



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N 13 : USINAGE SUR MACHINES
OUTILS**

SECTEUR : ELECTROTECHNIQUE

**SPECIALITE : MAINTENANCE DES
MACHINES OUTILS ET
AUTRES MACHINES DE
PRODUCTION
AUTOMATISEES**

NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE

ANNEE 2007

Document élaboré par :

Nom et prénom

EFP

DR

KISSIOVA-TABAKOVA
Raynitchka

CDC Génie
Electrique

DRIF

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-
-

SOMMAIRE

<i>Présentation du Module</i>	6
<i>RESUME THEORIQUE</i>	7
1. DOSSIER DE FABRICATION	8
1.1. Composants d'un dossier de fabrication	8
1.1.1. Dessin d'ensemble et nomenclature	8
1.1.2. Dessin de définition de produit fini	8
1.1.3. Avant-projet d'étude du brut	9
1.1.4. Avant-projet d'étude de fabrication	9
1.2. Ordonnancement des opérations d'usinage	9
1.2.1. Définition de quelques termes	9
1.2.2. Contenu d'un contrat de phase	11
1.2.3. Application à la phase 20 : Tournage	14
2. REGLES DE PREPARATION DE L'USINAGE	15
2.1. Calculs nécessaires pour l'exécution des opérations	15
2.1.1. Vérification géométrique des machines-outils	15
2.1.2. Réglage des vitesses de coupe et d'avance	17
2.2. Réglage de l'équipement et de l'outillage utilisé	24
2.2.1. Réglage de l'étau	24
2.2.2. Correction des défauts d'usinage	27
2.2.3. Fixation sur les équipements	29
2.2.4. Recherche de la précision des exécutions	32
2.2.5. Rattrapage des jeux	32
3. TOURNAGE	34
3.1. Tour parallèle	34
3.1.1. Constitution d'un tour parallèle	35
3.1.2. Principales caractéristiques	37
3.1.3. Outils de tournage	38
3.2. Choix des outils de tournage	39
3.2.1. Identification des surfaces tournées	43
3.2.2. Profondeur de passe	45
3.3. Génération des surfaces tournées. Outils	46
3.3.1. Surfaces obtenues en tournage	46
3.3.2. Mode d'obtention de différents surfaces	47
3.3.3. Différentes surfaces engendrées	49
3.3.4. Montage des mors et de la pièce	52
3.3.5. Montage - réglage de l'outil de tour	54
3.3.6. Mesures et contrôle au niveau de l'opération	56
3.4. Chariotage – Dressage (Surfaçage plan)	60
3.4.1. Chariotage	60
3.4.2. Dressage (Surfaçage plan)	63
3.5. Perçage – Centrage	69
3.5.1. Perçage	69
3.5.2. Centrage	72
3.6. Usinage de 2 surfaces perpendiculaires associées	74
3.6.1. Montage de la pièce « en l'air »	74
3.6.2. Montage de la pièce mixte	74
3.7. Usinage d'un cône	75
3.7.1. Réglage direction – point – générateur - outil	75
3.7.2. Cône de petite valeur	77
3.8. Usinage de 2 surfaces perpendiculaires intérieures	78
3.8.1. Cas où la surface de l'outil A est plus grande que la surface à dresser a	78
3.8.2. Cas où la surface de l'outil A est plus petite que la profondeur de coupe a	79
3.8.3. Utilisation d'un outil pelle	80
3.8.4. Utilisation d'un outil à dresser d'angle	80
3.8.5. Réglage de la butée	81

3.9.	Usinage de 3 surfaces perpendiculaires dont 2 parallèles intérieures	82
3.9.1.	Gorge de largeur L identique à la longueur l de l'arête tranchante de l'outil	83
3.9.2.	Gorge de largeur L supérieure à l.....	84
3.9.3.	Gorge de largeur z très supérieure à la largeur de l'outil.....	84
3.9.4.	Montage mixte	85
3.10.	Alésage.....	86
3.10.1.	Fonction.....	86
3.10.2.	Réalisation.....	86
3.10.3.	Alésage à l'outil à tranchant unique	87
3.10.4.	Alésage à l'outil à tranchants multiples.....	89
3.10.5.	Méthodes d'exécution	90
3.10.6.	Choix de la méthode.....	91
4.	FRAISAGE	91
4.1.	Fraiseuses.....	91
4.1.1.	Principe de fraisage.....	91
4.1.2.	Classification des fraiseuses.....	92
4.1.3.	Caractéristiques des fraiseuses.....	92
4.1.4.	Fraiseuses universelles.....	93
4.1.5.	Jeux de fonctionnement	99
4.1.6.	Réglage à inversion.....	101
4.1.7.	Réglage par rétro inversion.....	103
4.1.8.	Entretien d'une fraiseuse.....	105
4.2.	Outil fraise	106
4.2.1.	Systèmes de référence	106
4.2.2.	Angles de l'outil	108
4.2.3.	Caractéristiques des fraises.....	109
4.2.4.	Différents types de fraises.....	110
4.2.5.	Montage des fraises	115
4.2.6.	Précautions à prendre.....	119
4.2.7.	Mode de fixation d'une fraise hélicoïdale sur arbre porte-fraise horizontal.....	119
4.3.	Mode d'action des fraises	121
4.3.1.	Fraisage de face	121
4.3.2.	Fraisage de profil.....	122
4.3.3.	Aspect des surfaces.....	123
4.3.4.	Choix du mode de fraisage	125
4.4.	Fraisage.....	125
4.4.1.	Principales opérations rencontrées en fraisage.....	125
4.4.2.	Principales définitions cinématiques et géométriques.....	126
4.4.3.	Détermination des paramètres de coupe	130
4.4.4.	Détermination expérimentale de la vitesse de coupe.....	133
4.4.5.	Directions de fraisage.....	137
4.4.6.	Ablocage des pièces en fraisage.....	140
4.4.7.	Accessoires de serrage.....	144
4.4.8.	Accessoires de montage.....	144
4.4.9.	Montage de pièces en diviseur.....	149
4.4.10.	Montages pour fraiser des faces obliques.....	150
4.4.11.	Montage pour réaliser un parallélépipède.....	153
4.4.12.	Orientation de la broche.....	155
	GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES	160
	EVALUATION DE FIN DE MODULE.....	161
	LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	164

MODULE : 13

USINAGE SUR MACHINES OUTILS

Durée : 90 heures

OBJECTIF OPERATIONNEL

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit :
Effectuer les opérations correctes d'usinage sur machines-outils : tours, fraiseuses et machines à commande numérique selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'EVALUATION

- Travail individuel.
- À partir :
 - de plans ou de croquis;
 - d'une fiche d'usinage ;
 - de manuels techniques;
 - d'abaques et de tableaux ;
 - d'un programme (pour les tours à commande numérique).
- À l'aide :
 - d'outils au carbure, équipement et accessoires ;
 - d'instruments de mesure et de contrôle;
 - d'équipement de sécurité.

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles de santé et de sécurité au travail.
- Respect du processus de travail.
- Respect des plans ou des croquis.
- Utilisation appropriée de l'outillage et de l'équipement.
- Travail soigné et propre.
- Exactitude des calculs.
- Respect des normes.

OBJECTIF OPERATIONNEL DE COMPORTEMENT

ELEMENTS DE COMPETENCE

CRITERES DE PERFORMANCE

A) *Usiner par enlèvement de copeaux des pièces de tournage sur un tour parallèle*

- ✓ *Manipulation correcte de la machine*
- ✓ *Utilisation et choix correct des outils de coupe*
- ✓ *Utilisation rationnelle des opérations de tournage*
- ✓ *Détermination et choix des conditions de coupe*
- ✓ *Respect et application des données du constructeur pour l'entretien de la machine*
- ✓ *Etude détaillée de la chaîne cinématique du tour parallèle*

B) *Usiner par enlèvement de copeaux des pièces prismatiques et cylindriques sur fraiseuse universelle*

- ✓ *Manipulation correcte de la machine*
- ✓ *Utilisation et choix correct des fraises*
- ✓ *Utilisation rationnelle des opérations de fraisage*
- ✓ *Détermination et choix correct des conditions de coupe*
- ✓ *Respect et application des données du constructeur*
- ✓ *Etude détaillée de la chaîne cinématique de la fraiseuse*

Présentation du Module

« **Usinage sur machines outils** » est un module de la fin de première année de formation qui permet aux stagiaires de la spécialité « Maintenance des Machines Outils et Autres Machines de Production Automatisées » d'acquérir les connaissances requises afin d'effectuer des travaux de fabrication ou d'ajustement de pièces d'équipement qu'il est urgent de réparer et de remettre en production.

L'objectif de ce dernier est de traiter également les principes généraux liés à l'usinage, d'apprendre à appliquer la lecture et l'interprétation des plans de fabrication et l'exécution des croquis, de lire et d'élaborer des fiches d'usinage. Les stagiaires acquièrent des connaissances au calcul des divers paramètres ainsi qu'à la réalisation des pièces sur des machines-outils. Ils sont placés dans une situation où ils peuvent analyser les circuits, faire des mesures nécessaires et réparer les défaillances à l'aide des outils appropriés.

***Module 13 : USINAGE SUR MACHINES
OUTILS***

RESUME THEORIQUE

1. DOSSIER DE FABRICATION

Le **processus industriel** est l'enchaînement des actions nécessaires à la mise en oeuvre d'un procédé, mode d'élaboration impliquant la mise en oeuvre de moyens définis. Ce processus est consigné dans un ensemble de documents appelé **dossier de fabrication**.

1.1. Composants d'un dossier de fabrication

1.1.1. Dessin d'ensemble et nomenclature

Le dessin d'ensemble représente la solution adoptée pour le mécanisme à réaliser. Il comporte l'indication des conditions fonctionnelles (jeux, ...) ainsi que les dimensions essentielles.

1.1.2. Dessin de définition de produit fini

Dessin relatif à une pièce d'un ensemble définissant sans ambiguïté, les surfaces fonctionnelles à savoir :

- leurs formes ;
- dimensions et positions ;
- états de surface ;
- matériau et traitements éventuels.

Les **surfaces enveloppes** ne sont représentées qu'à titre indicatif (encombrement, esthétique, ...) et pourront être remises en cause par le bureau des **méthodes d'obtention du brut** par exemple. Ce document constitue une étape permettant d'engager le dialogue entre les méthodes et la fabrication.

1.1.3. Avant-projet d'étude du brut

Élaboré par le bureau des méthodes du brut, cette étude permet de définir les formes et d'arrêter le procédé. Ce document ne comportera aucune cote mais des renseignements sur les dépouilles et l'emplacement du plan de joint.

1.1.4. Avant-projet d'étude de fabrication

Ce document, suite ordonnée possible des différentes phases intervenant dans un processus d'exécution d'une pièce, consigne pour chaque phase :

- les mises en position géométrique sur silhouettes ;
- le repérage des surfaces à réaliser ;
- les opérations à effectuer.

1.2. Ordonnancement des opérations d'usinage

Au départ d'une nouvelle activité d'atelier, le technicien reçoit :

- Un dossier comprenant :
 - Une gamme générale ou fiche suiveuse ;
 - Un dessin de définition de produit (d. d. p.) (fig. 1-1) ;
 - Un bon de travail qui précise, pour la phase à réaliser, l'étendue de la tâche et le temps alloué ;
 - Eventuellement, pour une fabrication répétitive un contrat de phase.
- Pièces à transformer et conformes aux exigences de la phase précédente.
- Poste de travail équipé.
- Objet des principaux documents.

1.2.1. Définition de quelques termes

- *Phase*

C'est l'ensemble des opérations élémentaires effectuées à un même poste de travail par les mêmes personnes et les mêmes outillages.

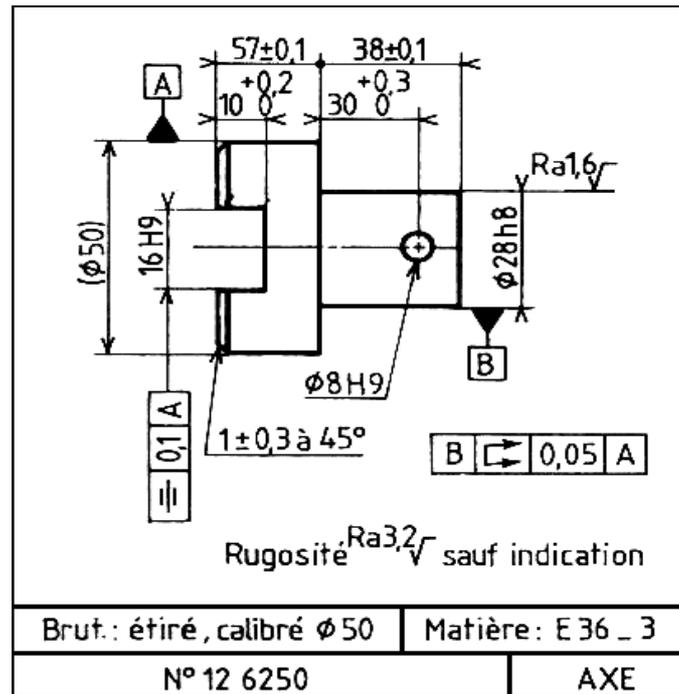


Fig. 1-1

- *Sous phase*

C'est une fraction de phase délimitée par des prises de pièces différentes.

- *Opération*

C'est une transformation de la pièce qui met en oeuvre un seul des moyens dont est doté le poste de travail. On repère les phases par des nombres (10, 20, 30, etc.) ; les sous phases par des nombres : 21, 22... , pour celles de la phase 20, etc. ; les opérations par des nombres : 210, 211, 212..., pour celles de la sous phase 21, etc.

- *Gamme générale (gamme de fabrication)*

Document qui précise la suite ordonnée des différentes étapes qui interviendront, dans le processus d'exécution d'une ou plusieurs pièces. La gamme générale reste au B.M.

- *Contrat de phase*

Très élaboré pour les travaux de grande série, il devient très succinct lorsqu'il s'agit de travail unitaire. La démarche et l'organisation des activités sont identiques, mais pour le travail unitaire, c'est l'ouvrier qualifié qui doit réfléchir et établir l'ordre

chronologique des sous phases et des opérations à réaliser dans chaque sous phase.

1.2.2. Contenu d'un contrat de phase

Un contrat de phase complètement élaboré doit contenir des renseignements relatifs :

- **à la phase** : poste de travail ; porte pièce utilisé ; numéro de phase.
- **à la pièce** : nom de la pièce et de l'ensemble auxquels elle appartient ; nombres de pièces à fabriquer ; matière et origine du brut ; croquis de la pièce dans l'état où elle se trouvera en quittant le poste de travail à la fin de la phase.
- **aux opérations** : nature de l'opération (E, 1/2 F, F) ; les cotes intermédiaires (E et 1/2 F).
- **aux outils** : type, désignation normalisée ou du fabricant ; nuance du matériau de la partie active ; rayon de bec.
- **aux conditions de coupe** :
 - V** : Vitesse de coupe en m/min.
 - N** : fréquence de rotation en tr/min.
 - f** : avance par tour en mm/tr (tournage, perçage).
 - f_z** : avance par tour en mm/c (rabotage) ; **f_z** avance par dent en mm/dt (fraisage).
 - a** : profondeur de passe en mm.
- **aux outillages de contrôle utilisés à chaque opération.**

Il faut un croquis par sous phase (fig. 1-2). Il précise :

- les surfaces à usiner dessinées en traits forts et repérées par un nombre ;
- le repérage de la pièce à l'aide des normales de repérage ou de la symbolisation technologique éventuellement le symbole du maintien en position ;
- les cotes de fabrication, les tolérances de forme, de position et de rugosité ;
- les outils en situation de début ou fin de passe d'usinage.

PHASE N 20		CONTRAT DE PHASE		Machine ou poste : Tour parallèle													
Désignation : Tournage			Pièce : Support avant droit		Qté : 5												
Sous-phase : 21			Matière : Ft 20														
			Produit : Montage de mise en position														
<p>Croquis de phase</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>C</td> <td></td> <td>0,02</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> <td>0,05</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td>0,02</td> <td>A</td> </tr> </table> <p>Pièce montée en plateau. Matériel standard de mise et maintien en position.</p>						C		0,02	B	D		0,05	A	B		0,02	A
C		0,02	B														
D		0,05	A														
B		0,02	A														
Désignation des sous-phases et opérations		Outils et outillages		Verificateurs		Conditions de coupe											
210	Contrôle des dimensions du brut			Calibre à coulisse													
211	E_3 Ébauche de ③	Outil à dresser d'angle Acier rapide R 20 q 20° $r_e = 0,8$		Calibre à coulisse		$V = 35 \text{ m/min}$ $N = 100 \text{ tr/min}$ $a \approx 2, f = 0,3$											
212	$1/2 F_3$ demi-finition de ③	Outil à dresser d'angle R 20 q 20° $r_e = 0,8$		Calibre à coulisse et micromètre		$V = 45 \text{ m/min}$ $N = 125 \text{ tr/min}$											
213	F_3 finition de ③			25-50 et calibre à machoire 50 f 8		$a \approx 0,25, f = 0,2$											
214	F_2 finition directe de ②	Outil coudé à chariotier Acier rapide R 20 q 20° $r_e = 0,8$		Jauge de profon- deur		$V = 35 \text{ m/min}$ $N = 230 \text{ tr/min}$ $a \approx 2,5, f = 0,3$											
215	E'_1 centrage de ①	Foret à centrer $\varnothing 3,15$															
216	E''_1 perçage à $\varnothing 23$	Foret $\varnothing 23$				$N = 500 \text{ tr/min}$											
217	F_4 finition directe de ④	Outil à chambrer Acier rapide 12 q 5°		Micromètre 25-50		$V = 35 \text{ m/min}$ $N = 300 \text{ tr/min}$ $a \approx 2, f = 0,1$											
218	$1/2 F_1$ demi-finition de ①	Outil à aléser Acier rapide 12 q 20°		Micromètre 3 tou- ches		$V = 45 \text{ m/min}$ $N = 600 \text{ tr/min}$											
219	F_1 finition de ①	$R_e = 0,4$		Tampon de 25 H 7		$a \approx 0,25, f = 0,1$											

Fig. 1-2

- **Fiche suiveuse** : C'est une copie de la gamme de fabrication qui en général reste en archive aux bureaux des méthodes (fig. 1-3). Elle suit le lot de pièces tout au long de sa fabrication. On la considère comme la carte d'identité de la pièce.

Société.....					FICHE SUIVEUSE			
N° DE PIÈCE 12 6250		DÉSIGNATION Support avant droit			QUANTITÉ 50	N° COMMANDE 335		DÉLAI 30-03-2006
N° ENSEMBLE 12 6200		DÉSIGNATION Vérin pneumatique de bridage			DATE DE LANCEMENT: 20-02-2006		DATE DE SORTIE MATIÈRE : 24-02-2006	
N° PH.	PHASE DE TRAVAIL - OUTILLAGE A SORTIR	OUT.	N° MACH.	SECTION ou ATELIER	TEMPS ALLOUÉ			REMARQUES
					PRÉP.	UNIT.	TOTAL	
10 20 30 40	Contrôle des bruts, traçage Tournage de faces 1, 2, 3 Contrôle général Peinture	St St St St	N° 7	Tra To Mét Pei				

Fig. 1-3

- **Bon de travail** : Le service de lancement établit pour chacune des phases de transformation des pièces un bon de travail qui constitue pour chaque exécutant un ordre d'engagement de travail (fig. 1-4). Le bon de travail précise :

DATE D'EMISSION 20-02-2006		DELAI FINAL 02-03-2006		QUANT. LANCEE 50		QUANT. REMISE		N° COMMANDE 335		N° PROGRAMME 535	
DESIGNATION DE LA PIECE Support avant droit					N° PIECE 12 6250		Qté PAR APPAREIL 1		POIDS DES PIECES TERMINEES 0,950 kg		
POUS ENSEMBLE OU S/ENSEMBLE : Montage de mise en position					N° ENSEMBLE 12 6200		LANCEMENT MINI. 50		FEUILLE N° : 1 NOMBRE : 1		
PH N°	PHASE DE TRAVAIL		OUT.	No MACH.	SECTION ou ATELIER	T.A. PREP.	T.A. UNIT.	T.A. TOTAL			
20	Tournage des faces 1, 2, 3		St	N° 7	To						
PLANNING DATE VISA		CONTROLE DATE VISA		PAYE DATE VISA		PRIX DE REVIENT DATE VISA		BON DE TRAVAIL			

Fig. 1-4

- le numéro de la phase, le poste de travail ;
- le temps prévu ; à la fin de son travail l'opérateur notera le temps réellement passé ;
- le nombre d'ébauches données et le nombre de pièces bonnes à l'issue du travail ;
- la date et les heures de début et de fin de réalisation.

1.2.3. Application à la phase 20 : Tournage

L'usinage se décompose en deux sous phases (fig. 1-5).

Opération	Désignations	Croquis
Sous phase 21		
210	dressage de (1) finition directe	
211	ébauche de (2)	
212	demi finition de (2)	
213	finition de (2)	
Sous phase 22		
220	dressage de (3) finition directe	
221	chanfrein (4)	

Fig. 1-5

2. REGLES DE PREPARATION DE L'USINAGE

2.1. Calculs nécessaires pour l'exécution des opérations

2.1.1. Vérification géométrique des machines-outils

La vérification géométrique des machines-outils est l'opération de contrôle exécutée par le constructeur avant la livraison de la machine. Elle est reprise régulièrement par l'utilisateur aux fins de contrôle de la qualité.

Cette opération a pour but, avant la mise en service d'une machine-outil, de s'assurer qu'elle possède bien les capacités et les qualités géométriques lui permettant l'exécution des pièces selon les spécifications de forme et de précision.

On doit procéder dans l'ordre suivant :

- Placer la machine dans la position de travail (mise à niveau parfaite selon les deux axes).
- Exécuter les différentes vérifications de la machine considérée. Inscrire les écarts obtenus sur une *feuille de contrôle* et s'assurer qu'ils sont à l'intérieur des tolérances prévus par les normes.

Chaque fois que l'on exécute la remise en état d'une machine (révision) ou lorsqu'elle est déplacée (besoin d'une ligne de production), il est nécessaire d'effectuer une révision géométrique complète.

- *Contrôle des parallélismes et des perpendicularités*

La méthodologie pour régler correctement la machine comporte les paramètres suivants :

- le mouvement vertical (perpendicularité) ;
- le mouvement horizontal (parallélisme) ;
- les alignements (poupée, mandrin et contre-pointe) ;
- la concentricité (faux rond des broches).

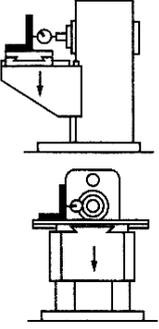
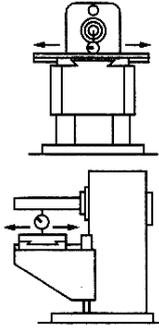
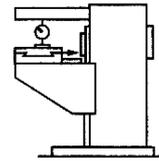
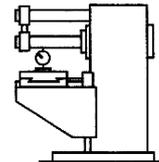
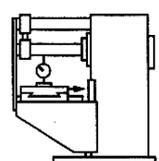
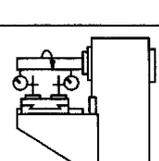
VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE D'UNE FRAISEUSE			
	Objet de la mesure	Appareils utilisés	Erreur tolérée
	<p>Perpendicularité de la surface de la table au déplacement vertical de la console sur le bâti.</p> <p>a) Dans le plan de symétrie de la machine b) Dans le plan perpendiculaire au plan de symétrie de la machine</p>	<p>Comparateur Équerre</p>	<p>0,02 sur 300</p>
	<p>Parallélisme de la surface de la table</p> <p>a) À son déplacement longitudinal b) À son déplacement transversal</p>	<p>Comparateur</p>	<p>0,02 sur 300</p>
	<p>Parallélisme du bras support au déplacement transversal de la table</p> <p>a) Dans le plan vertical b) Dans le plan horizontal</p>	<p>Comparateur</p>	<p>0,02 sur 300</p>
	<p>Alignement de l'axe de la lunette avec l'axe de la broche</p> <p>a) Dans le plan vertical b) Dans le plan horizontal</p>	<p>Comparateur Mandrin</p>	<p>0,02 sur 300</p>
	<p>Alignement de l'axe de la lunette avec l'axe de la broche, la lunette étant assujettie par son support à la console</p> <p>a) La console étant placée dans la position haute b) Dans la position basse</p>	<p>Comparateur Mandrin</p>	<p>0,02 sur 300</p>
	<p>Faux-rond du cône intérieur de la broche</p> <p>a) À une distance égale b) À une distance égale à 300 mm de la sortie</p>	<p>Comparateur Mandrin</p>	<p>0,01 0,02</p>

Fig. 2-1

L'instrument utilisé est essentiellement le comparateur auquel on peut joindre une équerre ou une clé, un mandrin ainsi que le niveau de précision. La procédure générale montrée au tableau (fig. 2-1) est semblable pour toutes les machines.

Pour la même machine, on doit tenir compte du type de montage utilisé. En effet, les capacités entre pointes, en mandrin ou sur plateau sont différentes pour le même tour. Les montages effectués directement sur la table, en étau ou sur un plateau font aussi varier la capacité d'une fraiseuse. Ainsi, il est bien important de connaître les capacités des machines disponibles en tenant compte du montage utilisé : en somme, il importe de vérifier les limites d'utilisation.

- *Vérification des jeux*

Les jeux sont indispensables au mouvement relatif des organes de la machine. Cependant, ils doivent rester dans les normes admissibles précisées dans les manuels du constructeur. De plus, lors du réglage d'une machine-outil pour l'exécution d'une pièce de précision, il est indispensable de vérifier l'état des jeux et d'y remédier s'il y a lieu.

Cette vérification s'effectue conjointement avec la vérification et le contrôle des parallélismes et des perpendicularités.

Dans les positions de départ et d'arrivée de chacune des courses des tables ou des chariots s'impose la vérification du parallélisme et de la perpendicularité. L'indicateur étant en appui, on exerce un effort de bascule sur l'élément vérifié afin de lire sur l'indicateur le jeu des glissières. La vérification des jeux de broche obéit au même principe. Attention ! la force exercée doit être juste suffisante pour mesurer, elle ne doit pas être excessive et causer des déformations.

2.1.2. Réglage des vitesses de coupe et d'avance

Le réglage des vitesses de coupe et d'avance est l'opération qui détermine la durée de l'usinage. L'évaluation et les dispositions de ce réglage doivent satisfaire à des critères rigoureux.

- *Vitesse de coupe*

Le mouvement de coupe selon les machines-outils s'exprime par la rotation de la pièce pour le tour, la rotation de la fraise pour la fraiseuse, la rotation de la meule pour la rectifieuse, la rotation du foret pour la perceuse et par la translation alternative de l'outil pour la raboteuse.

On appelle « vitesse de coupe » la vitesse relative d'un point de l'arête tranchante de l'outil par rapport à la surface usinée de la pièce (fig. 2-2).

Ainsi pour le **tour**, la vitesse de coupe est la vitesse circonférentielle d'un point de la surface extérieure de la pièce.

Dans le cas de la **perceuse**, la vitesse de coupe est la vitesse d'un point de la surface extérieure du foret.

Quant à la **fraiseuse**, la vitesse de coupe est la vitesse circonférentielle d'un point de la surface extérieure de la fraise.

Pour la **raboteuse**, la vitesse de coupe est la vitesse linéaire durant la course de coupe ou l'« aller » de l'outil, le retour étant un temps mort qu'il faut considérer dans les calculs. Sur la plupart des machines, un dispositif mécanique ou hydraulique permet de doubler la vitesse de retour.

Dans le système métrique, les vitesses sont exprimées en mètre par minute (m/min). On utilise également les symboles suivants :

V_c : vitesse de coupe en m/min ;

η : nombre de tr/min ;

D : diamètre de la pièce ou de l'outil ;

C : nombre de coupes ou de battements par minutes.

Dans la pratique, on connaît et on donne toujours v et il s'agit de déterminer η dans la formule : $V = \pi.D.\eta$ ou $\eta = V / \pi.D$.

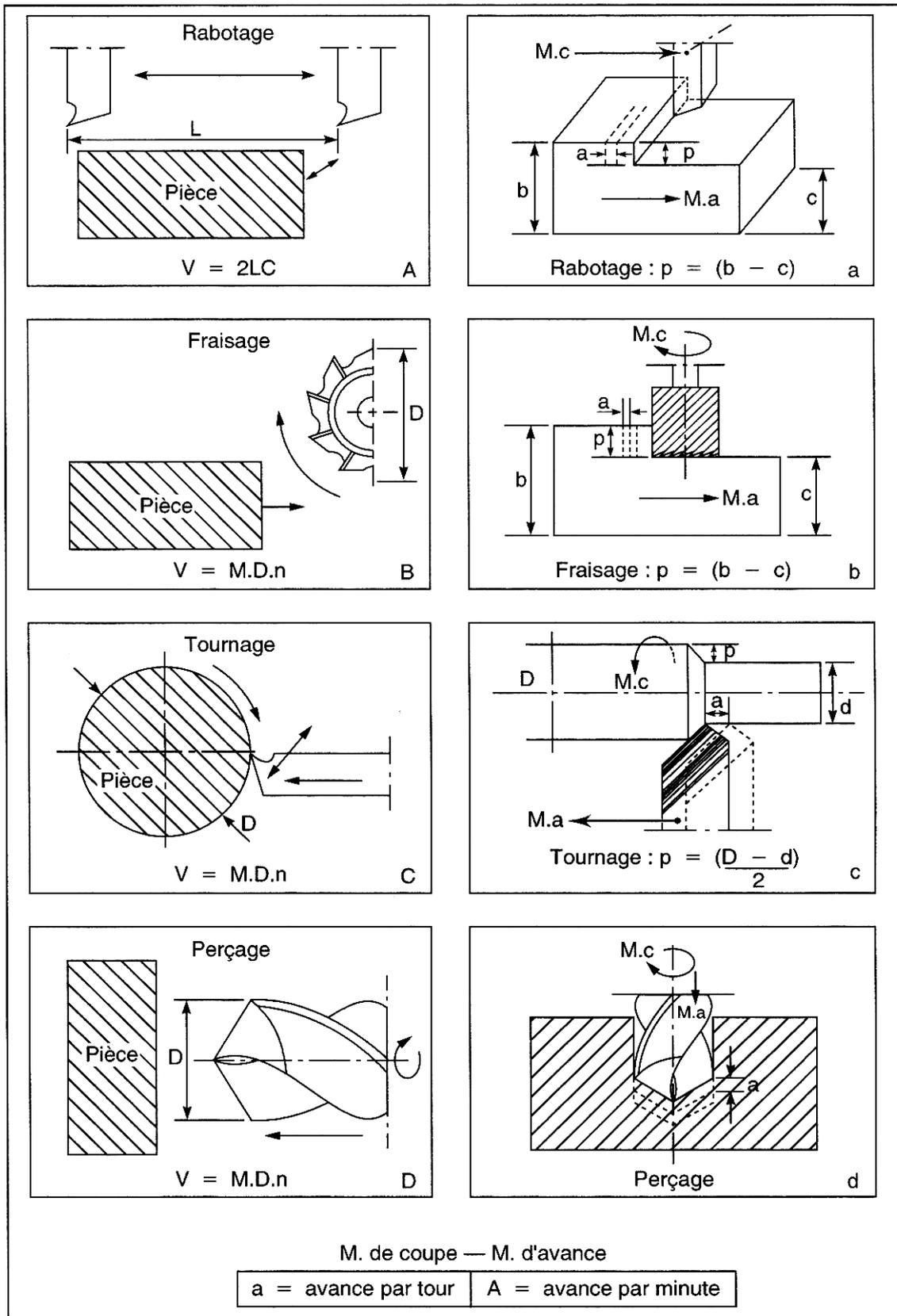


Fig. 2-2

Exemple

Déterminer la vitesse de rotation de tournage d'une pièce, si $D = 40 \text{ mm}$ et $V = 30 \text{ m/min}$.

$$\eta = V / \pi.D = 30.10^3 / \pi.40 = 238,85 \text{ tr/min}$$

Pour chaque matériaux possédant sa propre échelle de vitesse de coupe en fonction de sa nature même et de la lubrification (abondance, qualité et nature de lubrifiant), on distingue la *vitesse de coupe économique* $V_e = 4/3 V_0$ et la *vitesse de « moindre usure »* V_0 .

La vitesse de coupe V_e est celle qui permet le **plus grand débit de copeaux** dans un **temps donné avant le réaffûtage**.

La vitesse de moindre usure V_0 est celle qui permet le **plus grand débit de copeaux** avant le réaffûtage **sans tenir compte du temps**. Le tableau présenté (fig. 2-3) est établi pour une **passée « P »** = 5 mm, où P = la largeur + la profondeur de passe, pour une **avance « a »** = 0,05 mm par dent et un **travail lubrifié** avec une **fraise** (acier rapide à 18% tungstène).

MÉTAL	VO			LUBRIFIANT
	ARO	ARS	CARB	
Acier 40 kg/mm ²	26	31	100	Émulsion d'huile soluble
65 kg —	16	20	70	
90 kg —	10	12	60	
				Huile de coupe
Fonte	10	16	60	Ne se lubrifie pas
Laiton	50	60	200	Émulsion d'huile soluble
Aluminium	300	500	1000	

Fig. 2-3

• Détermination des vitesses de coupe

Il est indispensable de spécifier la nature du métal à travailler (caractéristique mécanique) ainsi que la nature du métal constituant l'outil (acier rapide, acier rapide supérieur, carbure), la nature du **travail** à exécuter (profil d'arête), l'absence ou la présence de lubrification, la puissance de la machine utilisée, la condition de travail (ébauche ou finition) et la fixation ou la rigidité de la pièce.

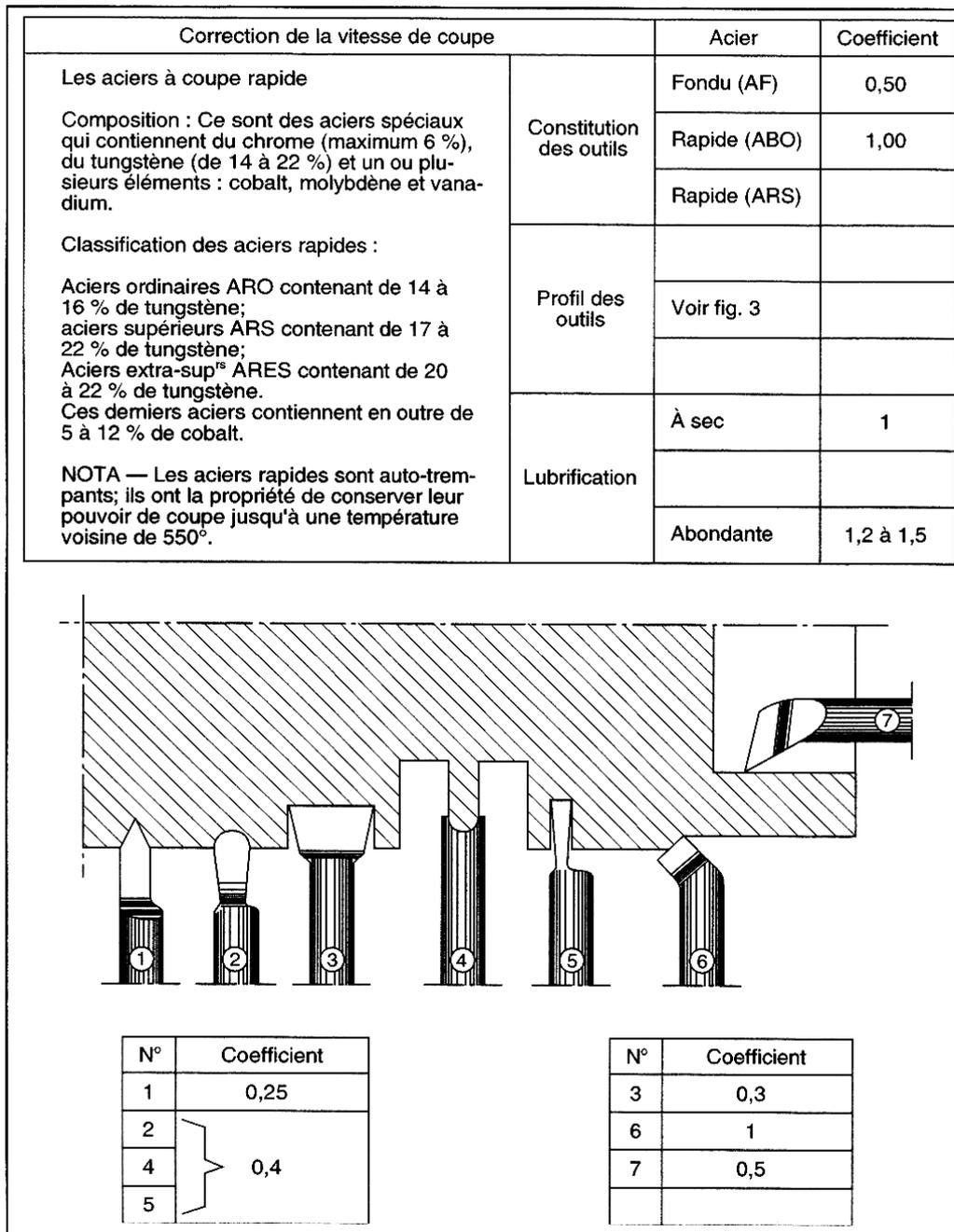


Fig. 2-4

De cette manière il est important d'introduire les corrections de la vitesse de coupe (fig. 2-4) relatifs aux facteurs suivants :

- la constitution de l'outil ;
- le profil de l'arête tranchante ;
- la lubrification.

Exemple :

Arbre en acier : A.65

Opération : chariotage (coefficient 1)

$V_0 = 16$ m/min

Outil : ARS (HSS) (coefficient 1,25)

Diamètre $\varnothing = 100$ mm

Usinage lubrifié (coefficient 4/3)

V_c : utilisée

Vitesse corrigée : $V_c = 30 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 4/3 = 26$ m/min

Soit pour un diamètre de 100 mm : $n = 26 \cdot 10^3 / \pi \cdot 100 = 82,80$ tr/min

- *Vitesse d'avance*

Les vitesses d'avance sont les déplacements relatifs entre l'outil et la pièce perpendiculaire à la coupe. Elles s'expriment selon l'outil utilisé.

L'avance par dent est la distance de déplacement de la pièce durant l'intervalle de rotation de l'outil entre deux dents consécutives (fraisage).

L'avance par tour est la distance de déplacement de l'outil durant un tour de la pièce (tournage, alésage et perçage).

L'avance par coup est la distance de déplacement de l'outil ou de la pièce entre deux passes de travail (raboteuse, étau-limeur et brocheuse).

La vitesse d'avance est exprimée en mm/min . Elle permet de calculer le temps nécessaire à l'exécution d'une passe. Ces avances sont fonction de la vitesse de coupe V_c et de la valeur de la passe.

On constate que pour le **fraisage** :

$$\text{L'avance en mm/min} = \text{avance par dent} \times \text{nombre de dents} \times \text{nombre de tr/min}$$

Pour le **tournage** :

$$\text{L'avance en mm/min} = \text{avance par tour} \times \text{nombre de tr/min de la pièce}$$

La force disponible à la broche limite les avances possibles. Par expérience, on ne doit pas descendre sous une avance minimale de 0,05 mm par dent (copeau minimal).

Dans la pratique, chaque machine est pourvue **d'abaques** (fig. 2-5) qui permettent de trouver rapidement les vitesses de coupe selon les outils utilisés. Ils indiquent directement, en fonction des vitesses de coupe et des diamètres de pièces ou des outils, les vitesses de rotation de l'outil ou de la pièce à adopter.

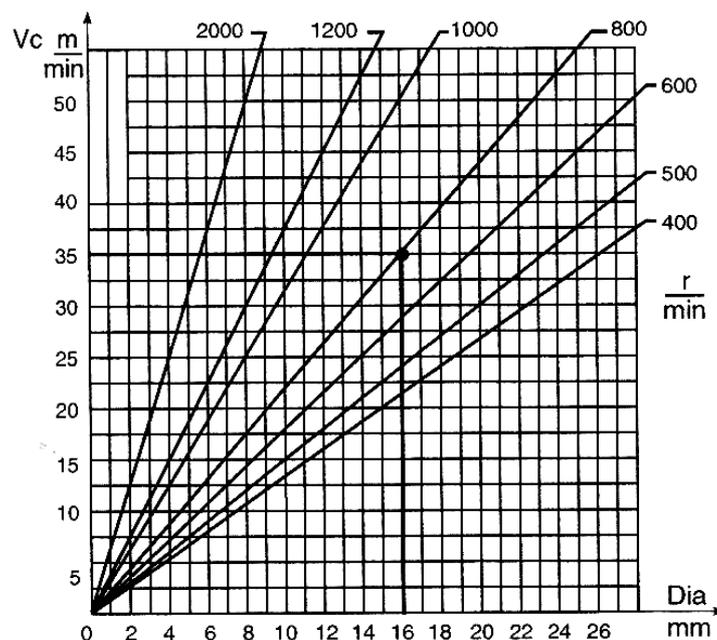


Fig. 2-5

La lecture et l'interprétation d'un abaque en fonction du genre d'outil utilisé et de la précision à obtenir est très pratique, parce qu'elles permettent de trouver très rapidement la vitesse adéquate au travail à exécuter. Par exemple, dans l'abaque de la fig. 2-5, une vitesse de coupe de 35 *mm/min* sur un diamètre de 16 *mm* donne une vitesse de rotation de 800 *tr/min*.

- *Copeau minimal*

Le **coupeau taillé** minimal est celui qui peut être formé avec le minimum d'épaisseur avec une arête tranchante qui travaille dans des conditions normales (précision et état de surface).

Le copeau taillé minimal varie entre 0,025 et 0,16 mm selon la finesse de l'arête tranchante, la dureté de l'arête, la nature du métal à usiner ainsi que sa résistance.

Pour une épaisseur moindre, le tranchant de l'outil refuse de tailler le métal. Il le comprime et il y a alors un frottement exagéré, un arrachement sur la surface de dépouille, puis une usure et un dégagement de chaleur.

Les **défauts** qui en découlent sont l'usure prématurée de l'arête tranchante, l'imprécision de l'usinage et l'irrégularité de la surface usinée. Afin de corriger ces défauts, il faut respecter les consignes suivantes :

- réserver pour la finition des outils dont l'arête tranchante est en bon état ;
- éviter, pour la finition, des passes trop faibles ;
- augmenter l'avance par tour ou par dent, si l'on ne peut le faire sur la profondeur de passe.

2.2. Réglage de l'équipement et de l'outillage utilisé

2.2.1. Réglage de l'étau

Lors de la préparation de l'usinage sur les machines-outils, l'inventaire des équipements est très important. La fiche d'usinage permet de préparer cet inventaire.

Il est nécessaire de savoir comment fonctionnent ces accessoires lorsqu'ils sont choisis pour une opération. Le choix de l'outil doit satisfaire les critères suivants :

- obtenir les exigences de la précision ;
- les modes de fixation de la **pièce** et de l'**outil** sur la machine ;
- les capacités de la broche ou de l'élément de travail d'usinage ;
- les méthodes de fixation des outils et de la pièce.

L'exemple ci-dessous (fig. 2-6) indique la progression des vérifications pour la fixation et le réglage d'une pièce en étau. Ce processus de réglage est valable pour tous les travaux nécessitant un étau monté sur une machine de génération de surface rectiligne (fraiseuse, rectifieuse plane, raboteuse et mortaiseuse). Ce réglage fait appel au parallélisme de l'étau et à la perpendicularité du mors fixe de l'étau.

- *Parallélisme de l'étau :*
 - le **fond** : le comparateur indique le calage (si nécessaire) sous la semelle de l'étau (parties A et B) ;
 - le **mors fixe** : contrôle identique par comparateur (partie E).
- *Perpendicularité du mors fixe de l'étau :*
 - à l'aide de l'équerre ou d'un cylindre rectifié (partie C) ;
 - au comparateur (partie D).

L'expérience pratique montre que l'**emploi** du « rond » où la **variation** de l'hauteur de serrage par rapport au fond de l'étau permet d'obtenir de légères modifications de la position de la pièce serrée dans cet étau. Cette possibilité est mise à profit pour réaliser l'équerrage correct **par flexion** plus ou moins importante du mors fixe de l'étau (partie F).

La fixation des pièces en étau est la plus courante. Cependant, selon les usinages et les opérations à effectuer, la fixation des pièces sur les équipements dépend des éléments suivants :

- la grandeur physique de la pièce à usiner ;
- la difficulté des opérations à effectuer ;
- le type d'usinage considéré.

L'étude du dessin indique les surfaces à usiner, l'état de ces surfaces, les cotes et les positions géométriques des surfaces.

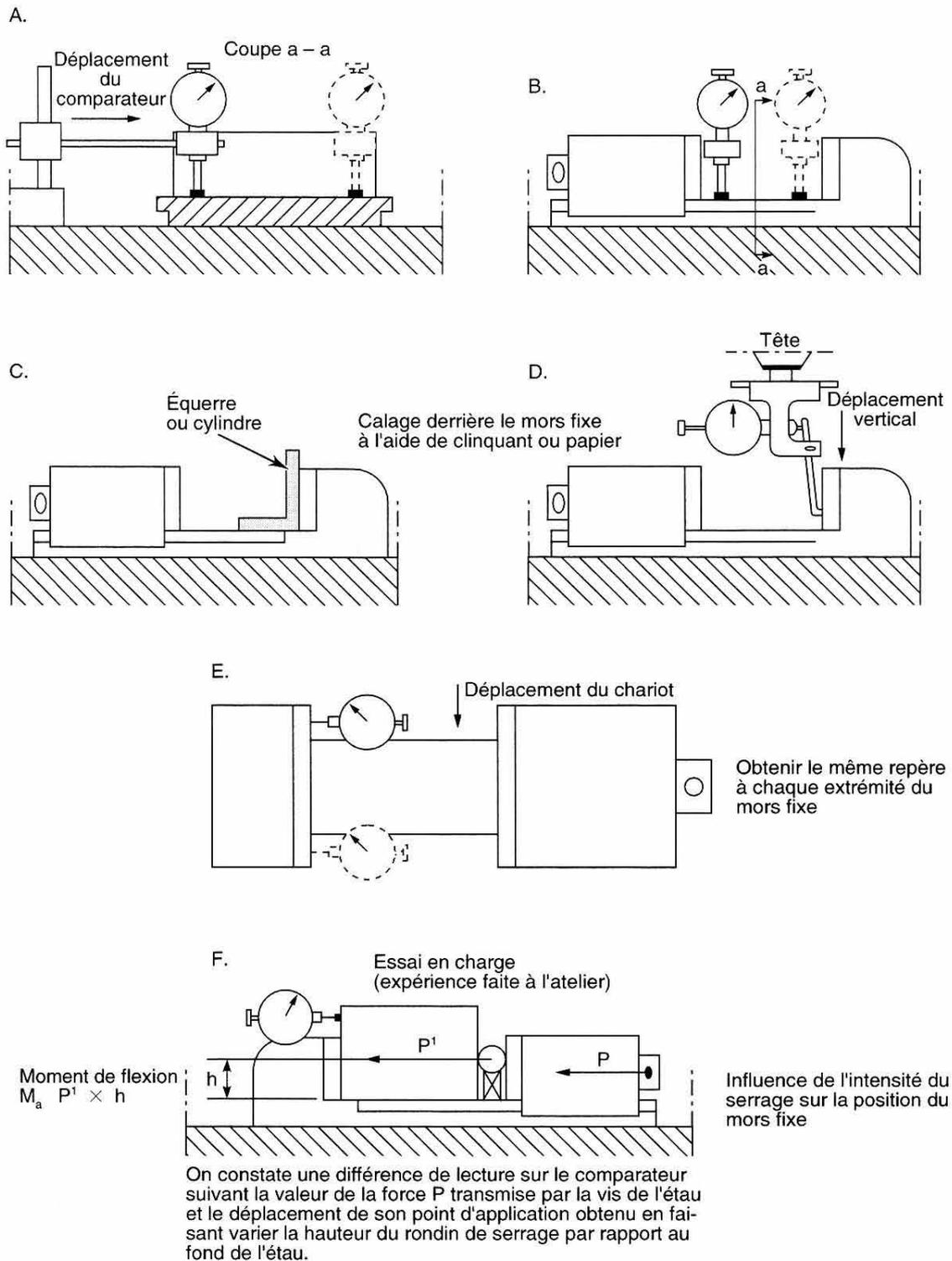


Fig. 2-6

Il faut maintenant déterminer, d'après les dimensions et la forme de la pièce, le mode d'usinage (en bout, de profil, etc.), la profondeur de passe, l'avance et la vitesse de coupe, les outils (angle caractéristiques et type de fraise) ainsi que le mode d'ablocage (étau, table et accessoires).

Il **faut noter bien** que les pièces de petites dimensions peuvent être serrées en étau et que les pièces de grandes dimensions sont bloquées sur la table (fraiseuse, perceuse et raboteuse) ou sur le plateau (tour). Quant aux pièces cylindriques, elles sont fixées de préférence sur une poupée diviseur sur une fraiseuse et en mandrin ou en pince sur le tour.

2.2.2. Correction des défauts d'usinage

Les défauts d'usinage proviennent d'une ou de plusieurs déficiences à identifier sur la **planéité de surface**, sur la **perpendicularité** de la deuxième face par rapport à la surface de référence et sur la **perpendicularité** de la troisième face par rapport aux deux autres.

Selon la défectuosité observée dans chacune des catégories précédentes, on peut leur associer les causes suivantes.

Dans le cadre de la **planéité de surface** :

- l'axe de la broche **n'est pas perpendiculaire** à l'axe du chariot employé pour l'avance ;
- le serrage de la pièce **est insuffisant**, elle se déplace durant l'usinage ;
- l'outil de coupe se détériore durant la passe ;
- la broche de la machine présente un jeu excessif (axial ou radial).

Dans le cas de la **perpendicularité de la deuxième face** :

- l'axe de la broche n'est pas perpendiculaire à la surface de référence de la machine ;
- le mors fixe de l'étau n'est pas perpendiculaire à la surface de référence de la machine ;

- les surfaces de référence en contact sont mal nettoyées ;
- le fléchissement du support de la pièce à usiner (disproportion de la pièce, trop petite machine, mauvais état de la machine).

Dans le cas de la **perpendicularité de la troisième face** :

- la pièce est mal orientée (mors fixe mal positionné) ;
- le fond de l'étau n'est pas parallèle à la table ;
- la broche tourne avec un faux-rond.

Pour les pièces cylindriques qui sont normalement fixées sur une poupée, un mandrin ou un plateau, les **défauts de perpendicularité** proviennent des causes suivantes :

- au jeu trop important de la broche (à ajuster) ou du plateau (à serrer et à bloquer) ;
- le mauvais serrage du « toc » d'entraînement (la pièce se déplace durant l'usinage) ;
- l'erreur de la division sur l'écart angulaire de la rotation ;
- les défauts de centrage qui proviennent du désaxage de la pièce ;
- les défauts de cylindricité qui proviennent du mauvais parallélisme de l'axe des pointes au plan du banc ou de la table.

Les **défauts de surface** proviennent de l'outil ou de la machine. On les identifie selon les causes suivantes :

- un mauvais affûtage de l'outil de coupe ;
- des vitesses de coupe et d'avance non adaptées ;
- des passes trop importantes, des vibrations et des flexions des outils ;
- des jeux des organes de la machine et des vibrations à cause de passes trop fortes ;
- un rapport section / longueur de l'outil trop faible.

Pour éviter les défauts d'usinage indiqués dans le cas de la planéité de surface et de la perpendicularité de la deuxième face par rapport à la surface de référence, il faut contrôler les éléments suivants avant d'effectuer le travail :

- le serrage de la pièce ;
- la perpendicularité de la broche ;
- la perpendicularité du mors fixe ou du porte-outil ;
- la propreté des surfaces de référence en contact ;
- la conicité de la fraise et sa concentricité ;
- le jeu de la broche ;
- le parallélisme du mors fixe de l'étau avec l'axe du chariot utilisé pour l'avance.

Pour éviter les défauts d'usinage énumérés pour la perpendicularité de la troisième face par rapport aux deux autres, il faut vérifier les éléments suivants avant d'effectuer le travail :

- le centrage de la pièce ;
- le blocage des appareils ou le réglage des jeux (diviseur et contre-pointe) ;
- le parallélisme de la ligne des pointes ;
- le bon serrage de la pièce.

2.2.3. Fixation sur les équipements

La fixation varie suivant le type d'usinage et l'opération à effectuer. On distingue divers ablocages qui consistent à immobiliser la pièce dans une position déterminée par rapport à l'outil de coupe. Ces blocages doivent satisfaire trois conditions essentielles :

- l'assurance de la position géométrique exacte de la pièce (caler, dégauchir, orienter) ;
- l'immobilisation énergique de la pièce (les contraintes en appui positif) ;
- une opposition aux déplacements de la pièce (placer des butées au besoin).

- *Assurance de la position géométrique*

Sur une fraiseuse, une perceuse, une scie et une rectifieuse, il faut vérifier les éléments suivants :

- **Le calage et l'assise de la pièce** (fig. 2-7) : Si la pièce est brute de fonderie, placer la pièce sur trois joints dont deux réglables. Si la pièce comporte une **surface de référence (SR)** usinée, la placer en contact avec la SR de la machine, soit directement ou par l'intermédiaire de cales rectifiées.

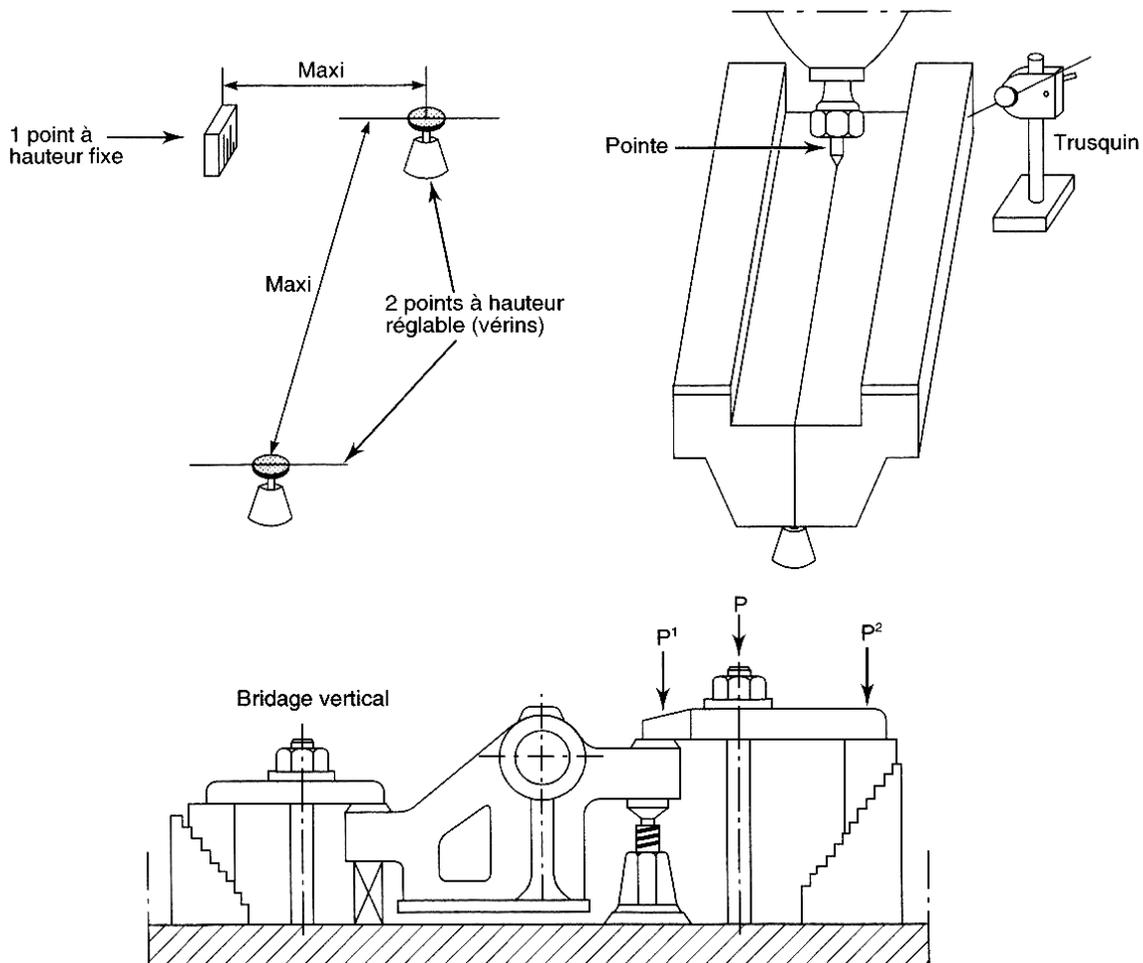


Fig. 2-7

- **Le positionnement (dégauchissage)** : D'après le tracé avec un trusquin, suivre « au tracé » à l'aide d'une pointe solidaire de la broche ou de la tête orientée par rapport au plan axial pour placer la pièce. Suivant une SR avec un comparateur, centrer axialement ou positionner longitudinalement en suivant une SR avec un comparateur.
- **L'orientation de la tête de la machine** : Assurer, s'il y a lieu, le positionnement de la tête, qu'il soit horizontal, vertical ou angulaire.

- Immobilisation énergétique de la pièce

S'il s'agit du **bridage vertical**, on utilise une bride épaisse avec serrage sur point d'appui en faisant un serrage progressif en passant successivement d'une bride à l'autre. Il faut vérifier le dégauchissage après le serrage.

Dans le cas d'un **bridage oblique**, on utilise le serrage par brides ou « clames » employées surtout pour les opérations sur surfacage sans reprise.

- Opposition aux déplacements de la pièce

On place des butées s'opposant aux efforts de coupe de glissement transmis à la pièce par la pression de coupe de l'outil (cas de serrage oblique) ou on choisit les meilleurs emplacements de butée. Le principe de meilleur placement de la pièce est montré sur la fig. 2-8.

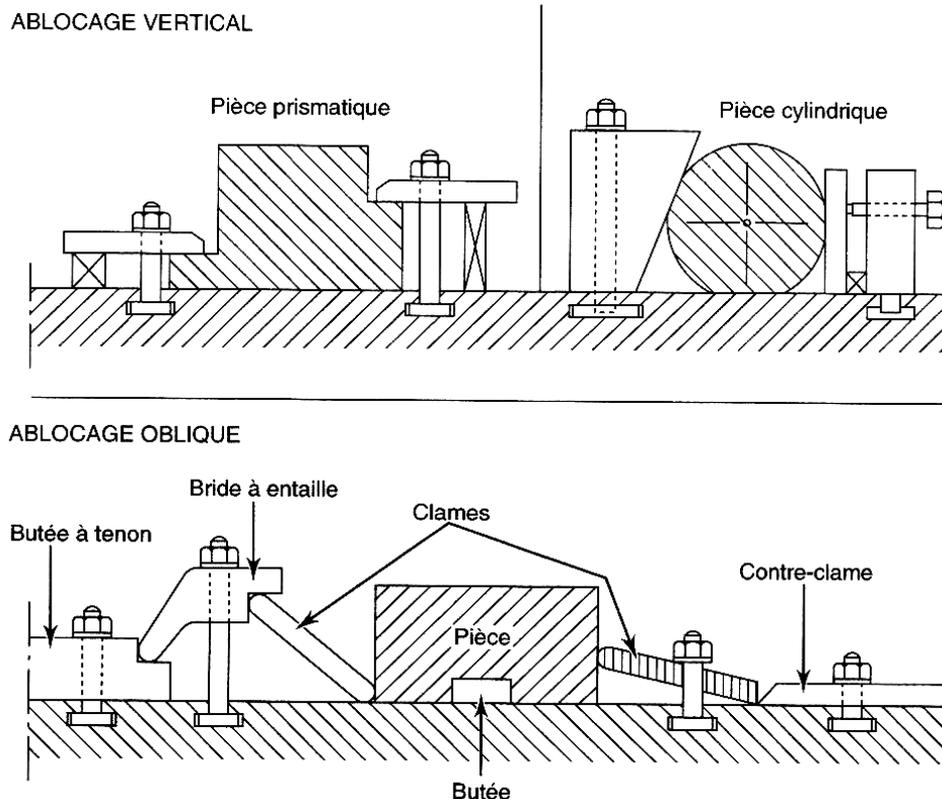


Fig. 2-8

2.2.4. Recherche de la précision des exécutions

Le principe de génération des surfaces repose sur les éléments suivants :

- la position déterminée de l'outil en fonction de la profondeur de passe (P) ;
- le taillage du copeau lors des déplacements de l'outil ou de la pièce ;
- le mouvement de coupe (Mc) ;
- le mouvement d'avance (Ma) ;
- la vitesse de coupe (Vc ou V) ;
- l'avance par tour ou par course (a) ;
- la profondeur de passe (P).

Le rendement maximal est obtenu en réglant V , P et a , en tenant compte des paramètres suivants:

- la nature du métal à travailler;
- la composition de l'outil;
- la quantité de métal à enlever;
- la puissance de la machine utilisée.

2.2.5. Rattrapage des jeux

Il existe toujours un jeu afin de permettre les déplacements relatifs dans le système vis / écrou. Ce jeu est indispensable, mais il doit être juste suffisant au déplacement d'un chariot. Trop grand, il nuit à la précision et il doit être éliminé. En effet, si le jeu permet à l'outil de faire avancer le chariot en concordance avec le mouvement de coupe de l'outil, la section du copeau se retrouve augmentée de la valeur de ce jeu. La conséquence en est généralement le bris de l'élément le plus faible de la pièce, de l'outil ou de la machine.

On « rattrape le jeu » en déplaçant le chariot non utilisé dans la direction opposée aux efforts de la coupe de façon que ces efforts sur la pièce ne puissent pas déplacer celle-ci. Elle se retrouve donc toujours par son ablocage, en appui positif. Lorsque le chariot est à déplacer dans le sens du jeu, il faut dépasser nettement la

valeur prévue, puis revenir en arrière de façon à opposer cet appui positif aux efforts de coupe. Cette manœuvre constitue ce qu'on appelle « le rattrapage des jeux » (fig. 2-9).

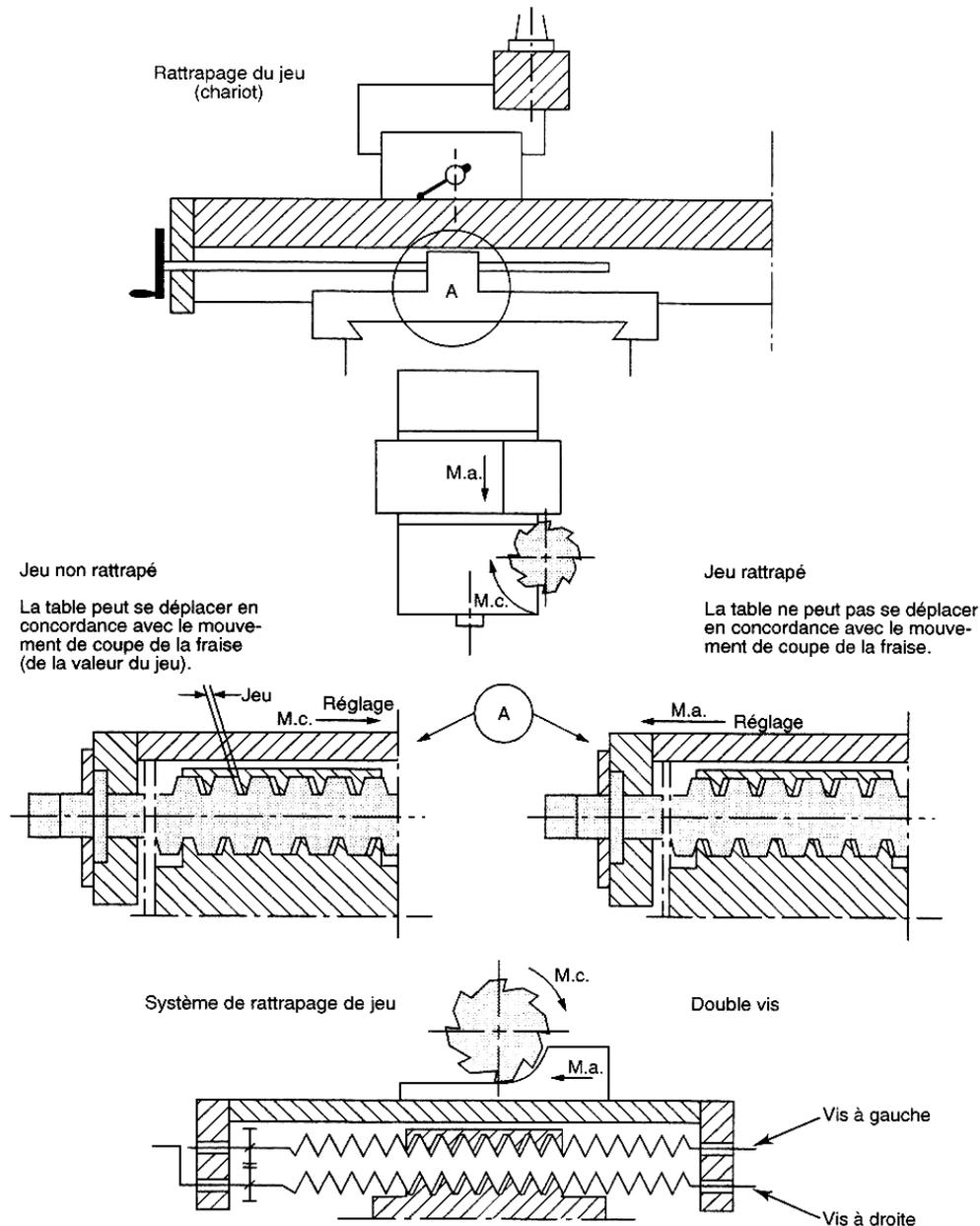


Fig. 2-9

Les jeux fonctionnels existent aussi sur les accessoires (diviseurs et plateau circulaire). Ils doivent être contrôlés et être rattrapés.

3. TOURNAGE

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.

3.1. Tour parallèle

Le **tour** (fig. 3-1) 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.

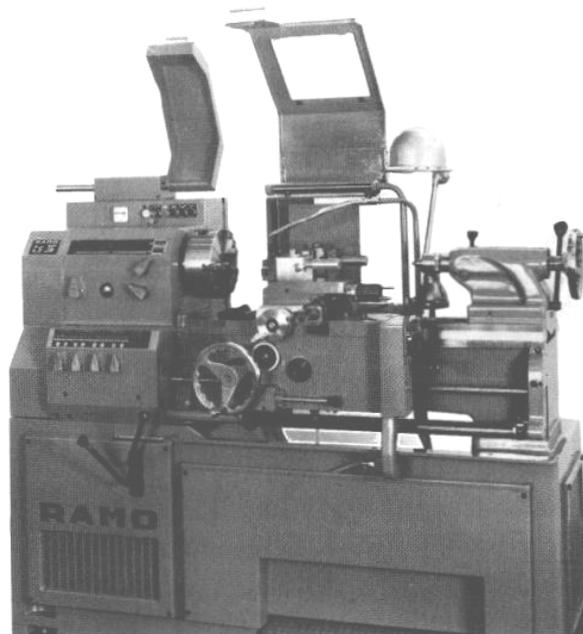


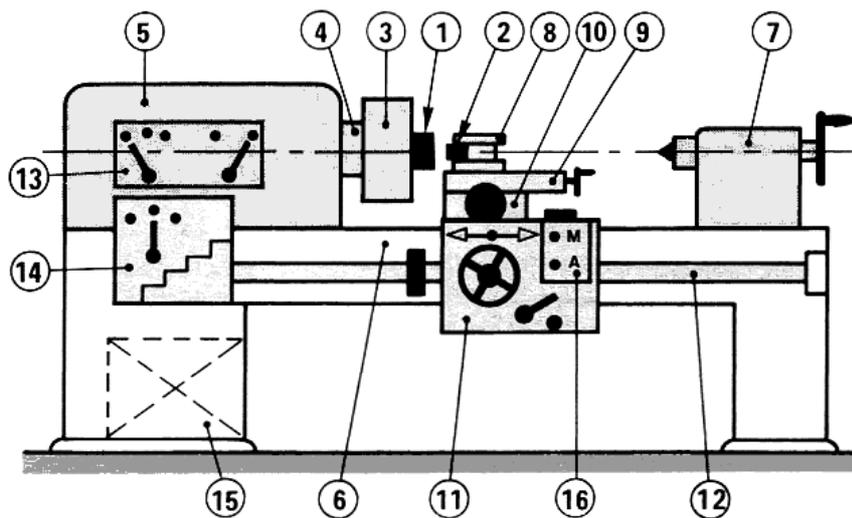
Fig. 3-1

Durant le processus de tournage la pièce à usiner effectue des rotations dans le tour. L'outil de coupe opère longitudinalement ou bien transversalement par rapport à la pièce à usiner. Le travail de l'outil de coupe s'opère à une vitesse déterminée, c'est

ce que l'on appelle la vitesse d'avance. Une certaine profondeur de coupe est de plus nécessaire pour le détachement des copeaux.

3.1.1. Constitution d'un tour parallèle

La constitution d'un tour parallèle est présentée sur la fig. 3-2.



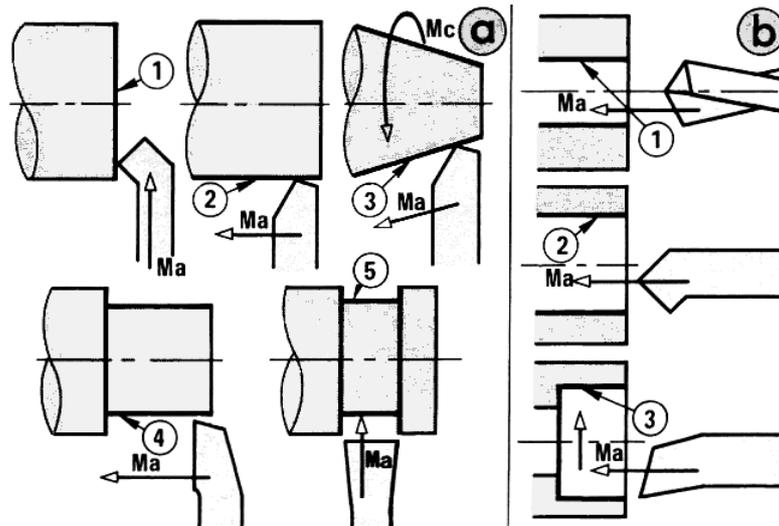
(1) Pièce ; (2) Outil ; (3) Mandrin ; (4) Broche ; (5) Poupée fixe ; (6) Banc ; (7) Poupée mobile ; (8) Tourelle porte-outils ; (9) Chariot supérieur ; (10) Chariot transversal ; (11) Traînard ; (12) Barre de chariotage ; (13) Boîte des vitesses ; (14) Boîte des avances ; (15) Moteur ; (16) Contacteur.

Fig. 3-2

Les opérations courantes de tournage (fig. 3-3) : dressage, cylindrage, alésage sur pièces de faible diamètre, sont exécutées sur des tours parallèles qui se différencient par :

- leurs possibilités : tours parallèles à chariotier (fig. 3-2), tours parallèles à chariotier et fileter ;
- leur utilisation courante : tours de production, tours d'outillage ;
- leur fonctionnement : commande manuelle, commande semi-automatique, commande automatique.

Le mécanicien ajusteur utilise le tour parallèle à chariotier.



a) Opérations extérieures :

(1) Dressage radial à l'outil à charioter coudé ; (2) Cylindrage et (3) chariotage conique à l'outil à charioter ; (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.

Fig. 3-3

Le **tournage longitudinal** (fig. 3-4a) 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.

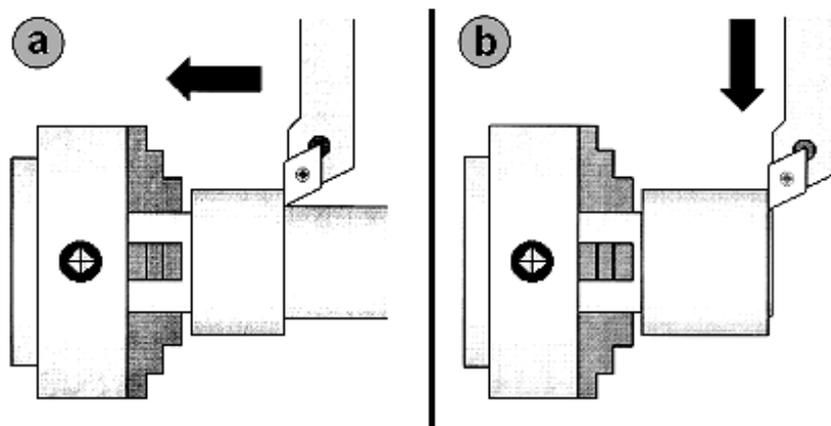


Fig. 3-4

Lors du **tournage transversal** (fig. 3-4b) 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.

3.1.2. Principales caractéristiques

Les caractéristiques justifiant la classe de la machine sont les suivantes (fig. 3-5) :

- Hauteur de pointe : H. d. P. ;
- Longueur entre pointes : E. P. ;
- Encombrement hors tout ;
- Masse.

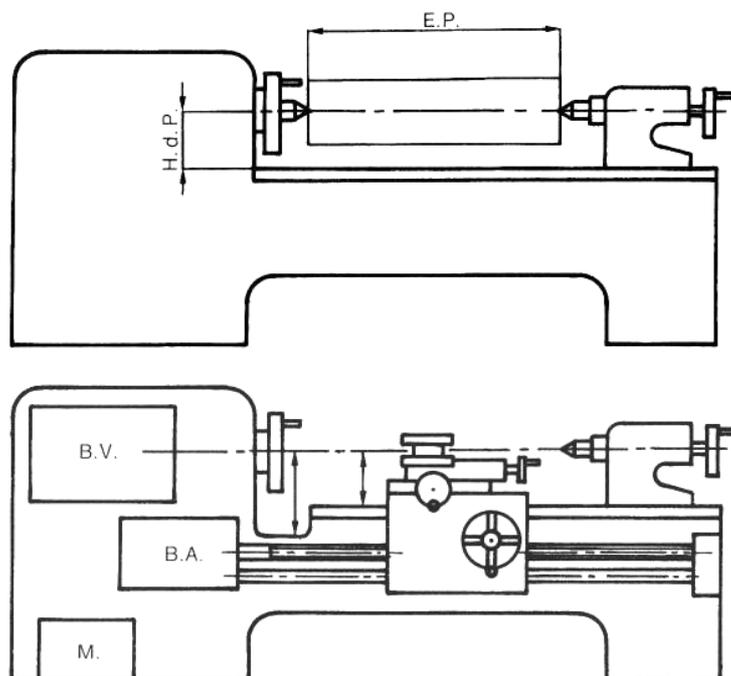


Fig. 3-5

Les valeurs normalisées des différentes caractéristiques sont les suivantes :

- Longueur entre pointes : 0,5 m à plusieurs mètres, limitant la longueur des pièces usinables.
- Hauteur de pointes : 100 à 400 mm, limitant le diamètre à usiner.
- Puissance du moteur : 1 à 10 kW.
- Vitesses de rotation de la broche : $n = 80$ à 1600 tr/mn.
- Avances longitudinales ou transversales : $a = 0,1$ à 1 mm/tr.

3.1.3. Outils de tournage

Ce sont des outils normalisés, à corps prismatique (*section carrée ou rectangulaire*) et partie active en acier rapide ou en carbure (fig. 3-6).

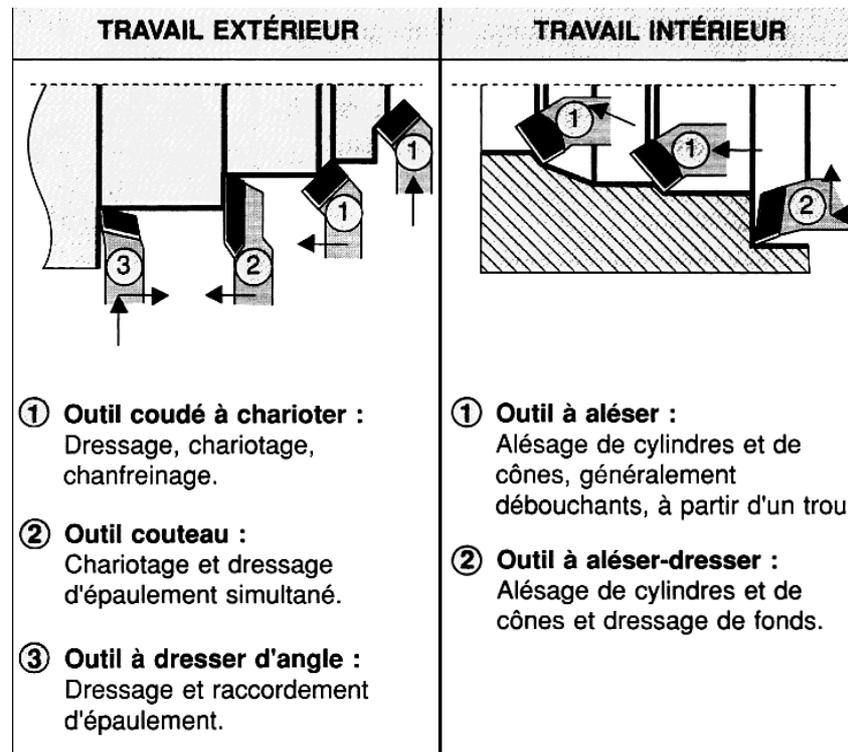


Fig. 3-6

Pour produire une surface sont nécessaires deux **mouvements relatifs outil – pièce** simultanés (fig. 3-7a) :

- **Mc** : mouvement de coupe circulaire uniforme de la pièce.
- **Ma** : mouvement d'avance rectiligne uniforme de l'outil.

Le mode d'action des outils (fig. 3-7a) est représenté par les trois positions : Chariotage (1) ; Plongée (2) ; Copeau (3). Les cales (1) (fig. 3-7b) situent l'arête de l'outil (2) à hauteur de l'axe (3) du tour, après serrage des vis (4) de la tourelle (5) ; le dépassement (6) est réduit. Le dépassement (1) (fig. 3-7c) de la pièce (5) tient compte de la surépaisseur (2), de la distance (3) et de la sécurité (4).

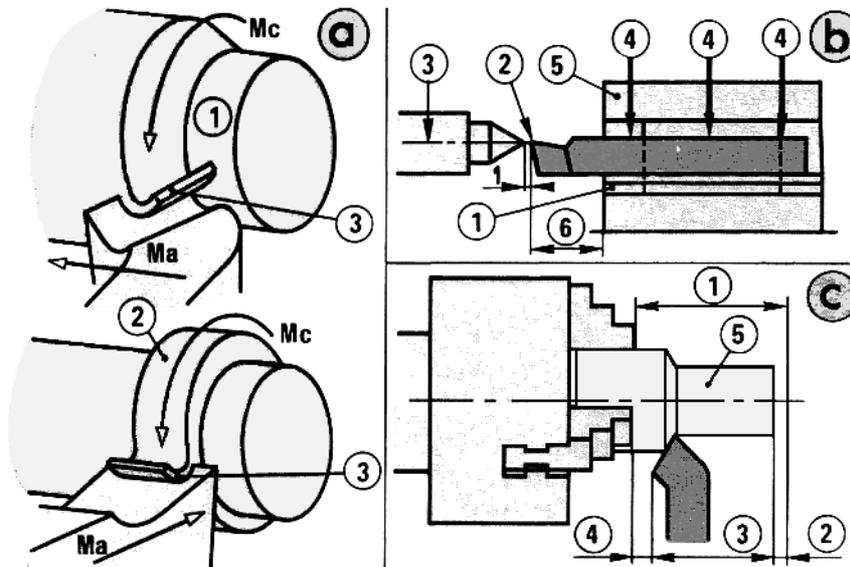
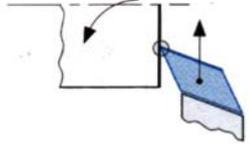
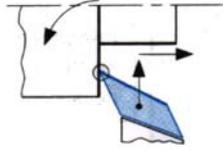
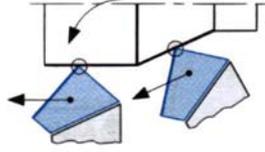
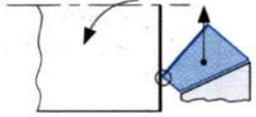
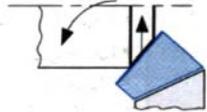
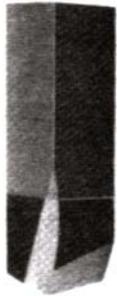
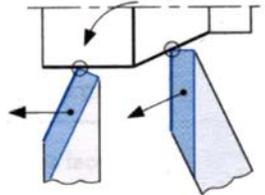


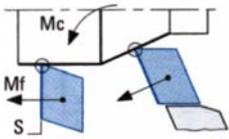
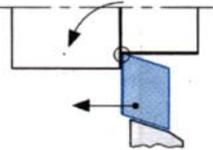
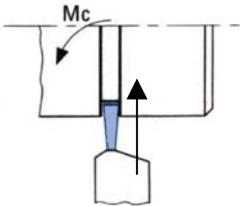
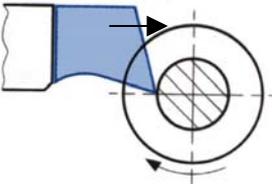
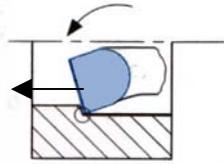
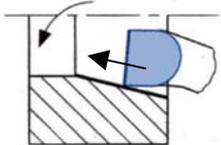
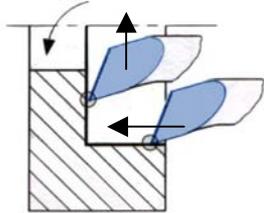
Fig. 3-7

3.2. Choix des outils de tournage

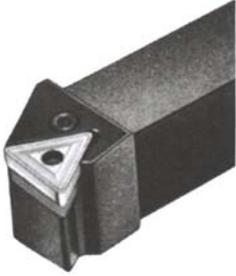
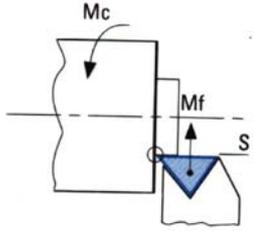
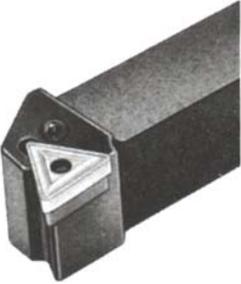
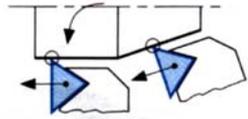
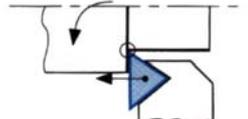
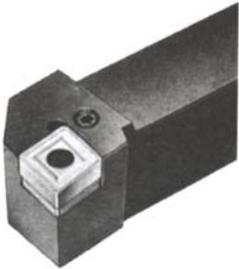
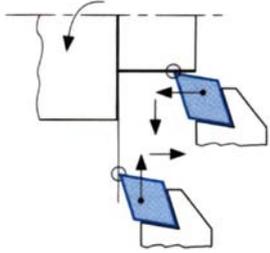
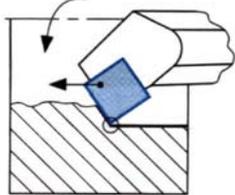
A la température $T^{\circ}\text{C}$ de formation du copeau, les matériaux doivent conserver une dureté HRC ($T^{\circ}\text{C}$) voisine de HRC (20°C) et supérieure à celle du matériau usiné, ainsi qu'une grande résistance à la pression, au choc, au frottement et à la chaleur. Sauf le diamant, constitué par des cristaux de carbone, ce sont des agglomérats de particules très dures enchâssées dans une matrice (ou liant) moins dure, moins résistante à l'usure mais plus tenace que les particules dures. La proportion de liant influe sur des conditions d'utilisation de l'outil. Une forte proportion de liant assure un outil tenace, résistant aux chocs, peu résistant à l'usure, donc pouvant usiner des matériaux peu durs, en coupe discontinue ou continue à forte avance ; une faible proportion assure un outil très résistant à l'usure, mais plus fragile, moins résistant aux chocs, pouvant usiner des matériaux durs, en coupe continue à faible avance ; ces possibilités sont améliorées par la teneur et les caractéristiques particulières de chaque type de particules dures.

- Outils en acier rapide (ARS)

Visualisation	Identification de l'outil	Type d'opérations réalisées	Schéma d'usinage
	<p>Outil à dresser les angles</p>	<p>Dressage</p>	
		<p>Dressage et chariotage combinés</p>	
	<p>Outil à charioter coudé</p>	<p>Chariotage cylindrique et conique</p>	
		<p>Dressage</p>	
		<p>Chanfreinage</p>	
	<p>Outil droit à charioter</p>	<p>Chariotage cylindrique et conique</p>	

	Outil couteau	Chariotage cylindrique et conique	
		Chariotage et dressage combinés	
	Outil à saigner	Rainurage de petite dimension	
	Outil à tronçonner	Tronçonnage de pièces <i>Exemple : Débit dans une barre en laminé ou étiré</i>	
	Outil à aléser	Alésage d'un cylindre droit de révolution à partir d'un trou brut ou ébauché	
		Alésage d'un cône droit de révolution à partir d'un trou brut ou ébauché	
	Outil à aléser et à dresser	Alésage et dressage combinés à partir d'un trou brut ou ébauché	

- Outils à plaquette de carbure

Visualisation	Identification de l'outil	Types d'opérations réalisées	Schéma d'usinage
	Outil à dresser	Dressage	
	Outil couteau	Chariotage cylindrique ou conique	
		Chariotage et dressage combinés	
	Outil à charioter et à dresser	Chariotage et dressage combinés	
	Outil à aléser	Alésage d'un cylindre (ou cône) droit de révolution à partir d'un trou brut noyauté (écroûtage)	

3.2.1. Identification des surfaces tournées

- Classification par surfaces obtenues (fig. 3-8) :

- Surface plane ①
- Surface cylindrique ②
- Surface conique ③
- Surface tronconique ④
- Surface courbe ⑤
- Surface hélicoïdale ⑥

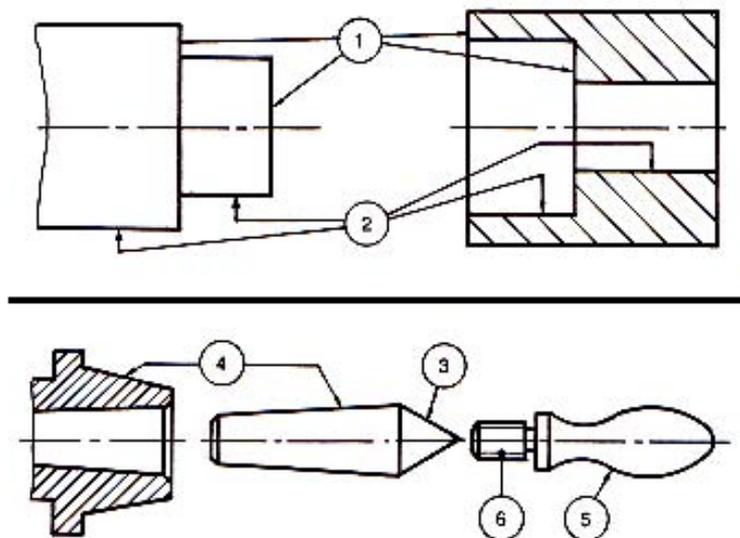


Fig. 3-8

- Classification par élément usiné

- Surfaces extérieures (fig. 3-9)
 - Gorge frontale et radiale ⑦ ;
 - Évidement ⑧ ;
 - Portée ⑨ ;
 - Moletage ⑩ ;
 - Cône ⑪ ;
 - Chanfrein ⑫ ;

- Saignée ⁽¹³⁾ ;
- Épaulement ⁽¹⁴⁾ ;
- Rayon ⁽¹⁵⁾ ;
- Congé ⁽¹⁶⁾ ;
- Filetage ⁽¹⁷⁾.

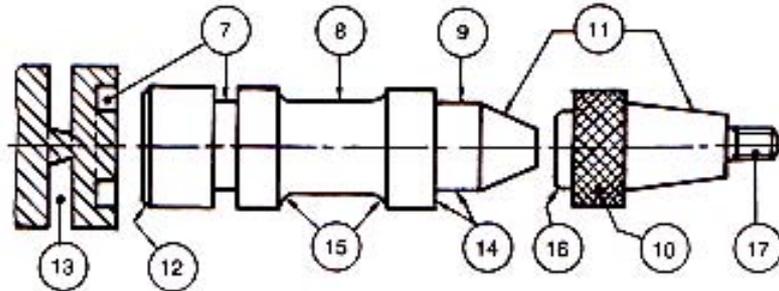


Fig. 3-9

- Surfaces intérieures (fig. 3-10) :

- Chambrage ⁽¹⁸⁾ ;
- Alésage ⁽¹⁹⁾ ;
- Filetage ⁽²⁰⁾ ;
- Centre ⁽²¹⁾ ;
- Perçage ⁽²²⁾ ;
- Cône ⁽²³⁾ ;
- Gorge ⁽²⁴⁾.

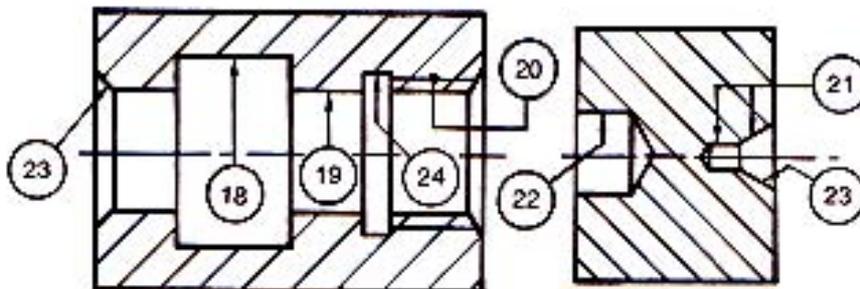


Fig. 3-10

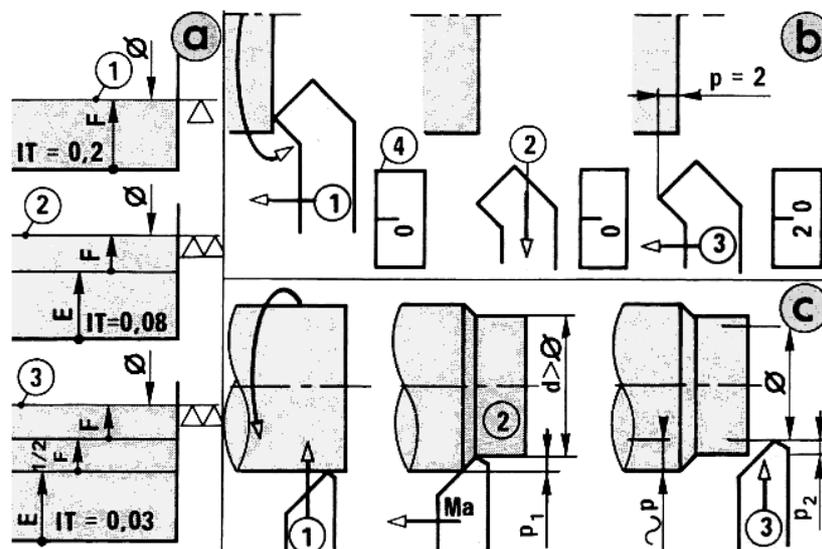
3.2.2. Profondeur de passe

Une surface peut être produite par plongée (le profil de l'outil est identique à celui de la surface à produire) ou par chariotage avec :

- **Ma** perpendiculaire à l'axe pour le dressage (fig. 3-7) ;
- **Ma** parallèle à l'axe pour le cylindrage, l'alésage ou le chambrage ;
- **Ma** oblique à l'axe pour le chariotage conique.

Suivant la puissance de la machine, la surépaisseur **s** à couper et les tolérances à respecter (IT sur la cote ; état superficiel ∇ ou $\nabla\nabla$), la production d'une surface par chariotage peut nécessiter :

- une seule passe (fig. 3-11) ;
- une ou plusieurs passes d'ébauche (profondeur de passe **p** aussi grande que possible ; $a = 0,15$ à $0,6$ mm/tr) et une passe de finition ($p = 0,15$ à $0,25$ mm ; $a = 0,1$ à $0,3$ mm/tr).



a) Passes. Suivant IT sur \varnothing et état superficiel. E. Ebauche ; $1/2 F$. Demi finition ; F. Finition, avec $1/2 F = F = 0,1$ à $0,3$ mm/tr. **b) Réglage au tambour gradué (4) :** (1) Contact ; (2) Dégagement ; (3) Réglage. **c) Réglage sur brut :** (1) Contact ; (2) Amorçage à $d > \varnothing$; (3) Réglage p_2 , pour \varnothing désiré.

Fig. 3-11

Un travail très précis (fig. 3-11) exige une passe de demi finition identique à la passe de finition. La surépaisseur s peut donc être enlevée en une seule passe ou bien répartie entre plusieurs passes.

Exemple :

Pour $s = 5 \text{ mm}$, en réservant $0,2 \text{ mm}$ pour la finition et autant pour la demi finition, il reste $4,6 \text{ mm}$ pour l'ébauche, réalisable en une seule passe.

3.3. Génération des surfaces tournées. Outils

Les pièces usinées en tournage présentent des surfaces simples extérieures et intérieures, planes, cylindriques, coniques, hélicoïdales, courbes, ainsi que quelques surfaces particulières obtenues par gravure, détalonnage, etc.

3.3.1. Surfaces obtenues en tournage

- *Surface de révolution*

Elle est engendrée par une ligne G (génératrice) tournant autour d'un axe ZZ' auquel elle est impérativement liée (fig. 3-12).

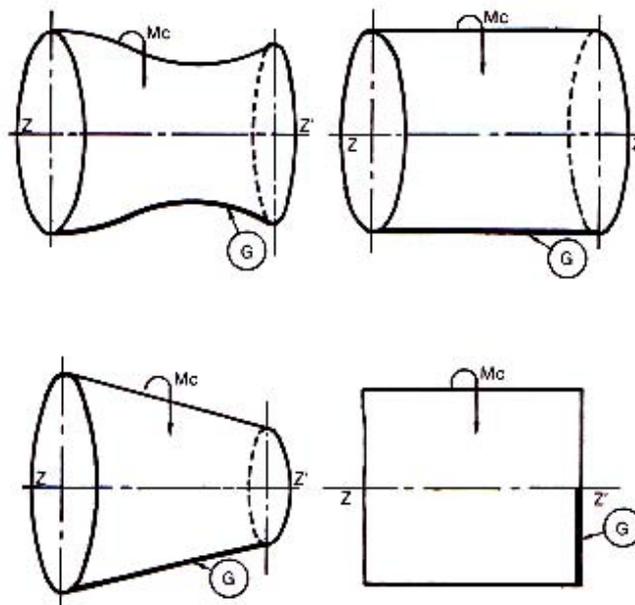


Fig. 3-12

Cas particulier

La droite G se trouve perpendiculaire l'axe ZZ' et tourne autour de celui-ci auquel elle est impérativement liée. On obtient une **surface plane**.

- *Surface hélicoïdale*

Engendrée par la combinaison d'un mouvement d'avance (caractérisé par le pas), généralement suivant l'axe ZZ', et d'un mouvement de rotation communiqué à la pièce. Dans la majorité des cas, ces surfaces sont des filetages (fig. 3-13).

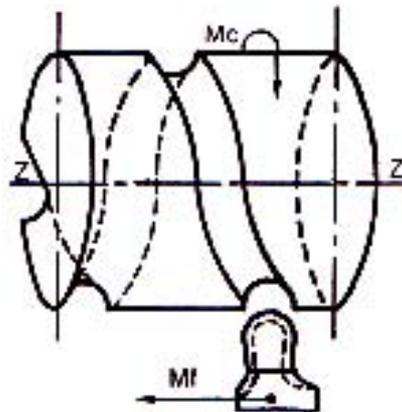


Fig. 3-13

3.3.2. Mode d'obtention de différentes surfaces

- *Travail de forme*

Il est caractérisé par deux mouvements (fig. 3-14) :

- **Mc** – mouvement de coupe communiqué à la pièce ;
- **Mp** – mouvement de pénétration communiqué à l'outil.

La surface à obtenir détermine la forme et la position de l'arête tranchante de l'outil (G). L'état de la surface est fonction, bien entendu, de l'affûtage et en particulier de la finesse de l'arête tranchante. L'importance de la longueur de l'arête tranchante en contact avec la pièce risque de provoquer le phénomène de *broutement*.

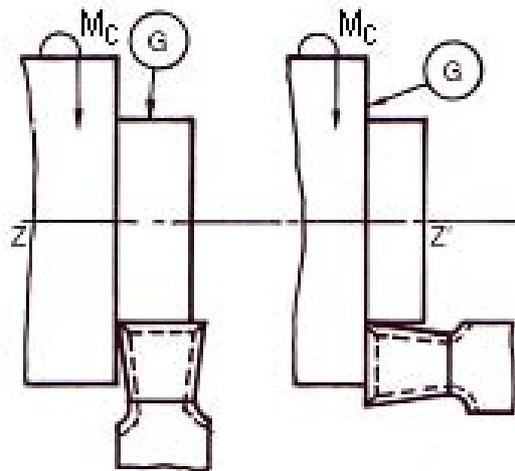


Fig. 3-14

- *Travail d'enveloppe*

Il est caractérisé par trois mouvements (fig. 3-15) :

- **Mc** – Mouvement de coupe communiqué à la pièce.
- **Mf** – Mouvement d'avance communiqué à l'outil suivant G.
- **Mp** – Mouvement de pénétration qui permet la mise en position de l'outil, pour la prise de passe.

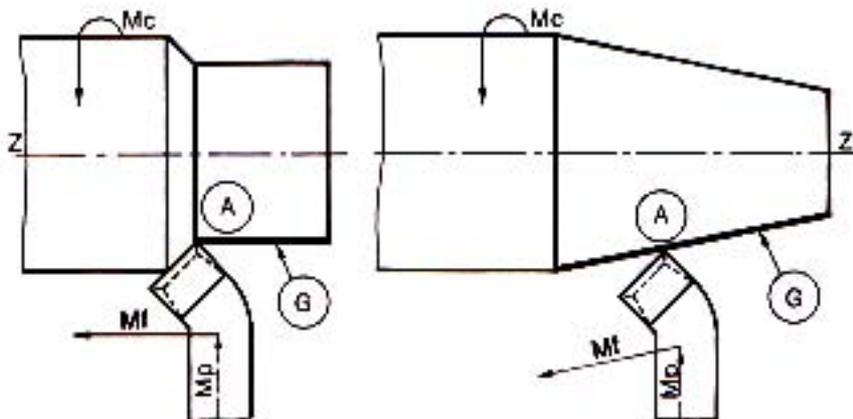


Fig. 3-15

La surface usinée est le lieu des positions successives de l'extrémité de l'arête tranchante (A) suivant la génératrice (G). L'extrémité de l'arête tranchante de l'outil explore tout point de la surface obtenue.

C'est une génération ponctuelle.

L'état de surface est fonction de l'affûtage et il est influencé par l'avance et le rayon du bec de l'outil. La géométrie de la pièce est fonction de la rectitude des glissières ou de la génératrice en contact avec le palpeur (copiage). Elle est également influencée par l'alignement de la broche. Un réglage peut être exécuté pour corriger les défauts constatés (réglage délicat effectué l'aide d'un système butée et vis prévues sur la poupée fixe).

3.3.3. Différentes surfaces engendrées

Les surfaces montrés sont obtenus (fig. 3-16, 3-17 et 3-18) : ① Par travail de forme ;
② Par travail d'enveloppe.

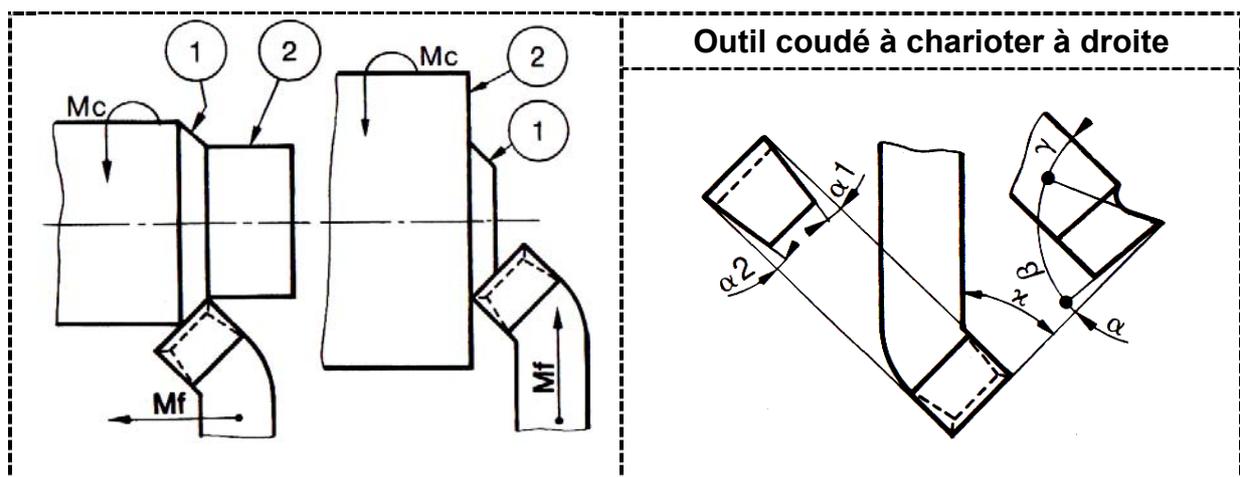
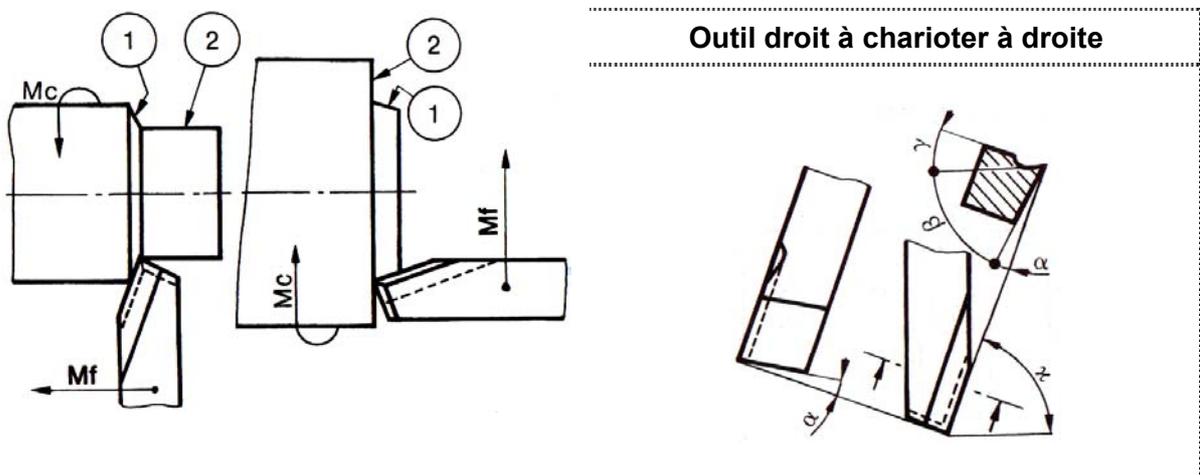
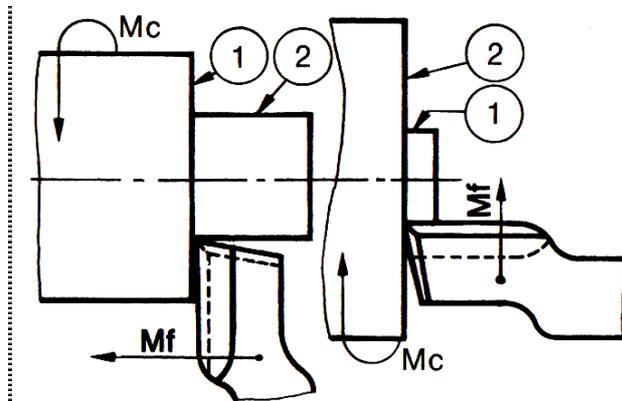
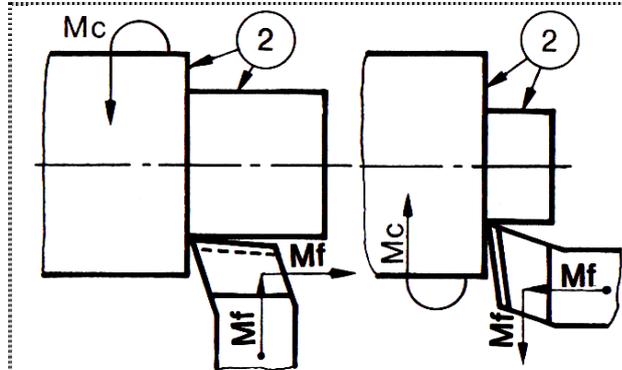
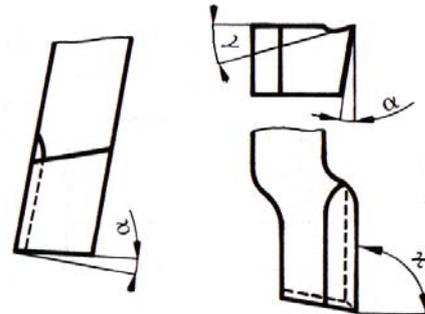


Fig. 3-16

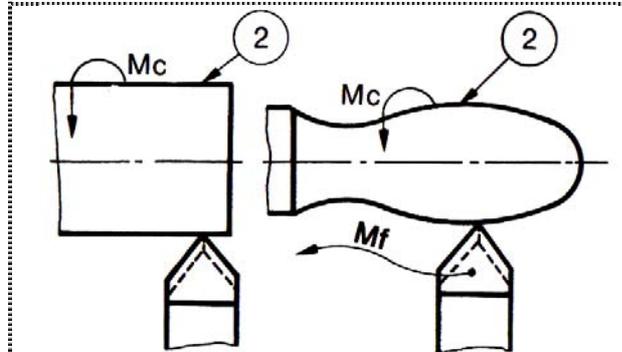
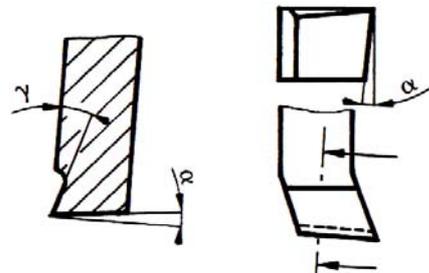




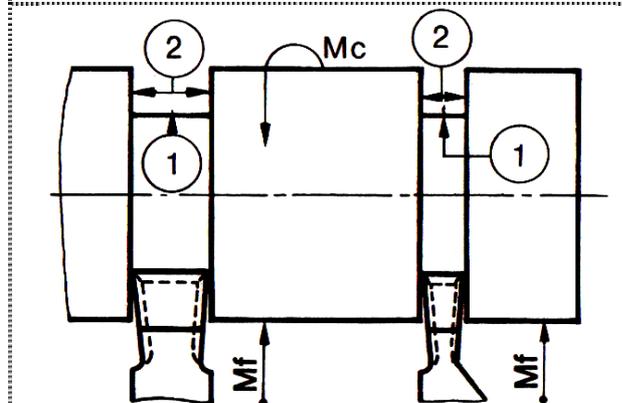
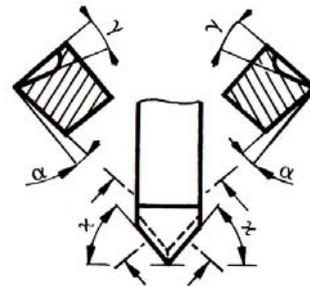
Outil coupe à droite



Outil à dresser d'angle



Outil à retoucher



Outil pelle ou à saigner

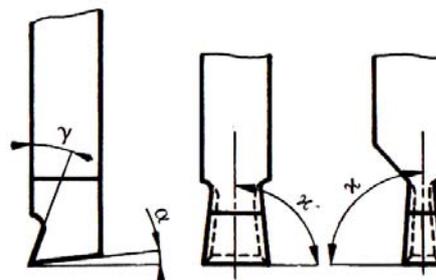


Fig. 3-17

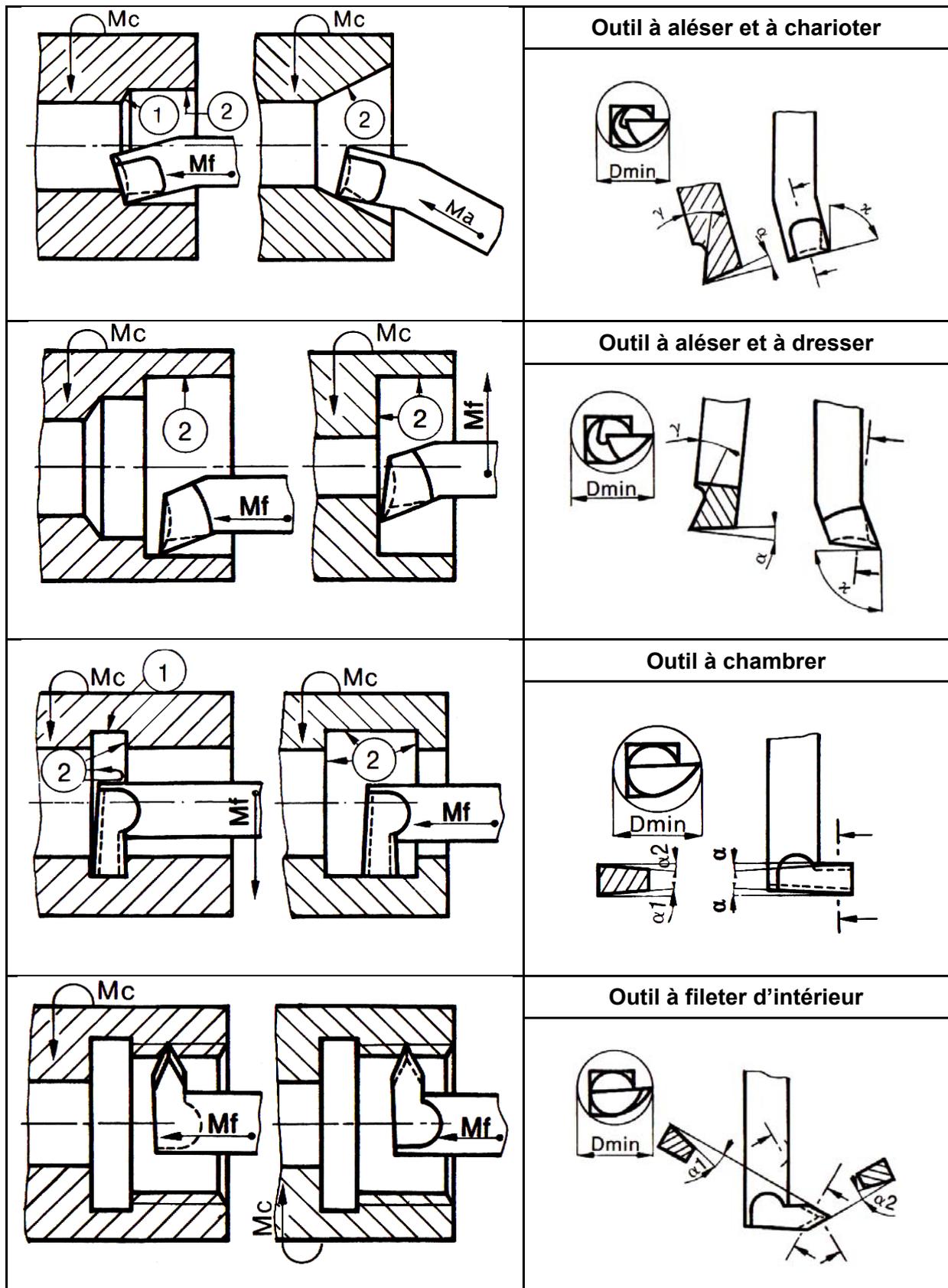


Fig. 3-18

3.3.4. Montage des mors et de la pièce

- *Montage des mors*

Le montage des mors est caractérisé par les opérations suivantes :

- Nettoyer les mors au pinceau, éventuellement évacuer les copeaux restant dans le mandrin avec un jet d'air comprimé (mettre des lunettes de protection).
- Monter les trois mors dans l'ordre 1 – 2 – 3 dans les entailles aux numéros correspondants (fig. 2-19).

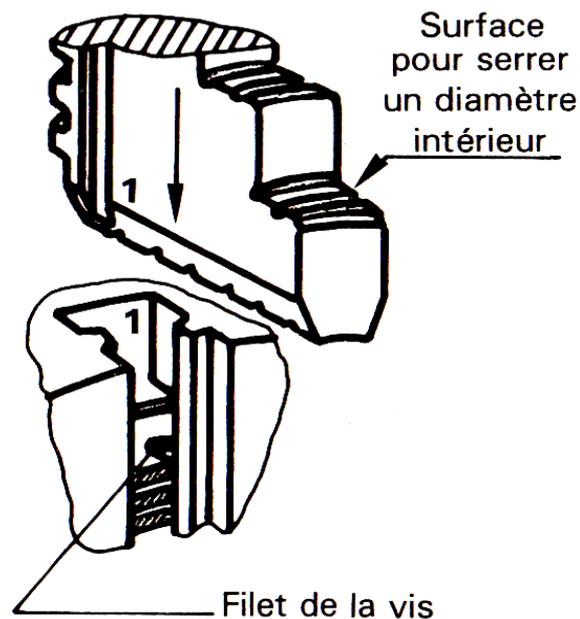


Fig. 3-19

- Dans l'entaille (1) du mandrin, placer le départ du filet de la vis plate (ou spirale) juste à l'entrée, engager les mors n° 1.
- Tourner la vis plate avec la clé de mandrin par l'orifice prévu à cet effet (fig. 2-20).
- Continuer l'opération pour les mors (2) et (3) comme pour le mors 1.

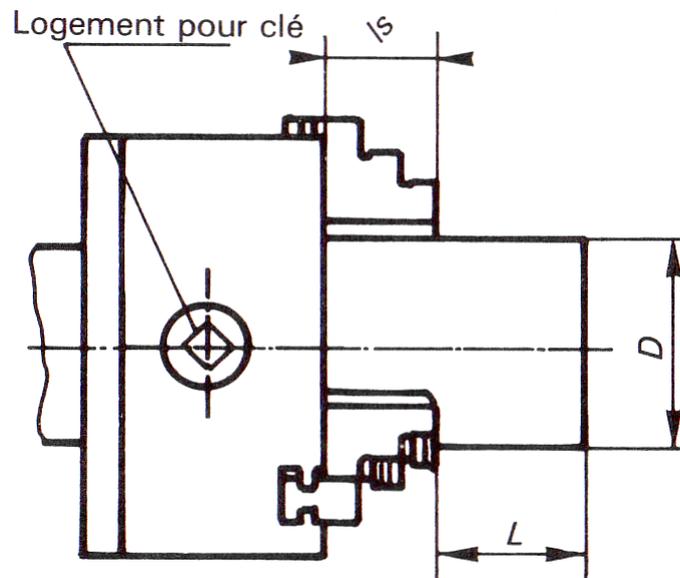


Fig. 3-20

- *Montage de la pièce*

Le montage des mors est caractérisé par les opérations suivantes (fig. 3-20) :

- Ouvrir le mors suffisamment pour laisser passer la pièce.
- Régler la longueur L de sortie de pièce pour usinage.
- Pour obtenir un serrage convenable de la pièce, vérifier que :

$$\frac{l_s}{D} \geq 0,6, \quad \text{où : } l_s = \text{longueur de serrage}$$

- La longueur de dépassement L ne doit pas excéder $2D$.

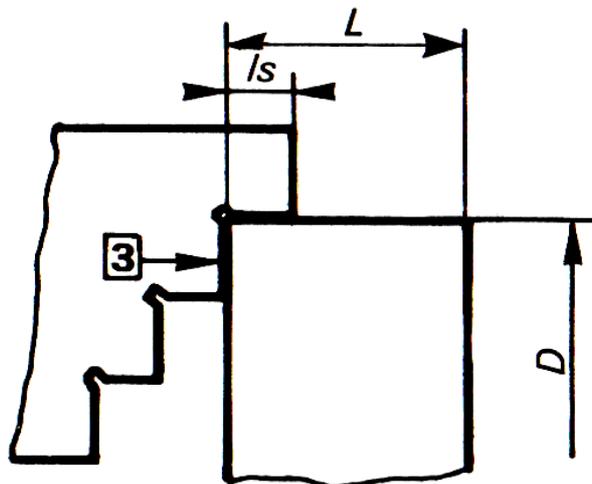


Fig. 3-21

- Le montage de mors durs à l'envers (fig. 3-21) permet le serrage des pièces d'un diamètre D équivalent à celui du mandrin.
- La longueur réduite de la prise de mors permet l'usinage de pièce d'une longueur L jusqu'à $10 I_s$, les 3 points d'appuis étant prioritaires.

3.3.5. Montage - réglage de l'outil de tour

Le point générateur de l'outil doit se trouver en coïncidence avec l'axe de la broche (dans un plan horizontal pour le tour parallèle).

- *Porte-outil élémentaire*

- Le réglage se fait par des cales en tôles de différentes épaisseurs a (fig. 3-22a).

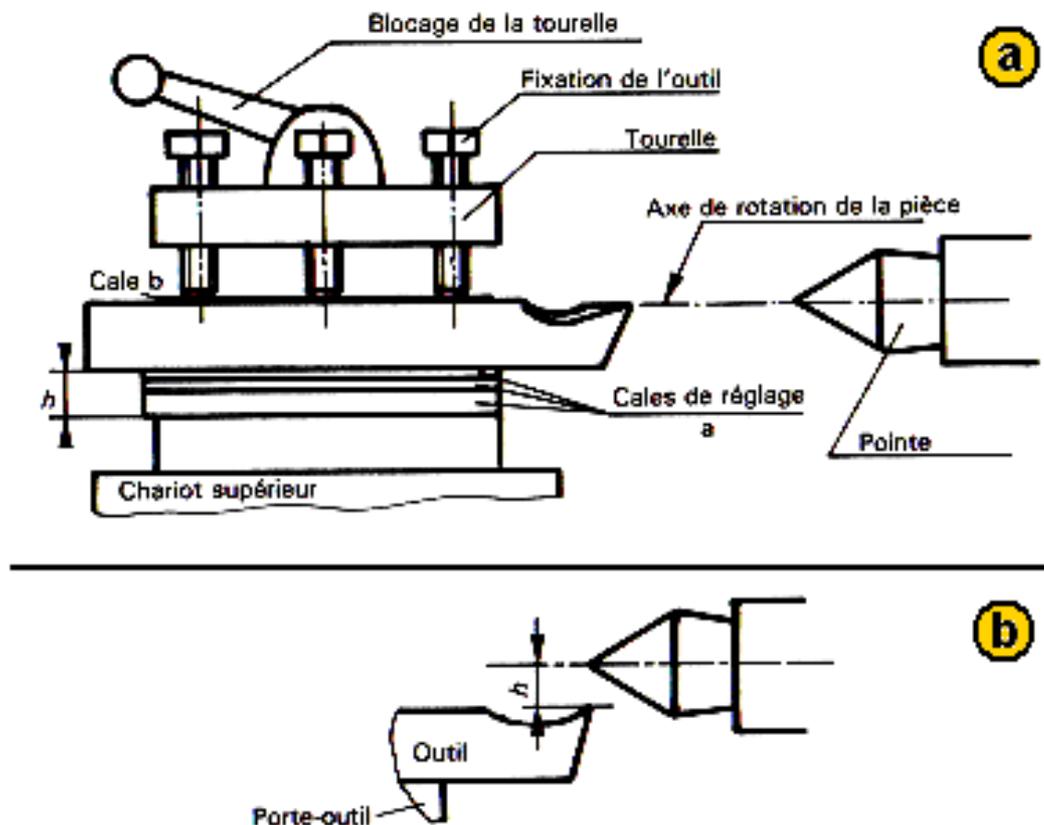


Fig. 3-22

- Utiliser un nombre minimal de cales.
 - Poser l'outil dans son logement sans cale (fig. 3-22b).
 - Mesurer la hauteur entre l'arête tranchante et la pointe (axe de broche) ou réglet gradué (h).
 - Caler selon (h).
 - Serrer l'outil (disposer une cale b entre l'outil et les vis de serrage pour éviter l'écrasement des vis).
 - Vérifier.
 - Recaler s'il y a lieu.
- *Porte-outil avec réglage mécanique de hauteur de pointe*
 - Engager le porte-outil dans la queue d'aronde de la tourelle (fig. 3-23).
 - Serrer l'outil (placer une cale entre vis et outil) par les vis repère A.
 - Régler la hauteur en agissant sur la vis B.
 - Bloquer le porte-outil avec la poignée C.
 - Vérifier après blocage.
 - Régler à nouveau s'il y a lieu.
 - Un contre-écrou ou un frein repère D empêche le dérèglement.

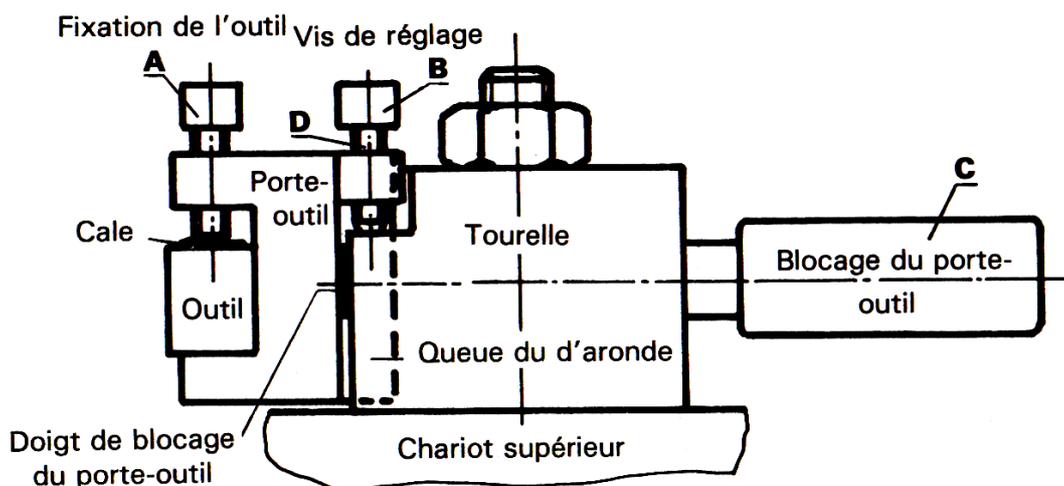


Fig. 3-23

La fig. 3-24 représente un accessoire qui permet de régler la hauteur du point générateur de l'outil.

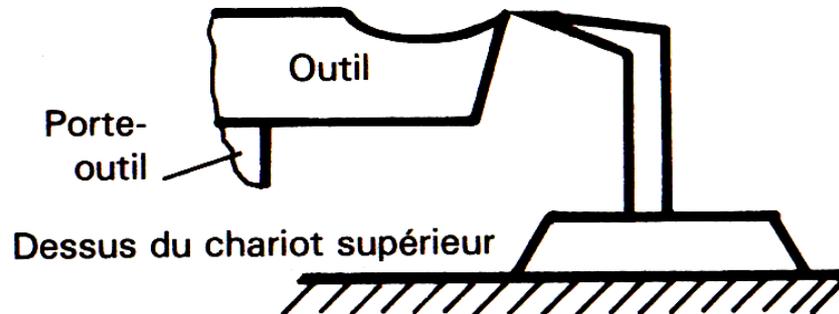


Fig. 3-24

Remarque : L'aspect extérieur de certains porte-outils diffère de celui du croquis (fig. 3-22 et 3-23) ce qui ne change rien dans les manipulations indiquées ci-dessus.

3.3.6. Mesures et contrôle au niveau de l'opération

Le **contrôle** consiste à trier les pièces bonnes ou mauvaises. La **mesure** consiste à chiffrer les valeurs mesurées en unités. Selon que celles-ci seront ou non comprises dans la tolérance, on peut en faire le tri.

La **mesure directe** des dimensions consiste à comparer la dimension aux graduations d'un instrument gradué (règle). La **mesure par comparaison** utilise un comparateur étalonné sur un étalon.

Pour les mesures des différents éléments il faut suivre l'ordre suivant :

- la forme dont l'écart est contenu dans la tolérance de position ;
- la position dont l'écart est compris dans la tolérance de dimension ;
- la dimension qui contient tous les écarts.
- La rugosité est généralement mesurée indépendamment.

Dans les tableaux (fig. 3-25, 3-26, 3-27 et 3-28) sont présentées les grandeurs à contrôler et les appareils de mesure à utiliser pour les différents types de pièces.

Pièce à obtenir		Dimensions	Appareils
DIAMÈTRES		$D \pm 0,1$	Pied à coulisse
		$D \pm 0,02$	Micromètre
		$d = 20 H8$	Micromètre à alésage Tampon double
		$D = 20 h8$	Jauge plate double à bouts cylindriques Jauge à bouts sphériques (grand \varnothing) Micromètre Calibre mâchoire
LONGUEURS		L ou $L' \pm 0,5$ ℓ ou ℓ'	Réglet
		L ou $L' \pm 0,1$	Pied à coulisse
		ℓ ou $\ell' \pm 0,1$	Jauge de profondeur Jauge à talon
		L ou $L' \pm 0,02$	Micromètre
		ℓ ou $\ell' \pm 0,02$	Jauge micrométrique
LARGEURS		$e \pm 0,2$	Pied à coulisse à pointes
		$E \pm 0,2$	Pied à coulisse
		$e \pm 0,05$	Cale-étalon
		$E \pm 0,05$	Micromètre d'intérieur Jauge plate
		$e' \pm 0,05$	Cale-étalon

Fig. 3-25

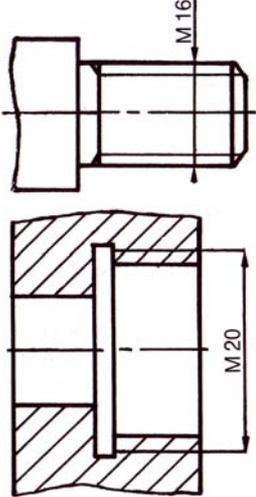
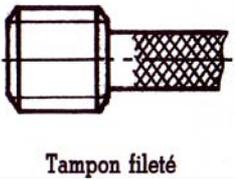
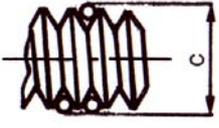
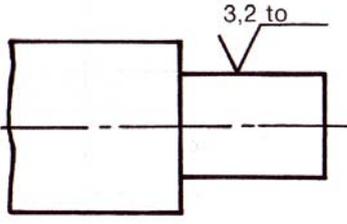
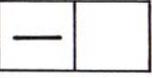
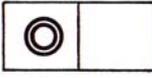
Filetage – Profil - Pas		Projecteur de profil	
FILETAGES			
		<p>Micromètre à filetage $d2 = d \text{ moyen}$ $d2 = d - 0,85$</p>	<p>Micromètre d'intérieur spécial à 3 touches</p>
		 <p>\varnothing pige $\approx 2/3$ du pas $C = d - 1,515 p + 3 \varnothing$</p>	

Fig. 3-26

ETAT DE SURFACE		<p>Plaquettes visio tactiles</p>
FORMES	 <p>Rectitude</p>	<p>Spécifications liées à l'état de la machine et aux réglages</p>
	 <p>Cylindricité</p>	
	 <p>Circularité</p>	
POSITION	 <p>Coaxialité</p>	<p>Spécifications qui imposent un ordre d'usinage déterminé ou une association de surfaces</p>

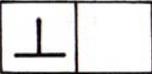
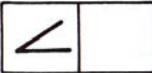
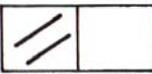
		Perpendicularité
		Inclinaison
		Parallélisme

Fig. 3-27

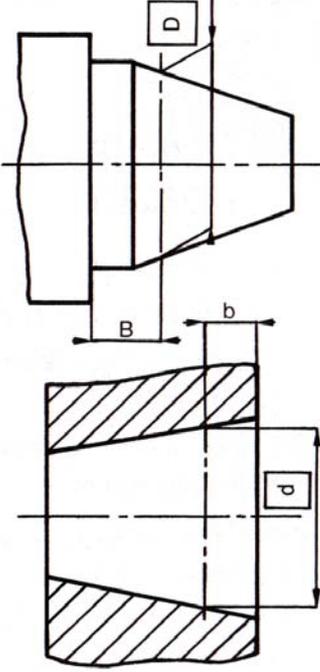
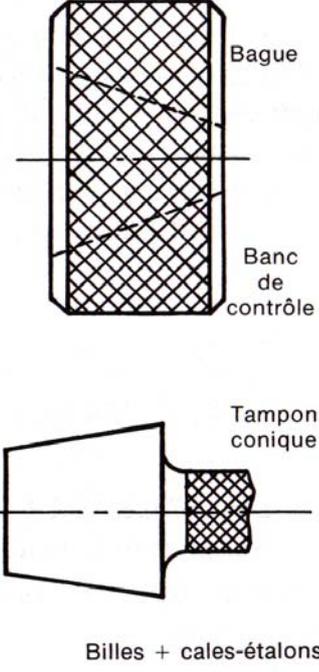
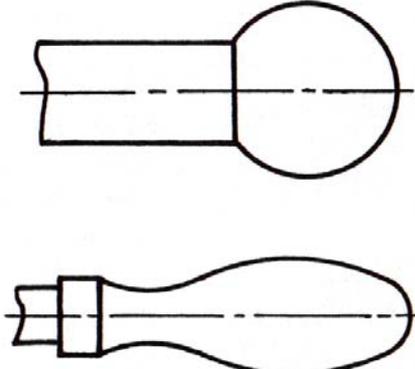
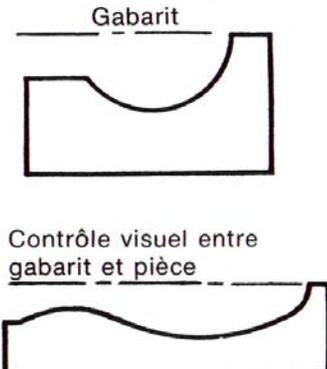
CONES		
FORMES COURBES		

Fig. 3-28

3.4. Chariotage – Dressage (Surfaçage plan)

3.4.1. Chariotage

Opération d'usinage qui consiste à réaliser toutes les surfaces de révolution par travail d'enveloppe (fig. 3-29). C'est la trajectoire de l'outil qui donne la forme de la surface^①.

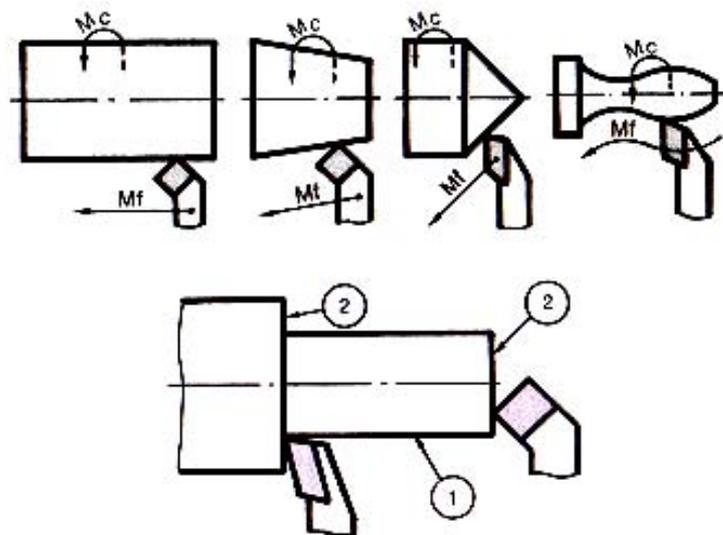


Fig. 3-29

Le chariotage est effectué en suivant les sous opérations suivantes :

- Monter la pièce ;
- Choisir l'outil (tableau fin d'ouvrage) ;
- Monter et régler l'outil ;
- Approcher l'outil de la pièce (fig. 3-30a) en actionnant les chariots transversal et longitudinal ;
- Sélectionner la fréquence de rotation de la broche et la vitesse d'avance ;
- S'assurer du sens convenable de l'avance ;
- Débloquer le tambour gradué du chariot transversal.

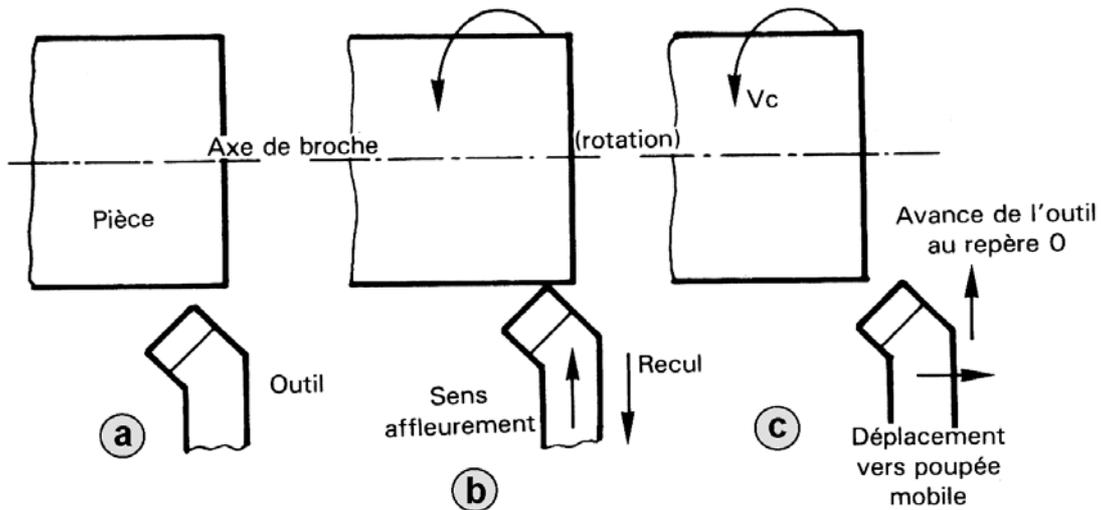


Fig. 3-30

- *Réglage outil - pièce (fig. 3-30b)*
 - Mettre la pièce en rotation dans le sens correct ;
 - Affleurer la pièce avec le bec de l'outil par le chariot transversal ;
 - Mettre le tambour gradué du C.T. au 0 et le bloquer ;
 - Reculer l'outil pour éviter le frottement sur la pièce ;
 - Déplacer l'outil vers la poupée mobile (fig. 3-30c) ;
 - Avancer l'outil au repère 0 du tambour gradué.

Le type de la surface obtenue dépend de la trajectoire de l'outil. Les différentes possibilités sont indiquées dans le tableau suivant :

Trajectoire outil	Surface obtenue
Parallèle à l'axe de révolution de la pièce	Cylindrique
Oblique par rapport à l'axe de révolution de la pièce	Conique ou tronconique
Quelconque	Quelconque

- *Usinage (fig. 3-31a)*
 - Avancer l'outil vers l'axe de la broche de la valeur **a** (profondeur de coupe) ;
 - Approcher l'outil de la pièce manuellement ;
 - Enclencher l'avance automatique (fig. 3-31b) ;

- En fin de passe, veiller à ce que l'outil ne se trouve pas accroché par les mors (fig. 3-32a), prévoir une sécurité de deux millimètres par réglage de la butée de banc.
- Reculer l'outil.
- Reprendre en figure 3-30c jusqu'à l'obtention de la dimension.

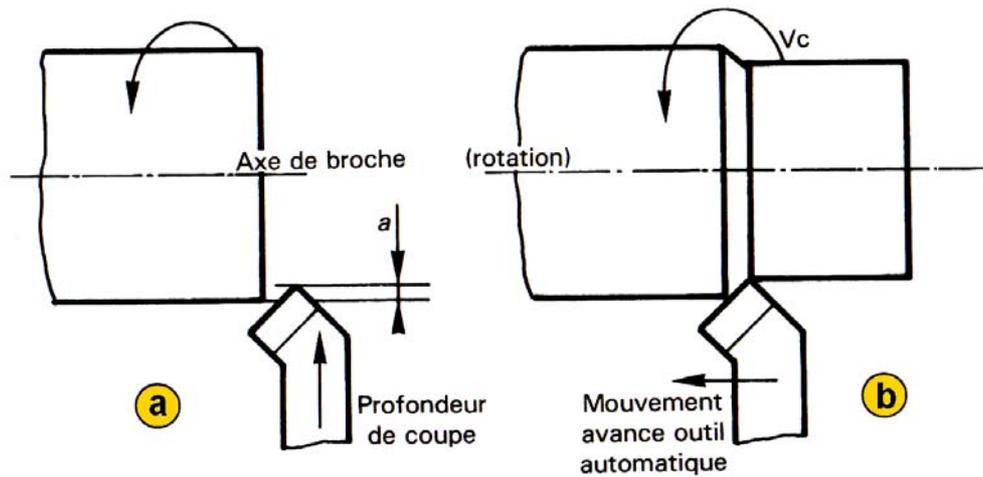


Fig. 3-31

- Autre outil pouvant être utilisé (fig. 3-32b)
 - Outil à charioter droit à droite.

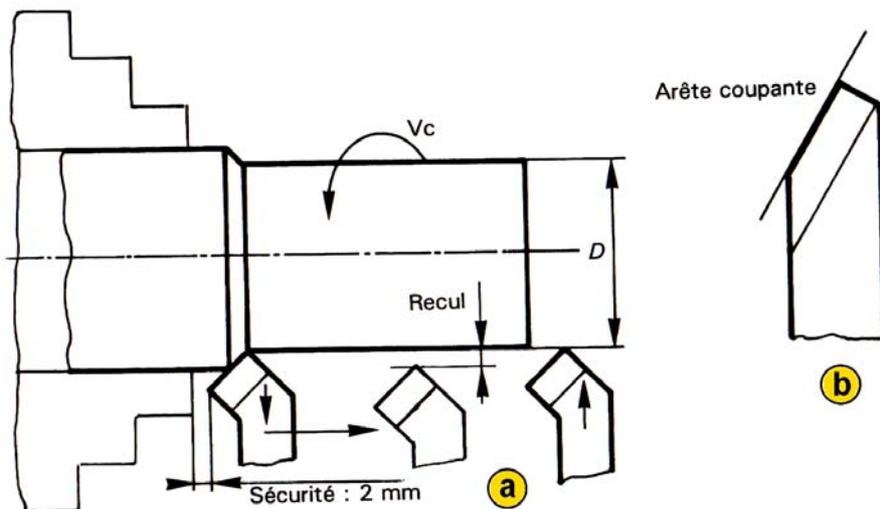


Fig. 3-32

3.4.2. Dressage (Surfaçage plan)

Opération d'usinage qui consiste à réaliser une surface plane (fig. 3-29) par déplacement rectiligne perpendiculaire à l'axe de révolution de la pièce⁽²⁾.

- Monter la pièce ;
- Choisir l'outil et le régler ;
- Régler la fréquence de rotation et la vitesse d'avance ;
- S'assurer du sens de déplacement convenable de l'avance (outil vers l'axe de la broche) ;
- Approcher le bec de l'outil de 3 à 5 mm de la pièce (fig. 3-33).
- Bloquer le chariot longitudinal.
- Débloquer le tambour gradué du chariot supérieur.

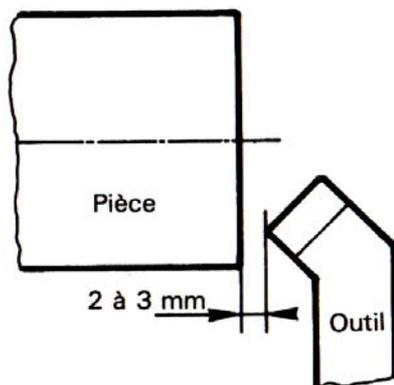


Fig. 3-33

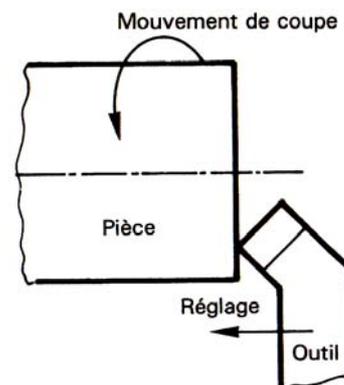


Fig. 3-34

- *Affleurement (fig. 3-34)*
 - Mettre la broche en rotation.
 - Venir affleurer la pièce avec l'outil en déplaçant le chariot supérieur (CS).
 - Mettre le tambour gradué à 0 et le bloquer.
- *Prise de profondeur de coupe (fig. 3-35)*
 - Dégager l'outil avec le chariot supérieur (CS) puis le chariot transversal (CT) à 2 ou 3 mm de la pièce.
 - Approcher l'outil de la pièce avec le chariot supérieur au 0 et prendre la profondeur de coupe prévue.

- Approcher l'outil de la pièce avec le chariot transversal actionné manuellement.

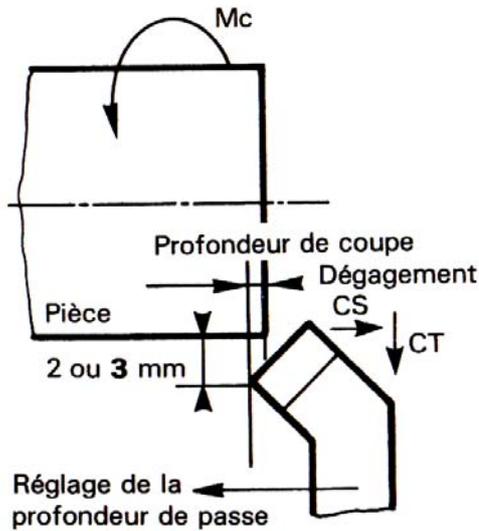


Fig. 3-35

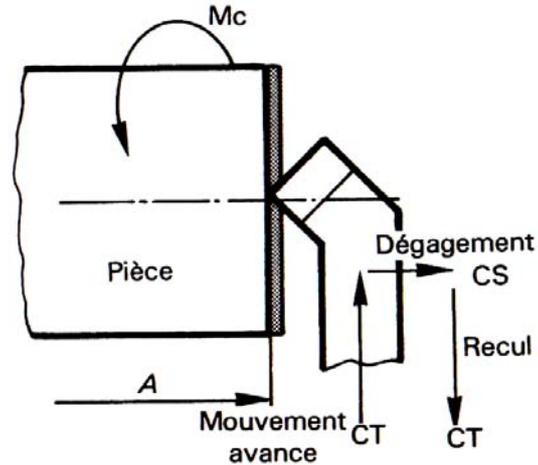


Fig. 3-36

- Usinage et contrôle (fig. 3-36)

- Réaliser l'usinage par avance automatique jusqu'au centre ;
- Reculer l'outil avec le C.S. ;
- Revenir en arrière avec le C.T. ;
- Arrêter la rotation de la broche et mesurer A (avec ou sans démontage de la pièce) ;
- S'il y a lieu, avancer le C.S. (fig. 3-37) au repère de la prise de passe (fig. 3-35) ;
- Prendre une nouvelle profondeur ;
- Recommencer l'opération jusqu'à l'obtention de la dimension.

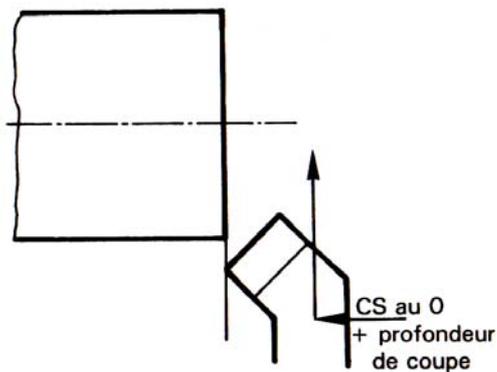


Fig. 3-37

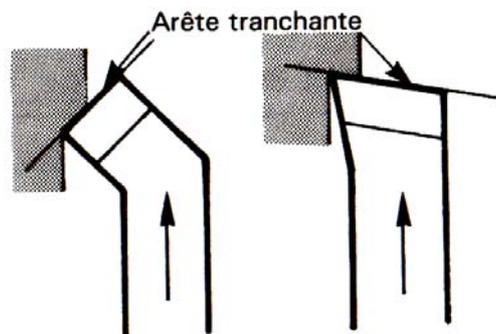


Fig. 3-38

- *Outils utilisables (fig. 3-38)*
 - Outil à charioter coudé.
 - Outil à dresser.
- *Mise à longueur (fig.3-39)*
 - Par utilisation d'un outil couteau.
 - Si $D/2 < A$: régler la position de l'arête tranchante de l'outil contre un mors du mandrin (**le tour étant à l'arrêt**) pour obtenir un angle $K = 90^\circ$.

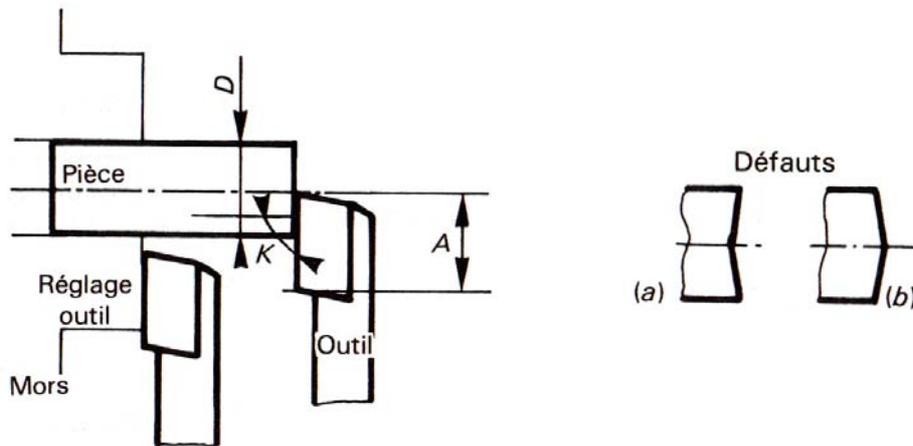


Fig. 3-39

Les figures 3-39a et b montrent les défauts pouvant résulter d'un mauvais réglage de l'outil.

- *Analyse de l'opération 2 (fig. 3-40) :*
 - dressage du bout (1) avec : $s = 2 \text{ mm}$, $IT = 0,3$, état superficiel ∇ . (Opérations 2 et 3 associées, sans démontage de la pièce).

Instructions détaillées : La pièce brute en acier laminé, a $\varnothing 60 \times 142$. Les surépaisseurs (2 mm sur (1), 4 mm au rayon sur (2)) avec $IT = 0,3$ sur le bout et le rayon imposent une seule passe par surface. L'état superficiel (*traits réguliers, sensibles au toucher*) impose une forte avance par tour. Le bout (1) est dressé.

		OPÉRATIONS		OUTILLAGE	CONTRÔLE	
		1	Ébavurer, contrôler le brut $\varnothing 60, l = 142$			Lime
2	Dresser. Chariotage radial Bout 1	Cotes 140 ± 0.15	p	a	n	
3	Cylindrer. Chariotage longitudinal Cylindre 2	$\varnothing 52 \pm 0.3$ $l = 70 \begin{smallmatrix} 0 \\ -3 \end{smallmatrix}$	4	0,32	200	Régler gradué
ÉBAUCHE		Acier, R = 40 hbar				

Fig. 3-40

- Déterminer le processus

Les données permettent le dressage en une seule passe :

$p = 2 \text{ mm}$; $a = 0,16 \text{ mm/tr.}$

- Choisir et monter l'outil

Après contrôle (*affûtage, surface de référence*) l'outil à charioter coudé est placé sur la référence de la tourelle, propre et en bon état. Les angles de pente d'affûtage et de dépouille ne sont corrects que si l'arête tranchante est à hauteur de l'axe de la broche. L'outil dépassant le moins possible, serrer les vis de la tourelle et contrôler à nouveau la hauteur de l'arête tranchante.

- Fixer la pièce dans le mandrin

Engager la pièce dans les mors du mandrin (dépassement aussi faible que possible, compte tenu de la longueur nécessaire pour les opérations associées) et la serrer en utilisant la clé du mandrin; contrôler le contact entre mors et pièce.

- Procéder aux réglages

Vitesse de rotation de la broche : n tr/mn. Assurer la valeur figurant sur la feuille d'instructions détaillées en plaçant les leviers de la boîte des vitesses aux positions indiquées par le tableau de réglage (fig. 3-41).

Sécurité : Lors du chariotage longitudinal, la butée (1) est bloquée sur le banc (2) en respectant une distance (3) égale à la course nécessaire (4), ce qui assure la sécurité (5).

Avance automatique du chariot transversal : a mm/tr. Assurer la valeur désirée en disposant les leviers de la boîte des avances suivant le tableau de réglage. Les avances longitudinales ou transversales sont obtenues par manipulation du levier (1) et du baladeur (2).

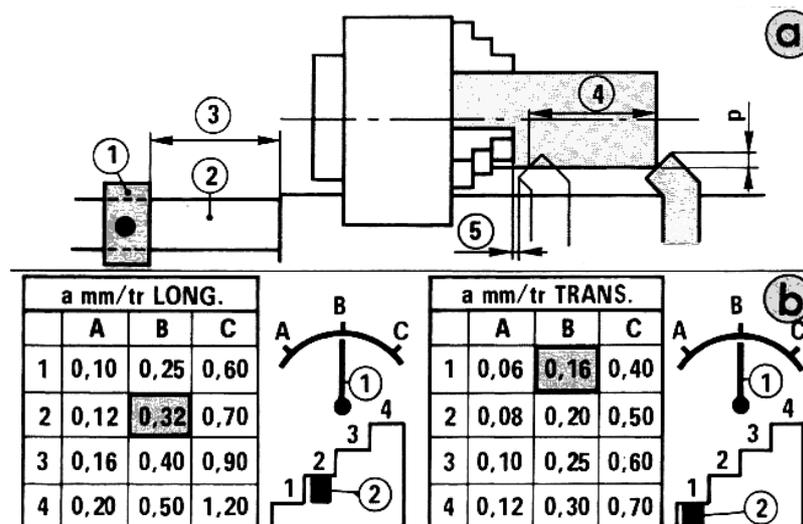


Fig. 3-41

Contact outil - pièce : Embrayer Mc. Situer le bec de l'outil devant le bout de la pièce et bloquer le traînard. Avancer lentement le chariot supérieur jusqu'à ce que la pointe de l'outil laisse une légère trace sur la pièce ; régler le tambour gradué au zéro et dégager l'outil (*chariot transversal*).

Profondeur de passe : p mm. Calculer le nombre de graduations correspondant à p . (Ex. une graduation 0,1 mm ; $p = 2$ mm = 20 graduations). Avancer le chariot supérieur du nombre de graduations calculé (fig. 3-41).

- *Prendre la passe*

Abaisser le levier de commande d'avance automatique du chariot transversal dans le sens voulu ; lubrifier. Pendant la passe, ne toucher à aucun organe en mouvement, ni à la pièce, ni aux copeaux. Débrayer Ma lorsque l'outil est arrivé au centre de la pièce ; reculer l'outil ; débrayer Mc ; contrôler.

- *Analyse de l'opération 3 (fig. 3-40) :*

- cylindrage de la surface (2) avec $s = 4$ mm, IT = 0,6 mm, état superficiel ∇ (opérations 2 et 3 associées).

- *Déterminer le processus*

Les données permettent le cylindrage en une passe; mais le réglage de p sur une surface laminée est imprécis et nécessite un amorçage à un diamètre (supérieur au diamètre désiré) dont la mesure permette un second réglage précis.

- *Choisir et monter l'outil*

L'économie conduit à utiliser l'outil à charioter coudé.

- *Fixer la pièce dans le mandrin*

Le dépassement est tributaire de la longueur à usiner, de la largeur de l'outil et de la distance interdisant le contact entre outil et mandrin.

- *Procéder aux réglages*

Vitesse de rotation de la broche ; avance du traînard.

Contact outil - pièce. Par déplacement du chariot transversal ; dégagement par déplacement du traînard. Débrayer Mc.

Butée longitudinale. Régler $p = 4$ mm, placer l'outil suivant fig. 3-41 et bloquer la butée sur le banc à distance voulue du traînard; reculer l'outil et amener le traînard en butée pour constater le non contact outil-mandrin.

- *Amorcer la passe*

Régler $p_1 \approx 0,5 p$; embrayer Mc et Ma (traînard), cylindrer sur $L \approx 5$ mm ; dégager l'outil ; débrayer ; mesurer, calculer puis régler p_2 pour le diamètre désiré.

- *Prendre la passe*

Débrayer Ma 2 mm avant le contact traînard - butée, terminer par commande manuelle du traînard. Débrayer Mc. Contrôler.

3.5. Perçage – Centrage

3.5.1. Perçage

C'est un procédé d'usinage économique et rapide qui permet l'ébauche des alésages, l'exécution des diamètres de perçage avant taraudage. L'outil, appelé foret, est généralement hélicoïdal et l'angle d'inclinaison d'hélice et l'angle de pointe sont choisis en fonction du matériau usiné. Il peut être à queue cylindrique ou queue conique. La mesure du diamètre de l'outil est effectuée au pied à coulisse (fig. 3-42).

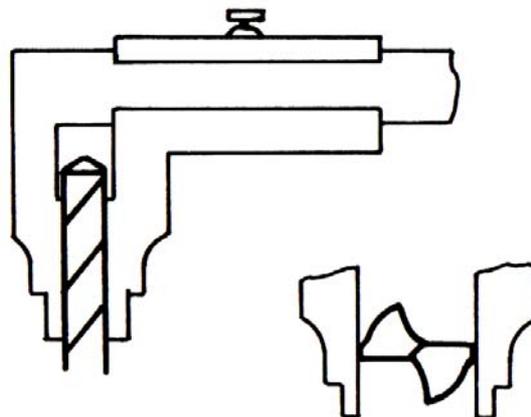


Fig. 3-42

• Montage du foret (fig. 3-43)

- Foret queue cylindrique ①

Utiliser un mandrin à trois mors ②.

- Ouvrir le mandrin.
- Vérifier si le foret ne possède pas une queue détériorée.
- Introduire le foret.
- Serrer énergiquement à la main ou avec une clé spéciale suivant le type de mandrin.
- Vérifier si chaque mors appuie bien sur la queue du foret.

- Foret queue conique ③

- Vérifier la propreté des surfaces en contacts.
- Coincer le foret (et le cône) en présentant le tenon face au logement.

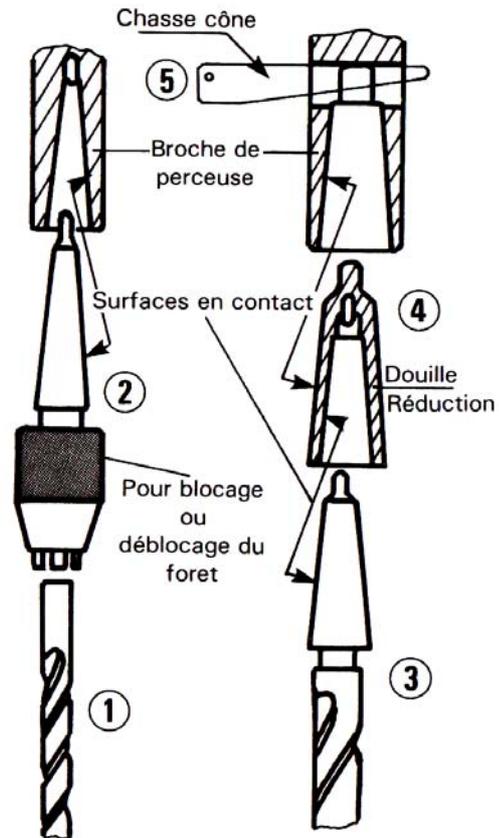


Fig. 3-43

Si la grosseur du cône de la broche ne correspond pas à la grosseur du foret, ajouter une douille de réduction ④.

- Monter le cône du foret ou du mandrin directement ou par l'intermédiaire de douille de réduction d (fig. 3-44) dans le fourreau.
- Laisser un dépassement minimal du fourreau hors de la poupée mobile.

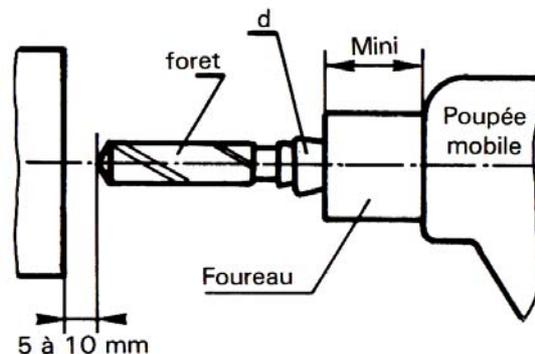


Fig. 3-44

- *Réglage outil - pièce*
 - Régler la fréquence de rotation $V_c = 2/3$ de V_c du chariotage.
 - Avancer la poupée mobile jusqu'à ce que le foret se trouve de 5 à 10 mm de la pièce.
 - Bloquer la poupée mobile (levier ou clé).
 - Mettre la broche en rotation.
 - Avancer l'outil vers la pièce par le fourreau commandé par la manivelle.
- *Exécution du perçage*
 - Lubrification abondante nécessaire.
 - Pour trou débouchant, traverser.
 - Pour trou borgne, repérer par le vernier la cote de départ de la partie cylindrique (fig. 3-45).
 - Percer jusqu'à profondeur prévue.
 - Si la profondeur à percer est 4 fois supérieure au diamètre D à percer, dégager souvent pour assurer le retrait des copeaux et le refroidissement de la partie active du foret.

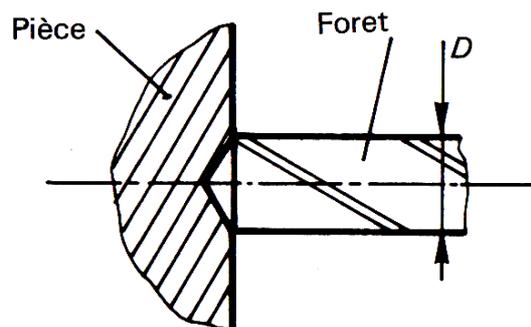


Fig. 3-45

- Cycle de dégagement pour le perçage de l'acier (fig. 3-46).

- *Démontage du foret*

Pour extraire le foret :

- *queue cylindrique* :
 - Tourner le corps du mandrin dans le sens inverse du blocage.
- *queue conique* :
 - Introduire un chasse cône dans le logement^⑤.
 - Frapper avec un marteau en tenant le foret de l'autre main.

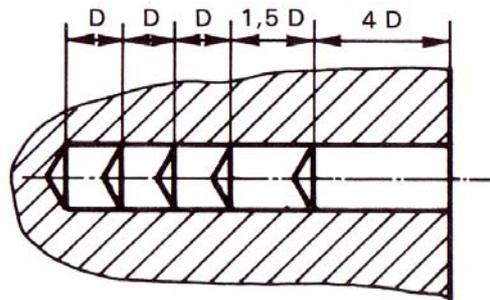


Fig. 3-46

- *Précaution avant perçage*

Contrôler la rotation du foret. La pointe doit tourner concentrique à l'axe de la broche.

3.5.2. Centrage

Un centre est nécessaire pour exécuter un montage de pièce mixte. La fig. 3-47 représente un foret à centrer. Montage identique au foret queue cylindrique.

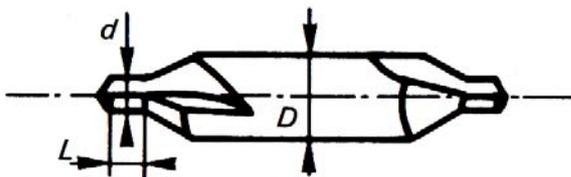


Fig. 3-47

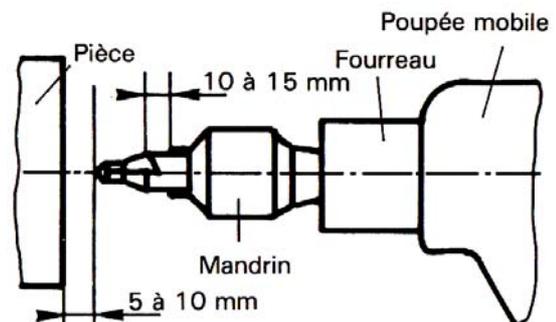


Fig. 3-48

- *Exécution*

La pièce est montée en l'air. La face à centrer peut être usinée ou non.

- Régler la fréquence de rotation (pour le calcul prendre D).
- Monter un mandrin de perçage dans le fourreau fig. 3-48.
- Ouvrir le mandrin.
- Glisser le foret à centrer entre les mors, en le faisant dépasser de 10 à 15 mm.
- Serrer le mandrin à la clé ou manuellement suivant le type.
- Approcher la pointe du foret de la pièce (5 à 10 mm) en déplaçant la poupée mobile.
- Bloquer la poupée mobile sur le banc de tour (levier ou clé).
- Mettre la broche en rotation.
- Avancer le foret dans la pièce par le fourreau commandé par la manivelle.
- Lubrifier.

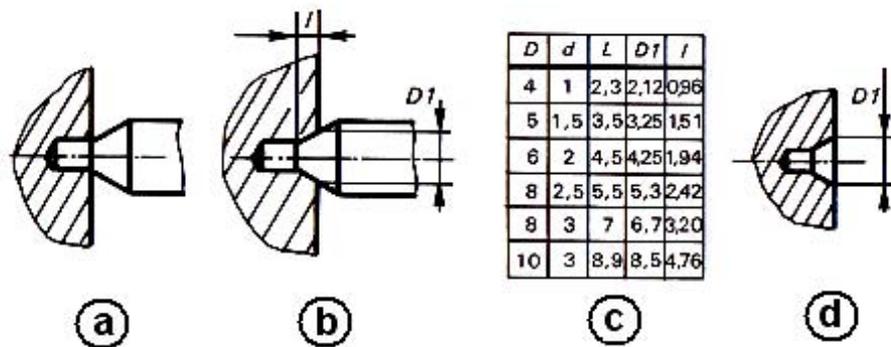


Fig. 3-49

- Lorsque la partie cylindrique du foret a pénétré (fig. 3-49a), repérer la position du fourreau par le vernier ou au réglet.
- Faire pénétrer le foret (fig. 3-49b) suivant la dimension du tableau (fig. 3-49c) pour obtenir D1.
- Pour des raisons pratiques, le tableau donne la longueur l à percer (fig. 3-49b)

calculée en fonction de D1 en employant : $\frac{D1 - d}{2} \times 1,732$

Remarque : Le contrôle du déplacement ne pouvant être fait de manière précise, les longueurs l ne sont données qu'à titre d'information, on se rapprochera le mieux possible de l.

3.6. Usinage de 2 surfaces perpendiculaires associées

3.6.1. Montage de la pièce « en l'air »

- L'outil à charioter coudé à 45° permet de réaliser ces surfaces, chariotage ou cylindrage ;
- Surfaçage plan ou dressage de face ;
- La perpendicularité des deux faces est réalisée sans démontage de la pièce (fig. 3-50).

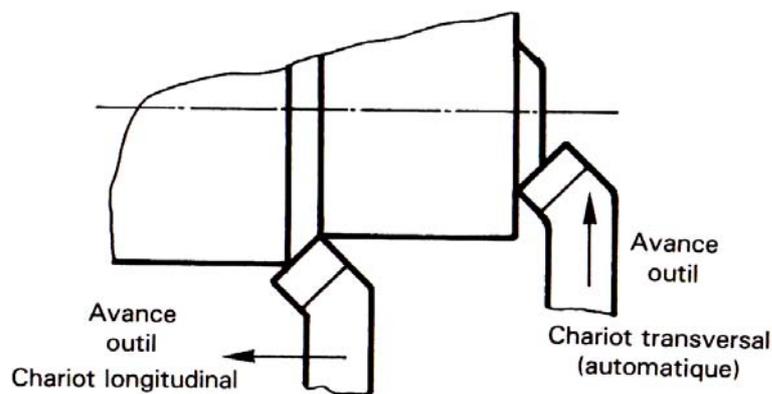


Fig. 3-50

3.6.2. Montage de la pièce mixte

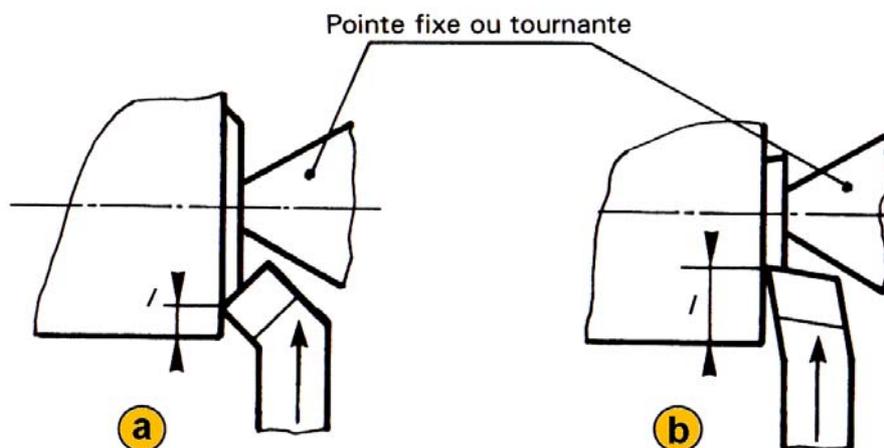


Fig. 3-51

Le dressage d'une face à l'outil à charioter coudé est limité si on utilise le montage de la pièce « mixte » (fig. 3-51a). On peut utiliser une pointe fixe dégagée qui permet d'usiner plus près du centre ; montage des pièces (fig. 3-52a).

Les figures 3-51b et 3-52b montrent l'utilisation d'un outil à dresser d'angle qui permet un usinage plus près du centre.

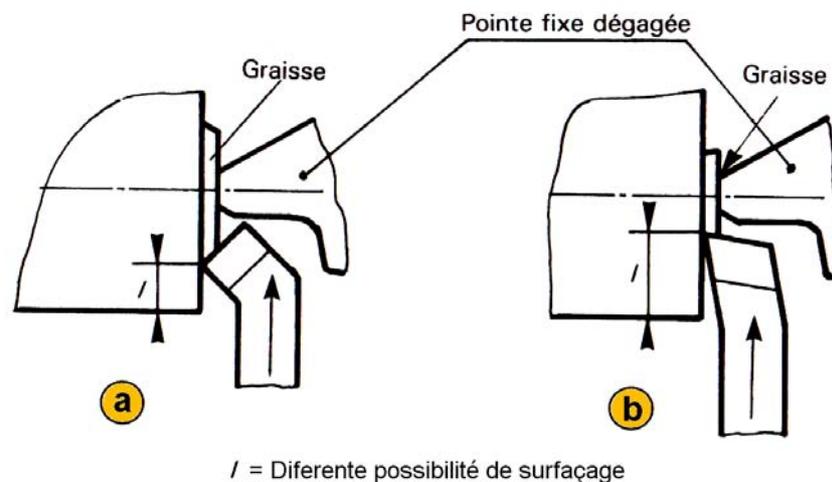


Fig. 3-52

- *Exécution*

- Dans tous les cas, affleurer avec le point générateur de l'outil.
- Réaliser les opérations SANS DEMONTAGE de la pièce.

3.7. Usinage d'un cône

3.7.1. Réglage direction – point – générateur - outil

- Monter la pièce en l'air ou mixte.
- Calculer le demi angle au sommet $\alpha / 2$.
- Débloquer le chariot supérieur pour lui permettre de prendre l'inclinaison désirée (une vis de blocage peut être cachée sous la glissière du chariot supérieur, le reculer pour la découvrir).
- Incliner le chariot supérieur à la graduation correspondante à l'angle $\alpha / 2$.

- Rebloquer les vis.
- Ramener le chariot supérieur sur la longueur de ses glissières.
- Monter et régler l'outil à hauteur de pointe.

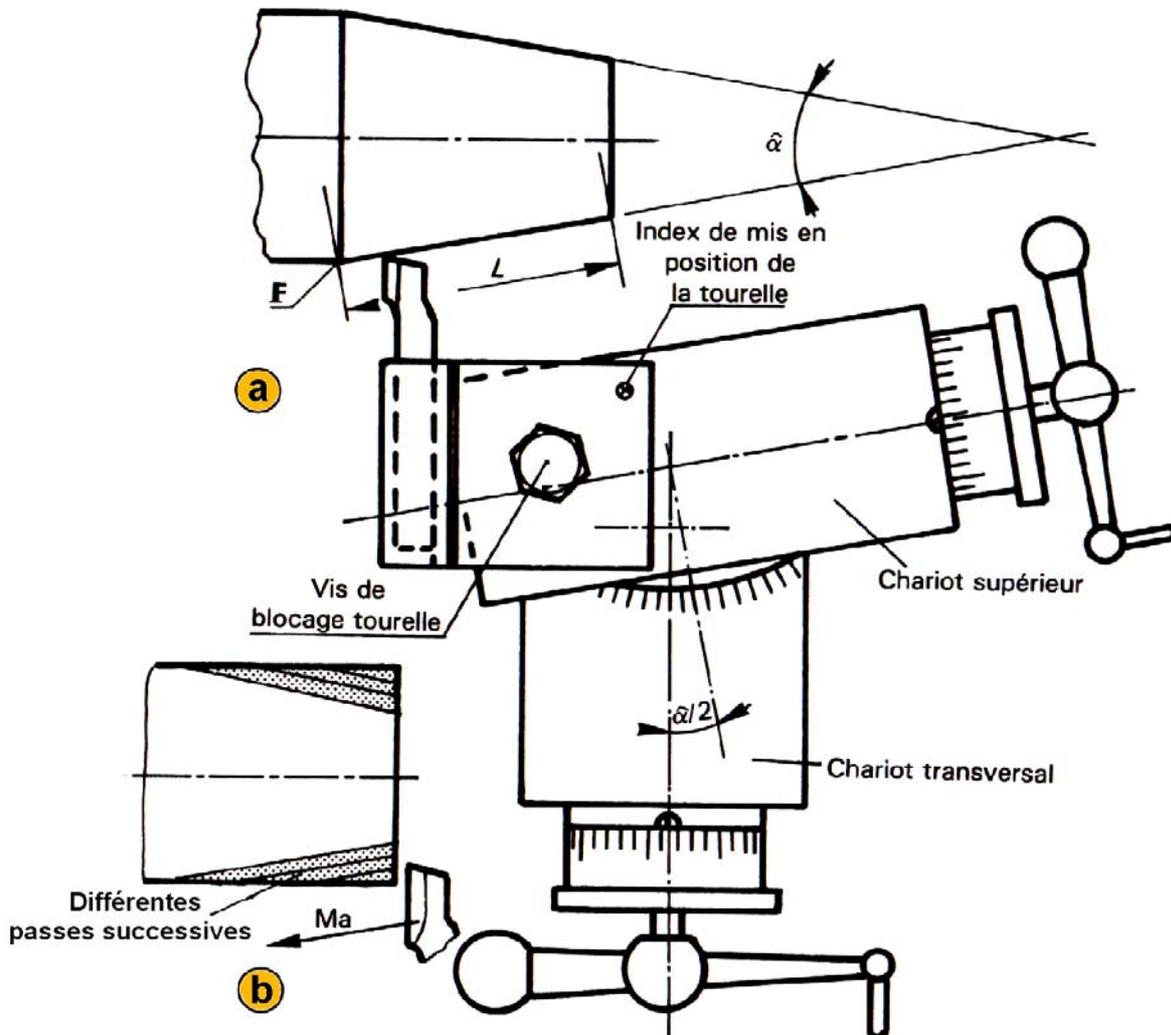


Fig. 3-53

- Avancer l'outil avec le chariot supérieur à hauteur du point F correspondant à environ la longueur L du cône (fig. 3-53a).
- Vérifier si la longueur L du cône est inférieure à la course du chariot par manoeuvre de celui-ci.
- Calculer la fréquence de rotation et afficher.
- Bloquer le chariot longitudinal.
- Mettre en position l'outil au début du travail (fig. 3-53b).
- Prendre profondeur de coupe avec le chariot transversal.

- Mettre la broche en rotation.
- Exécuter le cône par déplacement du chariot supérieur manuellement (tourner lentement et régulièrement, le chariot supérieur n'étant pas entraîné par un mouvement automatique).
- Revenir en arrière et recommencer l'opération jusqu'à obtenir L.

Outil possible pour réaliser l'opération (fig. 3-54a et 3-54b).

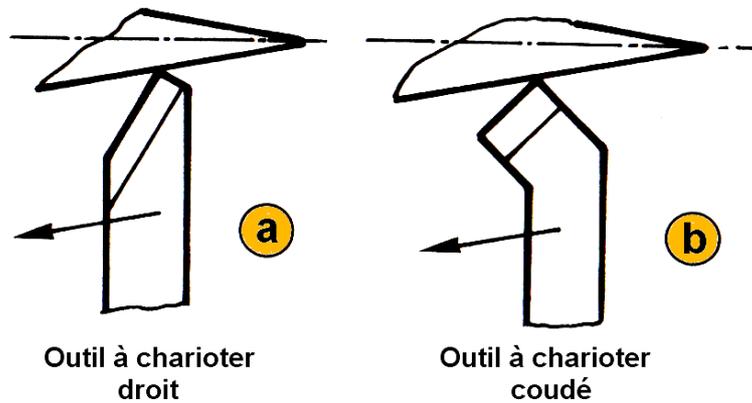


Fig. 3-54

3.7.2. Cône de petite valeur

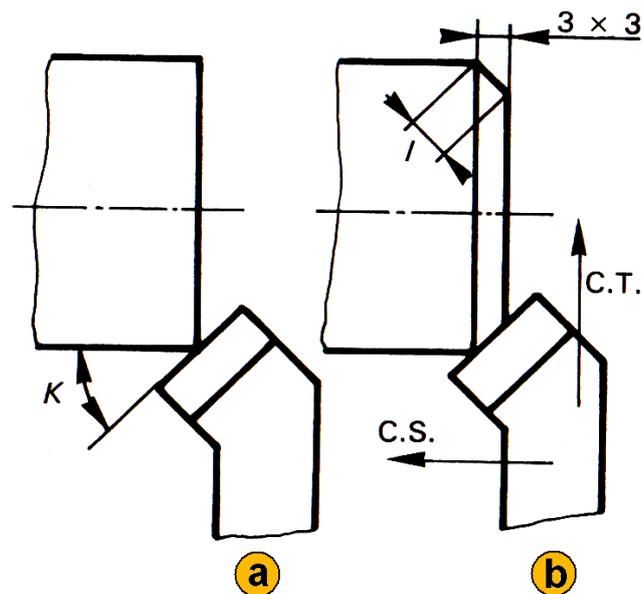


Fig. 3-55

- Exemple (fig. 3-55) : chanfrein à 45° (valable pour 60°).
- Utiliser un outil d'un angle K correspondant à l'angle du chanfrein.
- Affleurer la pièce avec l'arête tranchante de l'outil.
- Actionner le chariot transversal ou supérieur pour prendre la dimension.
- Contrôler en mesurant l .
- Si chanfrein 3 x 3 il est à 45° (2 côtés égaux).
- Alors $l = 3 \times 1,414 = 4,24$.
- Certain tour ayant leur C.T. gradué au diamètre il est préférable d'utiliser le C.S., lecture directe de la cote.

3.8. Usinage de 2 surfaces perpendiculaires intérieures

3.8.1. Cas où la surface de l'outil A est plus grande que la surface à dresser a

A = largeur de l'arête tranchante de l'outil

a = profondeur de coupe ou hauteur de l'épaulement

- Régler fréquence de rotation et avance par tour.
- Monter la pièce $l + 2$ (2 mm de sécurité).
- La face F supposée dressée.
- Régler l'arête tranchante de l'outil contre la face dressée F de la pièce (fig. 3-56a).
- Affleurer la pièce, même procédé que chariotage.
- Prendre profondeur de coupe a position de l'outil en e (fig. 3-56b).
- Mise en rotation de la broche.
- Enclencher l'avance automatique CL (chariot longitudinal ou traînard).
- Arrêter l'avance automatique à $l - 0,5$ ou $l + 0,5$.
- Finir en manoeuvrant le chariot supérieur.
- Contrôler l ou L et d .
- Reprendre une passe s'il y a lieu et suivant la tolérance sur d .

- Refaire une opération s'il y a lieu.

3.8.3. Utilisation d'un outil pelle

Longueur de l'épaulement telle que a plus petit que la largeur A de l'outil.

- Régler l'outil, arête tranchante parallèle à la pièce (fig. 3-57a).
- Réaliser l'usinage avec le chariot transversal.

Défaut pouvant résulter d'un mauvais réglage de l'outil (fig. 3-57b et 3-57c).

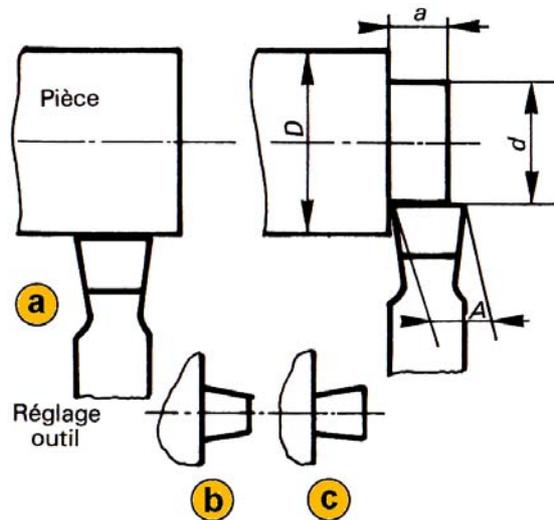


Fig. 3-57

3.8.4. Utilisation d'un outil à dresser d'angle

- Régler l'arête tranchante de l'outil pour obtenir un angle K_r de 2 à 3° (fig. 3-58a).
- Usiner par passes successives pour obtenir $d + 0,5$ mm (a inférieur à A).
- A la dernière passe dresser pour obtenir l ou L et d (fig. 3-58b).
- Mesurer l ou L et d .
- Corriger s'il y a lieu.

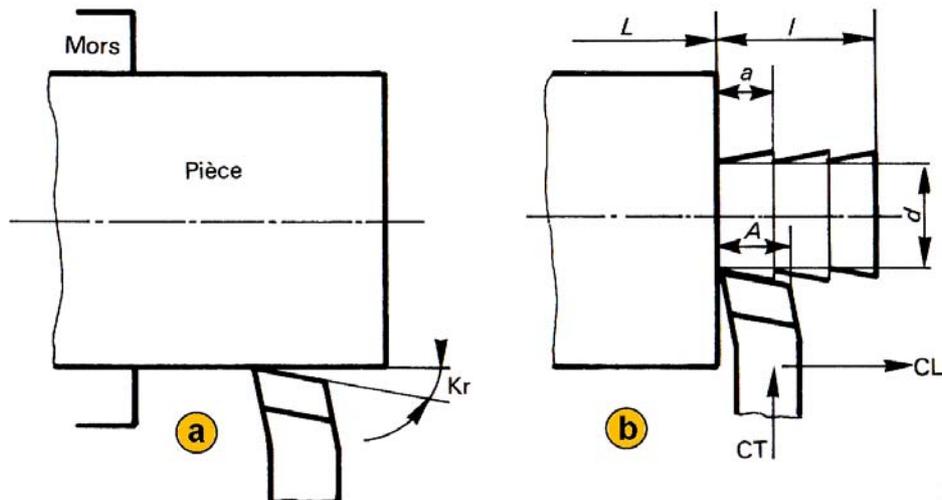


Fig. 3-58

3.8.5. Réglage de la butée

- 1ère méthode : cas où la longueur l à usiner est inférieure à la course de C.S. (tout en conservant une sécurité de guidage).
 - Mettre le chariot longitudinal en butée.
 - Affleurer l'outil sur la pièce avec la C.S. position 1 (fig. 3-59)
 - Dégager l'outil avec le C.T. position 2
 - Déplacer l'outil avec le C.S. de la valeur l position 3 (fig. 3-59) (précision du vernier), ne plus déplacer le C.S.
 - Placer l'outil en position d'usinage avec le Chariot longitudinal.
 - Usiner par passes successives jusqu'à la butée du C.L.
- 2^{ème} méthode : cas où la longueur l à usiner est plus grande que la course du C.S.
 - Affleurer l'outil sur la pièce avec les chariots C.T. et C.S. (position 1, fig. 3-59).
 - Régler la butée fixe en ajoutant une cale de longueur l , longueur à usiner entre la butée fixe du banc de tour et le C.L.
 - Enlever la cale et reculer l'outil avec le C.T. position 2.
 - Usiner par passes successives jusqu'à ce que le C.L. s'appuie contre la butée position 3 (fig. 3-59).
 - Ne pas déplacer le C.S. pendant l'usinage.