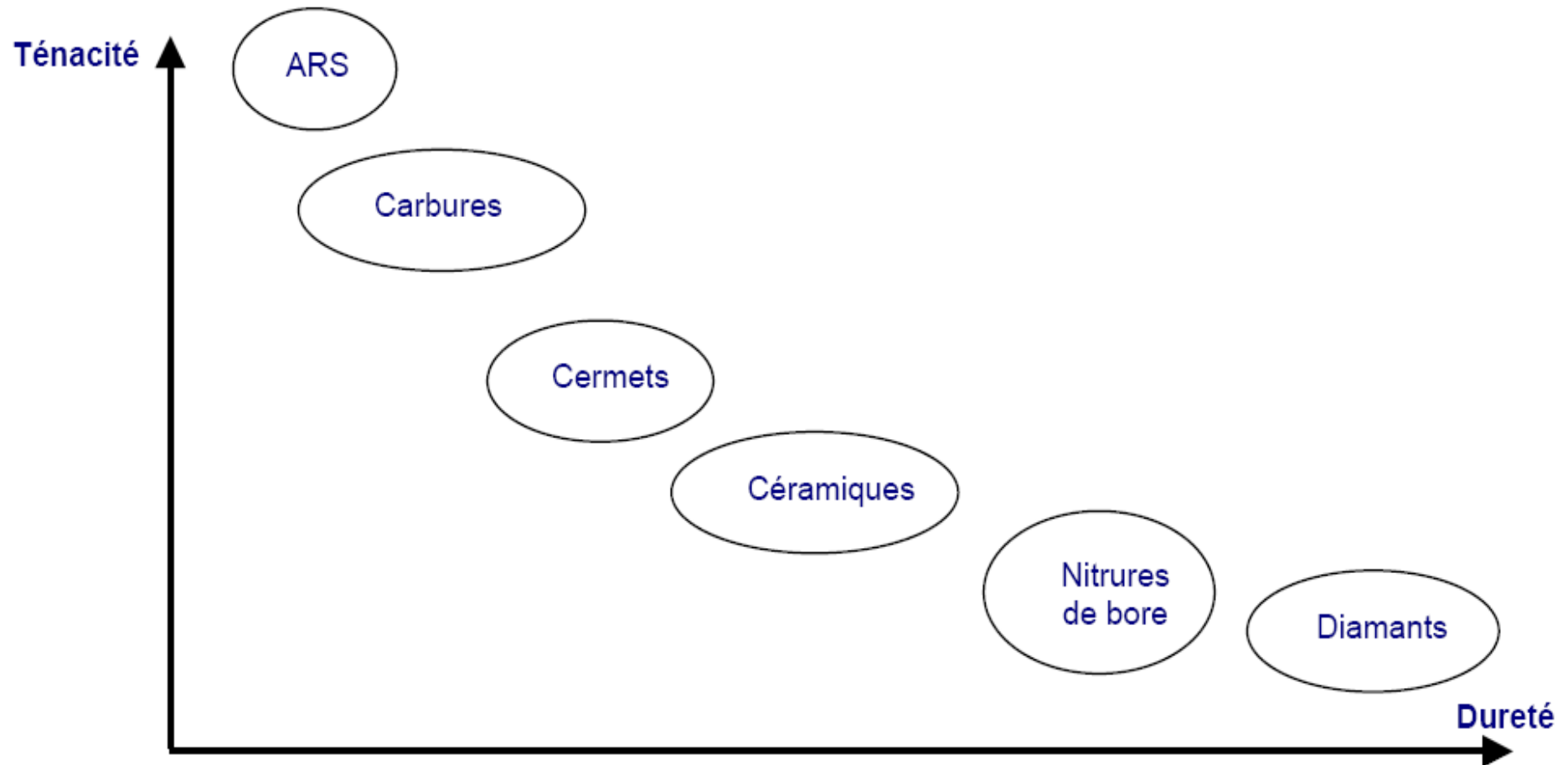




1. Fraise à arrondir les coins
2. Fraise à surfacer
3. Fraise à surfacer et à dresser
4. Fraise en bout à rainurer
5. Fraise à rayon

6. Fraise en T
7. Fraise pour queues d'aronde
8. Outil à tailler des filets sur fraiseuse
9. Fraise trois tailles
10. Fraise-scie

III. LES MATÉRIAUX DES OUTILS



1. ARS

Les outils ARS (Acier Rapides Supérieurs) sont élaborés à partir d'un acier faiblement allié subissant un traitement thermique TTR. Il est toujours utilisé pour certains types d'outils comme les forets, ou les outils nécessitant un angle tranchant très faible.

Ils ne permettent pas une vitesse de coupe élevée car un échauffement trop important élimine la trempe de l'outil, et crée donc un effondrement rapide de l'arête de coupe.

2. Carbures

Les outils carbures sont les plus utilisés actuellement. Il en existe de toutes formes pour chaque type de matériau et pour chaque type d'usinage. Ils se présentent sous la forme d'une plaquette que l'on vient fixer sur un porte outil. Le remplacement de la plaquette est donc très rapide.

Ils sont souvent revêtus d'un carbure plus dur. On obtient ainsi une plaquette dont le noyau est tenace et dont la surface extérieure est très dure.

1. ARS

- Fabrication : par coulée en coquille ou par métallurgie des poudres
- Composition : 0,7 % de Carbone minimum, 4 % de Chrome environ , Tungstène, Molibdène, Vanadium Cobalt pour les plus durs.
- Dureté : de 63 à 66 Hrc

2. Carbures

- Fabrication : par frittage de poudre, puis revêtement
- Composition : Noyau en carbure de tungstène (T° de fusion 2600°) Ou en carbure de titane (3100°), ou tantale (3780°) ou niobium (3500°)
- Liant : cobalt : le plus courant ou nickel.
- Revêtement en oxyde d'aluminium (céramique appelée corindon : Al_2O_3)

3. Cermets

Ce nom vient de céramique-métal car il représente les carbures ayant des particules de Titane, de carbonitrure de Titane ou de nitrure de Titane.

Ces outils doivent être alliés à du carbure de Molybdène pour augmenter leur ténacité.

Ils sont utilisés pour des grandes vitesses de coupe associées à de faibles avances, donc pour de la finition.

Le matériau étant fragile, il ne faut pas d'interruption de coupe (plan de joint...).

4. Céramiques

Ce sont, pour les outils de coupe, les oxydes et les nitrures : oxyde d'aluminium et nitrure de silicium.

Les céramiques ont une grande dureté (donc une faible ténacité) avec une grande stabilité à haute température et aucune réaction avec la matière usinée.

Les céramiques permettent un grand débit de matière, mais nécessitent une grande stabilité de la machine, un strict respect des conditions de coupe et une méthode d'usinage adaptée (approche de l'outil).

V. CONDITIONS DE COUPE

1. Les paramètres de coupe

a. La vitesse de broche (n en tr /min) (ou Fréquence de rotation)

est le nombre de tours que l'outil de fraisage, monté sur la broche de la machine-outil, effectue par minute. Il s'agit là d'une valeur dépendant de la machine, qui ne renseigne guère sur ce qui se passe à la périphérie où l'arête de coupe fait son office.

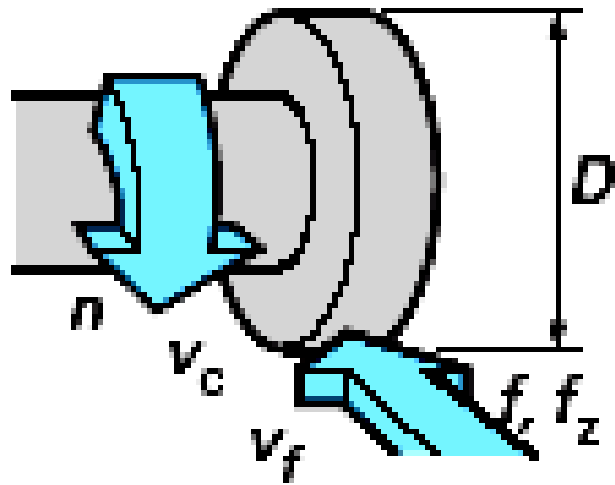
b. La vitesse de coupe (V_c en m/min)

indique pour sa part la vitesse à laquelle l'**arête** de coupe travaille la surface de la pièce. C'est un important paramètre de l'outil, qui fait partie intégrante des conditions de coupe avec, pour fonction, de garantir que l'opération est effectuée dans les meilleures conditions d'efficacité par l'outil concerné.

$$n = \frac{V_c \times 1\,000}{\pi D}$$

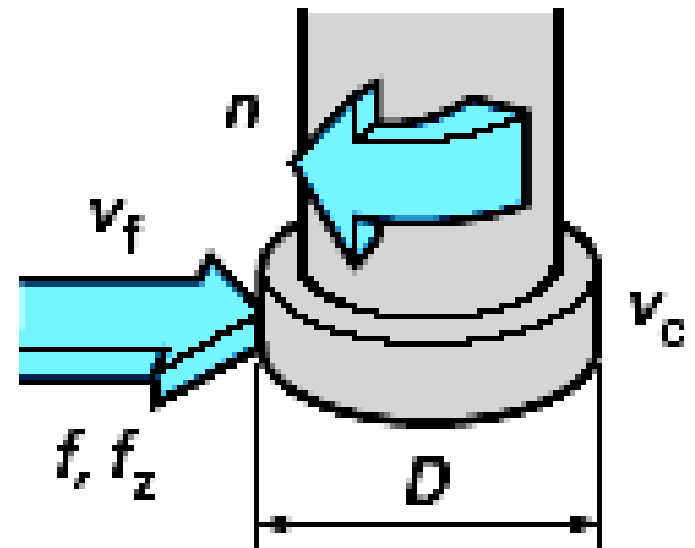
$$V_c = \frac{\pi D n}{1\,000}$$

Avec : D - diamètre de l'outil de fraisage (mm),
 n -vitesse de broche (tr/min), (Fréquence de rotation)
 v_c -vitesse de coupe (m/min).



$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D}$$

(a) vitesse de broche n



$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

(b) vitesse de coupe v_c

V. CONDITIONS DE COUPE

1. Les paramètres de coupe

c. L'avance par minute ou vitesse d'avance (V_f en mm/min) (figure c)

est l'avance de l'outil en direction de la pièce, exprimée en unités de distance par unité de temps. On parle également ici d'avance de table.

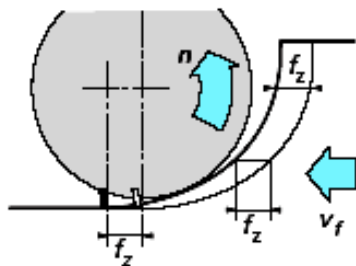
d. L'avance par tour (f en mm/tr) (figure c)

est une valeur spécialement utilisée pour calculer l'avance et déterminer l'aptitude d'une fraise à surfacer à travailler en finition. Elle indique de combien l'outil avance au cours d'une rotation.

e. L'avance par dent (f_z en mm/dent) (figure c)

est un important paramètre en fraisage. La fraise étant un outil à arêtes multiples, il faut en effet disposer d'un moyen de mesure pour contrôler que chacune de ces arêtes travaille dans des conditions satisfaisantes. La capacité d'enlèvement de matière de chaque dent est l'élément limitatif au niveau des performances de l'outil. L'avance par dent indique la distance linéaire parcourue par l'outil alors qu'une certaine dent est engagée.

L'avance par dent représente aussi la distance couverte entre la pénétration de deux dents successives dans la pièce. Elle peut donc être exprimée en fonction du nombre d'arêtes de l'outil (z) et de l'avance par minute, ou sous forme d'avance par tour.

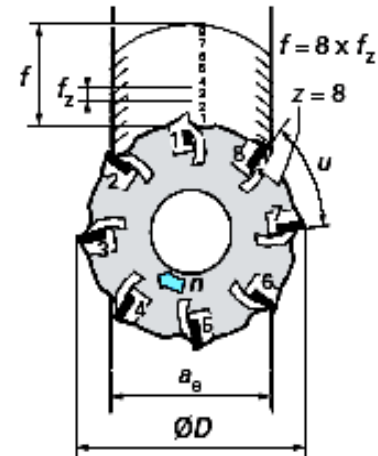


- n vitesse de broche (tr/min)
- v_c vitesse de coupe (m/min)
- D diamètre de l'outil (m)
- v_f avance par minute (mm/min)
- f avance par tour (mm/tr)
- f_z avance par dent (mm/dent)

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z} \quad f = \frac{v_f}{n}$$

© avances

vitesse d'avance



- z nombre d'arêtes de l'outil
- f avance par tour (mm/tr)
- f_z avance par dent (mm/dent)
- $a_ø$ largeur de coupe (mm)
- u pas de la fraise

f_z est un facteur capital en fraisage, décisif pour le taux d'enlèvement de métal par arête, la charge par arête, la durée de vie et, dans une certaine mesure, la structure de surface.

Avance par dent et avance par tour

1. Les paramètres de coupe

f. La profondeur de coupe, axiale (a_p) en surfaçage ou radiale (a_e)

pour le fraisage d'épaulements, correspond à l'épaisseur de matière enlevée par l'outil. C'est la distance à laquelle l'outil est réglé au-dessous de la surface initiale de la pièce.

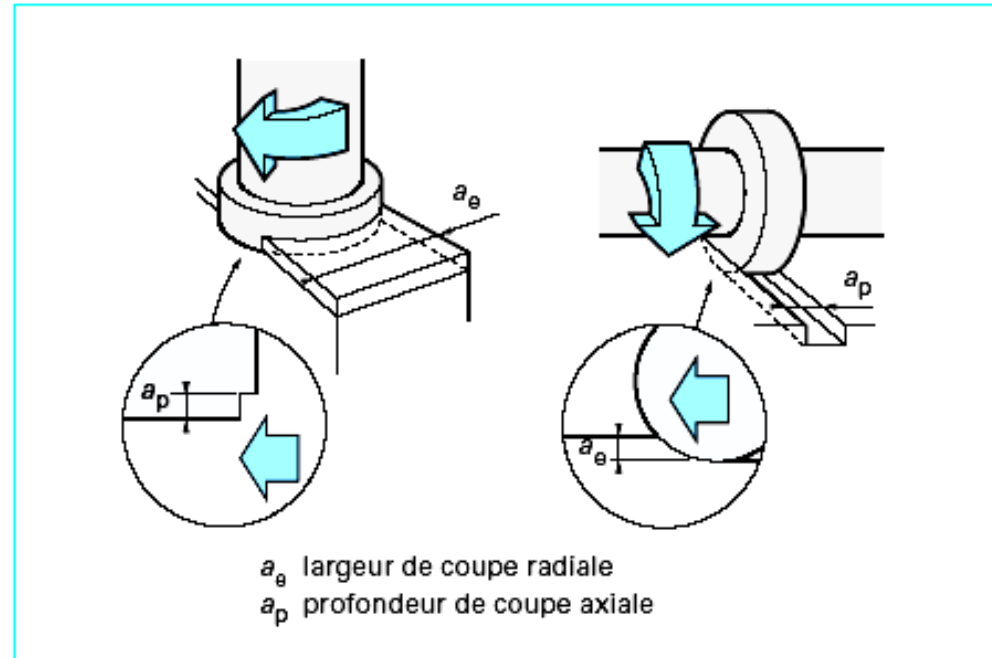
g. La largeur de coupe ou profondeur de coupe radiale (a_e) en surfaçage et axiale (a_p)

pour le fraisage d'épaulements, est la distance parcourue par l'outil sur la surface de la pièce (figure 5).

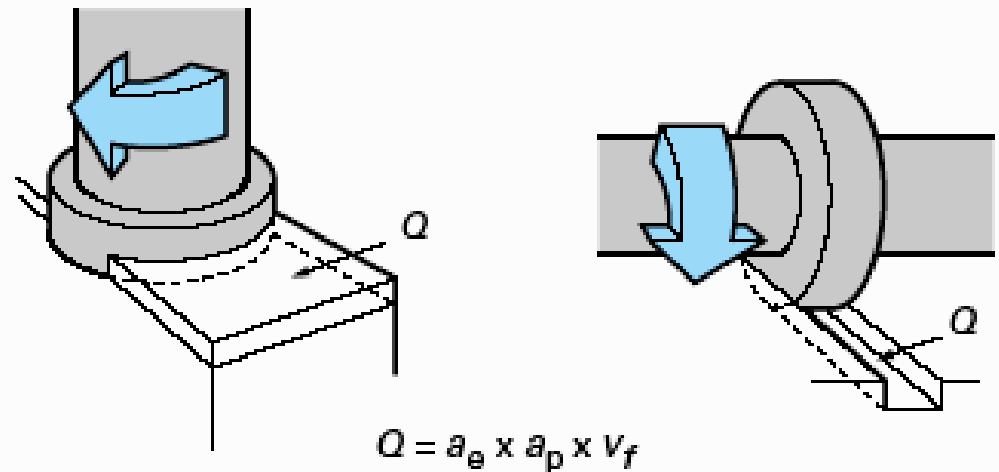
h. Le volume de matière enlevée par unité de temps (Q):

peut être déterminé en utilisant certaines de ces définitions. Ce volume correspond à la profondeur de coupe multipliée par la largeur de coupe, multipliées par la distance dont l'outil se déplace au cours de l'unité de temps concernée. Le volume d'enlèvement de matière est exprimé en millimètres cubes par minute (figure 6).

Profondeur de coupe en surfacage (a_e) et en fraisage d'épaulement (a_p)



Volume de métal enlevé par unité de temps



Tournage

symbole	Désignation	Unité	Calcul
V_c	La vitesse de coupe	m/min	Imposé par le fabricant d'outil
N	la vitesse de broche	trs/min	$V_c = \frac{\pi DN}{1000}$
f	l'avance par tour	mm/trs	Fonction de la rugosité désirée, du copeaux mini
a	la profondeur de passe radiale	mm	1/3 de la largeur de la plaquette maxi. Fonction du diagramme brise copeaux
h_m	Epaisseur moyenne du copeaux	mm	
D	Diamètre usiné		
T	le temps de coupe	min	$T = \frac{l}{fN}$

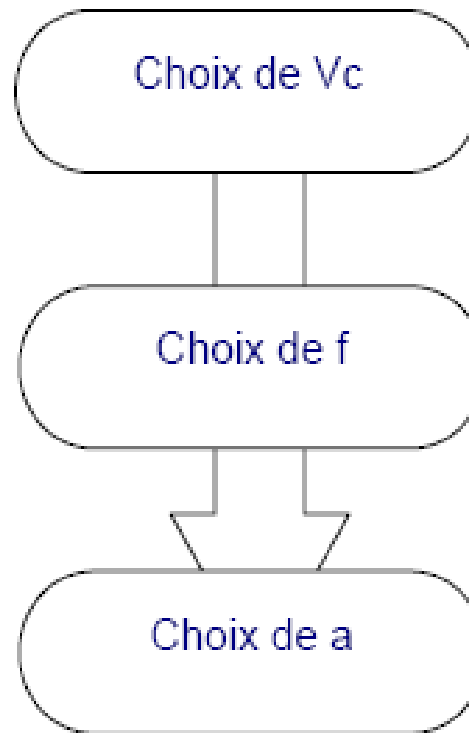
Fraisage

symbole	Désignation	Unité	Calcul
V_c	La vitesse de coupe	m/min	Imposé par le fabricant d'outil
V_f	Vitesse d'avance pour le fraisage	mm/min	$V_f = f * n * N$
N	la vitesse de broche	trs/min	$V_c = \frac{\pi D N}{1000}$
f	l'avance par dent	mm/dents	Fonction de la rugosité désirée, du copeau mini
n	Nombre de dents sur la fraise		
a	la profondeur de passe radiale	mm	1/3 de la largeur de la plaquette maxi. Fonction du diagramme brise copeaux
h_m	Epaisseur moyenne du copeaux	mm	
D	Diamètre usiné		
t_c	le temps de coupe	min	$T = \frac{l}{fnN}$

2. Choix des paramètres de coupe

Lorsque l'on fait un usinage unitaire, il n'est pas nécessaire d'optimiser les conditions de coupe.

On se contente alors de choisir les conditions pour que l'usinage se passe bien. Lors que l'on fait une série de pièces, il devient intéressant d'essayer d'optimiser un des paramètres (voir chapitres suivants).



3. Influence des conditions de coupe sur la rugosité

L'état de surface dépend de:

- La combinaison : avance-rayon de bec.
- La stabilité de la machine, vibration, variation thermique
- La qualité de la coupe : présence de lubrifiant, d'une arête rapportée...

Règles générales

On peut améliorer l'état de surface par des choix de vitesses de coupe plus élevées et par des angles de coupe positifs

En cas de risque de vibration, choisir un rayon de bec plus petit.

Les nuances revêtues donnent de meilleurs états de surface que les non revêtus.

DÉTERMINER LES PARAMÈTRES DE COUPE

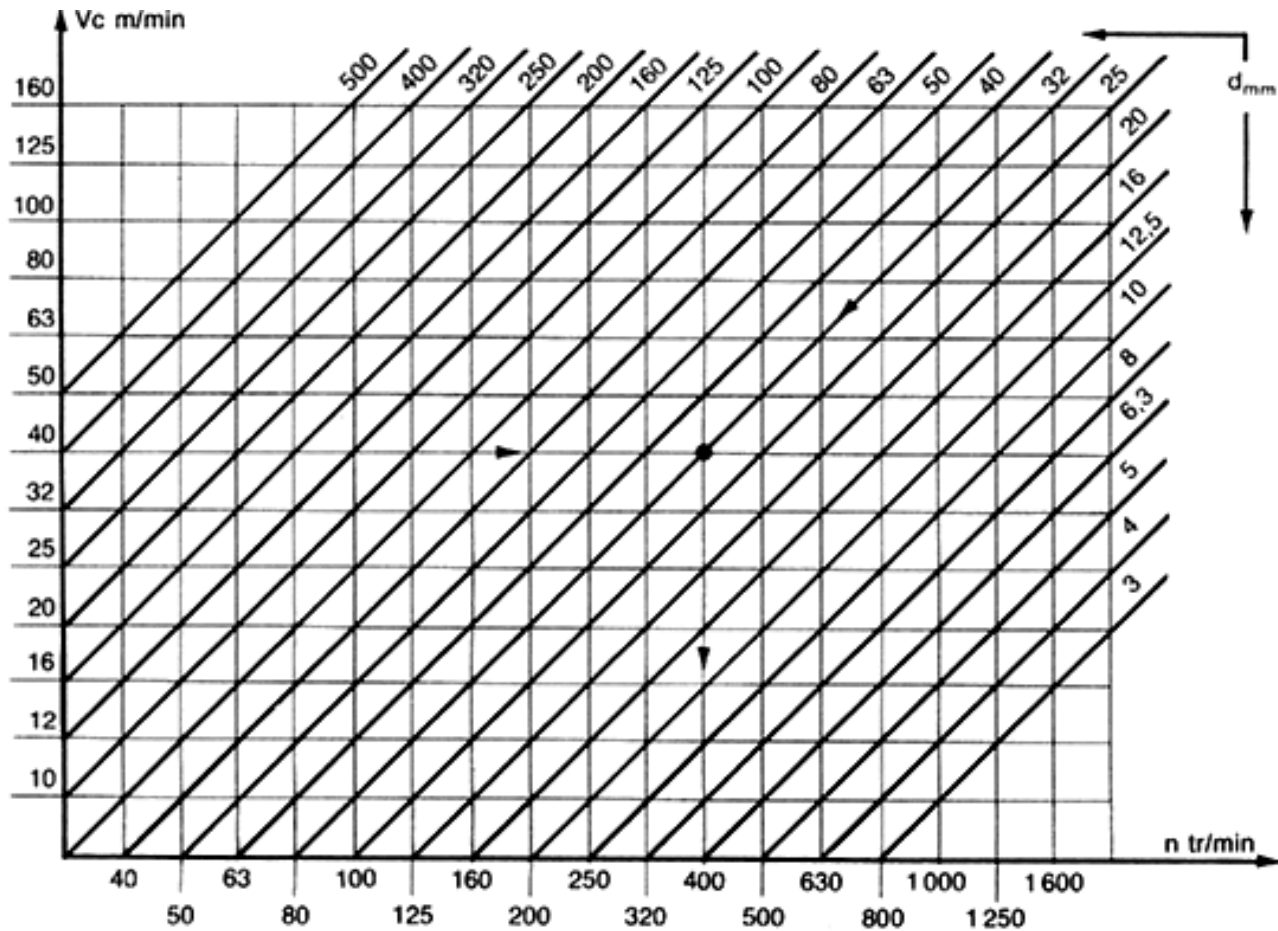


Tableau des valeurs recommandées pour V_c et f_z .

Fraisage de face	Outil A.R.S.			Outil carbure	
	V_c		f_z	V_c	f_z
	Ébrûche	Finition			
Aciers $R_m \leq 70$ hbar	22	26	0,15	90	0,2
Aciers R_m de 70 à 100 hbar	18	22	0,12	70	0,2
Aciers R_m de 100 à 120 hbar	16	20	0,1	60	0,15
Fonte Ft 20	22	26	0,15	70	0,25
Fonte GS	16	20	0,12	60	0,2
Laiton	60	80	0,1	220	0,3
Bronze	40	55	0,1	180	0,2
Alliages d'aluminium	100	140	0,1	250	0,2

Tableau des valeurs recommandées pour Vc et fz.

TOURNAGE (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci dessous)

Matières	Rr MPa	Outil ARS						Outil Carbure					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr		V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr
Acier S235	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	6°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
BronzeUE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	400	3	0.4	500	>0.10

FRAISAGE EN BOUT (surfaçage)

Matières	Rr MPa	Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	29	2	0.11	40	>0.06	20°	100	2	0.2	120	>0.07
Acier INOX	500	20°	18	2	0.08	22	>0.05	15°	72	2	0.15	92	>0.07
Acier 35CD4	1100	12°	20	2	0.06	25	>0.04	12°	80	2	0.12	90	>0.07
PVC	60	20°	200	4	0.2	300	>0.50	20°	800	4	0.3	1000	>0.07
Nylon PA6	80	20°	100	2	0.15	200	>0.20	20°	400	2	0.35	500	>0.07
Plexi PMMA	78	0°	60	2	0.15	80	>0.20						
Laiton UZ30	400		72	1	0.09	95	>0.07		130	2	0.5	180	>0.16
BronzeUE12P	200		23	1	0.07	31	>0.06		60	2	0.2	82	>0.16

Tableau des valeurs recommandées pour Vc et fz.

FRAISAGE EN ROULANT (rainurage, combiné...)													
Matières	Rr MPa	Fraises A.R.S. ($\varnothing > 20$)					Fraises A.R.S. ($\varnothing < 20$)						
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.06	28	>0.04	20°	16	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	16	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10	72	2	0.16	90	>0.03		41	3	0.01	46	>0.01
BronzeUE12P	200	10	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.06	20°	95	5	0.05	105	>0.03

PERÇAGE, ALÉSAGE

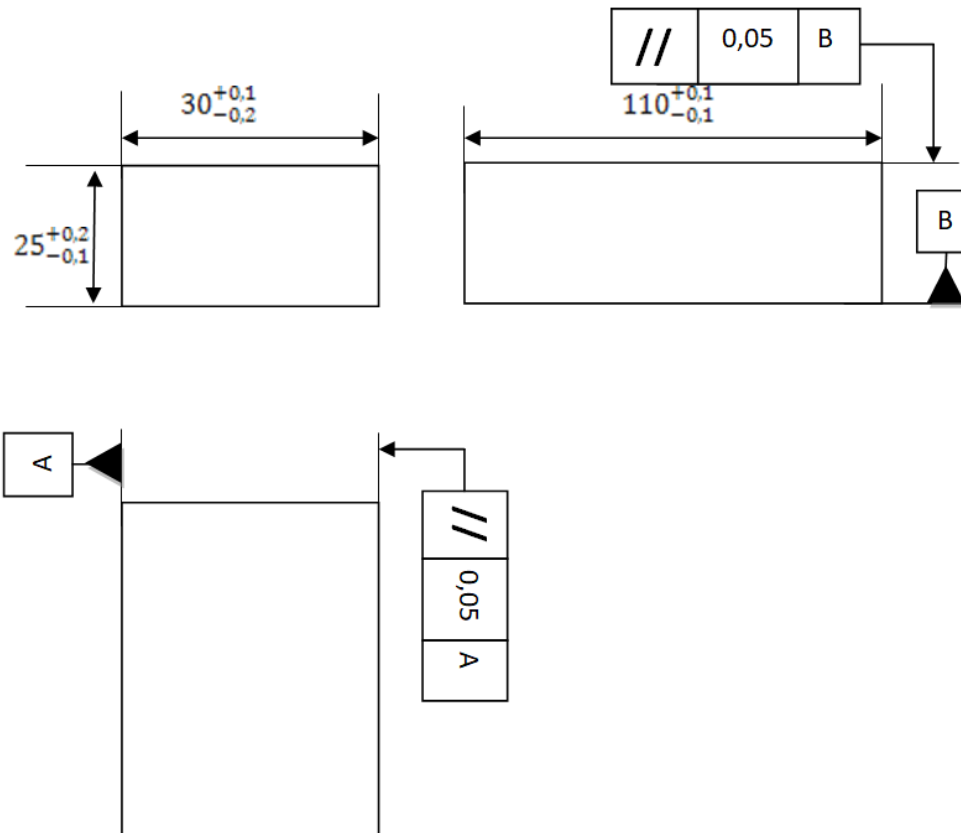
Matières	Rr MPa	Forets et alésoirs ARS						Tarauds A.R.S.				
		γ	Perçage			Alésage		Alésage		V60	Lubrifiant	
			V60 m/min	angle pointe	angle hélice	$\varnothing < 10$ f mm/tr	$\varnothing > 10$ f mm/tr	V60 m/min	a mm	f mm/tr	V60 m/min	
Acier S235	500	25°	25	135°	30°	0.025 Φ	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02 Φ	>0.04	8	>0.20	0.15	6	Huile soluble
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012 Φ	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe
PVC	60		60	135°	30°	0.02 Φ		non	non	non	15	Air comprimé
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02 Φ		non	non	non	15	Air comprimé
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02 Φ		non	non	non	10	Air comprimé
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03 Φ	>0.03	30	>0.20	0.4	13	a sec
BronzeUE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037 Φ	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032 Φ	>0.06	30	>0.20	0.4	18	Pétrole

Exercice 1

-Brut : Fer-carrée de dimensions 40mmx40mmx150mm, en acier : 35CD4,

-Outils : Fraise à carbure à surfacer,

-Machine : Fraiseuse conventionnelle (Préparée avec Etau Dégauchi),

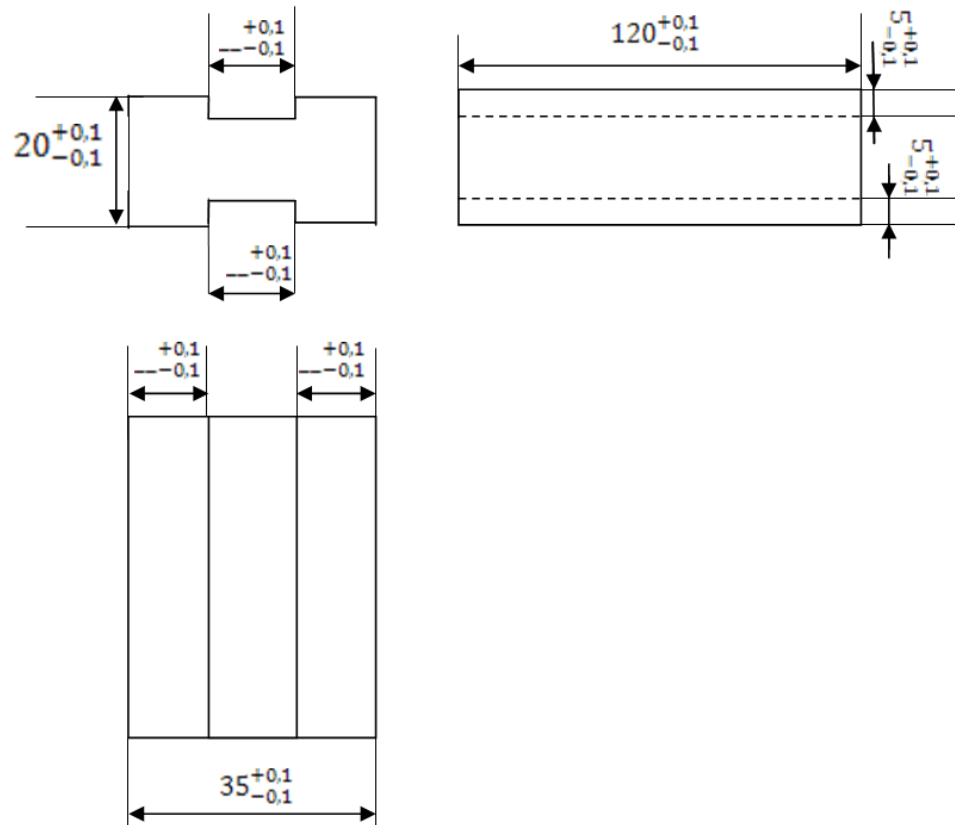


Exercice 2

-Brut : Fer-carrée Pré-usiné, de dimensions 20mmx35mmx120mm, en acier : 35CD4,

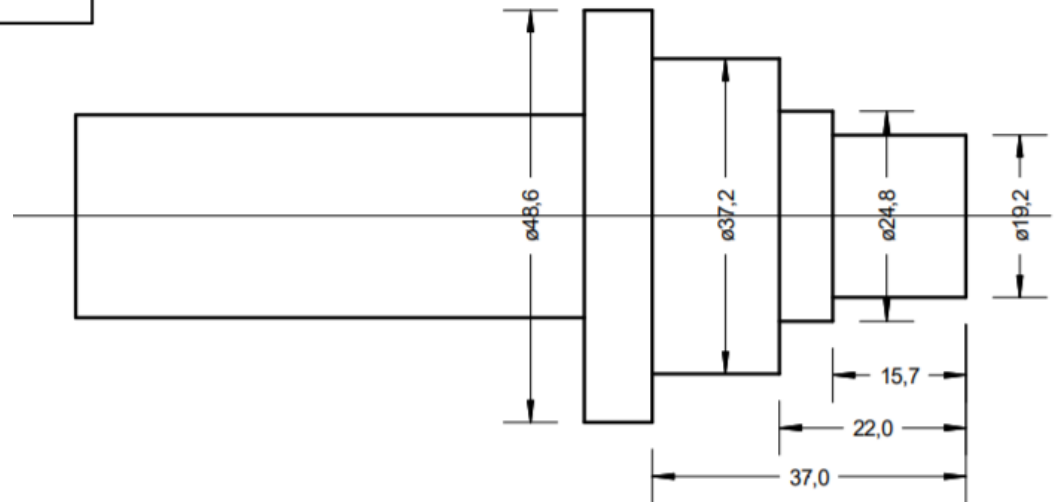
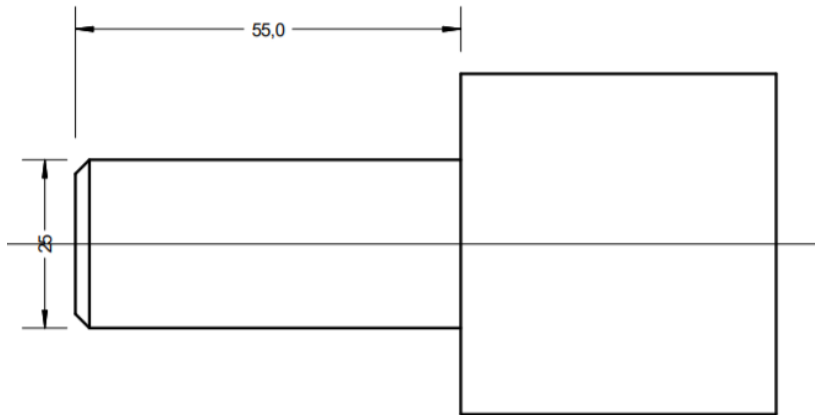
-Outils : Fraise ARS à Rainurer,

-Machine : Fraiseuse conventionnelle (Préparée avec Etou Dégauchi),



Exercice 3

- Brut : Fer-carrée Pré-usiné, de dimensionsen acier : 35CD4,
- Outils : Outil coteau
- Machine : Tour //



PARTIE 3: ISOSTATISME

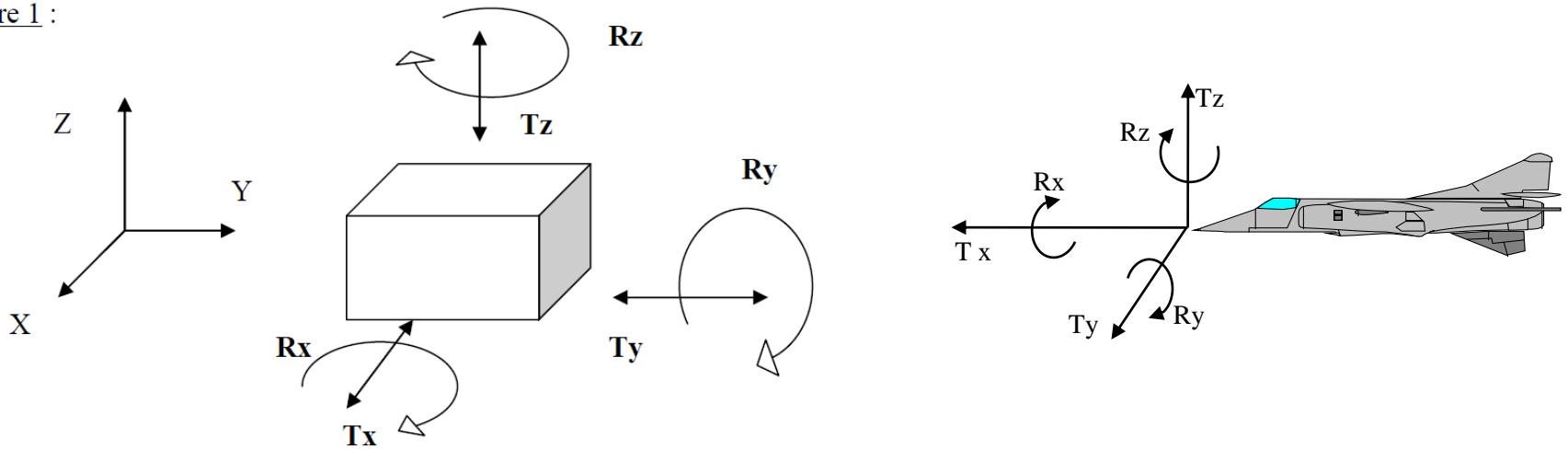
1) Degrés de liberté

Dans l'espace, un solide possède 6 degrés de liberté.

Si l'on associe un repère orthonormé direct (o,x,y,z) à l'espace, les 6 degrés de liberté du solide sont :

- 3 translations suivant x, y, z notées : T_x, T_y et T_z .
- 3 rotations autour de x, y, z notées : R_x, R_y et R_z .

Figure 1 :



Lors de l'usinage, la pièce doit-êtré complètement **immobilisée** , c'est-à-dire que chaque degré de liberté doit être supprimé par rapport au porte-pièce.

L'immobilisation de la pièce est faite en 2 temps :

- **Un positionnement supprimant chaque degré de liberté dans 1 seul sens.**
- **Un maintien de mise en position (appelé bridage ou ablocage) pour que la pièce garde sa position sous l'effet des efforts de coupe.**

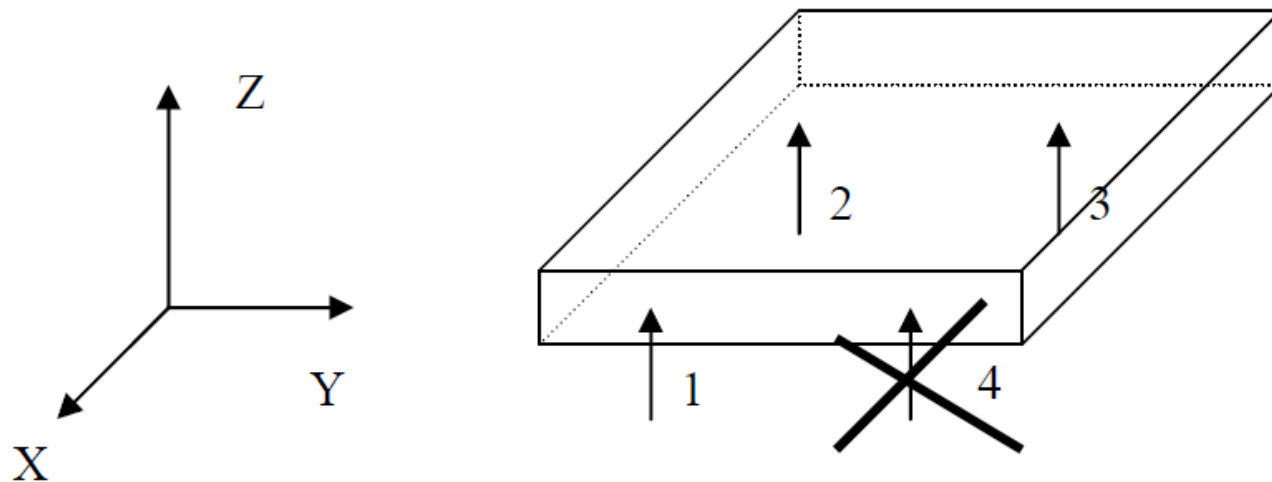
Remarque :

Il ne faut pas confondre : la mise en position (qui correspond à l'isostatisme)
et le maintien de la pièce par un serrage.

2) Isostatisme

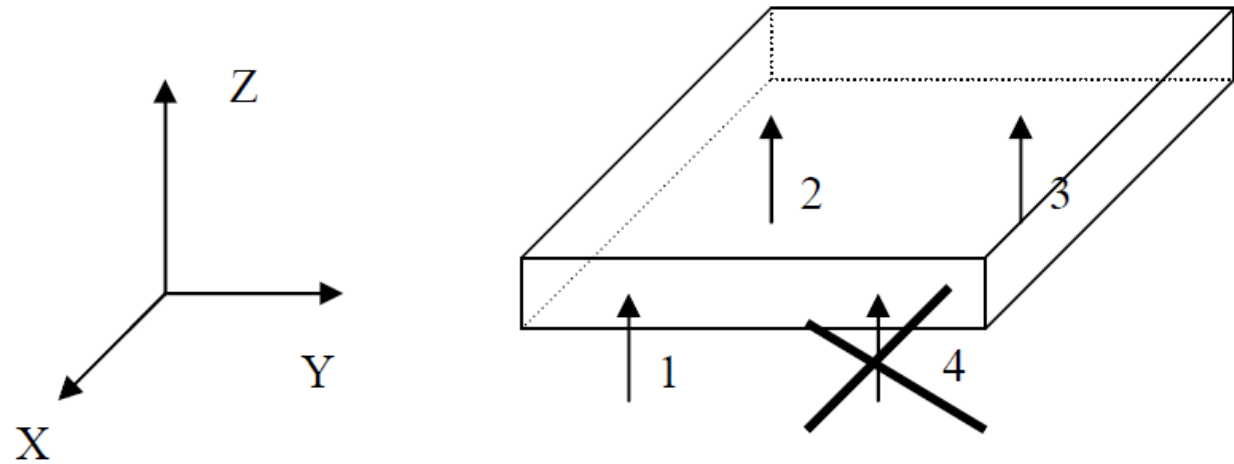
Sur la figure 2, chaque flèche (1, 2, 3 et 4) représente un appui ponctuel perpendiculaire à la surface. Le contact entre l'appui et la pièce est supposé sans frottement.

Figure 2 :



2) Isostatisme

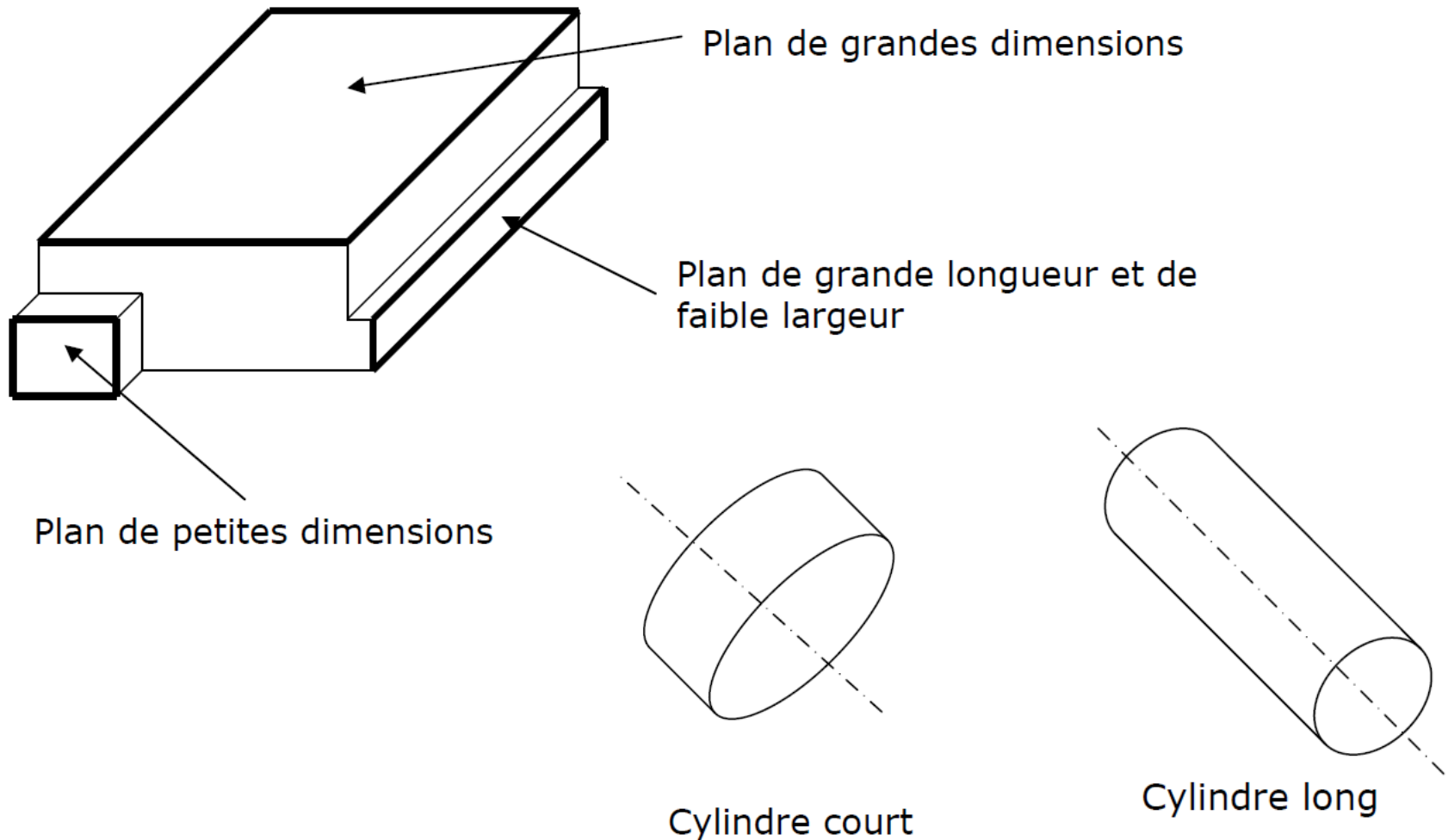
Figure 2 :



- Avec (le 1), on supprime un seul degré de liberté : **Tz**.
- Avec (1 et 2), on supprime 2 degrés de liberté : **Tz et Ry**.
- Avec (1, 2 et 3), on supprime 3 degrés de libertés : **Tz, Ry et Rx**.
- Si on ajoute un quatrième appui (4), on ne supprime pas de degré de liberté supplémentaire puisque cet appui ne s'oppose ni à T_x , ni à T_y , ni à R_z .
- **Il y a incertitude sur sa position.**
- On dit alors que la mise en position de la pièce est hyperstatique.

3) Liaisons utilisables

Nombre de degrés de liberté pouvant être supprimés par type de surface ?



3) Liaisons utilisables

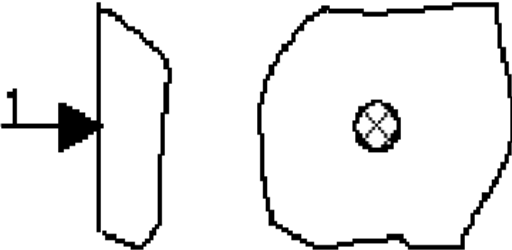
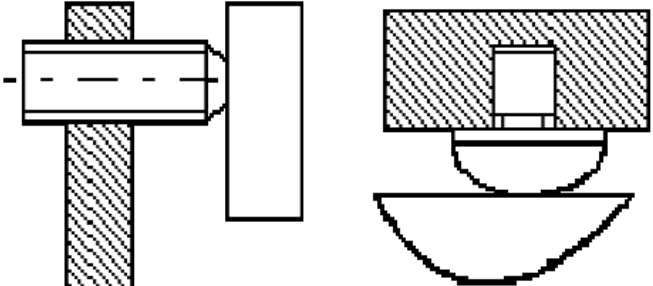
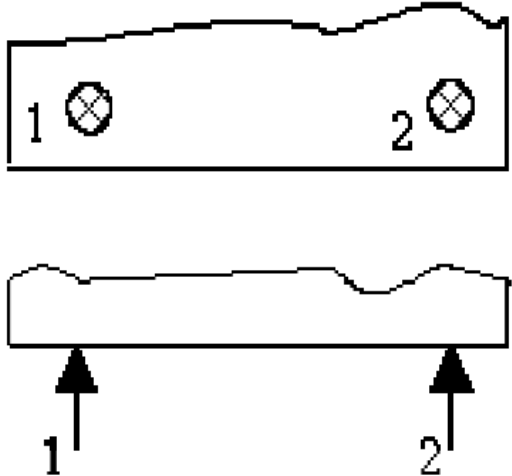
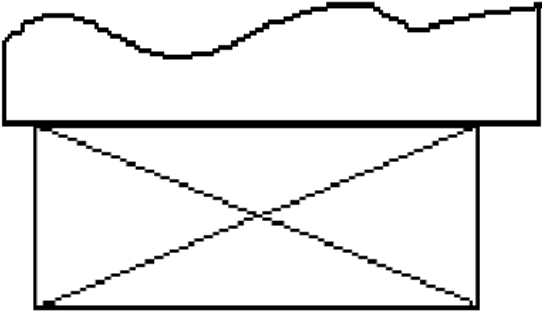
Nombre de degrés de liberté pouvant être supprimés par type de surface :

Plans de petites dimensions	1	1T
Plans de grande longueur et faible largeur	2	1T et 1R
Plans de grandes dimensions	3	1T et 2R
Cylindres longs ($l/d > 0,7$)	4	2T et 2R
Cylindres courts ($l/d < 0,3$)	2	2T
Sphère	3	3T

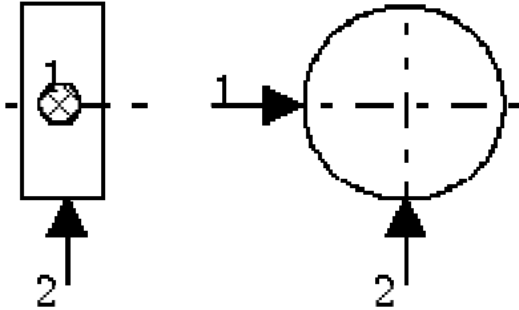
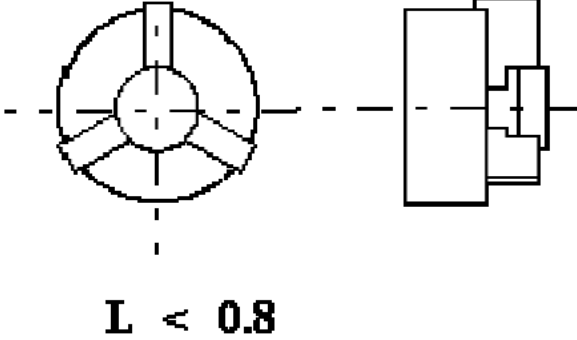
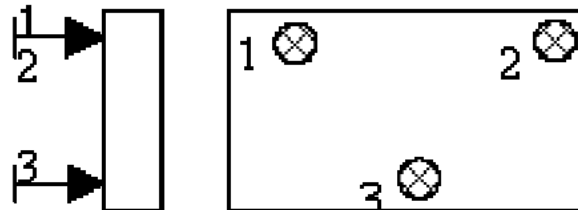
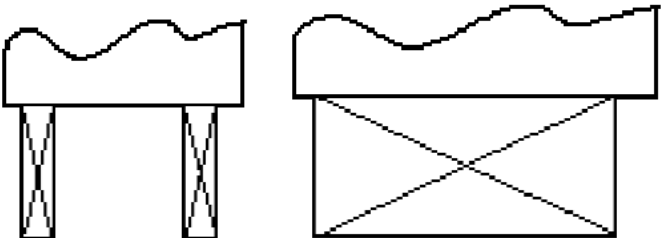
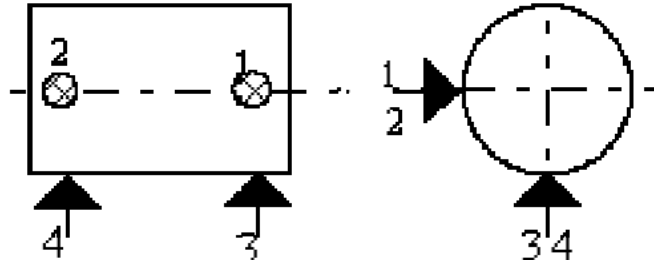
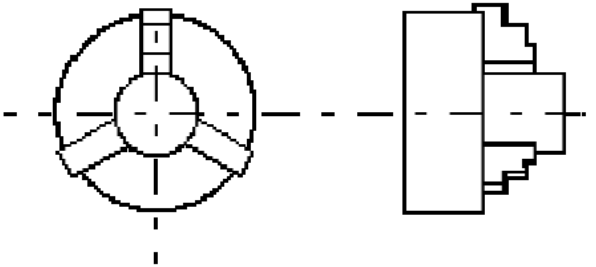
3) Liaisons utilisables

1 point d'appui			2 points d'appuis				
	T	R			T	R	
OX	1	1		OX	1	1	
OY	1	1		OY	1	0	
OZ	0	1		OZ	0	1	
3 points d'appuis non alignés : PLAN			4 points d'appuis : PLAN + 1				
	T	R			T	R	
OX	1	0		OX	1	0	
OY	1	0		OY	0	0	
OZ	0	1		OZ	0	1	

3) Liaisons utilisables

Nom	Représentation	Exemples
<p>Appui ponctuel :</p> <p>élimine 1 degré de liberté</p>		
<p>Liaison linéaire rectiligne :</p> <p>élimine 2 degrés de liberté</p>		

3) Liaisons utilisables

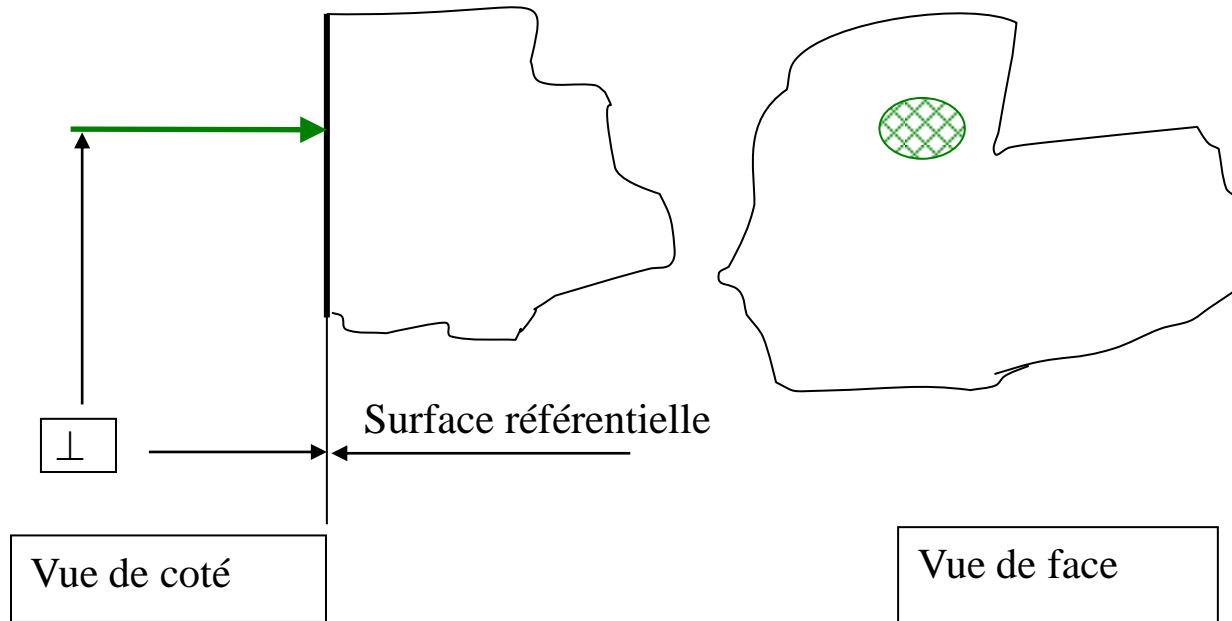
<p>Liaison linéaire annulaire :</p> <p>élimine 2 degrés de liberté</p>		 <p>$L < 0.8$</p>
<p>Appui</p> <p>élimine 3 degrés de liberté</p>		
<p>Liaison pivot Glissant</p> <p>élimine 4 degrés de liberté</p>		

4) Principales règles d'utilisations

1. Symbole de base

Chaque contact est représenté par un vecteur normal (perpendiculaire) à la surface référentielle considérée. On appelle ce vecteur normale de repérage.

Chaque normale de repérage élimine 1 degré de liberté.

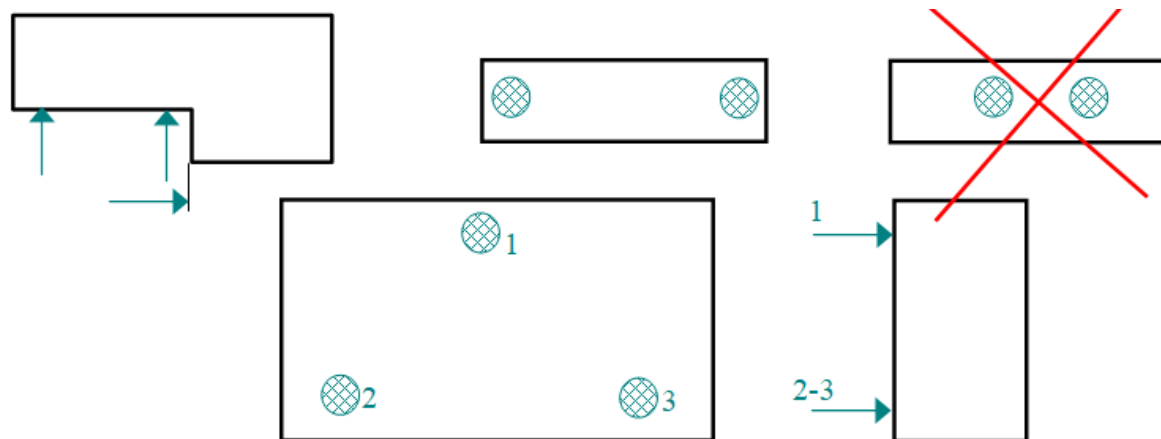


4) Principales règles d'utilisations

2. Représentation

Les normales de repérages sont installées :

- **Du côté libre de la matière**, directement sur la surface du référentiel et éventuellement sur une ligne de rappel en cas de manque de place.
- **Eloignées** au maximum pour une meilleure stabilité (voir schéma ci-dessus).
- Sur les vues où leurs positions **facilitent leur compréhension**.
- **Affectées** d'un indice numérique de 1 à 6.



4) Principales règles d'utilisations

3. Règle d'isostatisme

- a. Placer les appuis sur les surfaces d'où partent les cotes (on appelle ces surfaces : surfaces de références).
- c. Placer, chaque fois que cela est possible, le maximum d'appuis sur la plus grande surface de référence.
- d. Ne jamais opposer deux appuis sinon le positionnement est hyperstatique.
- e. Chaque fois que cela est possible, placer le plus grands nombres d'appuis opposés à l'effort de coupe.



4) Principales règles d'utilisations

3. Règle d'isostatisme

On cherche à placer la liaison qui supprime le plus grand nombre de degré de liberté sur la plus grande surface.

Les degrés de liberté ne sont supprimés qu'une seule fois. On ne peut donc pas mettre en place un isostatisme avec 3 liaisons appui plan, cela enlèverait $3*3=9$ degrés de liberté sur un total de 6 maximum.

A retenir:

6 normales de repérages (ou normales de mise en position) pour les pièce prismatiques :

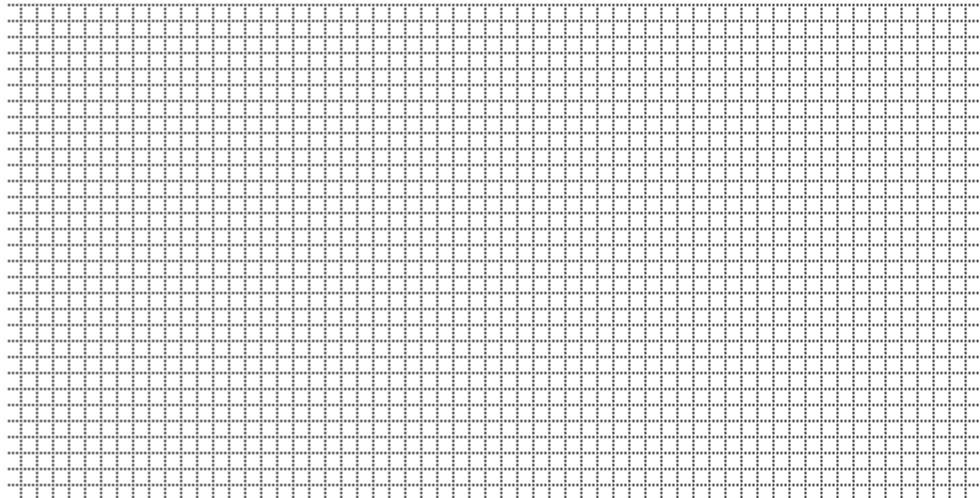
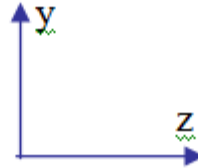
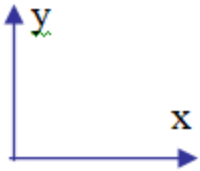
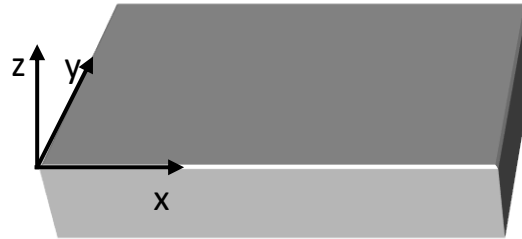
(appui plan, appui linéaire, appui ponctuel).

5 normales de mise en position pour les pièces cylindriques :

(centrage long et appui ponctuel ou centrage court et appui plan).

5) Exemples de mise en position.

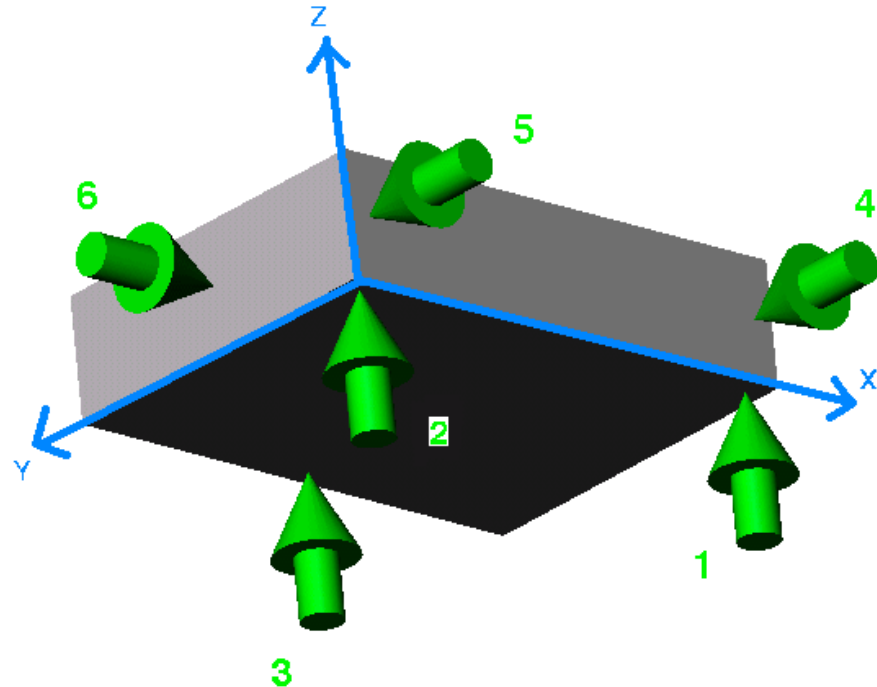
Exemple I



pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz

Mise en place des normales de repérage.

Sur un parallélépipède

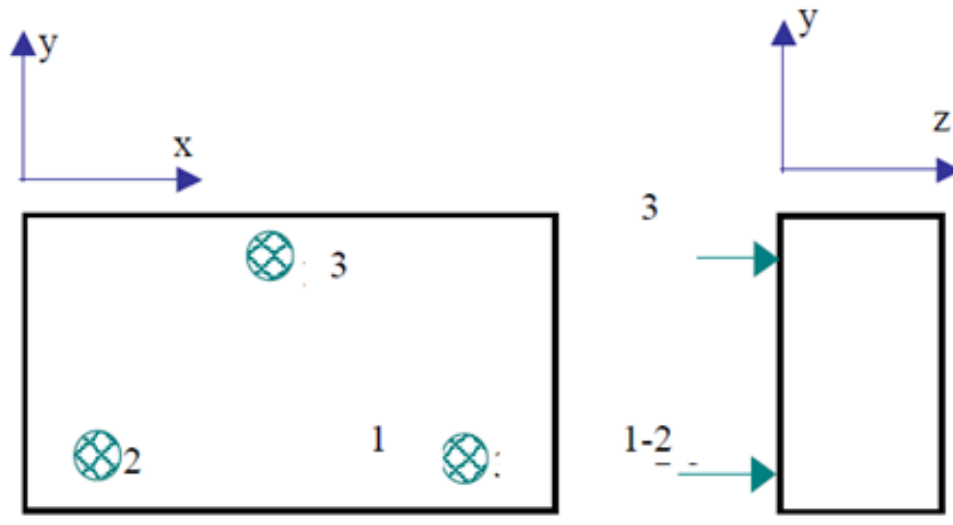
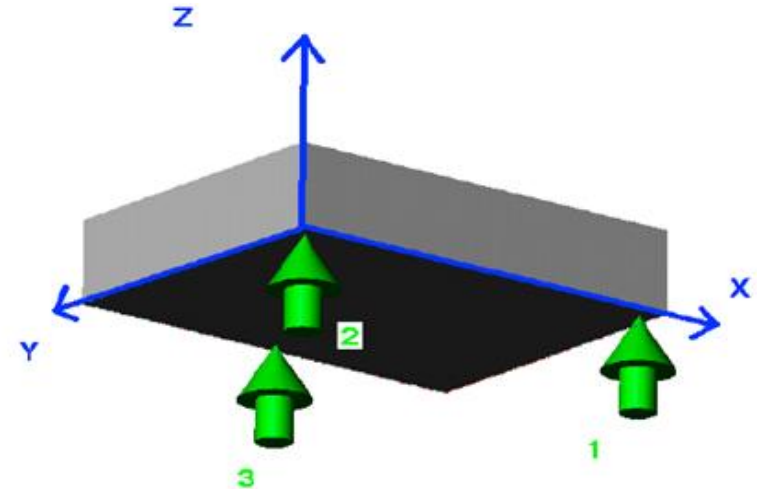


Il faut placer 6 normales de repérages créant ainsi un appui plan , un appui linéaire et un appui ponctuel.

a) appui plan (liaison appui plan): élimine 3 degrés de liberté , 1 translation et 2 rotations .Les 3 points ne sont pas alignés, ils forment un triangle et ils sont éloignés le plus possible les un des autres.

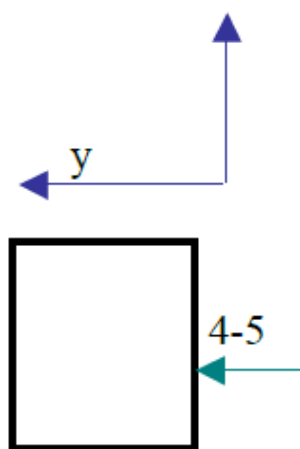
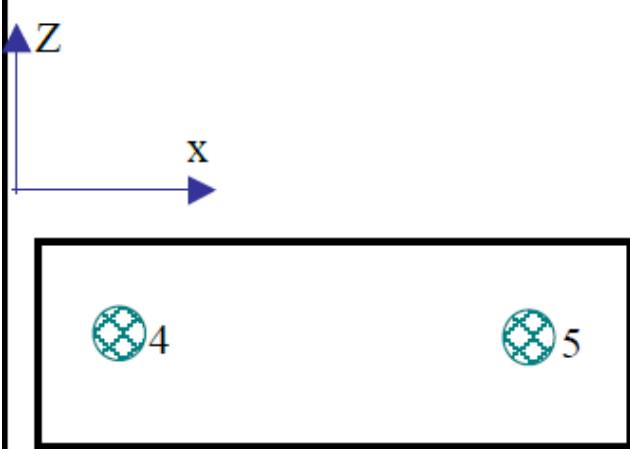
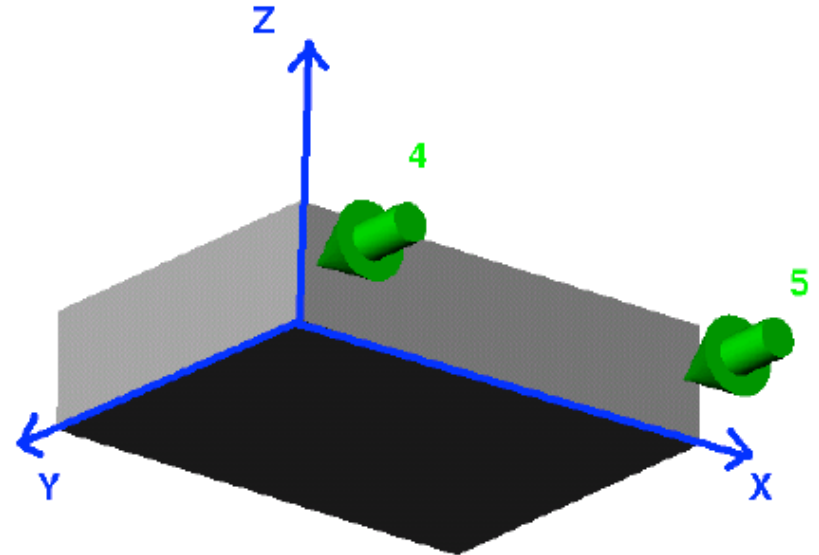
REMARQUE :

On positionne l'appui plan sur la plus grande surface d'un prisme



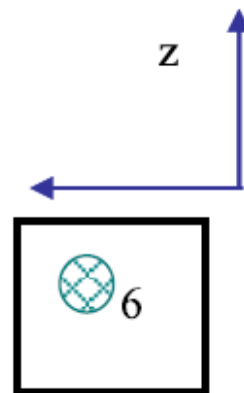
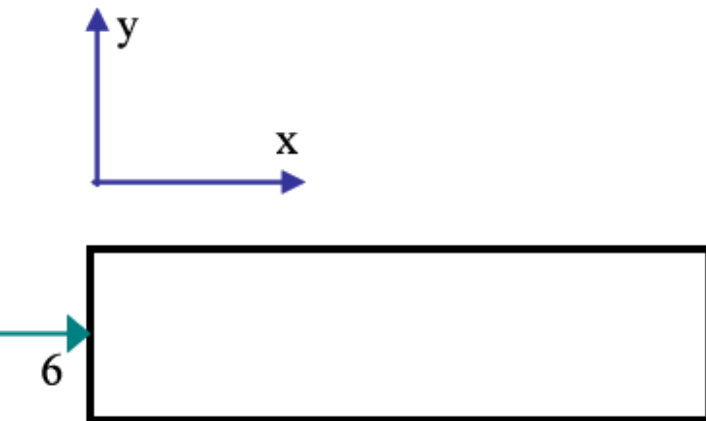
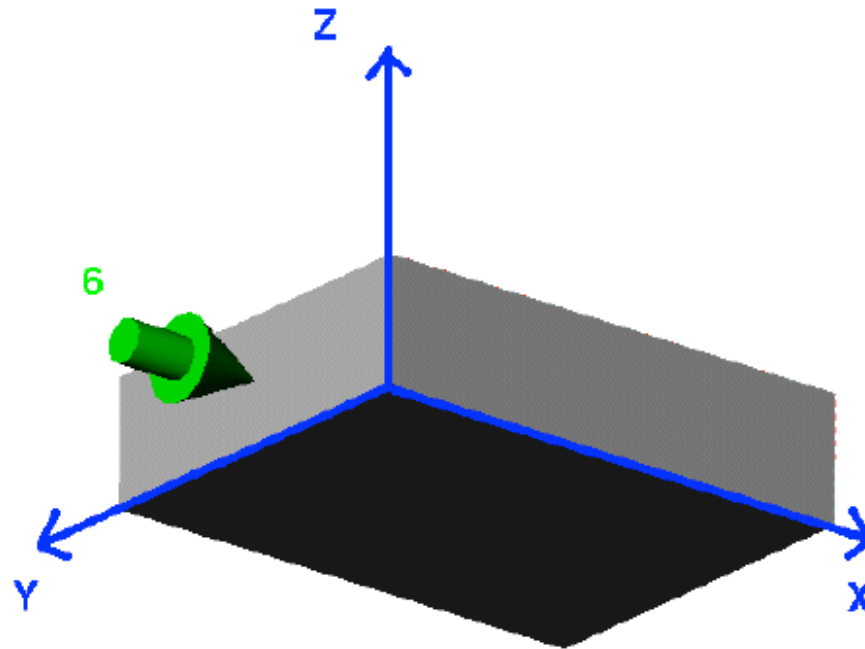
pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1						
2						
3						

b) appui linéaire (liaison linéaire rectiligne): élimine 2 degrés de liberté, 1 translation et 1 rotation.



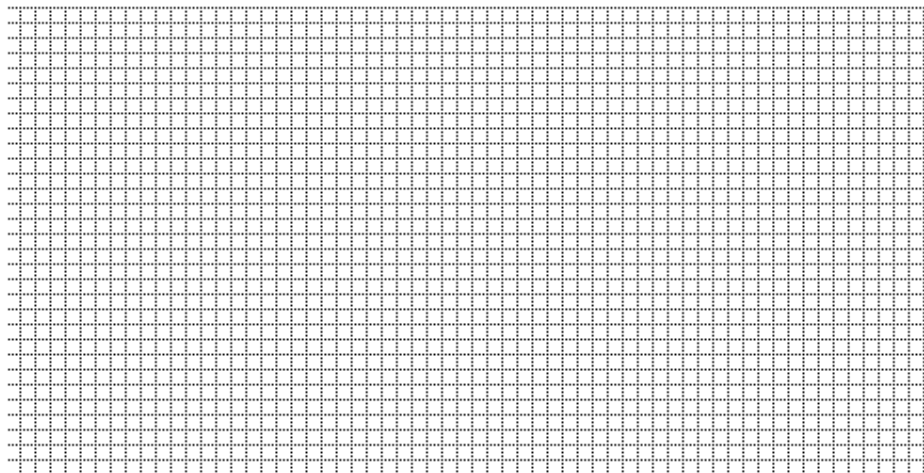
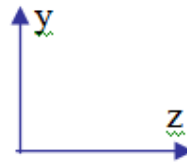
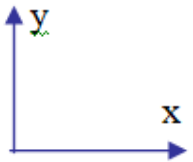
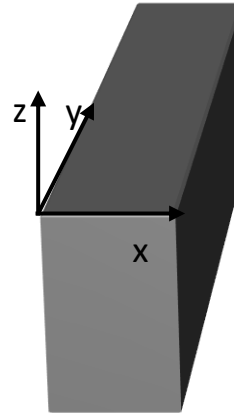
pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
4						
5						

c) appui ponctuel (liaison ponctuelle) : **élimine 1 degré de liberté , 1 translation.**



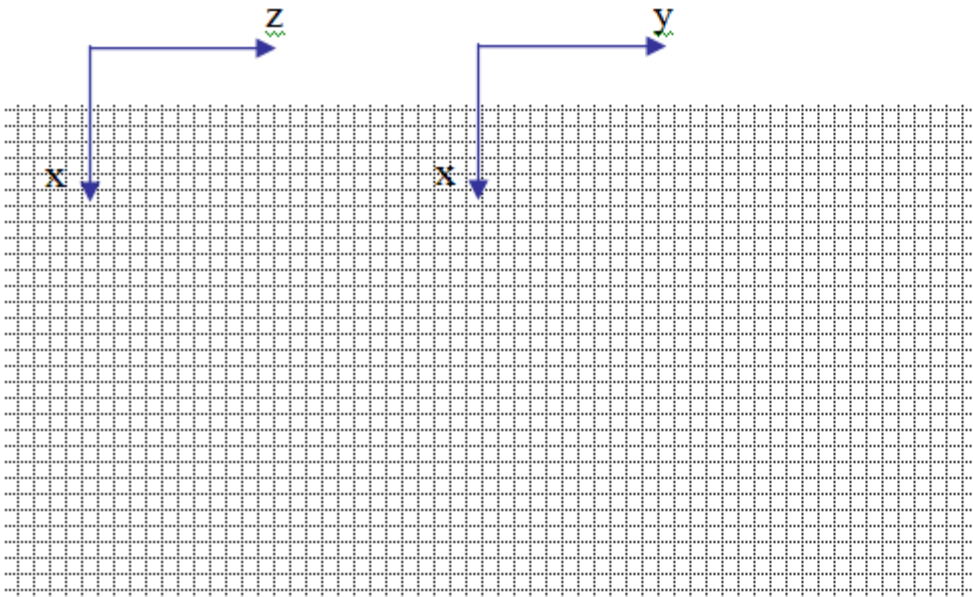
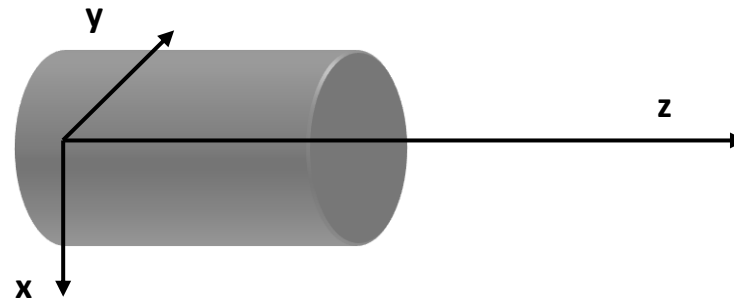
pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
6						

Exemple 2



pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz

Exemple 3



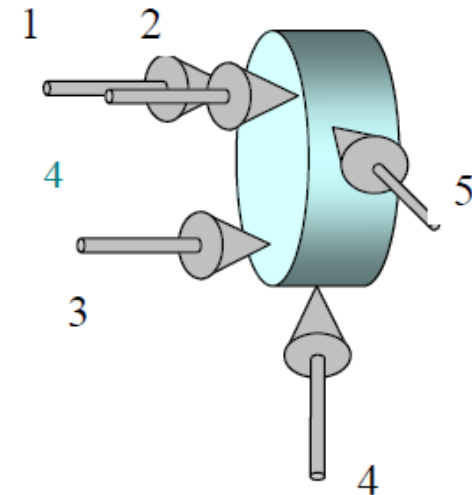
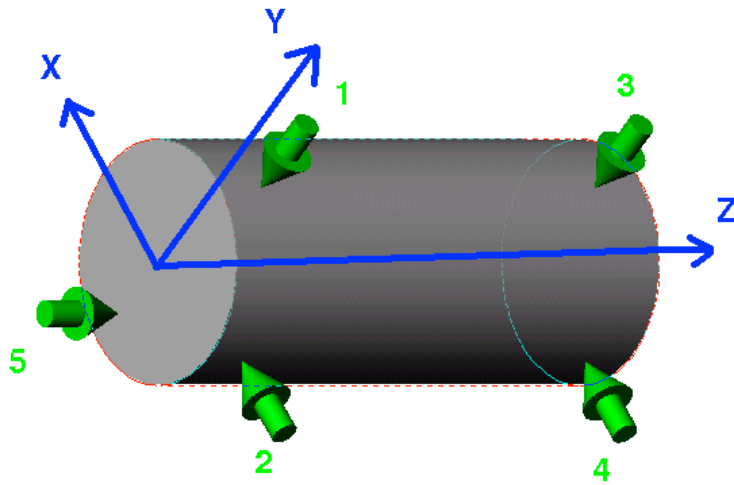
pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz

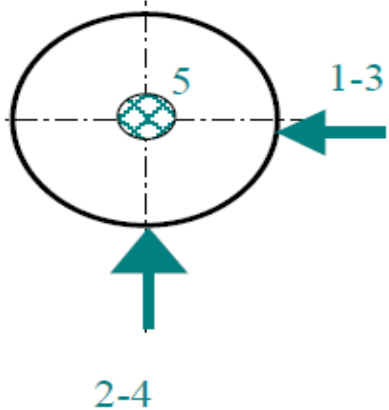
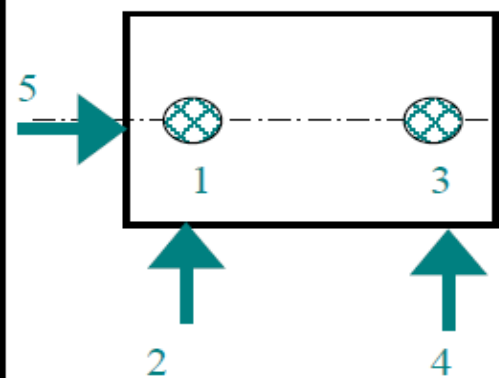
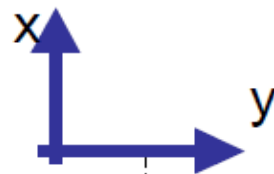
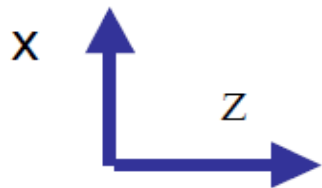
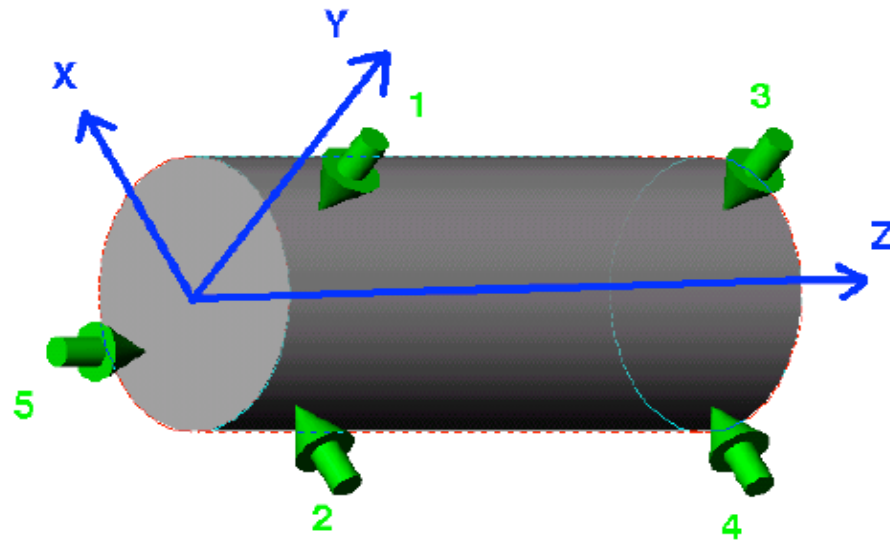
Mise en place des normales de repérage.

Sur un cylindre

Il faut placer 5 normales de repérage créant ainsi :

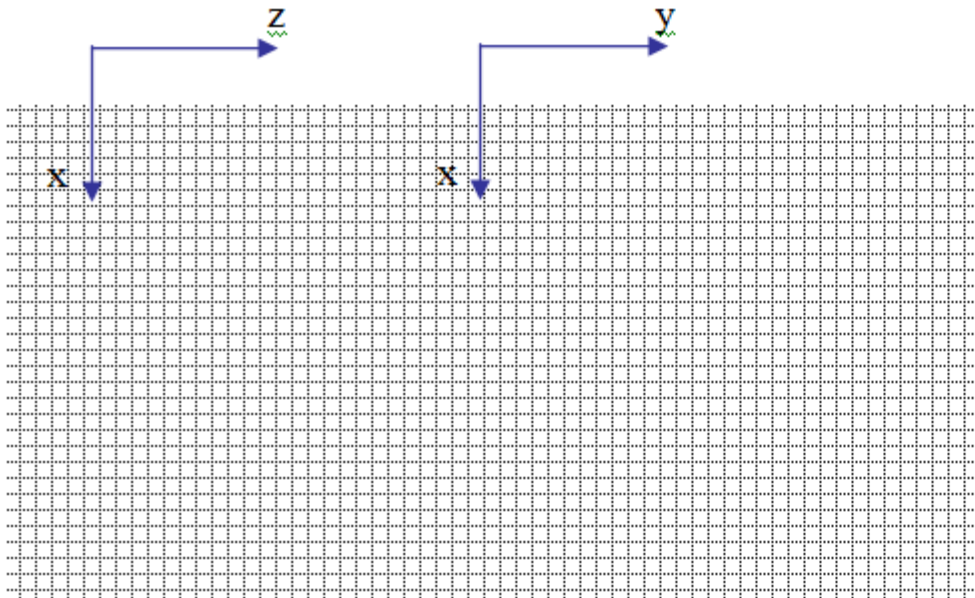
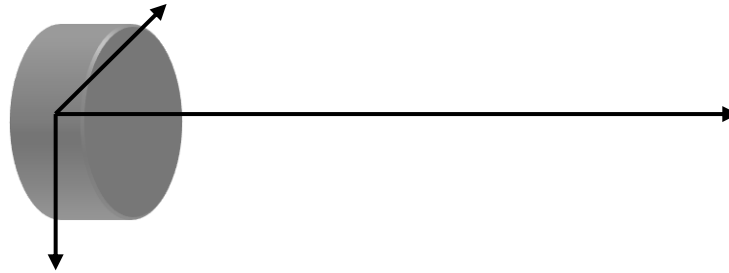
- Soit un centrage long et un appui ponctuel. (liaison pivot glissant + liaison ponctuelle)
- Soit un centrage court et un appui plan. (liaison linéaire annulaire + liaison appui plan)



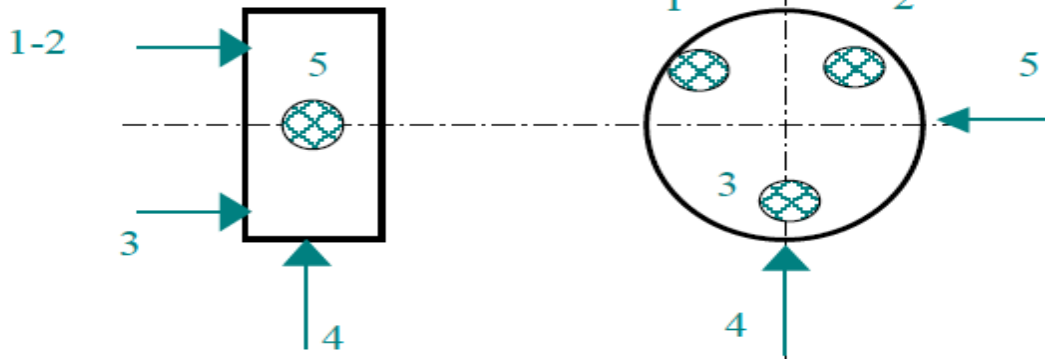
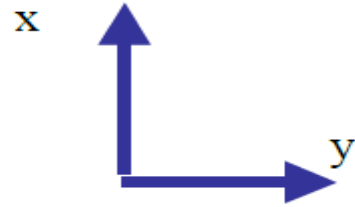
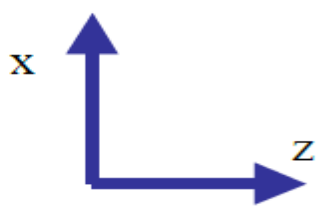
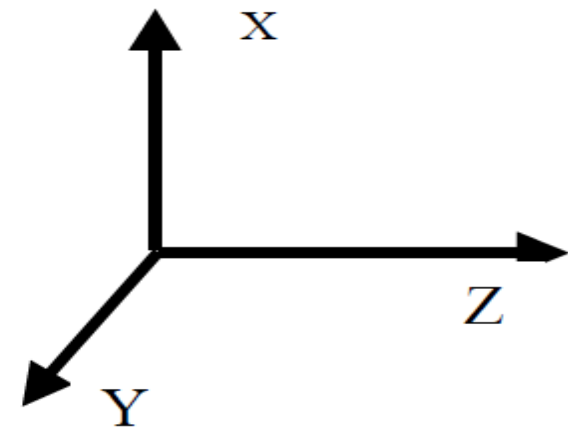
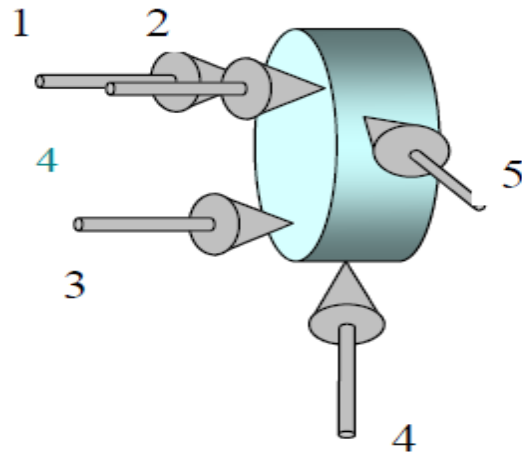


pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
1						
2						
3						
4						
5						

Exemple 4

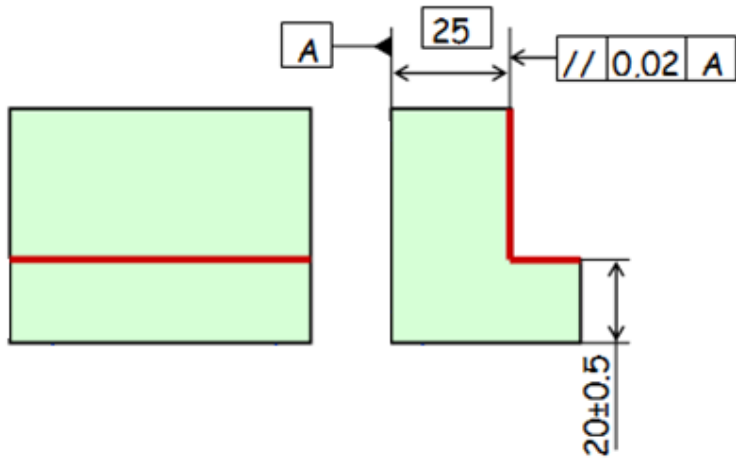


pts	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz



Exemple 5: Fraisage

Proposer, pour chaque cas, la mise en position permettant de respecter la cotation.



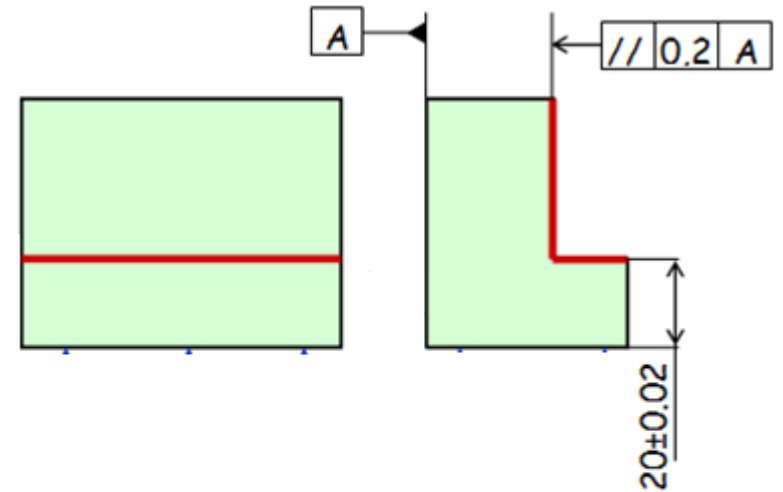
Appui plan : respect .

Linéaire rectiligne : respect

Butée :

Exemple 6: Fraisage

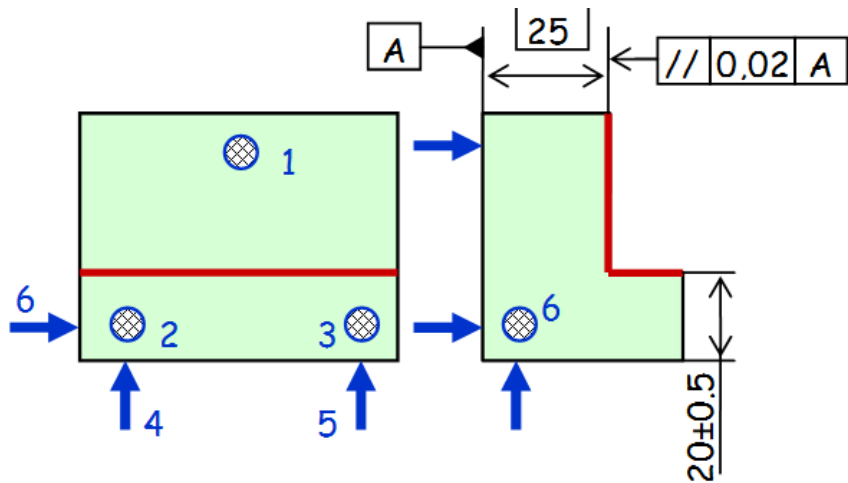
Proposer, pour chaque cas, la mise en position permettant de respecter la cotation.



Appui plan : respect

Linéaire rectiligne : respect

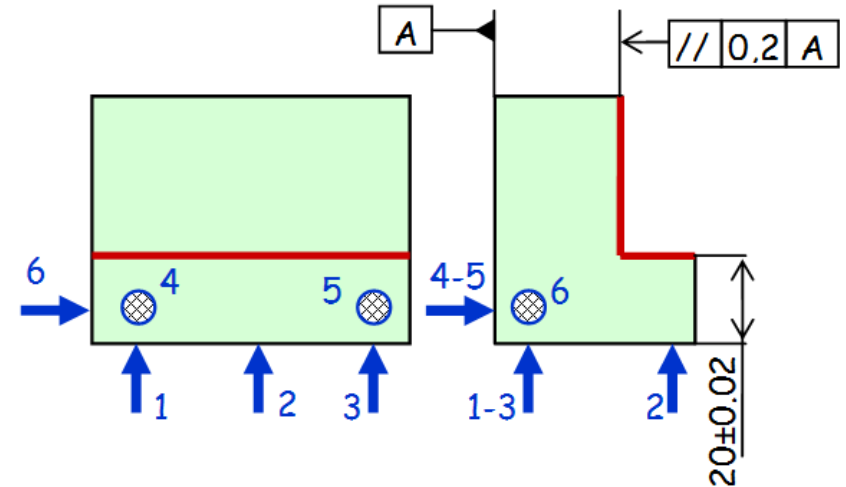
Butée :



Appui plan : respect $\boxed{/ \ 0,0 \ A}$.

Linéaire rectiligne : respect $20 \pm 0,5$.

Butée : position unique de la pièce.



Appui plan : respect $20 \pm 0,05$.

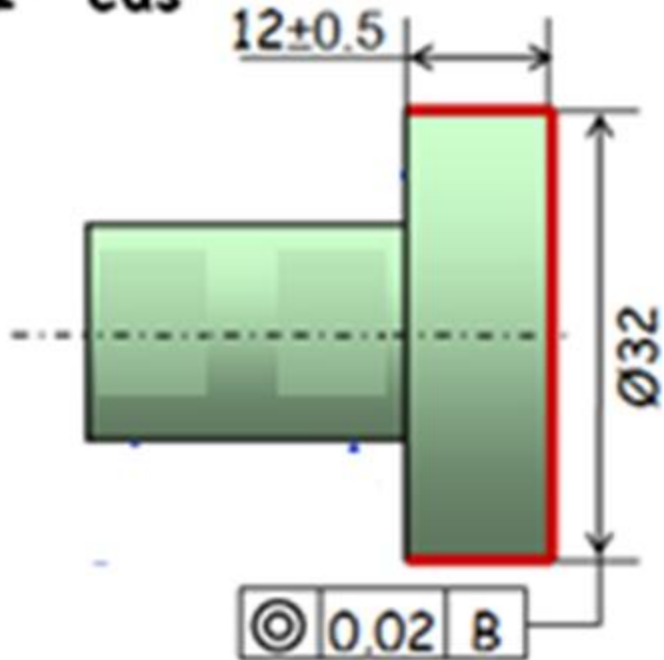
Linéaire rectiligne : respect $\boxed{/ \ 0 \ A}$.

Butée : position unique de la pièce.

Exemple 7: Tournage

Proposer, pour chaque cas, la mise en position permettant de respecter la cotation.

1^{er} cas

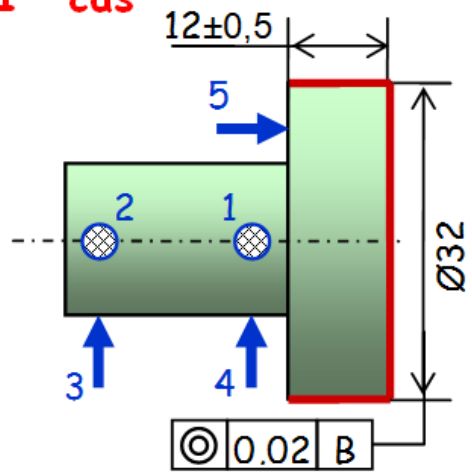


Centrage long : respect

Butée : respect

Arrêt en rotation :

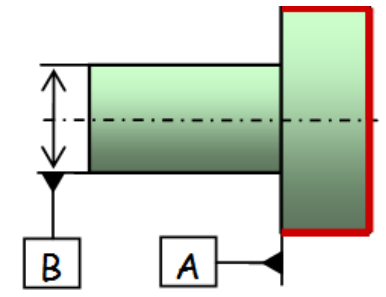
1^{er} cas



Centrage long : respect $\text{◎} 0,02 B$.

Butée : respect $12 \pm 0,5$.

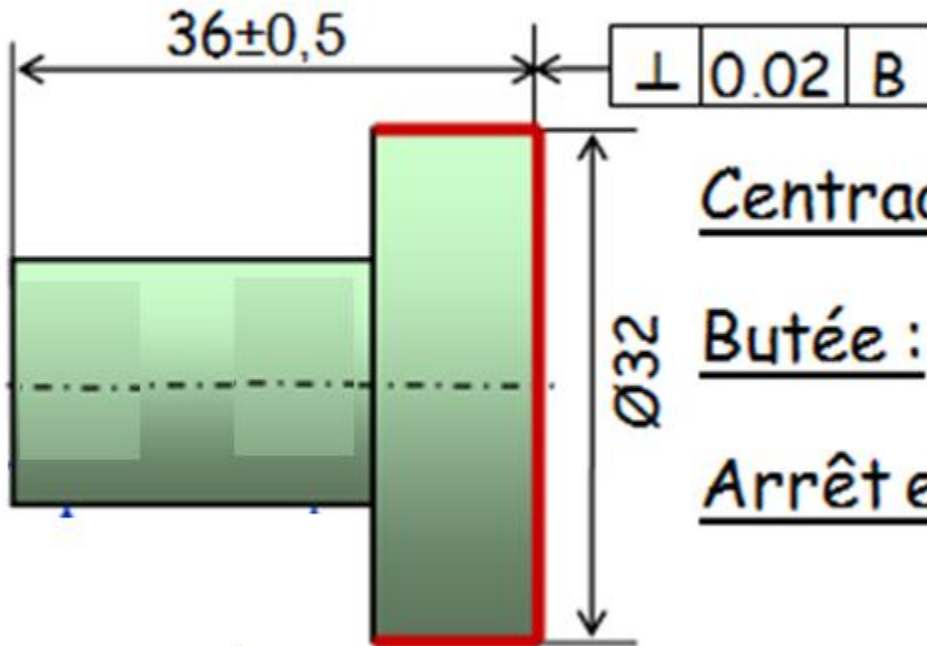
Arrêt en rotation : inutile, entraînement en rotation par adhérence.



Exemple 8: Tournage

Proposer, pour chaque cas, la mise en position permettant de respecter la cotation.

2^{ème} cas

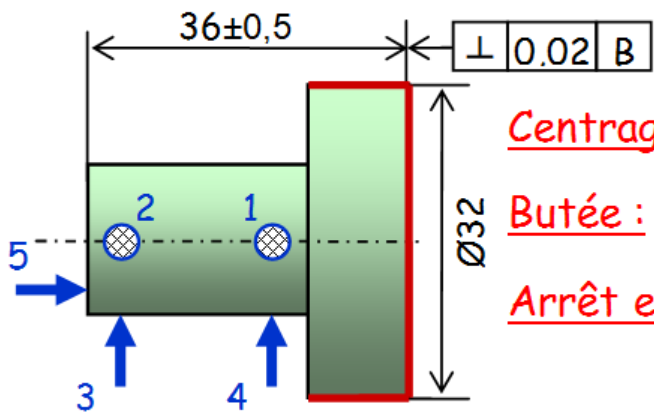


Centrage long : respect

Butée : respect

Arrêt en rotation :

2ème cas



Centrage long : respect $\perp 0,02 B$.

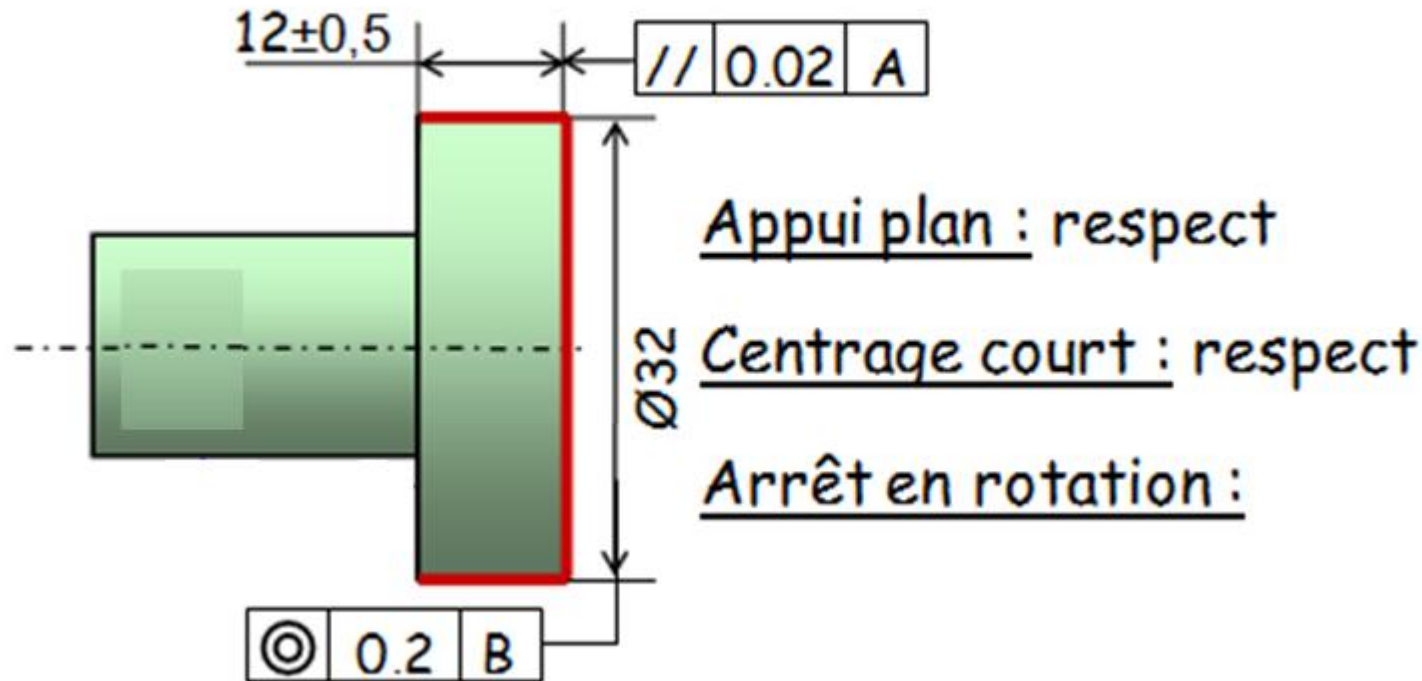
Butée : respect $36 \pm 0,5$.

Arrêt en rotation : inutile, entraînement en rotation par adhérence.

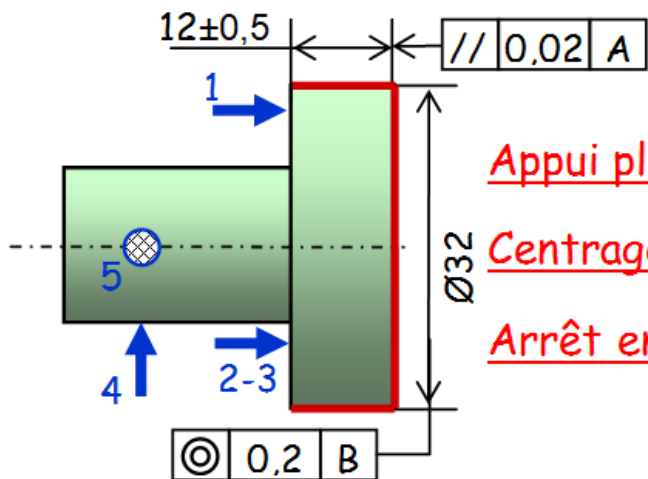
Exemple 9: Tournage

Proposer, pour chaque cas, la mise en position permettant de respecter la cotation.

3^{ème} cas



3^{ème} cas



Appui plan : respect $// 0,02 A$.

Centrage court : respect $12 \pm 0,5$.

Arrêt en rotation : inutile, entraînement en rotation par adhérence.

6) Symbolisation de l'élimination des degrés de liberté:

OBJET

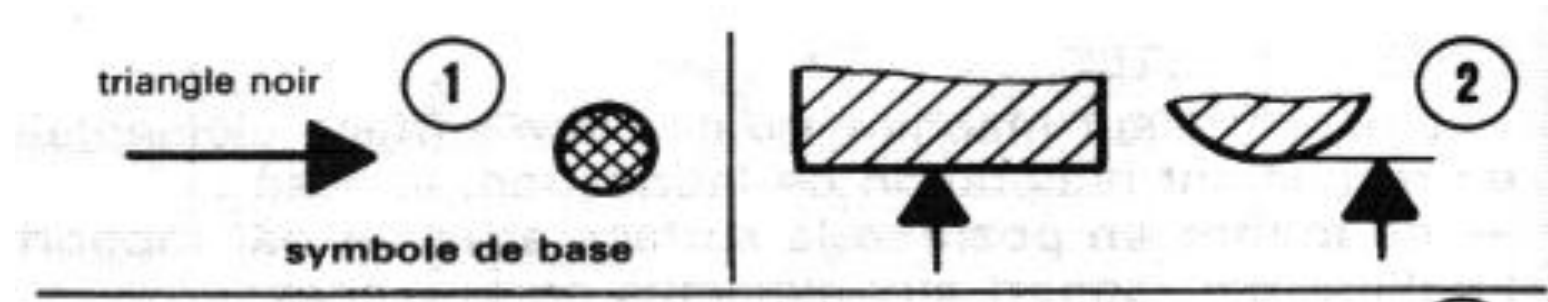
La première partie de la norme concerne la définition de la mise en position géométrique d'une pièce, dans une phase de transformation, de contrôle ou de manutention, en liaison avec la cotation de fabrication.

Elle est à appliquer lors de l'établissement des documents techniques au niveau des avant-projets et projets d'études de fabrication.

SYMBOLE DE BASE

- Le symbole de base est représenté figure 1 (Il est noirci pour être mieux visualisé).
- Le symbole est placé sur la surface référentielle choisie ou sur une ligne d'attache du côté libre de matière (fig. 2).
- Le segment de droite est normal à la surface considérée.

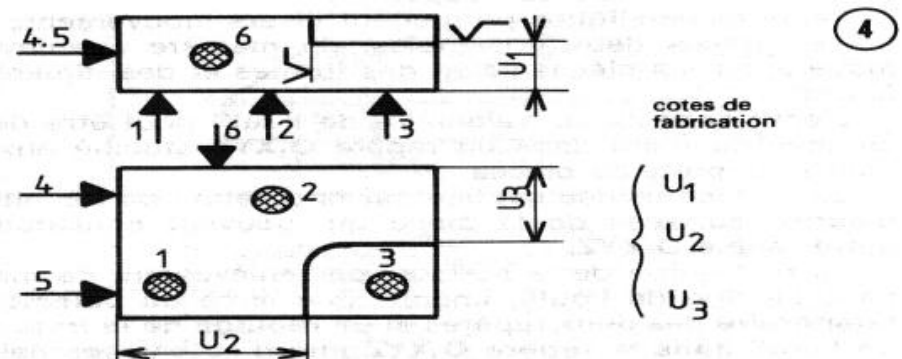
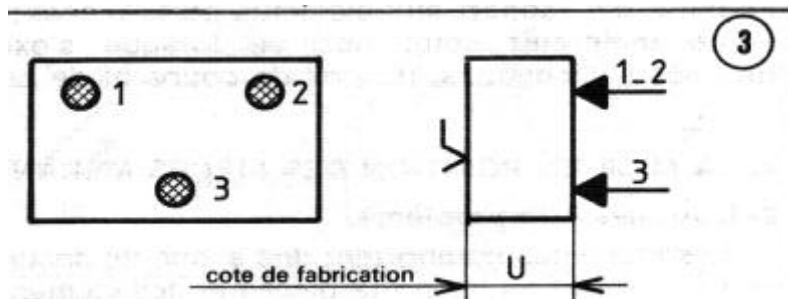
NB: Si nécessaire, le symbole peut être projeté sous forme d'une surface quadrillée délimitée par un trait fin (cercle) voir figure 1.



PRINCIPES D'UTILISATION

- Le symbole de base indique l'élimination d'un degré de liberté.
- Chaque surface référentielle choisie reçoit autant de symboles qu'elle doit éliminer de degrés de liberté (figures 3 et 4).
- Chaque pièce reçoit un maximum de six symboles de base dont la disposition doit satisfaire aux règles de l'isostatisme (figure 4).
- Il est recommandé de les affecter d'un numéro repère de 1 à 6 disposé à côté du symbole.

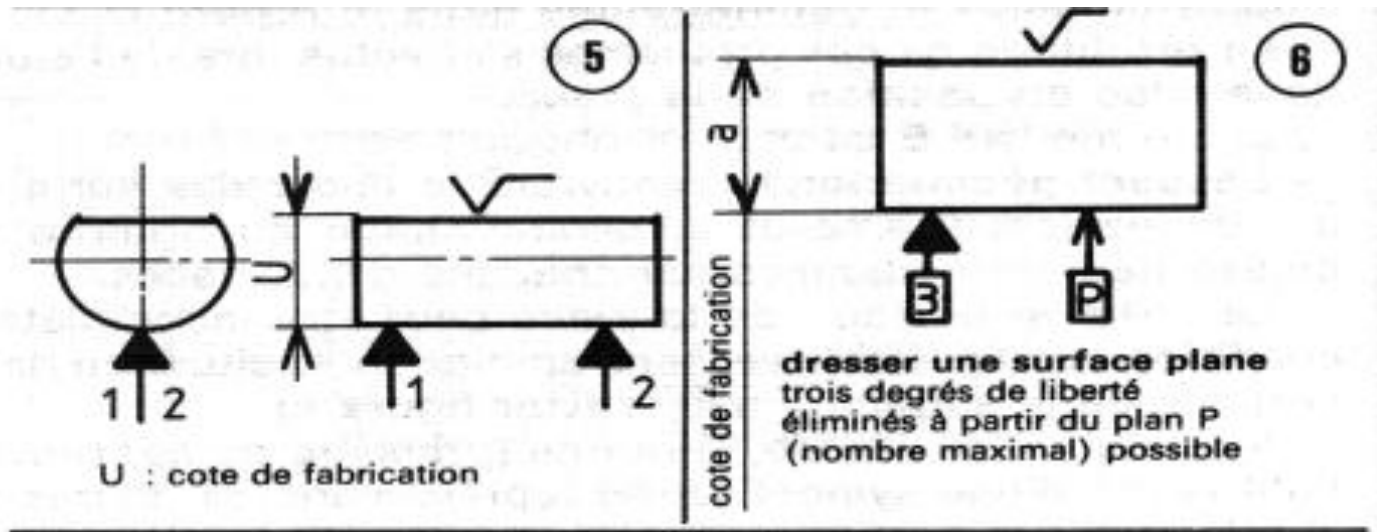
NB : La position et le nombre de symboles de base se déduisent de la cotation de fabrication (origine d'une ou plusieurs cotes d'usinage) (figures 3, 4).



RECOMMANDATIONS

Il est recommandé :

- De limiter le nombre de symboles on fonction des cotes de fabrication à réaliser dans la phase (fig. 5);
- De simplifier la représentation en inscrivant dans un carré le nombre de degrés de liberté s'il n'y a pas plusieurs interprétations possibles comme le montre la figure 6.
- En aucun cas, les deux types de symboles (flèche seule ou flèche avec carré) ne doivent être utilisés simultanément sur le même document.

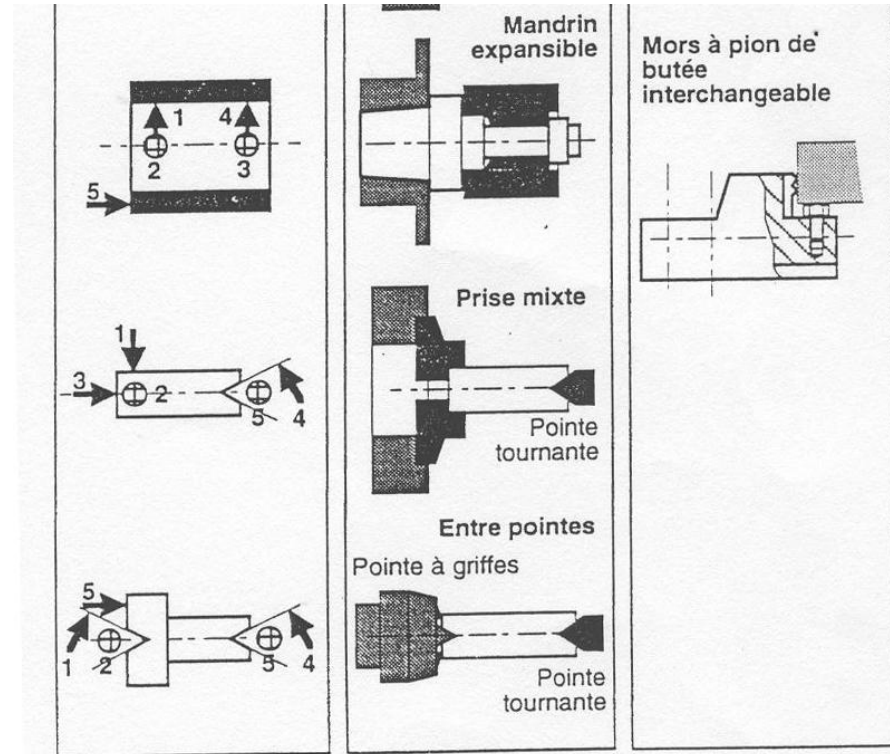
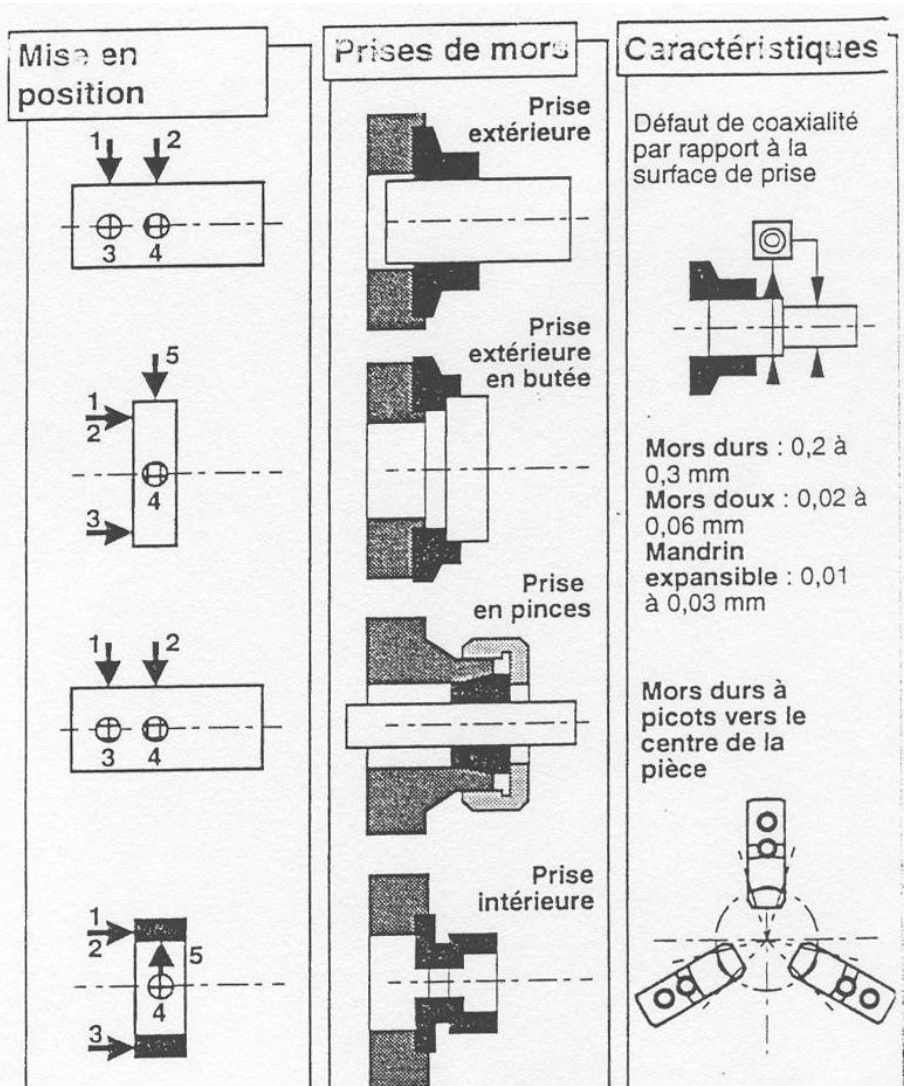


COMMENTAIRES PARTICULIERS

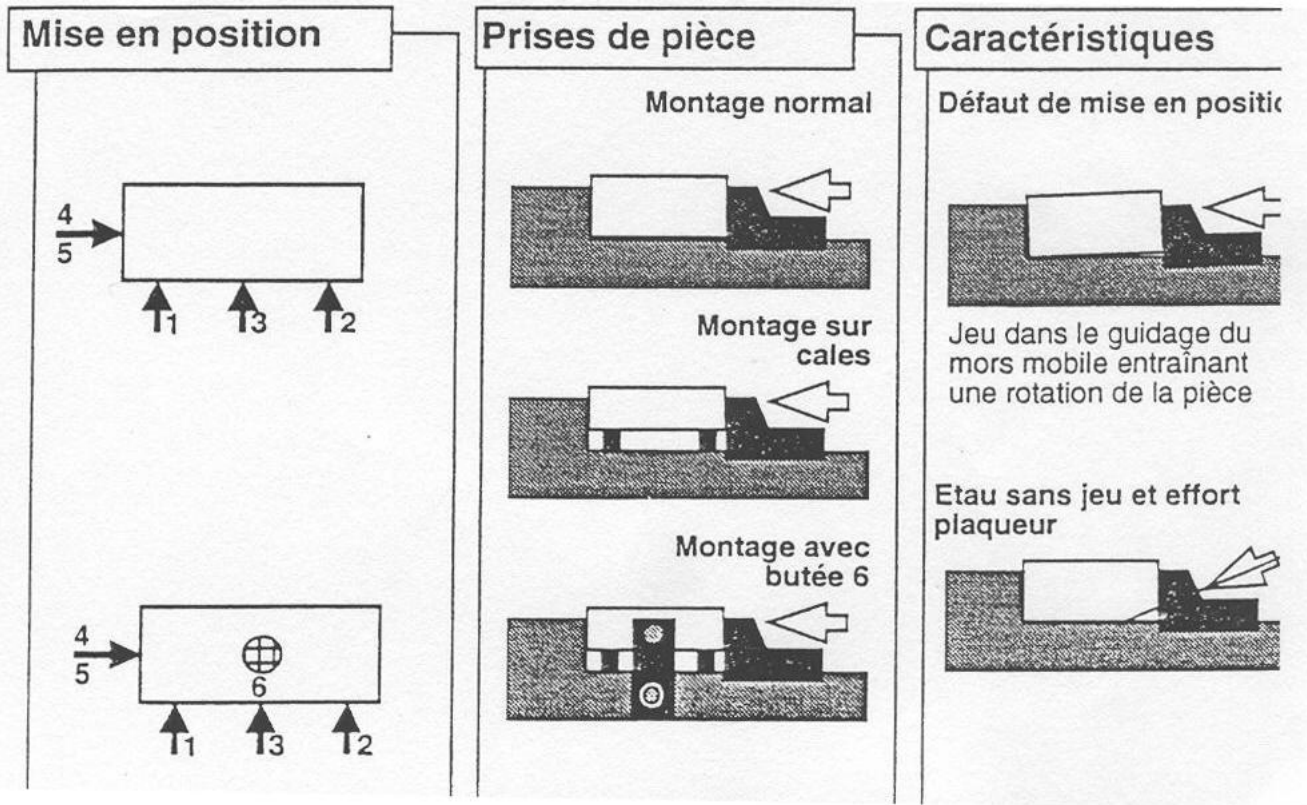
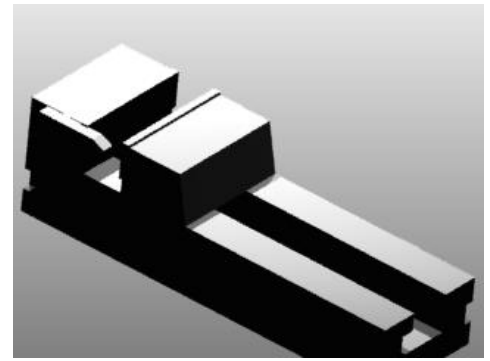
- Les croquis de phase des avant-projets d'étude de fabrication ne doivent pas comporter de symbole de Serrage
- Une mise en position géométrique peut être concrétisée par diverses combinaisons d'éléments technologiques.
- Les symboles de base peuvent être associés à un système d'axes de coordonnées.
- La position du symbole sur la surface choisie n'est pas nécessairement celle de l'élément technologique qui élimine le degré de liberté.

Moyens de mise en position classique

Cas du tournage , montage simples



Cas du fraisage , montage simple



7) Symbolisation des éléments technologiques

OBJET

La 2^{ème} partie de la norme définit les symboles représentant les dessins de phase, les éléments d'appui et les éléments de maintien des pièces au cours des opérations auxquelles elles sont soumises lors de leur fabrication, leur contrôle et leur manutention.

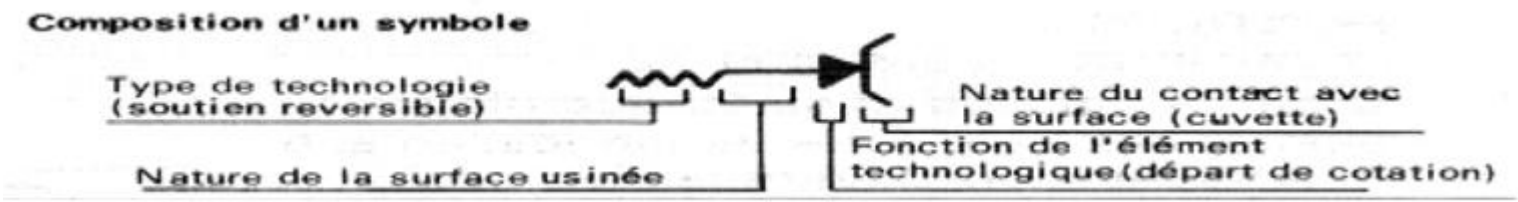
DOMAINE D'APPLICATION

Les symboles proposés sont utilisés pour l'établissement documents techniques concernés par la réalisation matérielle d'une pièce.










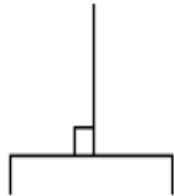
PRINCIPE D'ÉTABLISSEMENT DES SYMBOLES

Chaque symbole est construit à l'aide d'un certain nombre de symboles élémentaires additifs dont le rôle est de préciser :

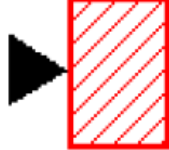



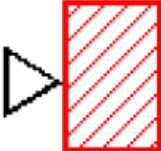

- la nature du contact avec la surface (fig. 1),
- la fonction de l'élément technologique (fig. 2),
- la nature de la surface de contact de la pièce (brute ou usinée) (fig. 3),
- le type de technologie de l'élément (fig. 4).



① - Nature du contact avec la pièce

				
Contact ponctuel	Touche plate	Contact strié	Pointe fixe	Pointe tournante
				
Touche dégagée	Cuvette	Vé	Palonnier	Orienteur

② - Fonction de l'élément technologique

Fonction		Symbolisation frontale	Symbolisation projetée
MIP	Mise en position rigoureuse	Appui 	
	Centrage	Centreur complet 	
		Centreur dégagé (locating) 	
MAP	Immobilisation de la pièce	Serrage 	

③ - Nature de la surface de la pièce

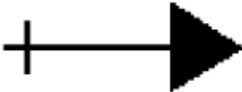
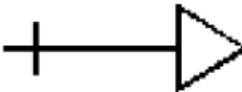
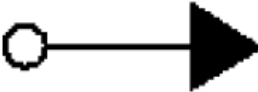
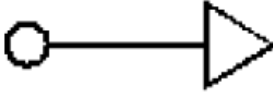


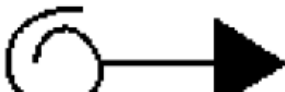
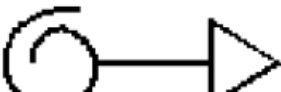
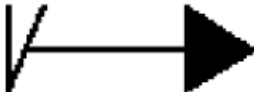
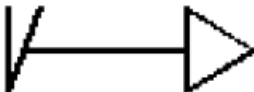
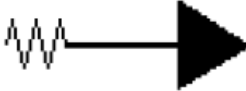
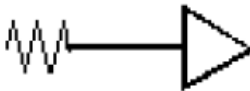
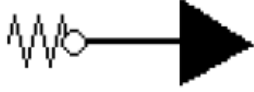
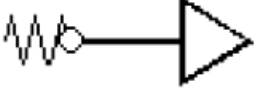
Surface usinée (1 trait)



Surface brute (2 traits)



④ - Type de technologie

Appui fixe		
Centrage fixe		
Système à serrage		
Système à serrage concentrique		
Système à réglage irréversible		
Système de soutien réversible		
Centrage réversible		

Exemple de symbole composés

5

Exemples de symboles composés

Dispositif et fonction

Touche plate fixe de départ d'usinage en appui sur une surface usinée.

Touche plate éclipable de départ d'usinage en appui sur une surface usinée

Mors striés à serrage concentrique flottant utilisés comme entraîneurs sur une surface brute

Touche bombée fixe de départ d'usinage sur une surface brute

Touche dégagée fixe de départ d'usinage sur une surface brute

Cuvette axiale (3) utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée

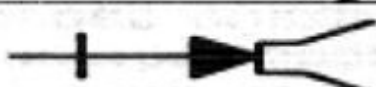
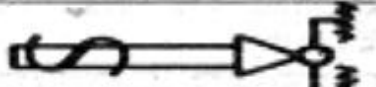
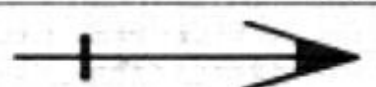
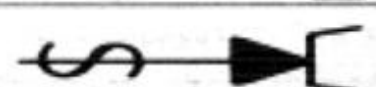
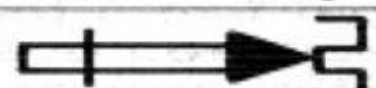
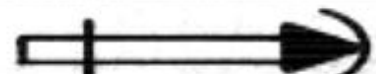
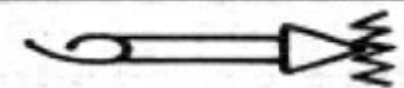
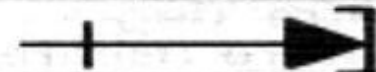
Pointe fixe axiale utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée

Pointe tournante axiale de poupée mobile utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée

Palonnier de bridage possédant des mors striés, sur une surface brute

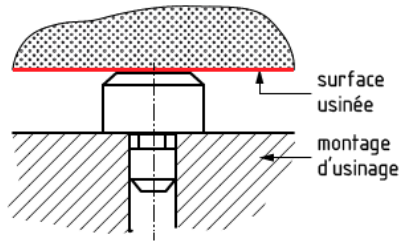
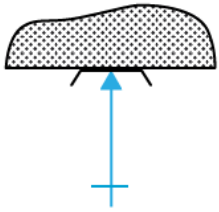
Vé axiale fixe servant de point de départ d'usinage sur une surface usinée

Symbole



SYMBOLE

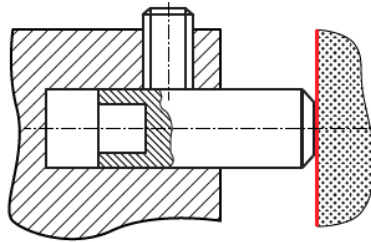
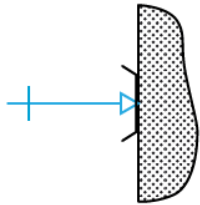
RÉALISATION PRATIQUE



Touche bombée fixe, de départ d'usinage sur une surface brute.

SYMBOLE

RÉALISATION PRATIQUE

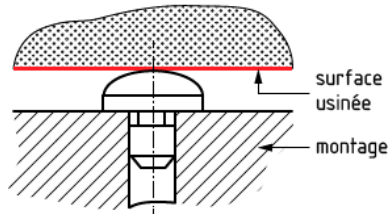
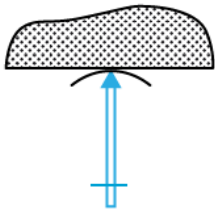


Touche plate éclipseable de départ d'usinage en appui sur surface usinée.

Touche plate fixe, de départ d'usinage en appui sur une surface usinée.

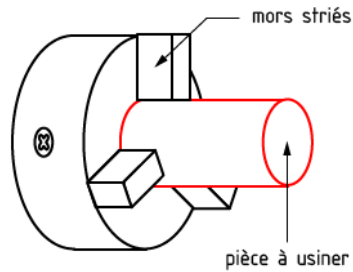
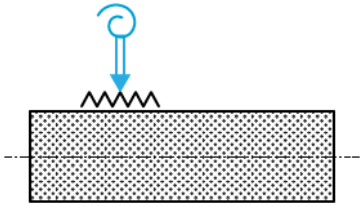
SYMBOLE

RÉALISATION PRATIQUE



SYMBOLE

RÉALISATION PRATIQUE



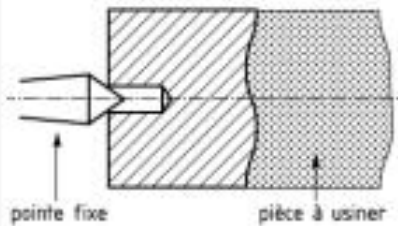
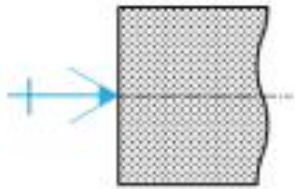
Vé fixe servant de point de départ d'usinage, sur surface brute.

Pointe fixe axiale utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée.

Mors striés à serrage concentrique qui assurent le centrage et le serrage simultanément.

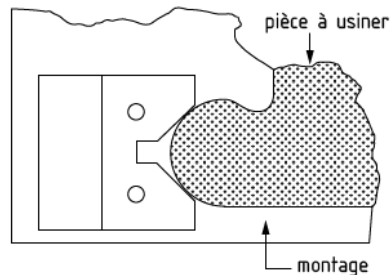
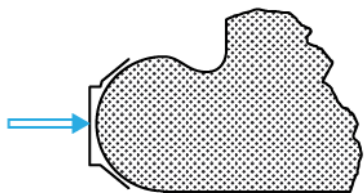
SYMBOLE

RÉALISATION PRATIQUE

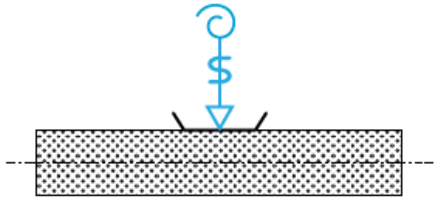


SYMBOLE

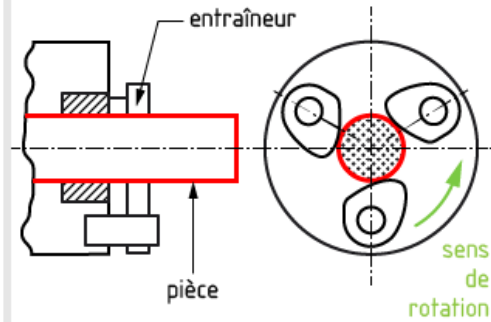
RÉALISATION PRATIQUE



SYMBOLE



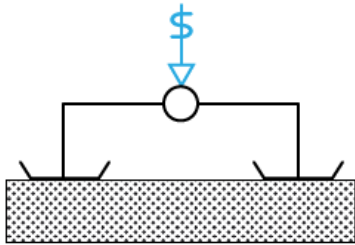
RÉALISATION PRATIQUE



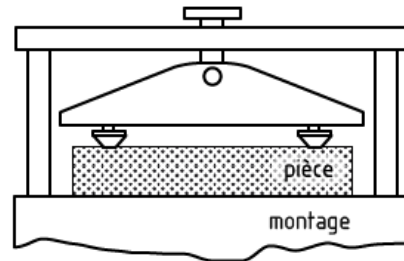
Palonnier de bridage muni de touches plates pour serrer sur une surface brute.

Mors à serrage concentrique flottant utilisés comme entraîneurs sur surface usinée.

SYMBOLE

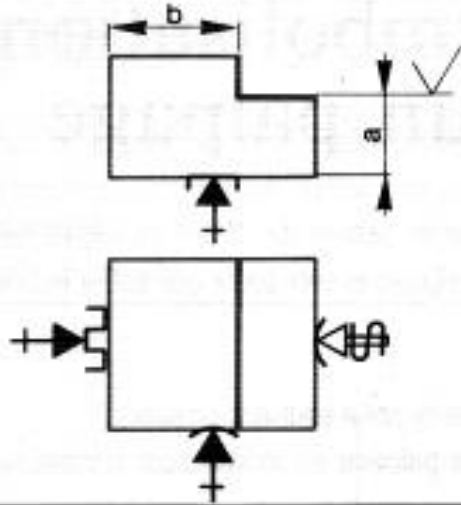


RÉALISATION PRATIQUE

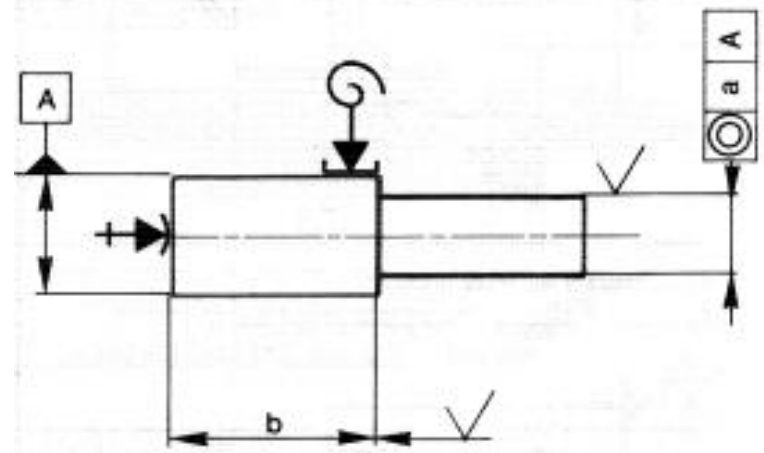


EXEMPLES D'APPLICATIONS

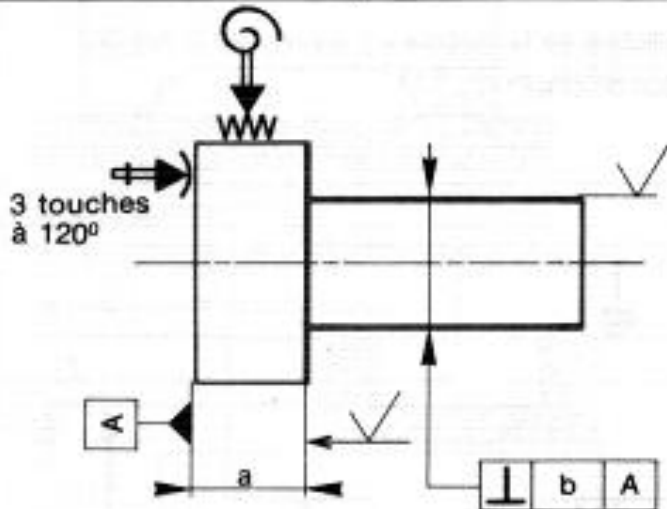
Ex.1



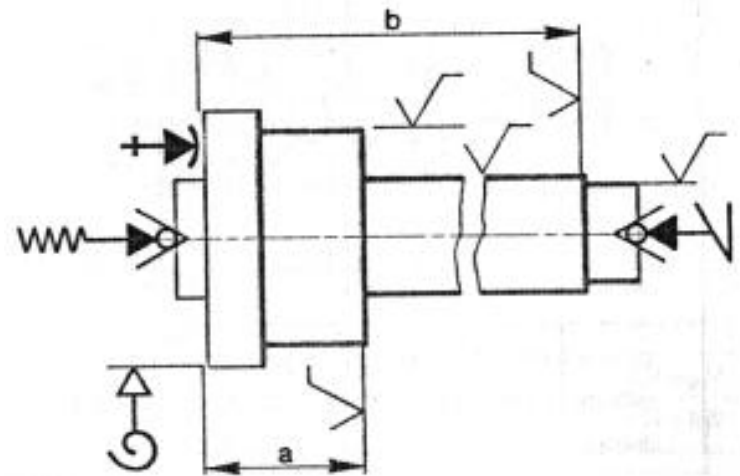
Ex.3



Ex.2

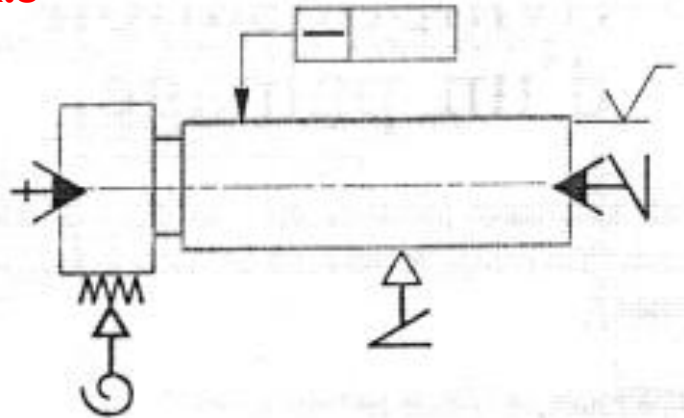


Ex.4

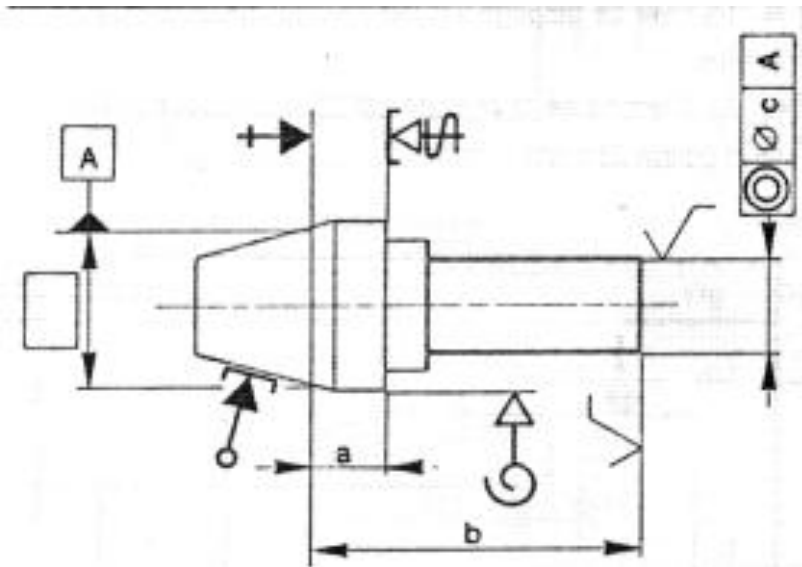


EXEMPLES D'APPLICATIONS

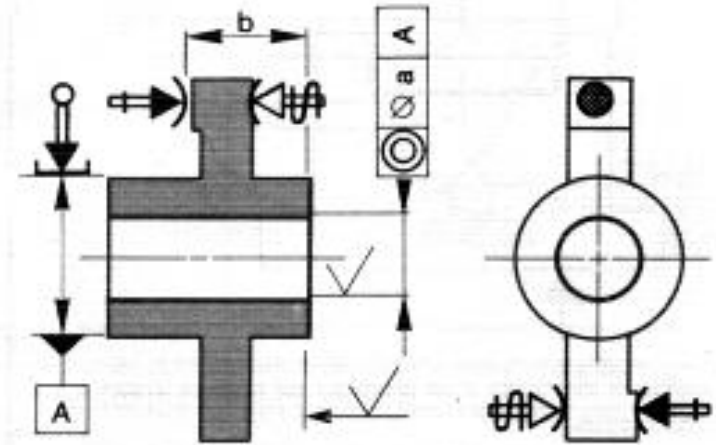
Ex.5



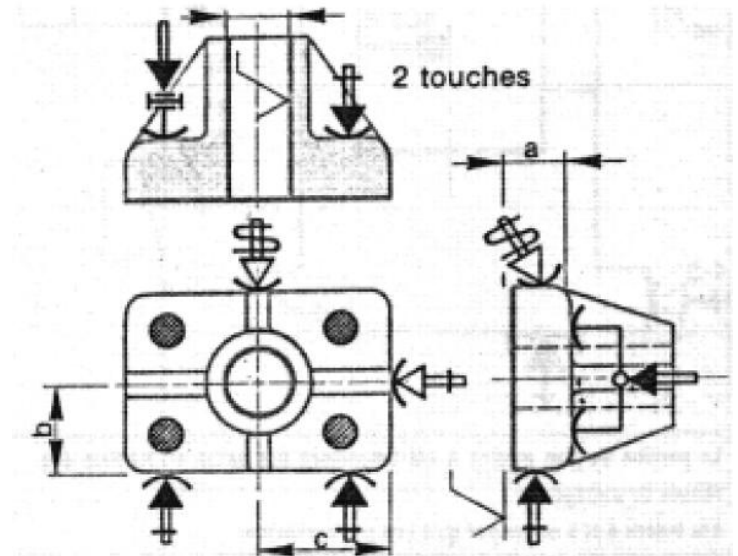
Ex.6



Ex.7



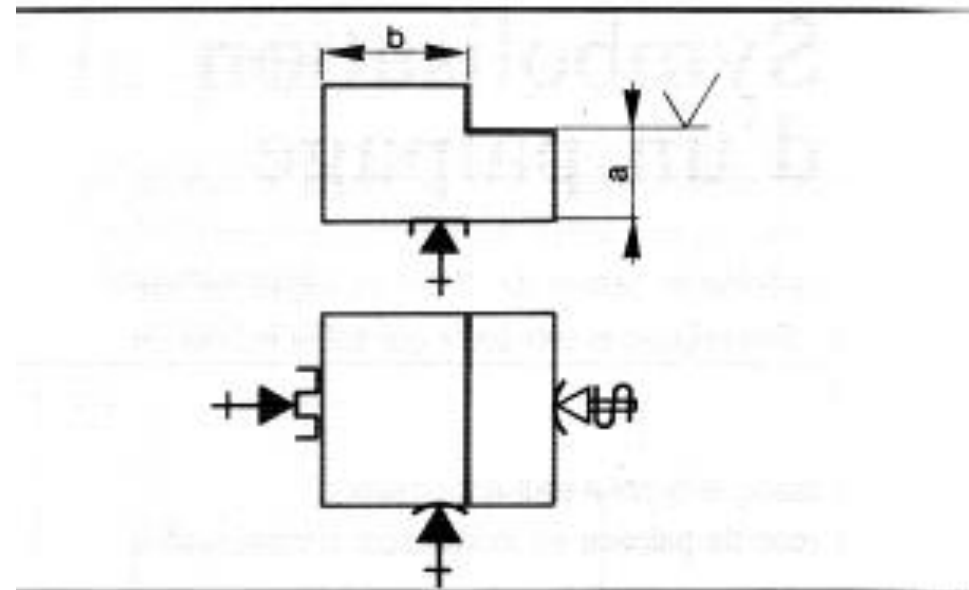
Ex.8



EXEMPLES D'APPLICATIONS

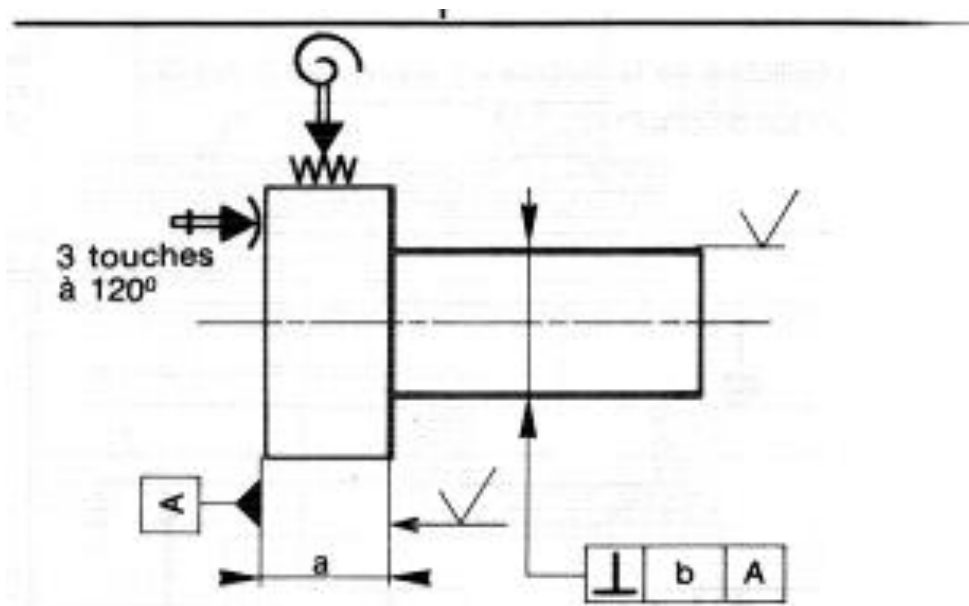
EXEMPLE 1 :

- Appui sur une surface usinée par un contact plan fixe (cote **a**).
- Orientation sur une surface usinée par une touche fixe dégagée (cote **b**).
- Butée sur une surface usinée par une touche fixe ponctuelle.
- Serrage sur une surface brute par un dispositif à contact ponctuel.



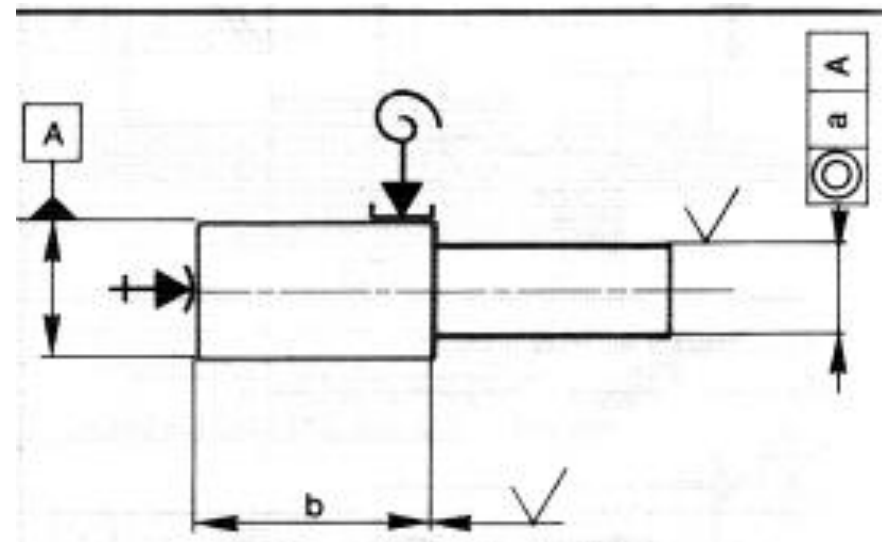
EXEMPLE 2 :

- Appui sur une face brute par trois touches bombées fixes (cote **a** et tolérance de perpendicularité **b**).
- Centrage court et entrainement sur une surface brute par un dispositif à serrage concentrique et à contacts striés (faible longueur relative des mors).



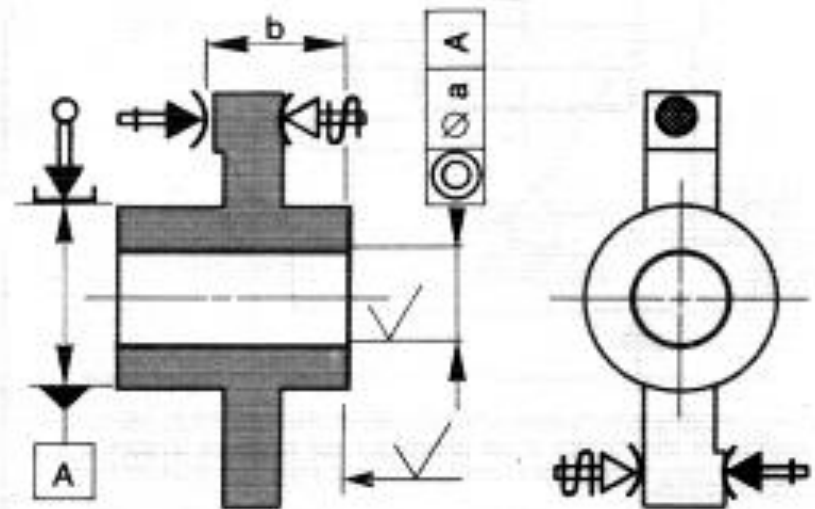
EXEMPLE 3 :

- Centrage long et entrainement sur une surface usinée par un dispositif à pince (tolérance de coaxialité **a**).
- Butée sur une surface usinée par une touche à contact ponctuel (cote **b**).



EXEMPLE 4 :

- Centrage long sur une surface brute (tolérance de coaxialité **a**).
- Butée sur une surface brute par une touche fixe à contact ponctuel (cote **b**).
- Orientation sur une surface brute par une touche fixe à contact ponctuel.
- Serrage s'exerçant sur deux surfaces brutes par deux dispositifs à contacts ponctuels.

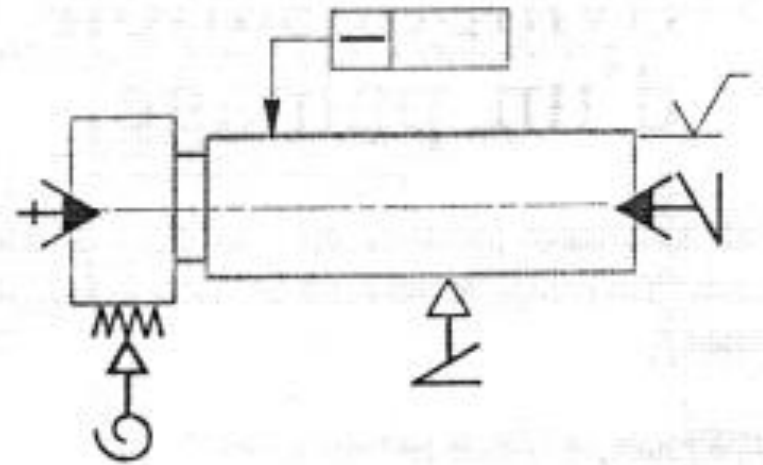


Mise en position axiale et radiale par une pointe fixe et une contrepointe à réglage irréversible.

■ Butée sur la pointe fixe.

■ Entraînement par un dispositif flottant, à serrage concentrique et à contacts striés.

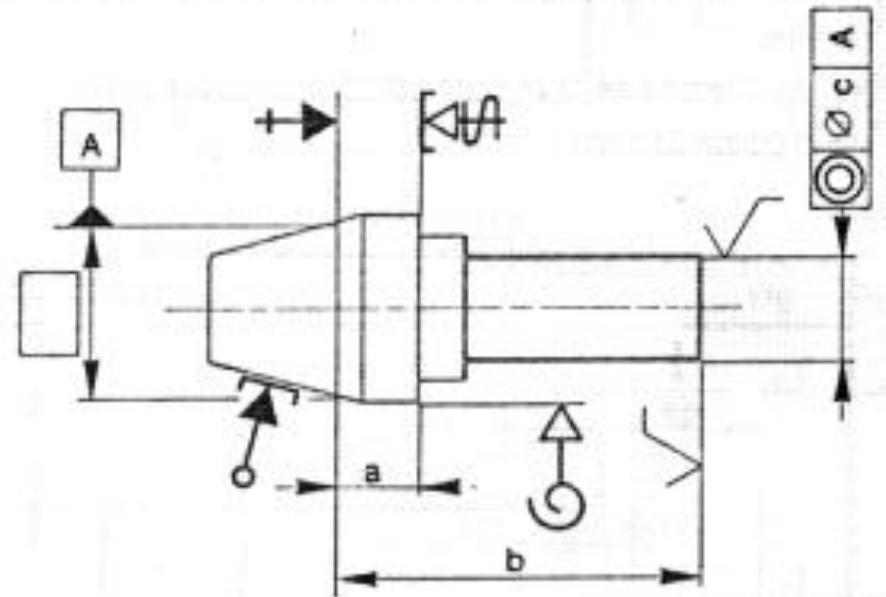
■ Lunette à suivre pour éviter une flexion excessive de la pièce sous les efforts de coupe (tolérance de rectitude).



■ Centrage long sur la surface conique usinée et butée fixe au niveau du plan de jauge (cotes **a**, **b** et tolérance de coaxialité **c**).

■ Serrage s'exerçant sur une surface usinée par un dispositif à contact plan.

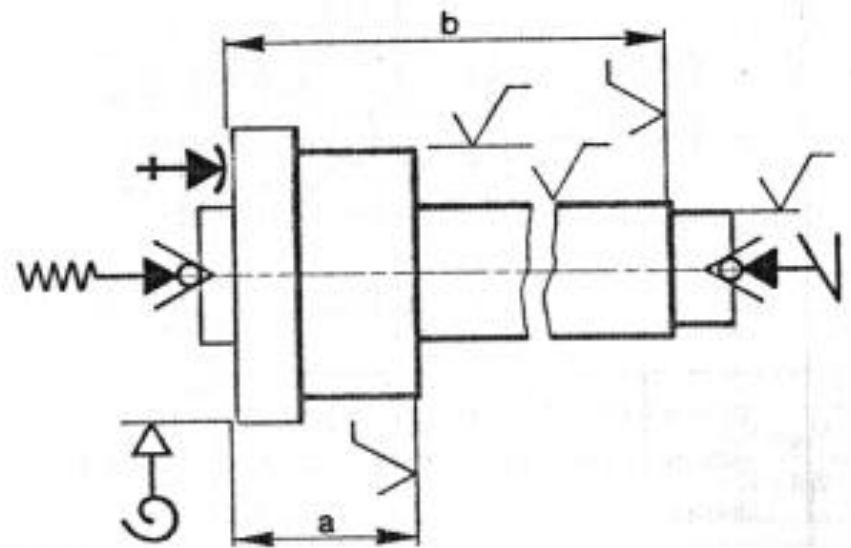
■ Entraînement par un dispositif flottant, à serrage concentrique et à contacts lisses.



- Mise en position radiale par une pointe tournante à ressort et par une contrepointe tournante à réglage irréversible.

- Butée sur une surface usinée par une touche fixe à contact ponctuel (cotes **a** et **b**).

- Entraînement par un dispositif flottant, à serrage concentrique et à contacts lisses.

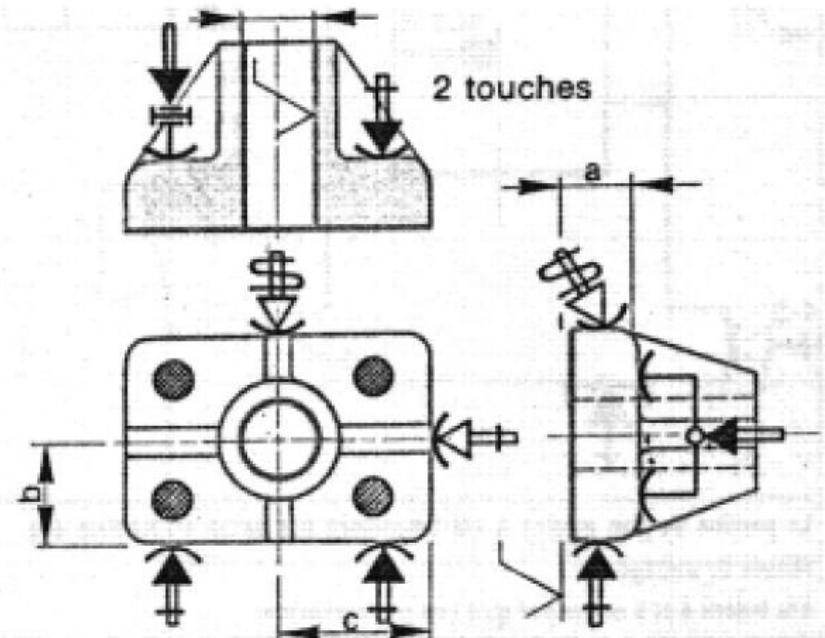


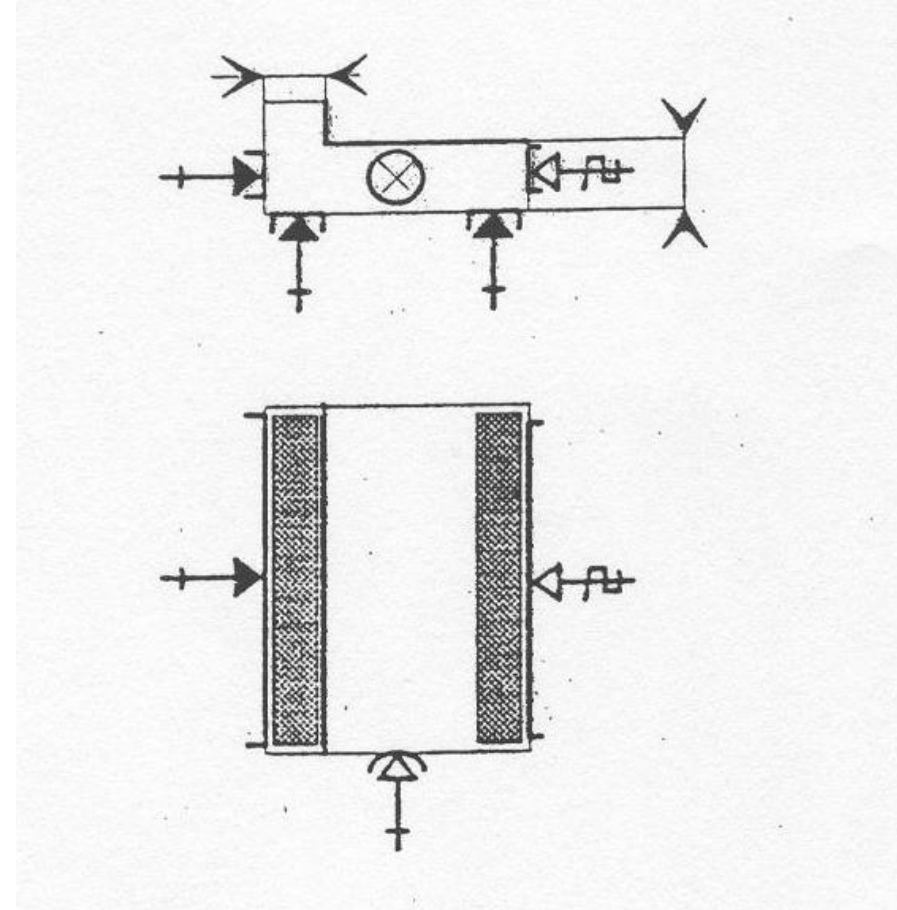
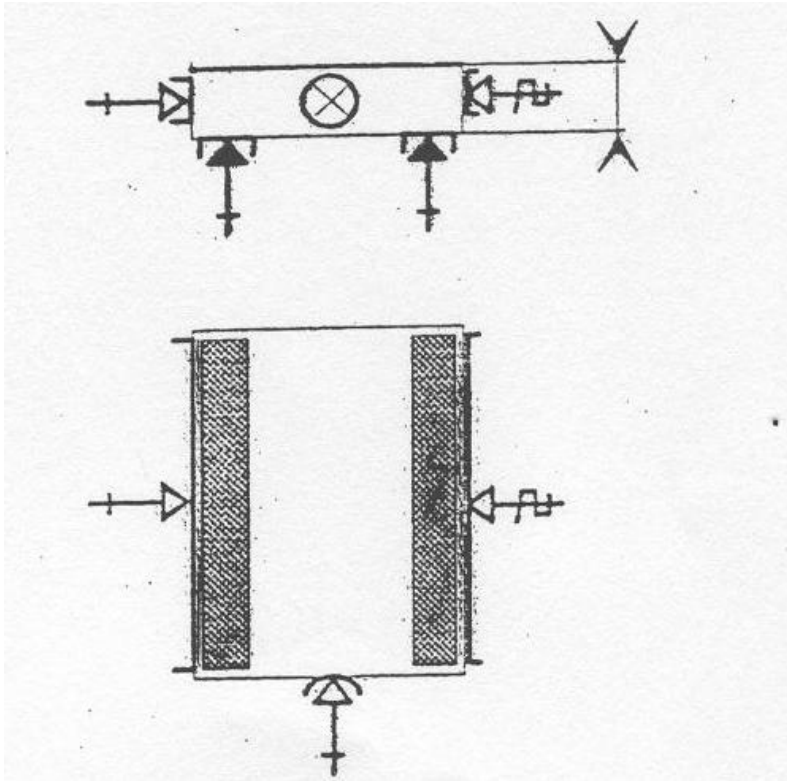
- Appui sur une surface brute par deux touches fixes et deux touches palonnées à contacts ponctuels (cote **a**).

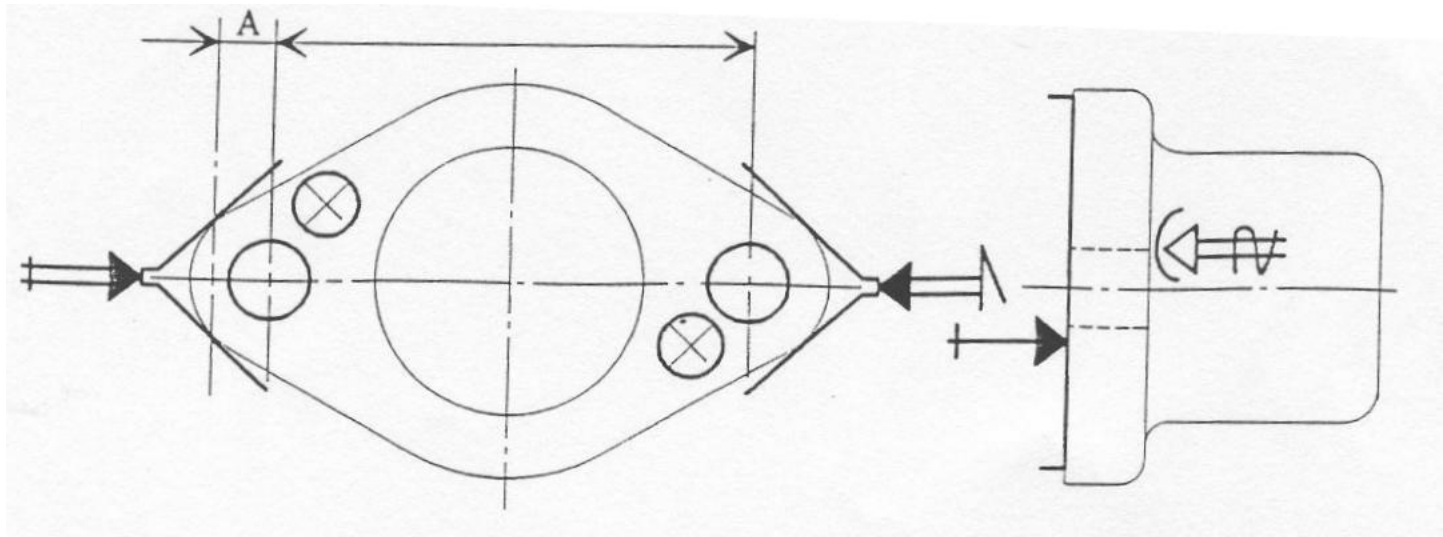
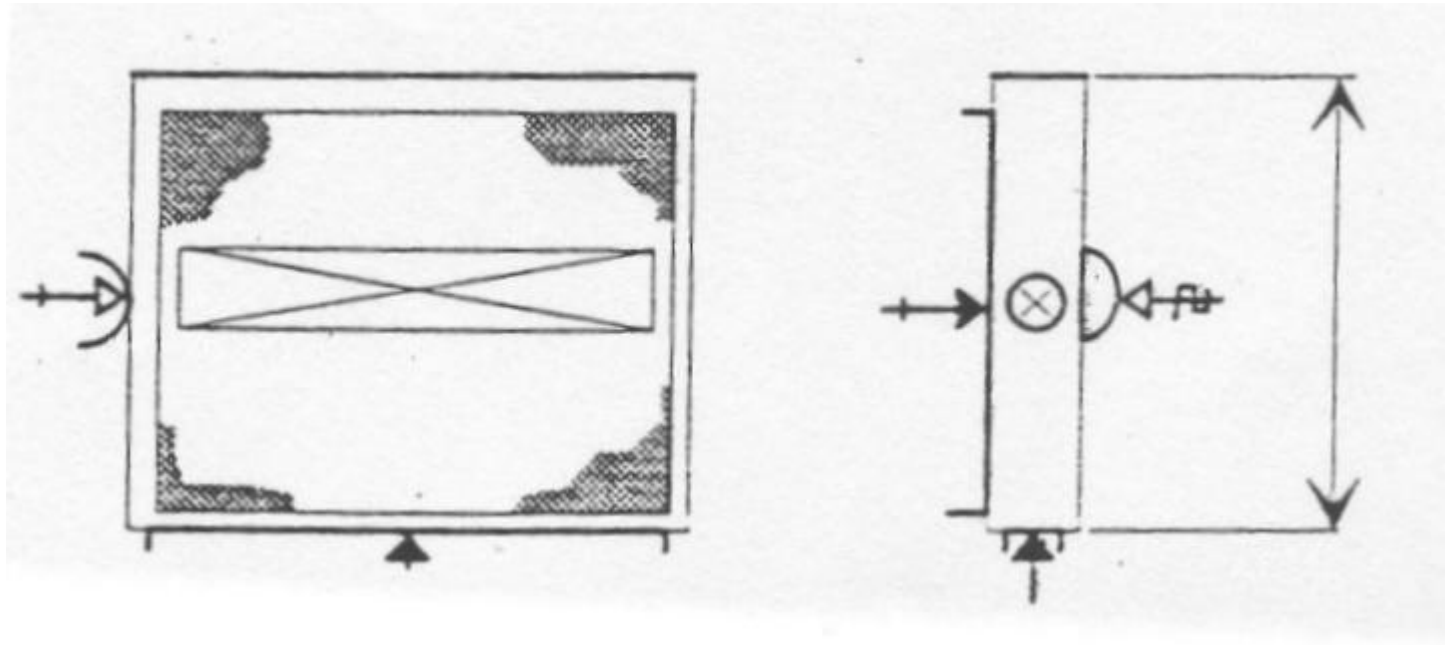
- Orientation sur une surface brute par deux touches fixes à contacts ponctuels (cote **b**).

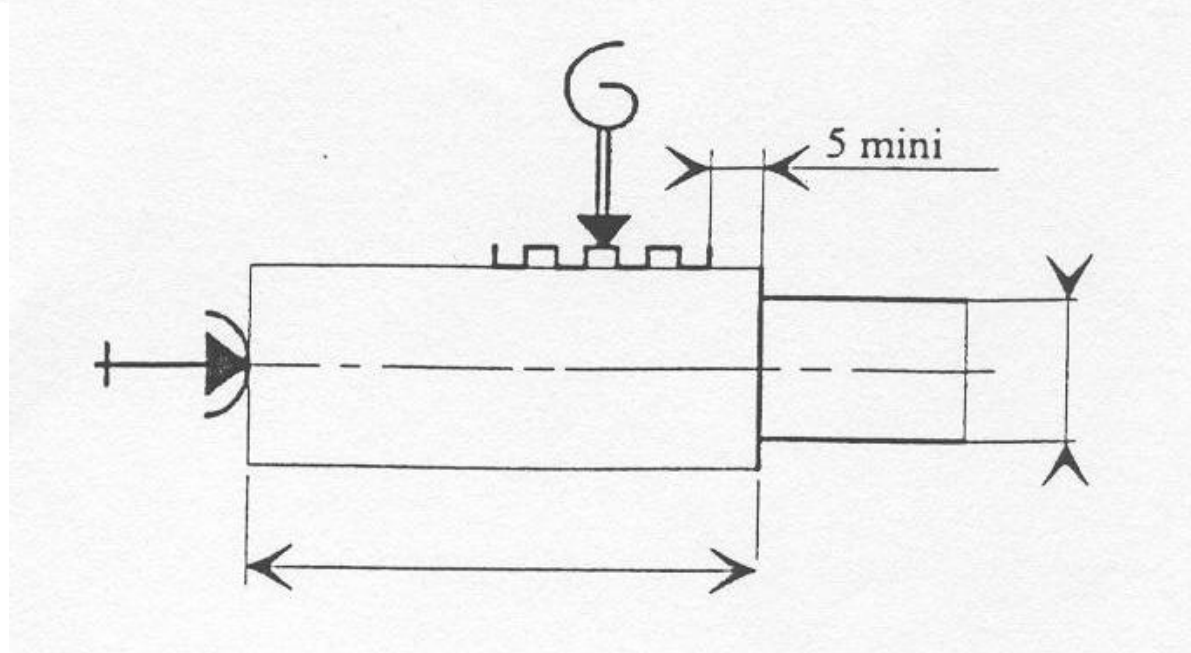
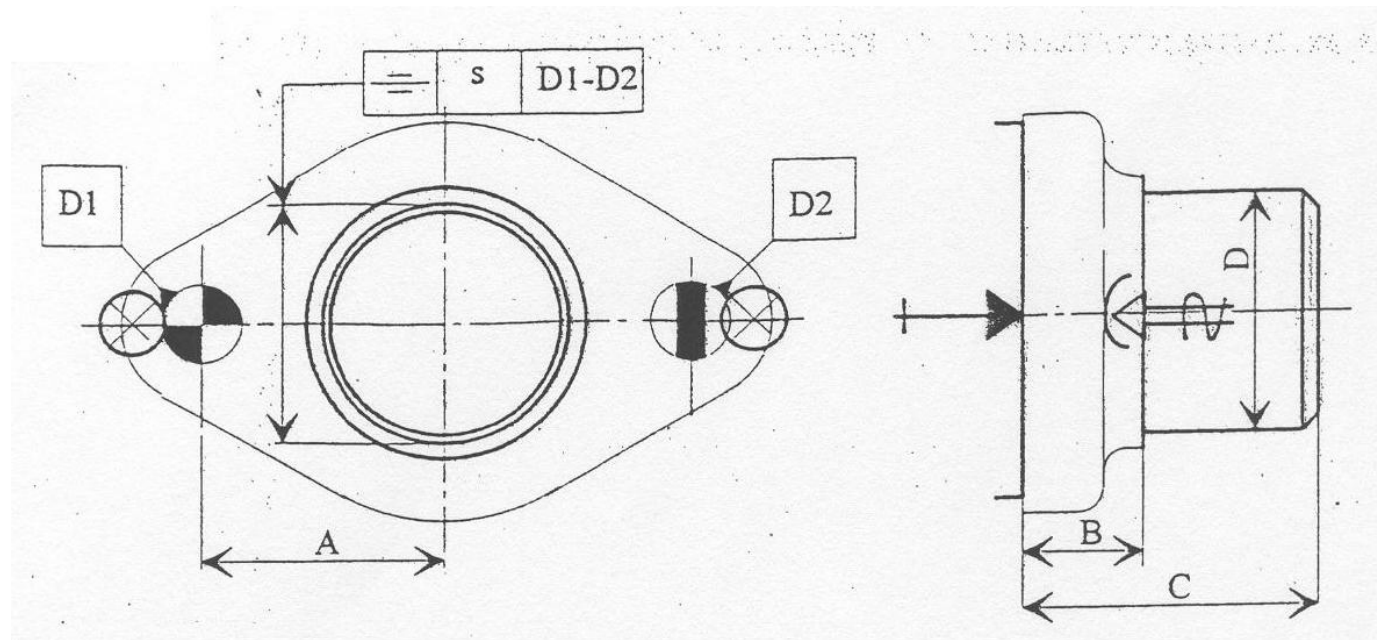
- Butée sur une surface brute par une touche fixe à contact ponctuel (cote **c**).

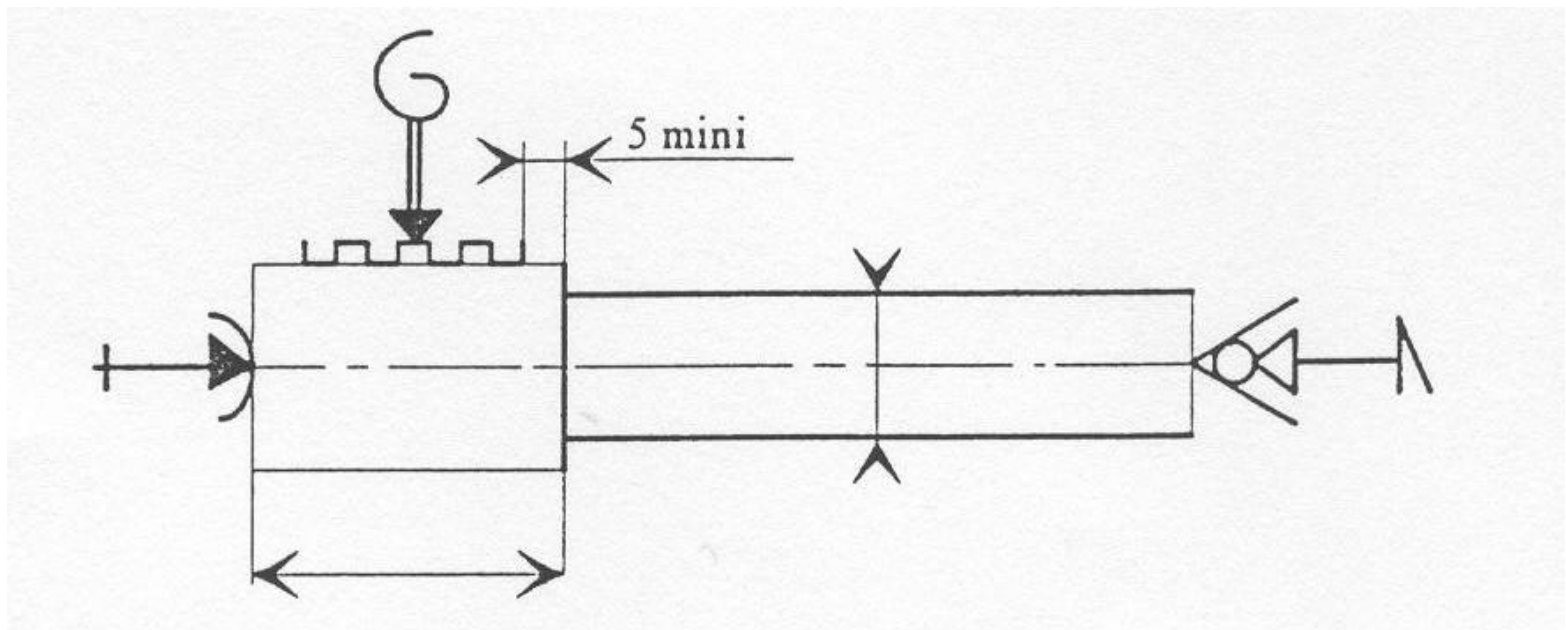
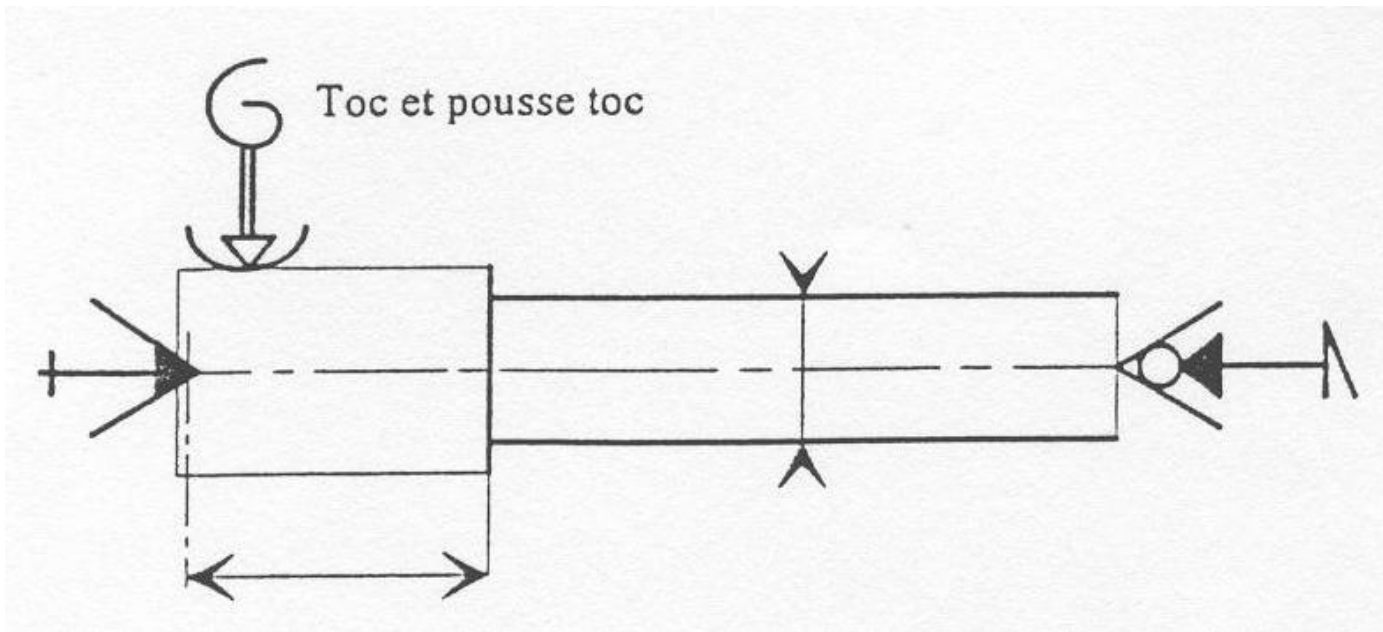
- Serrage sur une face brute par un dispositif à contact ponctuel.



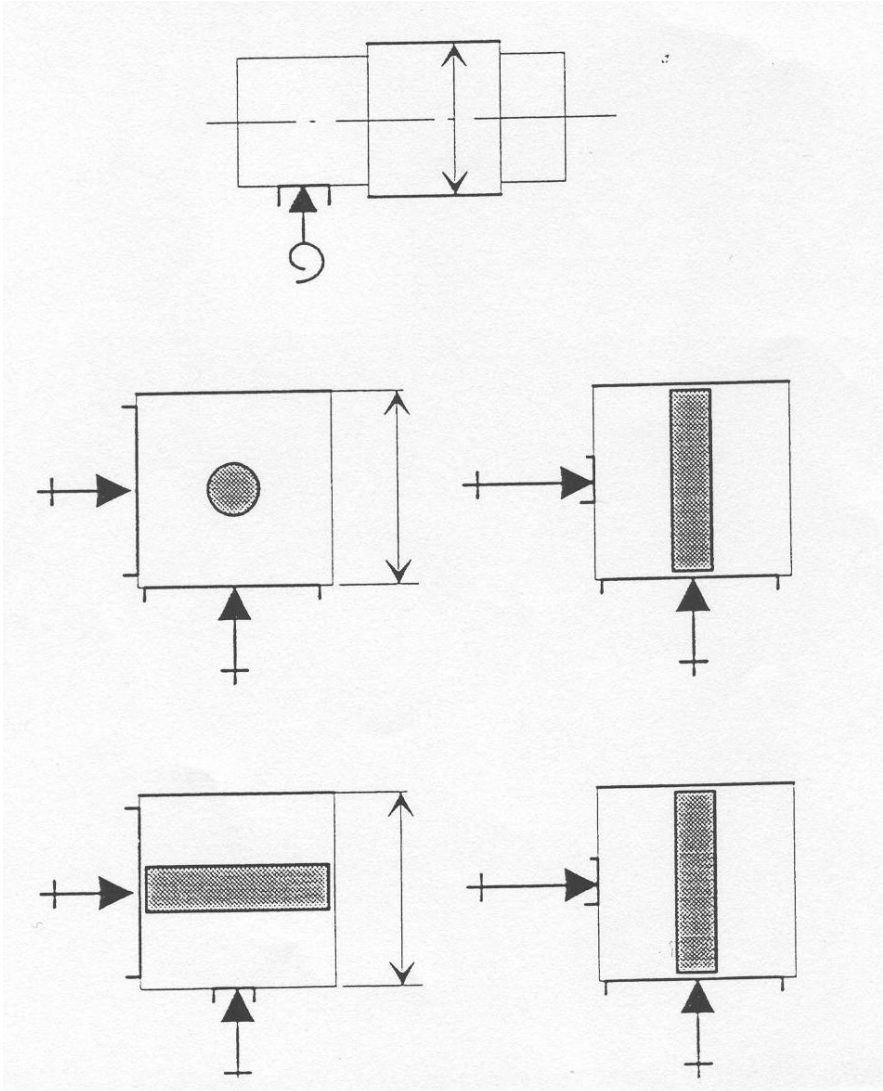




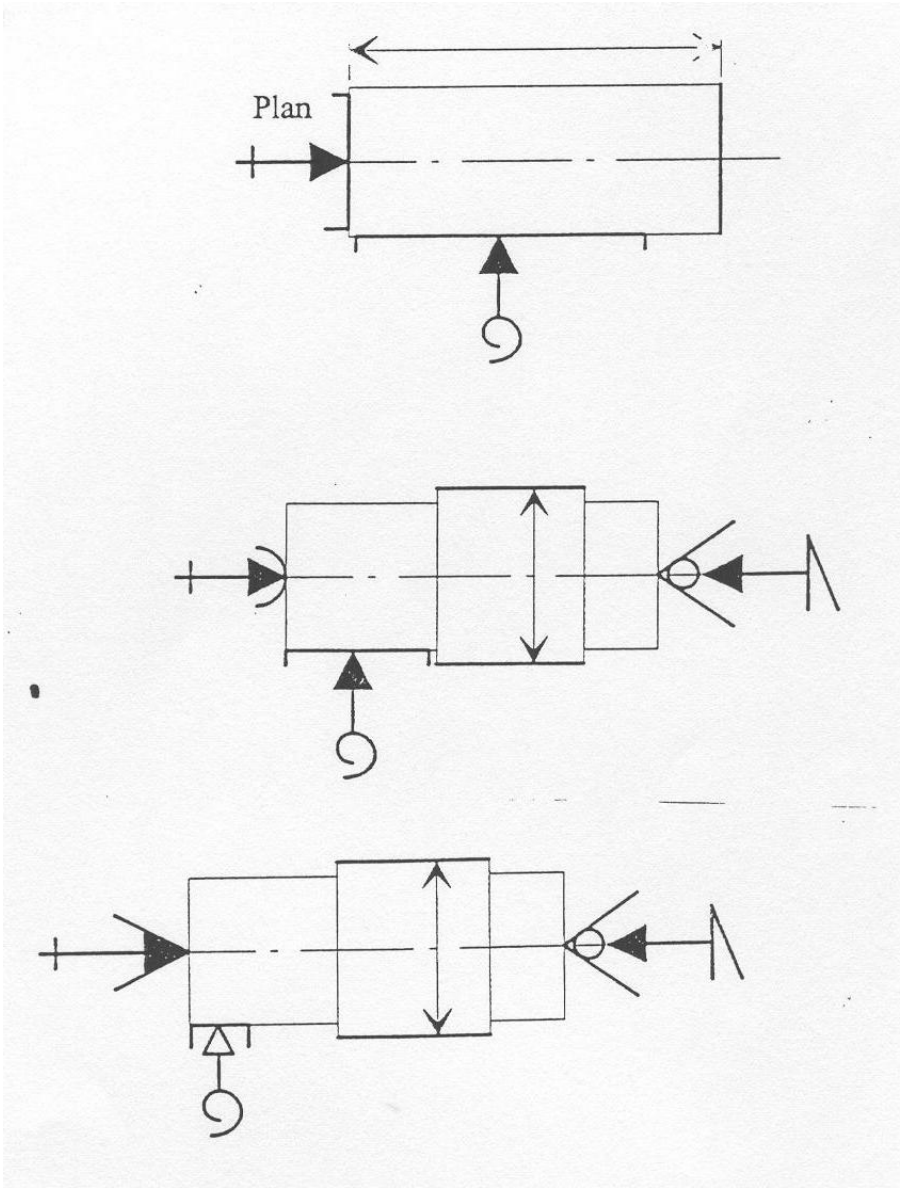




EXERCICES BON/PAS BON?



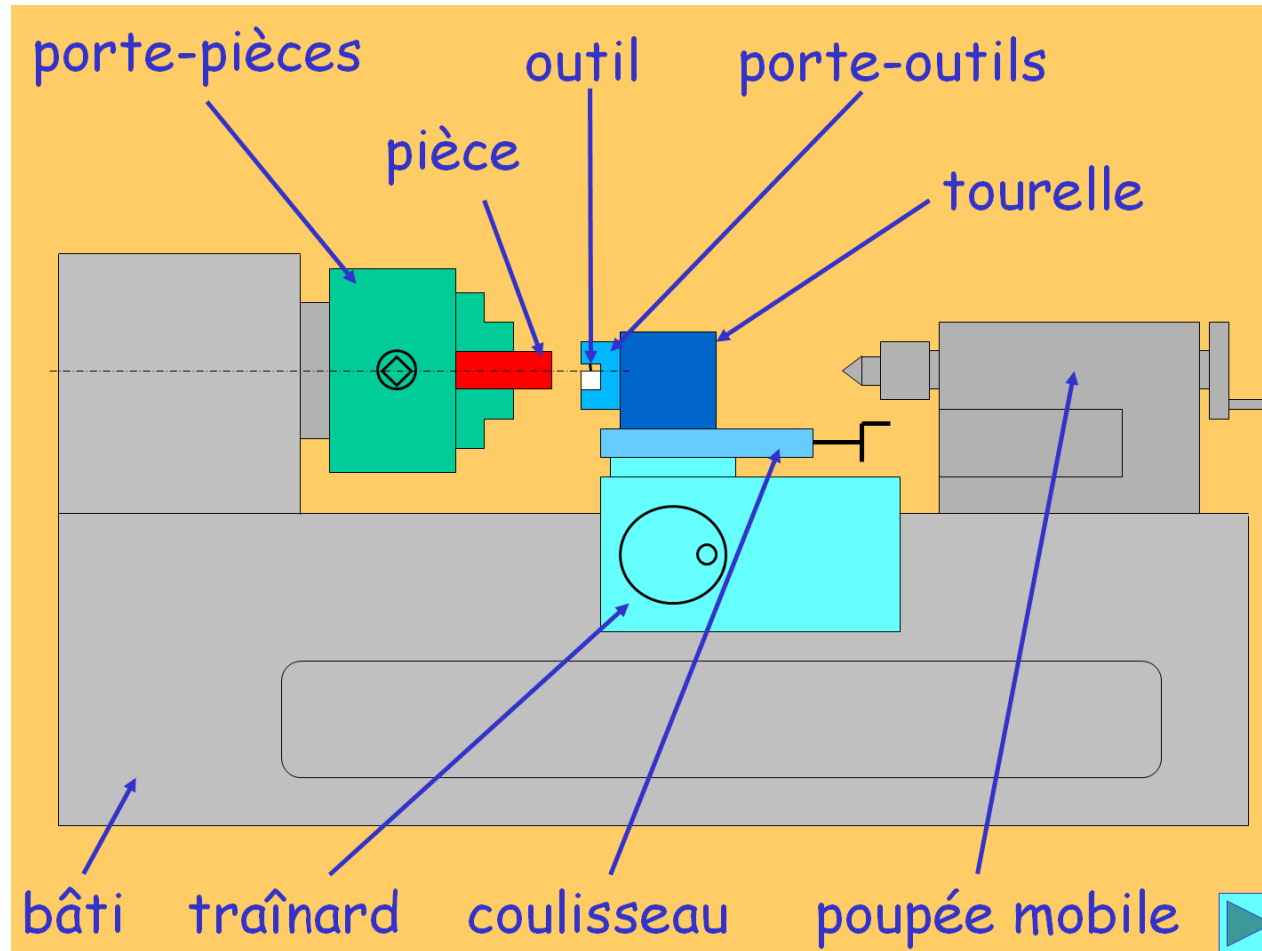
EXERCICES BON/PAS BON?



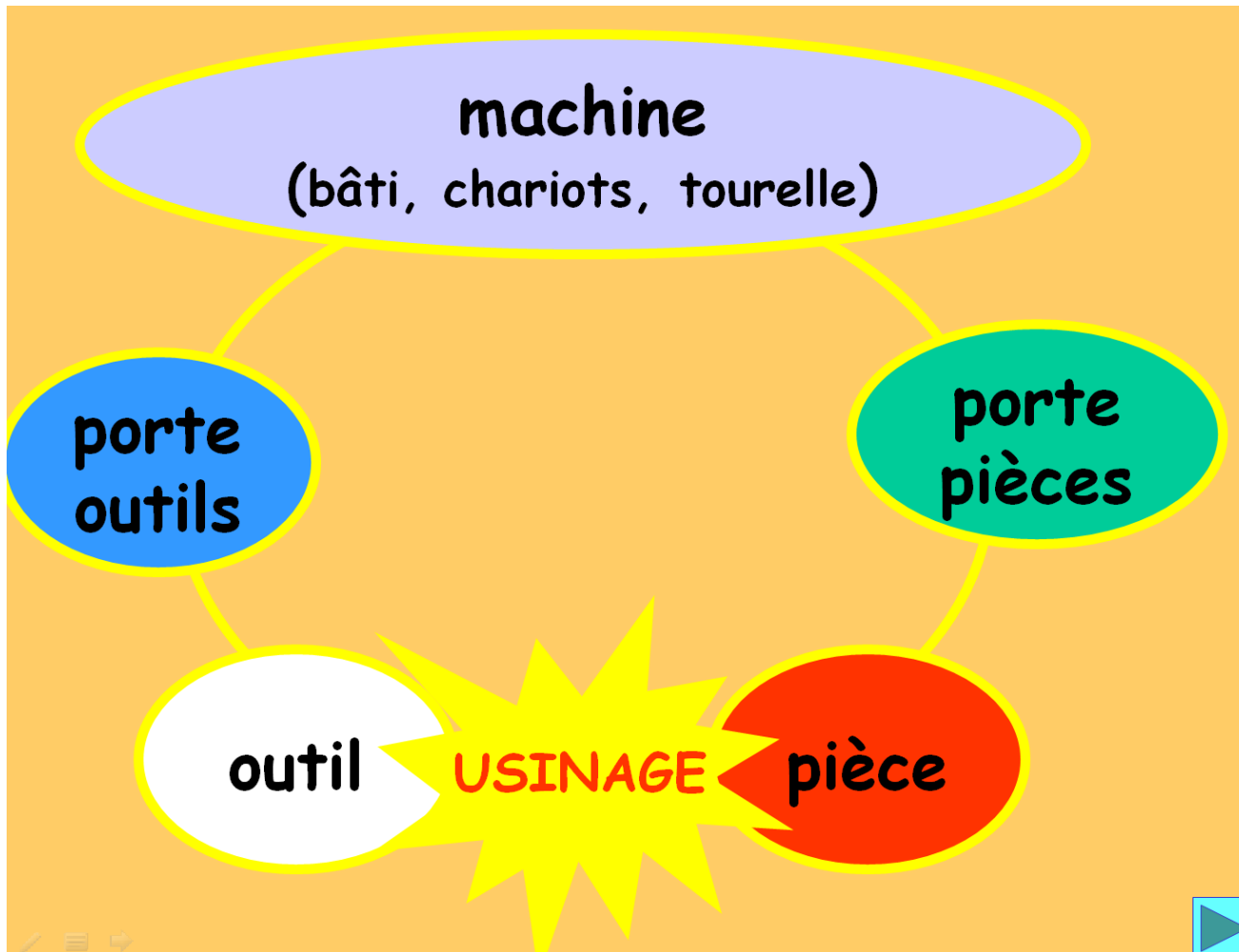
PARTIE 4: LIAISONS ENTRE LA PIÈCE, LE PORTE-PIÈCE ET LA MACHINE

I. Modélisation d'une Machine outils

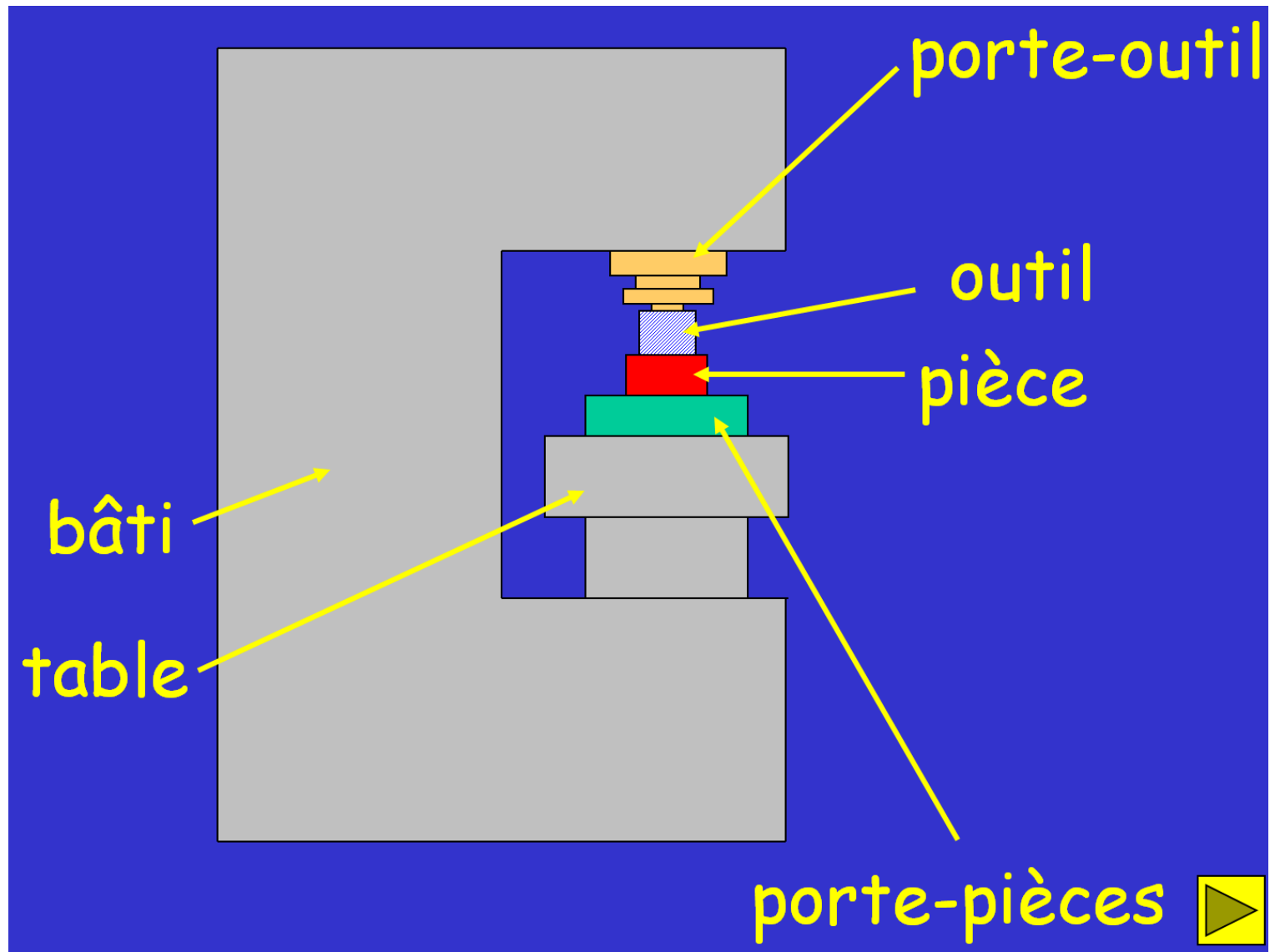
I. Tour



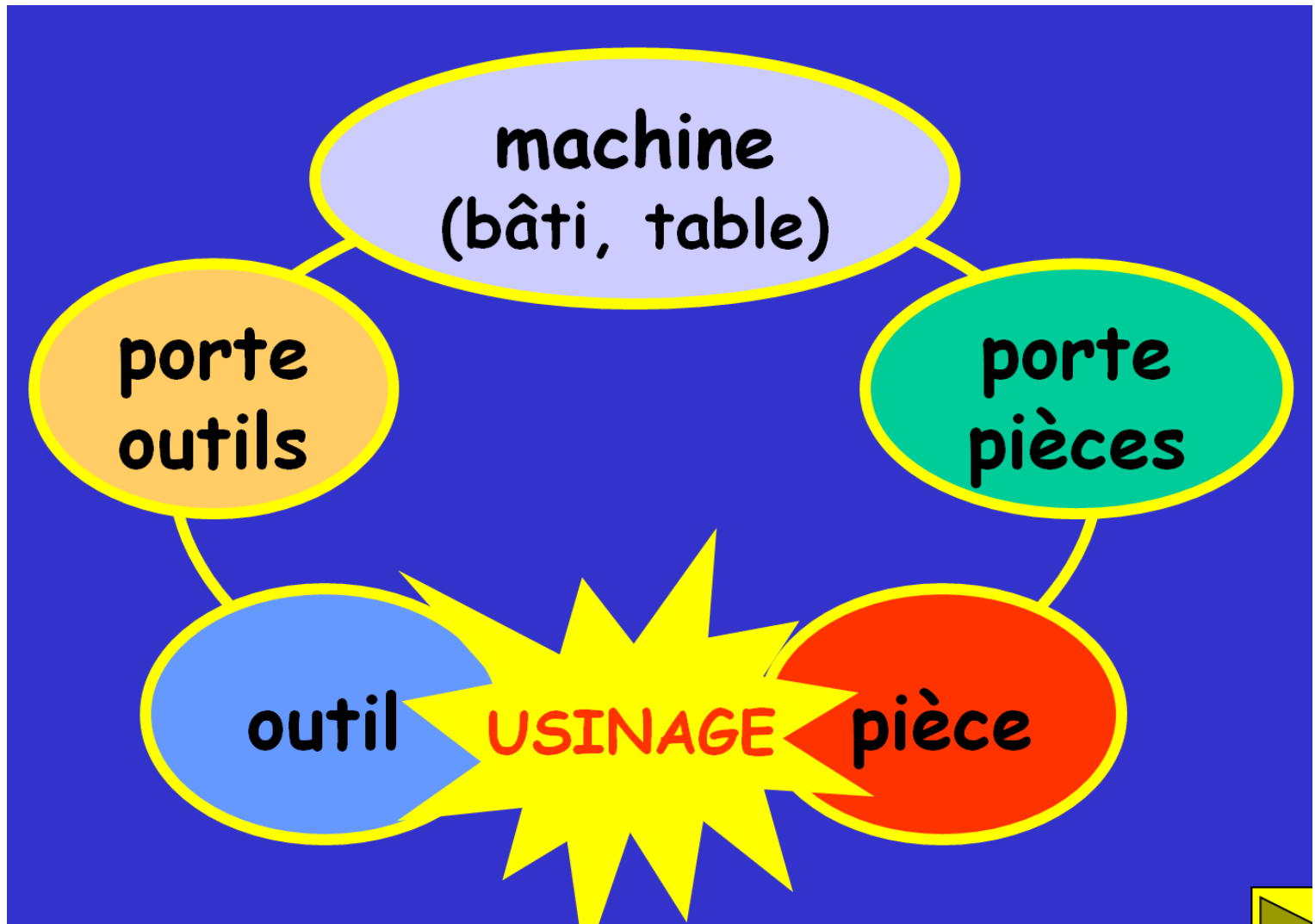
I.Tour



2. Fraiseuse



2. Fraiseuse



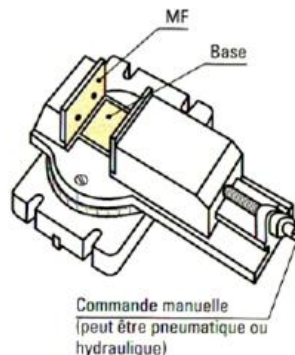
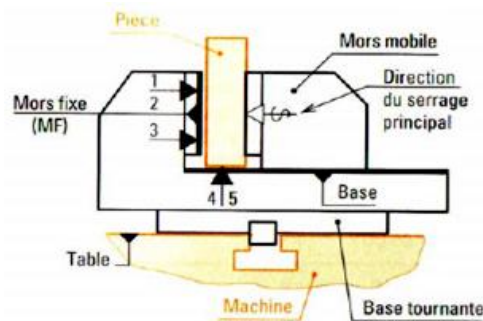
II. TYPOLOGIE DES PORTES PIÈCES:

On trouve généralement trois types de porte pièces qui sont couramment utilisés en production

I. PORTE-PIÈCE STANDARD

Ces composants sont disponibles dans le commerce. Ils sont généralement polyvalents et permettent la mise en position et le maintien de pièces de géométrie simple. Ils conviennent pour le travail unitaire et pour un travail sériel en lot unique

Exemples : étau, mandrin, table à dépression, plateau magnétique, étaux combinés...



EXEMPLES DES PPS EN TOURNAGE

porte pièces standards



mandrins

montages mixtes

montages entre pointes

montages en pinces

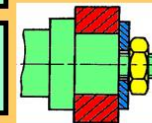
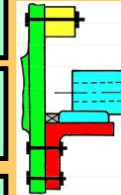
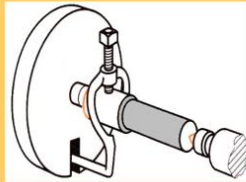
montages sur plateau

montages sur équerre

mandrins expansibles

mandrins de reprise

plateaux magnétiques



EXEMPLES DES PPS EN FRAISAGE

étaux

ablocage sur table

plateaux tournants

mandrins diviseurs

porte pinces

plateaux pivotants

tables sinus

plateaux magnétiques

EXEMPLES DES PPS

À l'aide d'un étau



L'étau simple est le plus répandu. Fixé à la table de la fraiseuse ou à un autre dispositif de montage, il convient à une vaste gamme d'opérations de fraisage. Son montage est rapide et sécuritaire si l'on prend soin de ne pas trop le serrer afin d'éviter l'éjection de la pièce.



L'étau pivotant prend plusieurs formes. Il peut pivoter sur sa base.

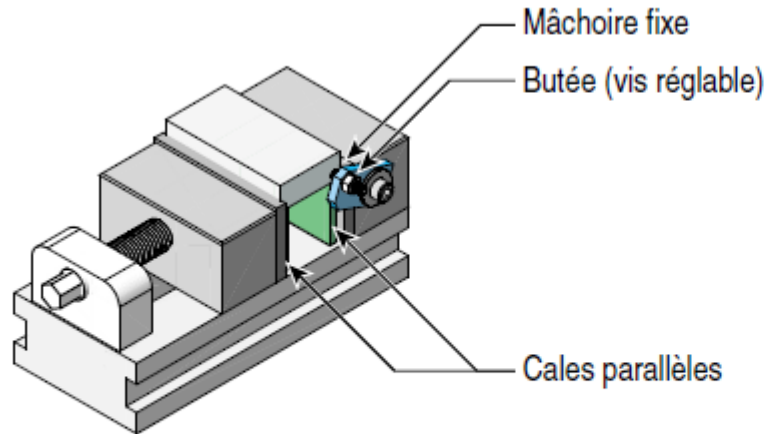


L'étau universel permet le fraisage et le perçage à des angles composés. Sa base, composée d'axes pivotants, lui accorde une liberté de mouvement pour la réalisation de pièces complexes.

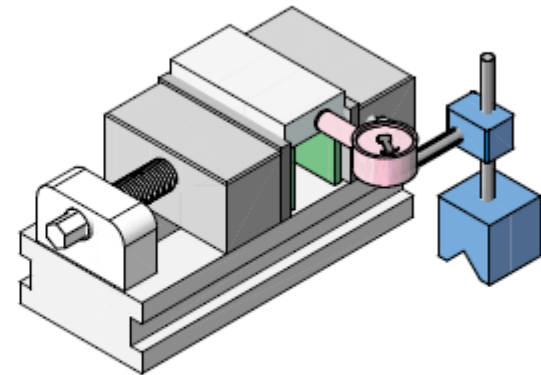


Certains étaux sont munis, sur leurs semelles, de rainures dans lesquelles on fixe une cale qui se localise dans l'une des rainures de la table de la fraiseuse. Ces rainures d'étaux permettent un positionnement rapide avec un degré de précision respectable, que ce soit perpendiculairement ou parallèlement à la table de la fraiseuse.

EXEMPLES DES PPS



Il est recommandé d'ajouter une butée latérale pour la localisation rapide de pièces. En usinage, il importe de pouvoir démonter la pièce et de la repositionner au même endroit.



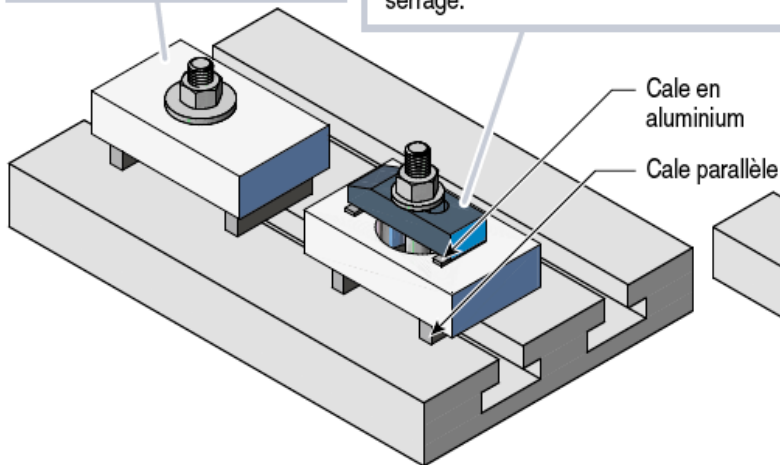
Lorsque le positionnement exige une certaine précision, utiliser une base magnétique munie d'un comparateur à cadran pour réaliser l'usinage de pièces unitaires.

EXEMPLES DES PPS

À l'aide de brides

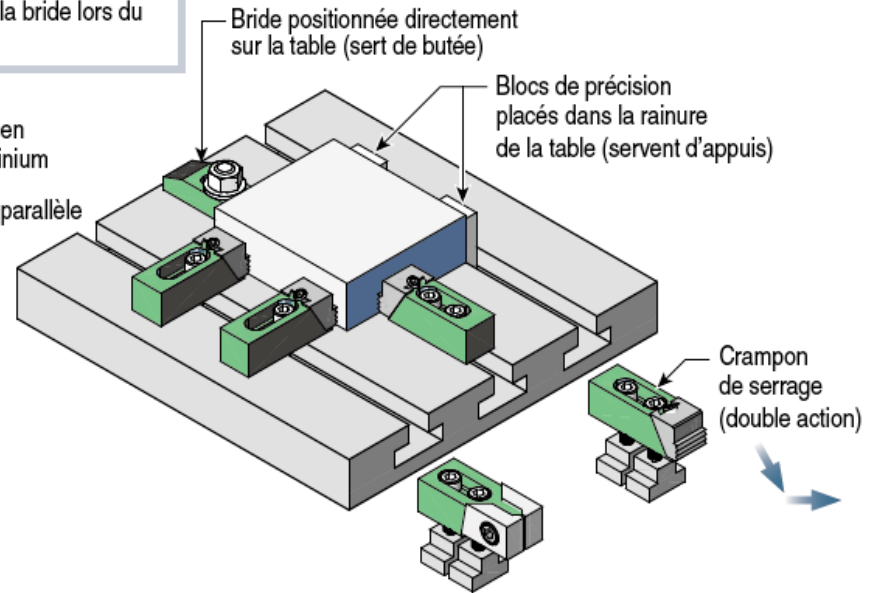
Montage à l'aide d'un trou dans la pièce

Attention à la déformation lors du serrage!



Montage à l'aide d'une bride

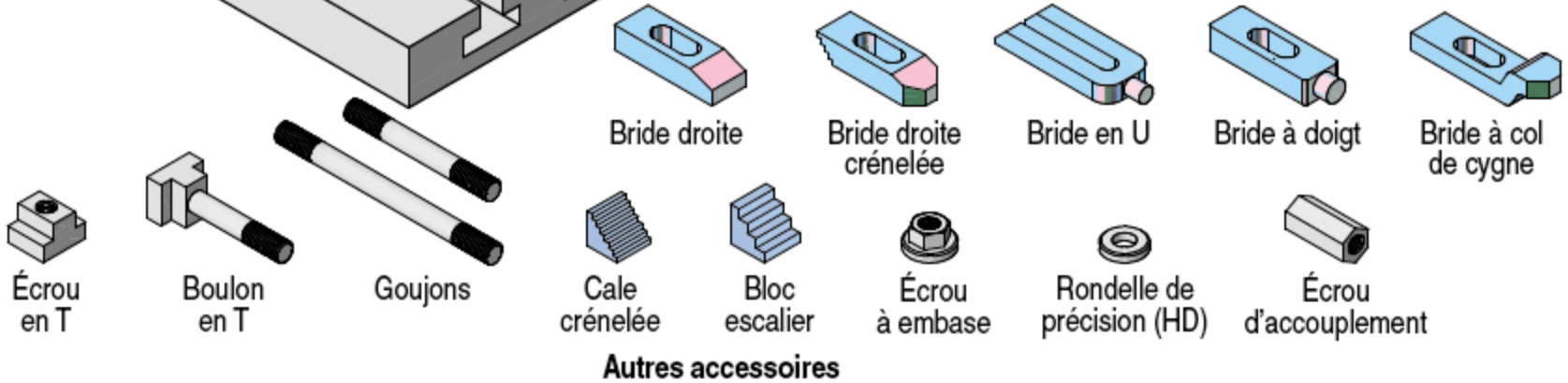
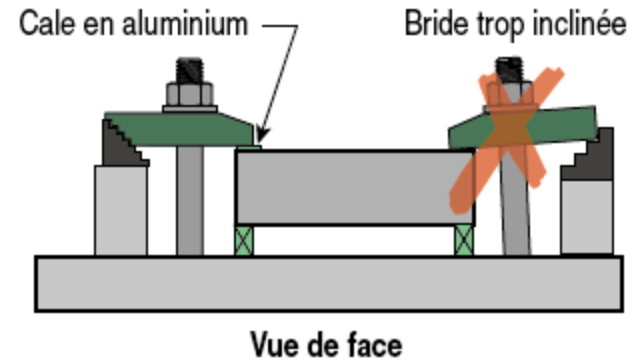
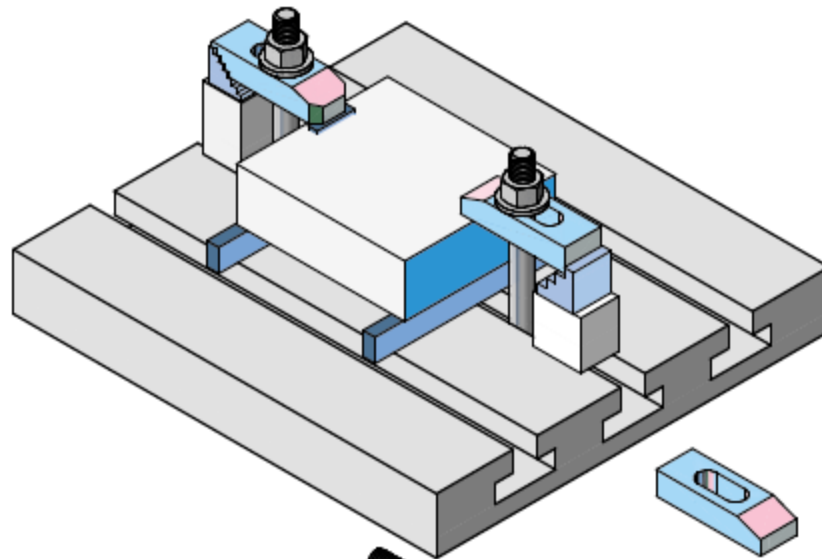
Attention, on doit placer des cales en aluminium directement au-dessus des cales parallèles pour compenser les déformations de la bride lors du serrage.



Autre modèle de crampon de serrage

Bridage à l'aide de crampons de serrage

EXEMPLES DES PPS



Bridage à l'aide de brides et de blocs escalier (méthode la plus répandue)

EXEMPLES DES PPS

À l'aide d'une équerre de montage



Standard

- Précision et fini moyens
- Perpendicularité de $\pm 0,05$ mm aux 150 mm ($\pm 0,002$ po aux 6 po)
- Si l'équerre est rectifiée : perpendicularité de $\pm 0,01$ mm aux 150 mm ($\pm 0,0005$ po aux 6 po)
- Usinage général sur machines-outils



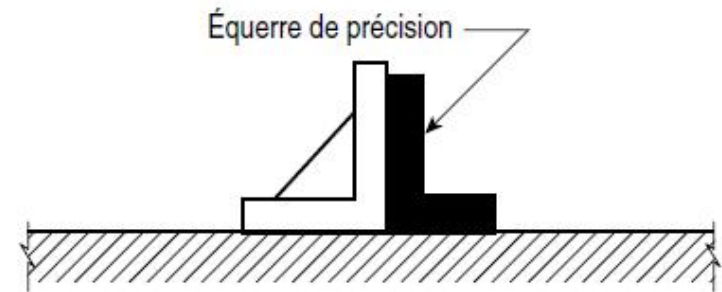
Ajustables

- Pour un montage angulaire
- Munies de rainures en T pour l'utilisation de brides de serrage



À angles composés

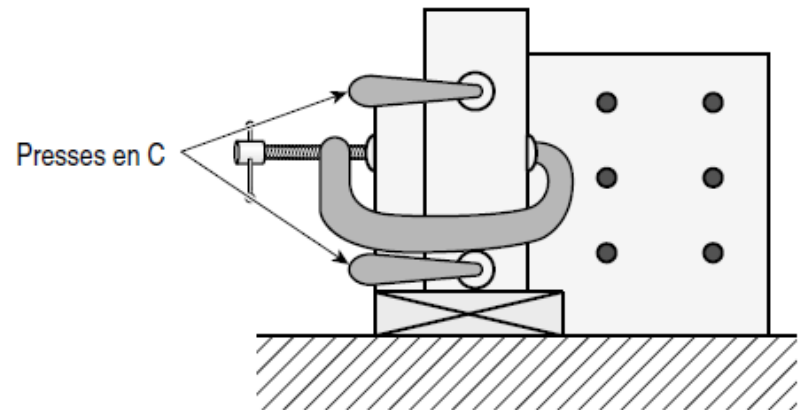
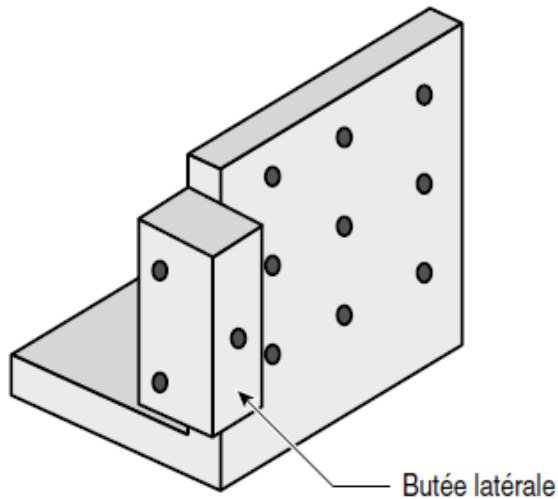
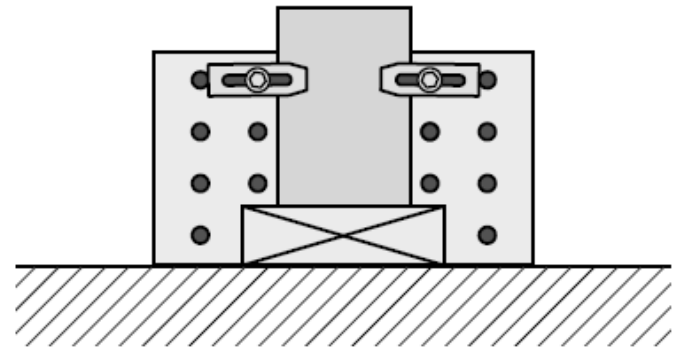
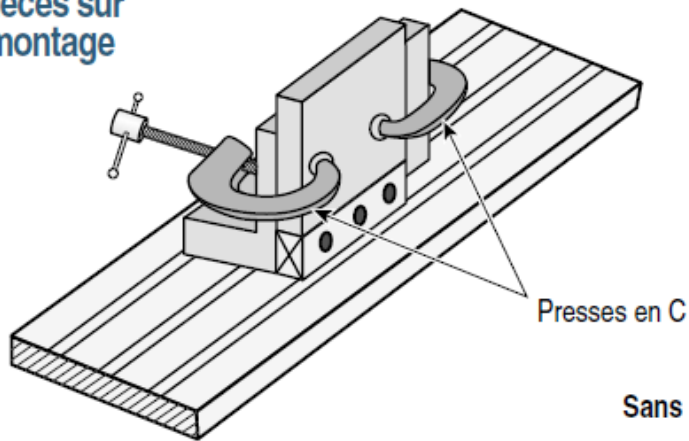
- Usinée en une seule pièce en acier traité
- Bride de serrage incorporée
- Usinage de petites pièces à double perpendicularité



Vérification de la perpendicularité de l'équerre de montage à l'aide d'une équerre de précision

EXEMPLES DES PPS

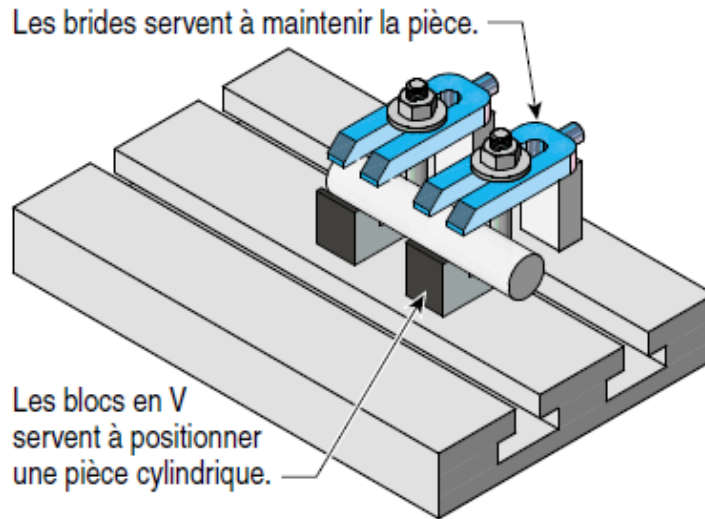
Serrage de pièces sur l'équerre de montage



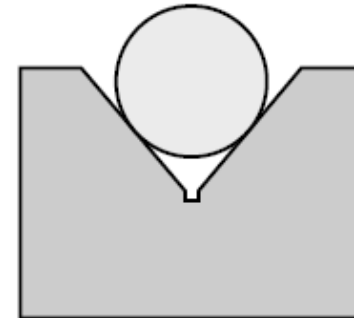
Avec butée latérale pour assurer une perpendicularité sur les deux axes

EXEMPLES DES PPS

À l'aide de blocs en V



Positionnement et maintien de pièces cylindriques



Correct

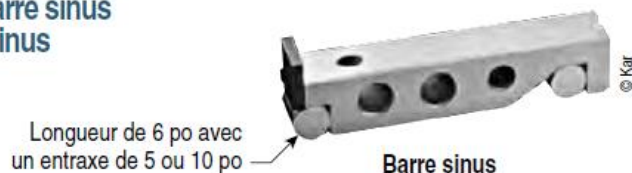


Incorrect

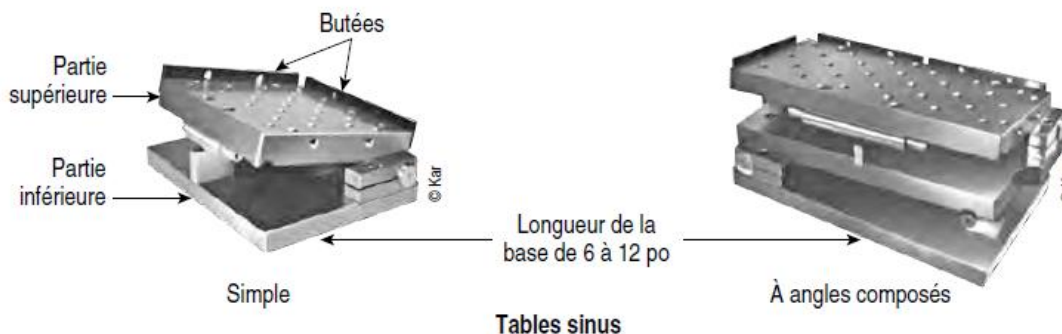
Lors du positionnement d'une pièce à usiner, s'assurer qu'elle est en contact avec les parois du bloc et non avec ses arêtes.

EXEMPLES DES PPS

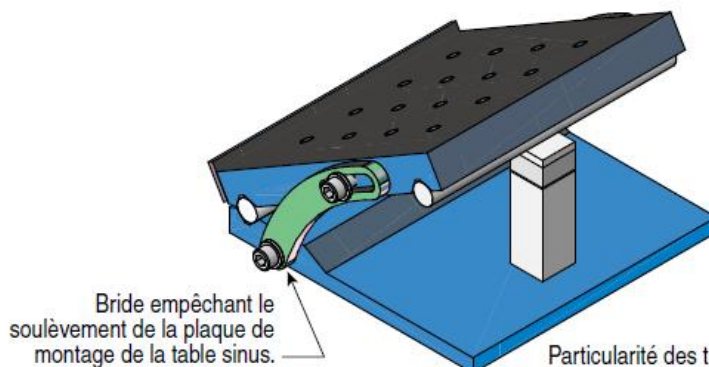
À l'aide d'une barre sinus ou d'une table sinus



Offre une précision remarquable pour les petites pièces étroites ou pour des montages angulaires.



Offre une précision remarquable pour des pièces de grandes dimensions.



Particularité des tables sinus :
En position parallèle, il y a un espace libre pour ajuster un angle dont la hauteur nécessaire est plus petite que l'épaisseur minimale d'une cale.

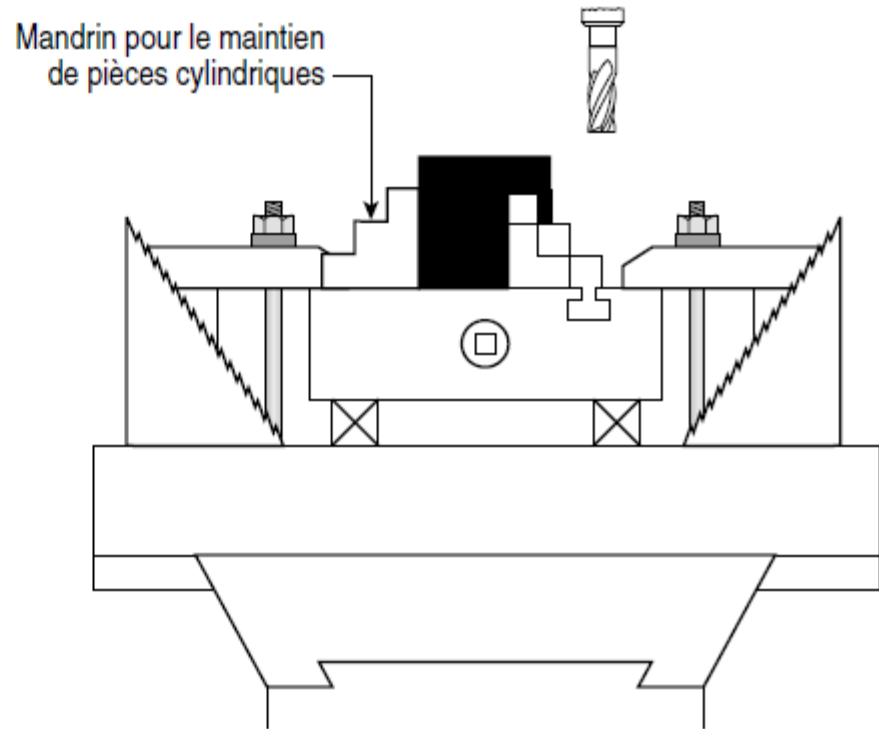
Des cales étalons permettent de positionner la barre et la table sinus à l'angle voulu. Il est préférable d'utiliser des cales d'usure aux extrémités du montage ($2 \times 0,050$) afin de garder la précision et la durabilité du jeu.

Montage des cales de la table sinus

EXEMPLES DES PPS

À l'aide de mandrins de tour

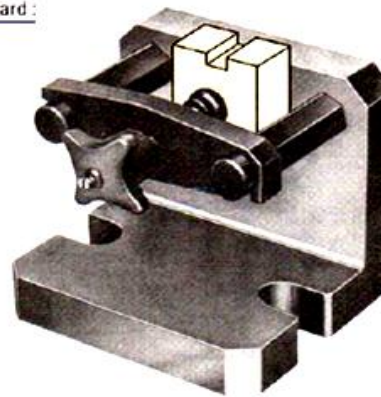
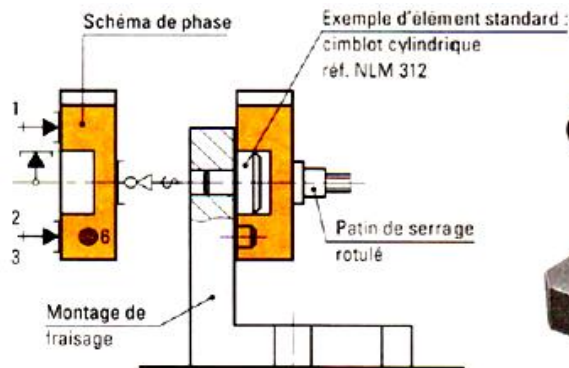
Il est possible de brider les mandrins à la table de la fraiseuse pour soutenir la pièce. Certains modèles de mandrins sont munis de mors mous qui en permettent l'usinage afin d'épouser parfaitement le contour.



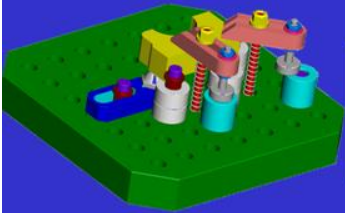
2. PORTE PIÈCE SPÉCIFIQUE

Spécifique généralement à une suite d'opérations d'une sous-phase ou d'une phase. Ils conviennent pour les fabrications de moyennes et grandes séries répétitives. Ces porte-pièces ont généralement pour éléments de base des ensembles moulés ou mécano-soudés et utilisent le plus possible des composants standards. Ces porte-pièces ont donc une structure figée dans le temps.

Exemples : montages de fraisage, de tournage, de perçage...



porte pièces spécifiques



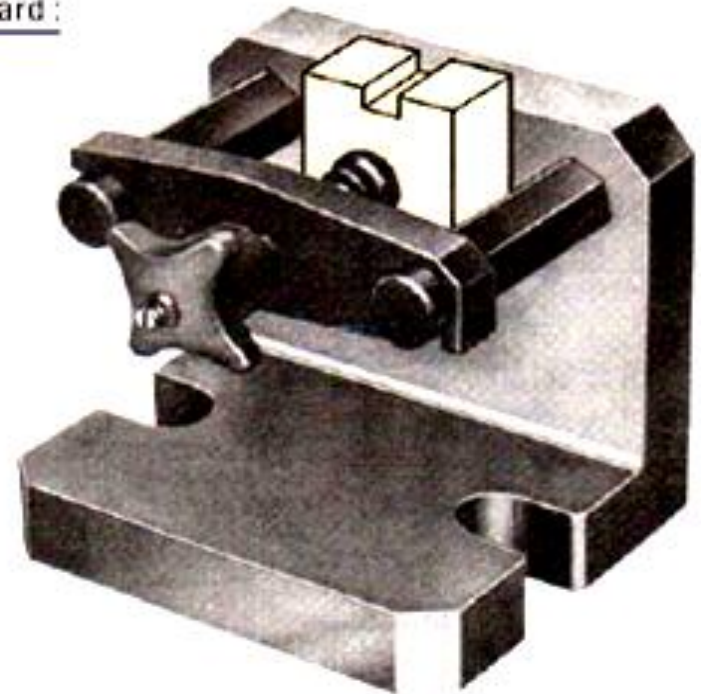
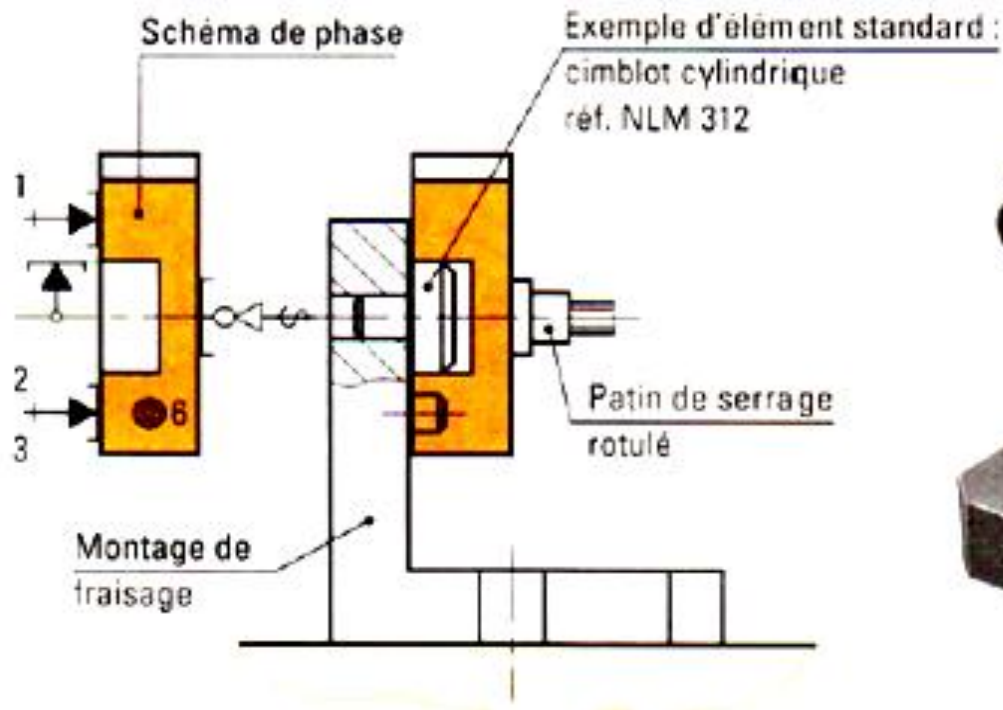
montages modulaires



montages fabriqués



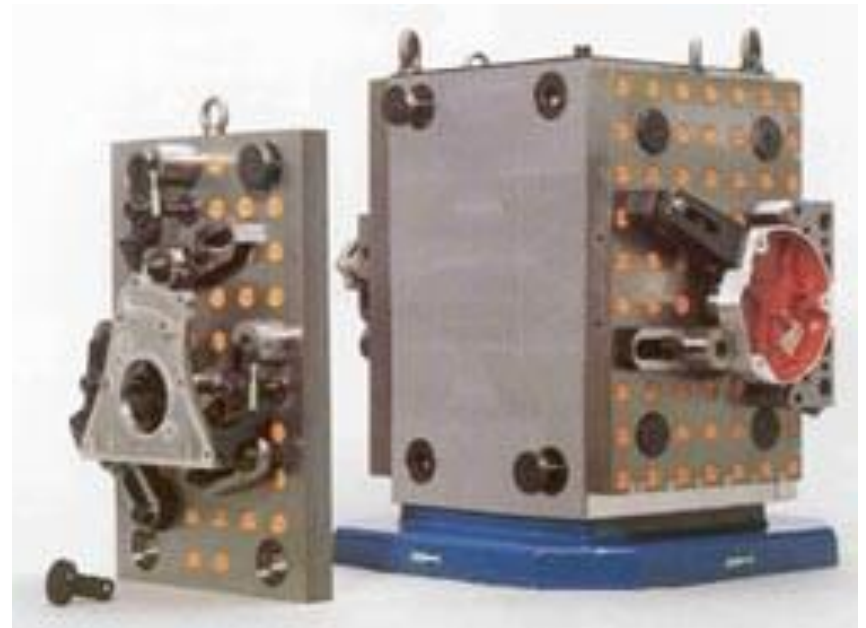
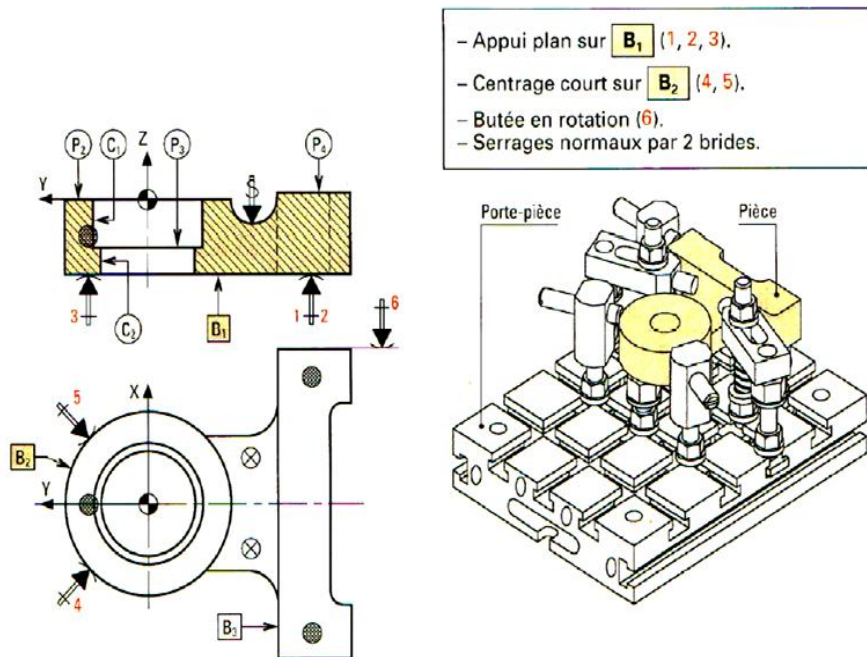
Représentation



3. PORTE PIÈCE MODULAIRE

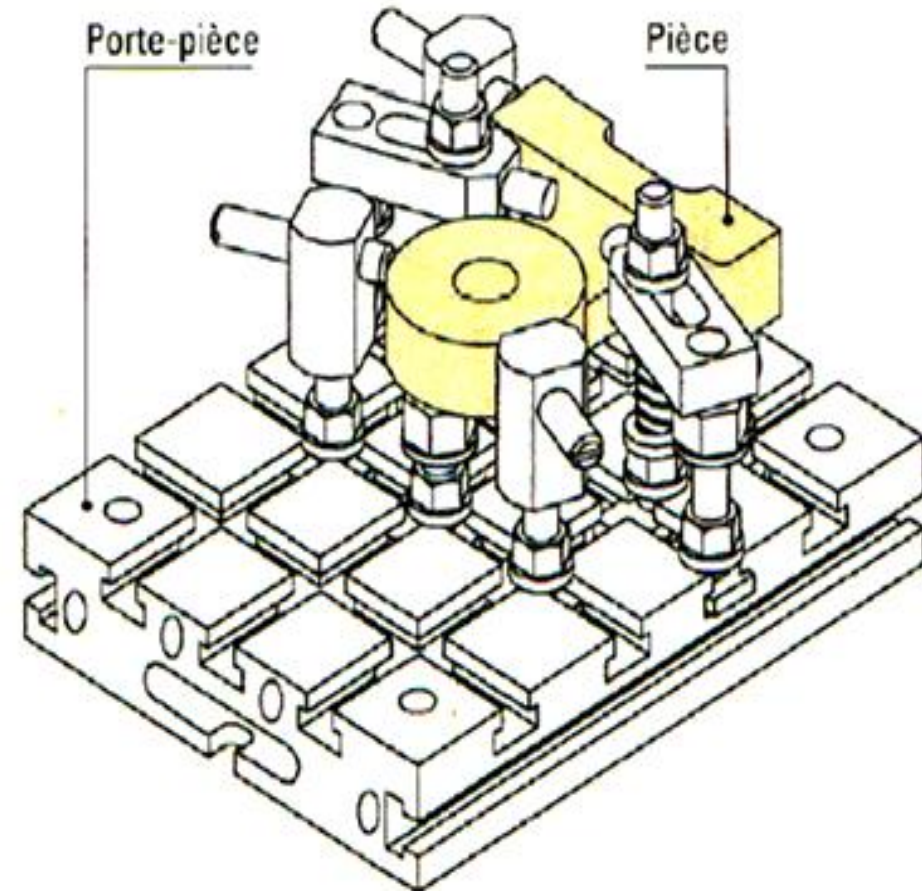
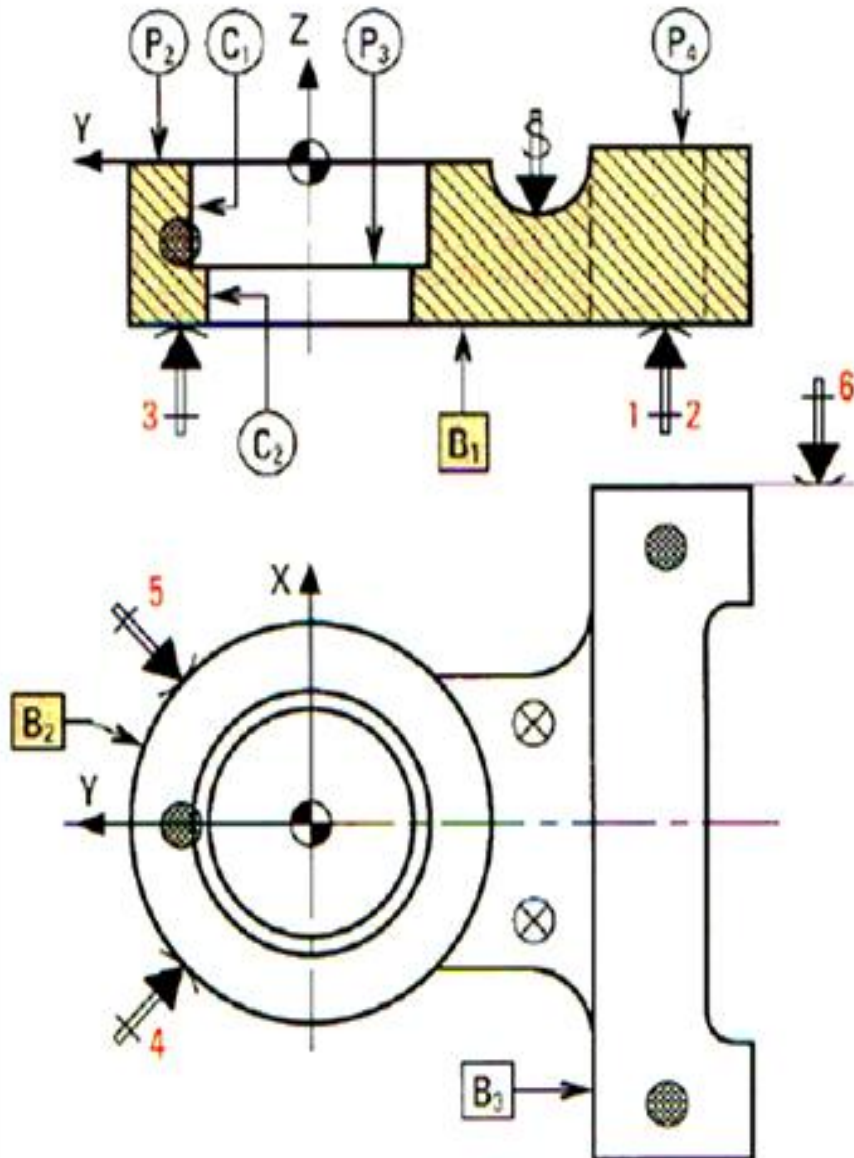
Dédiés généralement à une suite d'opérations d'une sous-phase ou d'une phase. Par combinaison d'éléments modulaires tels que plaque, appui, support, etc. Il est possible de réaliser un porte-pièce à structure modulable dans le temps.

Exemples : montage de fraisage, de perçage





- Appui plan sur **B₁** (1, 2, 3).
- Centrage court sur **B₂** (4, 5).
- Butée en rotation (6).
- Serrages normaux par 2 brides.



III. ETUDES COMPARATIFS DES DIFFÉRENTS PORTE-PIÈCES

Table I

		Caractéristiques						
		Type de production	Flexibilité	Facilité de mise en oeuvre	Aptitude à s'adapter à un changement morphologique de la pièce	Possibilité d'utilisation pour un autre type de pièce	Rapidité de relance d'une production	Réduction délai fabrication
Type de porte-pièces								
Standard	Unitaire Petites séries uniques	+	++	-	+	+	+	Faible
Dédié modulaire	Unitaire Petites et moyennes séries	++	++	+	+	-	++	Important
Dédié spécifique	Moyennes et grandes séries	0	+	0	0	++	-	Faible à moyen

III. ETUDES COMPARATIFS DES DIFFÉRENTS PORTE-PIÈCES

Table 2

		Caractéristiques						
Type de porte-pièces	Type de conception							
	Temps d'étude							
		Temps de réalisation						
	Précision							
		Rigidité						
	Absorption des vibrations							
		Longévité						
	Facilité de stockage							
	Standard	Ensemble du commerce	Aucun	Aucun	-	+	-	++
Dédié modulaire	Éléments modulaires	Faible	Faible	++	-/+	-/+	+	++
Dédié spécifique	Assemblé Mécano-soudé	Important	Important	+	++	++	+	-

IV. Montage particulier des pièces:

- **Par Collage** à la résine pour le contrôle de pièce sur MMT (*Machine à Mesure Tridimensionnelle*)
- **Par Dépression** (*vide d'air, aspiration*)
- **Par Plateau magnétique** (*plutôt pour rectification*)
- **Par Adhésif double face**
- **Par Gel**