



ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

*Direction Recherche et Ingénierie de la Formation*

## RÉSUMÉ THÉORIQUE & GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES

**MODULE 3 : Fabrication de pièces  
d'usinage simples en fraisage**

Secteur : **FABRICATION MÉCANIQUE**

Spécialité : **T.F.M.**

Niveau : **Technicien**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

### MODULES ISTA



HOME LIVRES **MODULES ISTA** ANNUAIRE ECOLES DOCTORAT LETTRE DE MOTIVATION NOUS CONTACTER SE CONNECTER

*Maroc Etude.Com* Connaissance - Métier - Technique

Annonces Google Emploi Maroc Messagerie Telecharger Un Jeu Maroc Annonces

recherche...

Nous avons 14 invités en ligne

**Annonces Google**

[Annonces Emploi Maroc](#)  
[Jeux Telecharger Gratuit](#)  
[Jeux PC En Ligne](#)

**Connexion**

Identifiant  
sniper

Mot de passe  
.....

Se souvenir de moi

**Connexion**

Mot de passe oublié ?  
Identifiant oublié ?

Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement

**MacKeeper**

**-20%**

Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code

Apply Discount Automatically

"On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis]

**Annonces Google**

[Jeu De Jeux](#)  
[Jeux Sur Internet](#)  
[Ecole Ingénieur](#)

**Dépanner et configurer votre réseau à domicile**

(Outil de Diagnostic)  
WI-FI / Ethernet  
Console de jeu  
Imprimante  
Messagerie

**Document élaboré par :**

Nom et prénom  
**FLOREA FLORIAN**

EFP  
**CDC Génie Mécanique**

Direction  
**DRIF**

**Révision linguistique**

- 
- 
- 

**Validation**

- **ETTAIB Chouaïb**
- 
-

## SOMMAIRE

	<i>Page</i>
<i>Présentation du module</i>	
<b>RÉSUMÉ DE THÉORIE</b>	
1. <i>Fraiseuses</i>	11
1.2. <i>Classification des fraiseuses</i>	11
1.3. <i>Caractéristiques des fraiseuses</i>	12
1.4. <i>Déplacement des chariots</i>	14
1.5. <i>Jeux de fonctionnement</i>	16
1.6. <i>Entretien d'une fraiseuse</i>	21
2. <i>L'outil fraise</i>	22
2.2 <i>Angles de l'outil</i>	23
2.3 <i>Caractéristiques des fraises</i>	24
2.4 <i>Différents types de fraises</i>	25
2.5 <i>Montage des fraises</i>	30
2.6. <i>Le mode d'action des fraises</i>	35
2.7 <i>Choix du mode de fraisage</i>	38
3. <b>FRAISAGE</b>	38
3.1 <i>Déterminer les paramètres de coupe</i>	43
3.2 <i>Directions de fraisage</i>	49
3.3 <i>Abloquer les pièces en fraisage</i>	53
3.4 <i>Accessoires de serrage</i>	56
3.5 <i>Accessoires de montage</i>	57
3.6 <i>Montages pour fraiser des faces obliques</i>	65
3.7 <i>Montage pour réaliser un parallélépipède</i>	69
3.8 <i>Orienter la broche</i>	71
3.9 <i>Montage de la lunette</i>	73
3.10 <i>Aligner l'axe de la broche</i>	76
<b>TRAVAUX PRATIQUES</b>	81

## MODULE 3b : FABRICATION DE PIÈCES D'USINAGE SIMPLE EN FRAISAGE

Code :

Durée : 85h

### OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

#### COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit *fabriquer des pièces d'usinage simples - en fraisage* ;

Selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

#### CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel.
- Pièces comportant l'usinage de formes simples,
- Élaborées suivant un mode opératoire mettant en œuvre peu de phases.
- À partir de :
  - Plan de fabrication
  - Dossier de fabrication
  - Consignes opérationnelles orales
  - Matières premières en *qualité courante*, aciers non alliés, alliages cuivreux et alliages d'aluminium
  - Pièces semi-ouvrées
  - Bon de travail
- À l'aide :
  - Machines-outils conventionnelles opérationnelles (tour, fraiseuse, perceuse)
  - Instruments de contrôle
  - Outils de coupe
  - Éléments d'ablocage
  - Documentations techniques pertinentes (formulaire, abaques, notes,...)

#### CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles d'hygiène et de sécurité.
- Respect de conformité du produit
- Respect des procédures préétablies
- Organisation du poste de travail et de son environnement
- Propreté de l'aire de travail, des instruments et des pièces usinées
- Utilisation appropriée des équipements et rigueur de la conduite du poste
- Maîtrise et dextérité des techniques d'usinage de base

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT (suite)**

<b>PRÉCISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU</b>	<b>CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE</b>
A. Suivre et appliquer des consignes	- Prise en compte de consignes orales
B. Lire et interpréter un dossier de fabrication en rapport avec le travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétation des procédures</li> <li>- Interprétation des symboles relatifs au plan</li> <li>- Interprétation des instructions</li> <li>- Compléter ou renseigner une fiche du dossier de fabrication</li> </ul>
C. Préparer les opérations élémentaires de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détermination des besoins               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Matière</li> <li>• Outils d'usinage</li> <li>• Ablocage</li> <li>• Outils de contrôle</li> <li>• Procédé d'usinage</li> </ul> </li> </ul>
D. Sélectionner les outils de coupe et de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix des outils de coupe</li> <li>- Évaluation de l'état des outils de coupe</li> <li>- Choix des outils de contrôle</li> <li>- Étalonnage des instruments de mesure</li> </ul>
E. Préparer la machine-outil conventionnelle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraiseuse</li> <li>• Perceuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prise en main technique de la machine</li> <li>- Choix approprié de               <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'ablocage de la pièce</li> <li>• des équipements et accessoires</li> </ul> </li> <li>- Procédure correcte de sécurité               <ul style="list-style-type: none"> <li>• De la pièce</li> <li>• Des outils</li> </ul> </li> </ul>
F. Réaliser des opérations d'usinage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Élémentaires</li> <li>• Combinées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglage correct de la machine outil selon les paramètres d'usinage conformes au dossier de fabrication (avance, fréquence de rotation,...)</li> <li>- Respect chronologique des opérations</li> <li>- Respect des techniques d'exécution</li> <li>- Utilisation sécuritaire de la machine outil</li> <li>- Conformité de la réalisation</li> <li>- Respect des temps alloués</li> <li>- Absence de bavure</li> <li>- Propreté de la pièce</li> </ul>
G. Contrôler la réalisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traçabilité des mesures</li> <li>- Utilisation correcte des instruments de mesure</li> <li>- Précision des mesures relevées</li> </ul>
H. Entretien du poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage approprié de la machine outil et du poste de travail</li> <li>- rangement des outils et accessoires</li> </ul>
I. Consigner et rendre compte du travail réalisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthétiser le travail effectué et le restituer</li> <li>- Analyse du temps passé</li> </ul>

## **OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

LE STAGIAIRE DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

### **Avant d'apprendre à suivre et appliquer des consignes (A) :**

1. Comprendre l'objectif des consignes écrites et orales

### **Avant d'apprendre à lire et interpréter un dossier de fabrication en rapport avec le travail (B) :**

2. Comprendre les documents et les objectifs

### **Avant d'apprendre préparer les opérations élémentaires de travail (C) :**

3. Appliquer des consignes
4. Utiliser des consignes

### **Avant d'apprendre à sélectionner les outils de coupe et de contrôle (D) :**

5. Déchiffrer une fiche technique

### **Avant d'apprendre à préparer la machine-outil conventionnelle (E) :**

6. Connaître les risques sur machine outil

### **Avant d'apprendre à réaliser des opérations d'usinage (F) :**

7. Connaître les bases de calcul
8. Prendre conscience de la précision requise dans l'exécution du travail
9. Avoir une attitude sécuritaire

### **Avant d'apprendre à contrôler la réalisation (G) :**

10. Connaître les unités et ordres de grandeur

### **Avant d'apprendre à entretenir le poste de travail (H) :**

11. Avoir le souci de la propreté

### **Avant d'apprendre à consigner et rendre compte du travail réalisé (I) :**

12. Avoir le souci d'informer

## **MODULE 3b : FABRICATION DE PIÈCES D'USINAGE SIMPLES EN FRAISAGE**

Code :	Théorie :	21%
Durée : 85 heures	Travaux pratiques :	73%
Responsabilité : D'établissement	Évaluation :	6%

### **OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT**

#### **COMPÉTENCE**

- **Fabriquer des pièces d'usinage simples en fraisage.**

#### **PRÉSENTATION**

Ce module de compétence particulière est le premier de deux modules traitant l'usinage des pièces mécaniques et la maîtrise de la machine-outil. Il devient en partie un préalable au module sur l'usinage des pièces complexes.

#### **DESCRIPTION**

L'objectif de module est de faire acquérir les connaissances et la dextérité liées aux divers types de machines-outils d'un atelier de fabrication et l'utilisation des documents de fabrication, l'organisation de la production en fonction du cahier des charges, des exigences du client et les consignes et directives. Il vise donc à rendre le stagiaire apte à utiliser des machines-outils et leurs mise en œuvre pour une production de pièces simples en fraisage.

#### **CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT**

- L'atelier de fabrication mécanique se prête bien à la réalisation des activités pratiques.
- Favoriser des exercices pratiques basés sur des dossiers de fabrication, des consignes et directives.
- La documentation doit être disponible et il est important de faire le lien entre les dossiers de fabrication et la production.

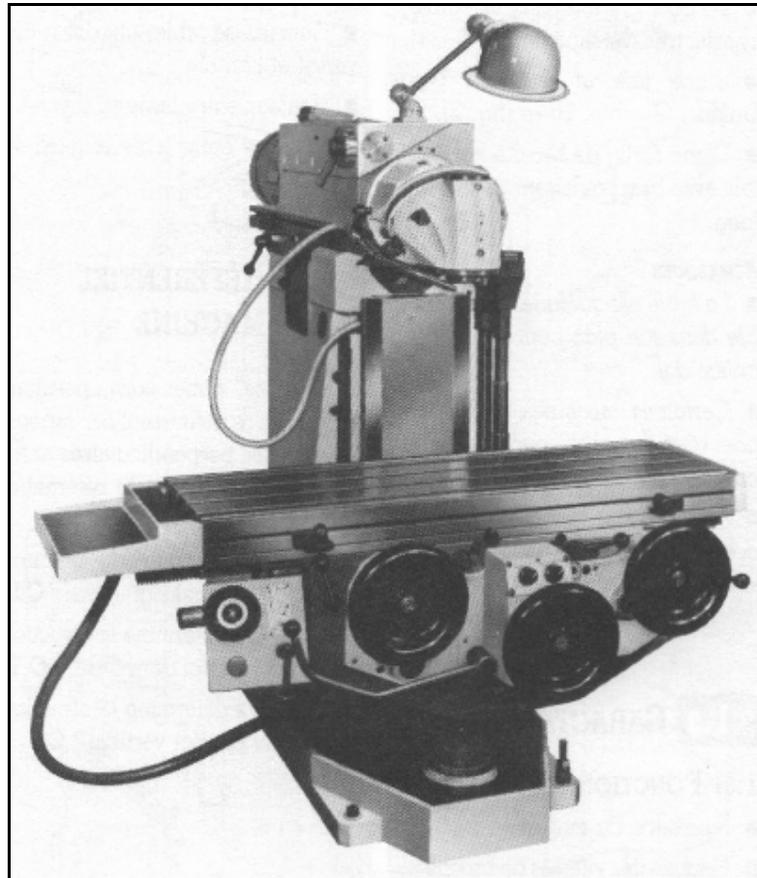
## CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel.
- Pièces comportant l'usinage de formes simples.
- Élaborées suivant un mode opératoire mettant en œuvre peu de phases.
- À partir de :
  - Plan de fabrication
  - Dossier de fabrication
  - Consignes opérationnelles orales
  - Matières premières en *qualité courante*, aciers non alliés, alliages cuivreux et alliages d'aluminium
  - Pièces semi-ouvrées
  - Bon de travail
- À l'aide de :
  - Machines-outil conventionnelles opérationnelles (tour, fraiseuse, perceuse)
  - Instruments de contrôle
  - Outils de coupe
  - Éléments d'ablocages
  - Documentations techniques pertinentes (formulaire, abaques, notes,...)

OBJECTIFS	ELEMENTS DE CONTENU
<p>1. Comprendre l'objectif des consignes écrites et orales</p> <p><b>A. Suivre et appliquer des consignes</b></p> <p>2. Comprendre les documents et les objectifs</p> <p><b>B. Lire et interpréter un dossier de fabrication en rapport avec le travail</b></p> <p>3. Appliquer des consignes</p> <p>4. Utiliser des consignes</p> <p><b>C. Préparer les opérations élémentaires de travail</b></p> <p>5. Déchiffrer une fiche technique</p> <p><b>D. Sélectionner les outils de coupe et de contrôle</b></p> <p>6. Connaître les risques sur machine outil</p> <p><b>E. Préparer la machine-outil conventionnelle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraiseuse</li> <li>• Perceuse</li> </ul> <p>7. Connaître les bases de calcul</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La signification et l'importance d'une consigne.</li> <li>- Type de consigne (documents).</li> <li>- Applications de consignes orales</li> <li>- Documents de fabrication</li> <li>- Le dossier de fabrication</li> <li>- Objectifs de fabrication</li> <li>- Symboles relatifs au plan et dessins</li> <li>- Projet de gamme d'usinage</li> <li>- Instructions de travail</li> <li>- Mode opératoire</li> <li>- Fiche de contrôle</li> <li>- Ordre de fabrication</li> <li>- L'importance d'une consigne</li> <li>- Suivi des consignes</li> <li>- Critiques et approbation des consignes</li> <li>- Liste des besoins à partir du dossier</li> <li>- Classification et désignation des métaux</li> <li>- Types d'outils de coupe ARS et Carbures</li> <li>- Moyens de contrôle dimensionnel : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pied à coulisse</li> <li>• Jauge de profondeur</li> <li>• Micromètre</li> </ul> </li> <li>- Machines-outils et ses accessoires</li> <li>- Catalogue d'outil et de contrôle</li> <li>- Fiche technique</li> <li>- Choix des outils de coupe : ARS et Carbures métalliques</li> <li>- État des outils de coupe</li> <li>- Choix des outils de contrôle</li> <li>- Notion d'affûtage des outils de coupe</li> <li>- Étalonnage des instruments de mesure</li> <li>- Les risques électriques, mécaniques et de projection des copeaux.</li> <li>- Les équipements de protection sur la machine</li> <li>- Notion de prise de risque</li> <li>- Prise en main technique de la machine</li> <li>- Équipement de la proche et de la table</li> <li>- Choix de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'ablocage de la pièce</li> <li>• des équipements et accessoires</li> </ul> </li> </ul>

<p>8. Prendre conscience de la précision requise dans l'exécution du travail</p> <p>9. Avoir une attitude sécuritaire</p> <p><b>F. Réaliser des opérations de fraisage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Élémentaires</b></li> <li>• <b>Combinées</b></li> </ul> <p>10. Connaître les unités et ordres de grandeur</p> <p><b>G. Contrôler la réalisation</b></p> <p>11. Avoir le souci de la propreté</p> <p><b>H. Entretenir le poste de travail</b></p> <p>12. Avoir le souci d'informer</p> <p><b>I. Consigner et rendre compte du travail réalisé</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de rotation</li> <li>- Avance</li>   <li>- Alignement de la pointe et centrage</li> <li>- Vibration, échauffement</li> <li>- Porte-à-faux</li> <li>- Conditions de coupe : lubrification...</li>   <li>- Procédure correcte de sécurité : <ul style="list-style-type: none"> <li>• De la pièce</li> <li>• Des outils</li> </ul> </li>   <li>- Réglage de la machine outil selon les paramètres d'usinage conformes au dossier de fabrication (avance, fréquence de rotation,...)</li> <li>- Opérations élémentaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surfaçage</li> <li>• Perçage</li> <li>• Filetage, taraudage</li> <li>• Rainurage</li> </ul> </li> <li>- Opérations combinées : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Épaulements en fraisage,</li> </ul> </li>   <li>- Respect du mode opératoire</li> <li>- Techniques d'exécution sur fraiseuse et perceuse</li> <li>- Utilisation sécuritaire de la machine outil</li> <li>- Conformité de la réalisation</li> <li>- Temps alloués</li> <li>- Absence de bavure</li> <li>- Propreté de la pièce</li>   <li>- Les nombres entier et fraction</li> <li>- Fraction de millimètre</li> <li>- Multiples et sous-multiples</li> <li>- Système ISO : unités et ordres de grandeur</li> <li>- Traçabilité des mesures</li> <li>- Utilisation des instruments de mesure : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pied à coulisse</li> <li>• Jauge de profondeur</li> <li>• Micromètre</li> </ul> </li> <li>- Erreur et précision des mesures relevées</li>   <li>- Importance de propreté</li>   <li>- Nettoyage de la machine outil et du poste de travail</li> <li>- Rangement des outils et accessoires</li>   <li>- Retour d'information</li>   <li>- Rapport et compte-rendu du travail</li> <li>- Analyse du temps passé</li> </ul>
---	--

**1. Le fraisage** est un procédé d'usinage réalisable sur des machines outils appelées : **Fraiseuses.**



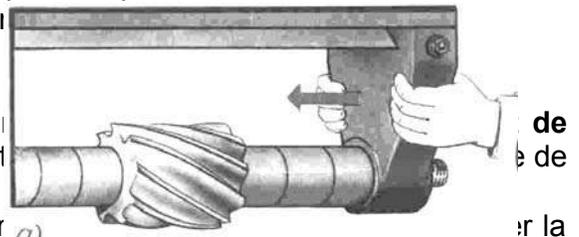
**Fraiseuse universelle (tête Huré)**

Le fraisage permet la réalisation de pièces : prismatiques, de révolution intérieure et extérieure, de profils spéciaux, hélices, cames, et

**1.1 Principe du fraisage :**

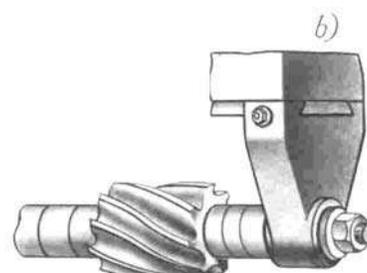
L'outil est toujours animé d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe). Il est situé et bloqué sur un système porteur qui se déplace sur la machine.

Un ensemble de chariots se déplaçant suivant trois axes (mouvement de la pièce d'un mouvement d'avance dans l'espace  $M_a$  (mouvement d'avance).



**1.2 Classification des fraiseuses :**

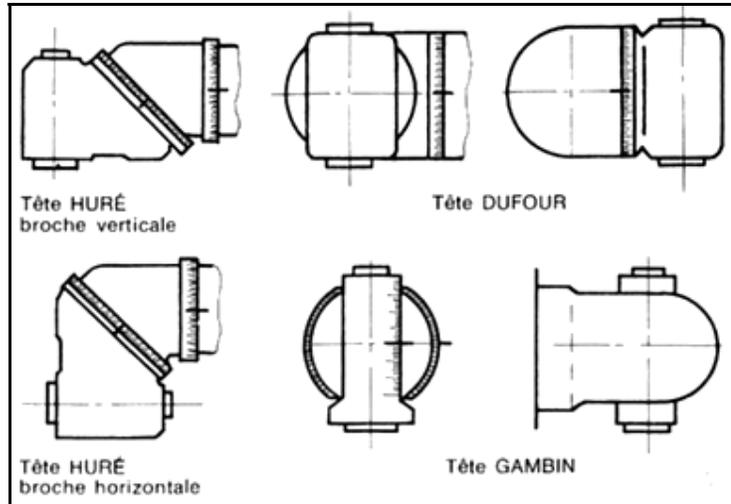
- a. Les fraiseuses d'outillage (universelles)
- b. Les fraiseuses de production (à programme, commande numérique)
- c. Les fraiseuses spéciales (à reproduire, multibrocs)



### 1.3 Caractéristiques des fraiseuses :

#### 1.3.1 Fonctionnelles

- Puissance du moteur.
- Gamme des vitesses de broche et d'avances.
- Orientation de la broche (type Huré, Gambin, etc.)



#### 1.3.2 Dimensionnelles

- Type et numéro du cône de la broche (SA 40, Cm 4...)
- Longueur et largeur de la table.
- Courses de table, chariot transversal et console.
- Hauteur entre table et broche.
- Distance entre table et glissière verticale.

**1.3.3 LES FRAISEUSES UNIVERSELLES** conviennent pour des travaux de caractère unitaire ou de petite série.

Elles sont équipées généralement :

De trois chariots mobiles :

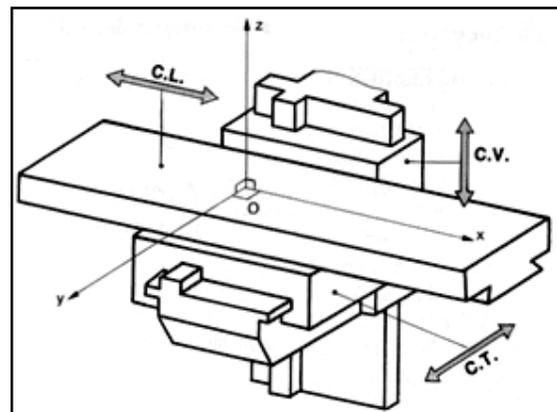
**Table, chariot transversal, console.** La table est quelquefois inclinable dans son plan pour le taillage hélicoïdal ;

D'une tête universelle ;

D'une sortie de broche horizontale avec bras coulissant pour arbre long.

Les formes, dimensions, positions d'un objet se définissent par rapport à trois axes perpendiculaires entre eux, qui constituent le référentiel orthonormé (fig.).

- L'axe Ox détermine la direction du  $M_a$  du chariot longitudinal **C.L** ;
- L'axe Oy détermine la direction du  $M_a$  du chariot transversal **C.T** ;
- L'axe Oz détermine la direction du  $M_a$  du chariot vertical **C.V**.



## Transmission des mouvements de travail et d'avance :

Le moteur encastré dans la colonne transmet le mouvement de travail à la broche par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse. Les mouvements d'avance et de déplacement de la table porte-pièce, ainsi que des autres chariots peuvent être effectués manuellement, ou bien automatiquement au moyen du moteur principal ou à l'aide du moteur d'appoint.

### Chaîne cinématique de la boîte de vitesses de la broche

Dans la figure ci-dessous on présente l'ensemble de la boîte à 6 vitesses pour la broche d'une petite fraiseuse horizontale.

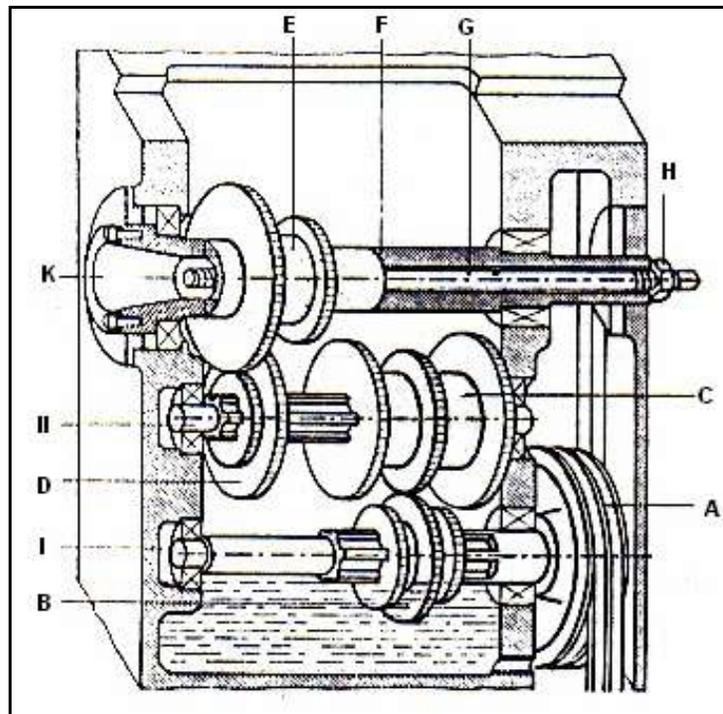
La partie **A** reçoit son mouvement de la poulie du moteur située dans la partie inférieure de la colonne.

Elle transmet le mouvement à un train baladeur à 3 roues dentées **B** monté sur l'arbre cannelé **I**. Sur l'arbre intermédiaire **II** on trouve à droite, calé à demeure le train **C** dont les 3 roues dentées peuvent engrener avec celles du baladeur **B**.

À gauche, le train baladeur **D** peut coulisser sur une certaine longueur, afin de permettre à ses 2 roues dentées d'engrener avec celle du train **E**, celle-ci étant calée à demeure sur la broche **F**. La broche très largement représentée sur la figure, est montée sur des roulements et est intérieurement creuse. Dans cet alésage est placé le tirant **G** fileté aux deux extrémités et qui tourne en même temps que la broche.

Ce tirant permet au moyen de l'écrou **H** de bloquer l'arbre porte-fraise dans le cône creux **K** appelé nez de la broche. Ce type de boîte de vitesses est appelé boîte monopoulie. Elle ne comporte qu'une seule poulie le reste étant composé d'engrenages.

L'arbre **II**, par l'intermédiaire du couple **A-C**, peut avoir trois vitesses. Donc pour chaque vitesse de l'arbre **II** on peut obtenir deux vitesses pour la broche ( $2 \times 3 = 6$  vitesses).



## **1.4 DÉPLACEMENT DES CHARIOTS**

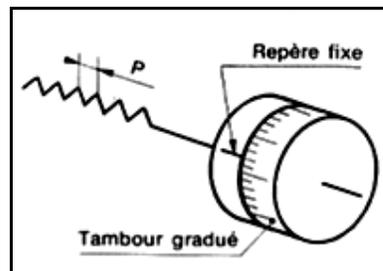
Les déplacements des chariots sur une fraiseuse d'outillage sont assurés par un système **vis-écrou**.

### **Sens de déplacement des chariots**

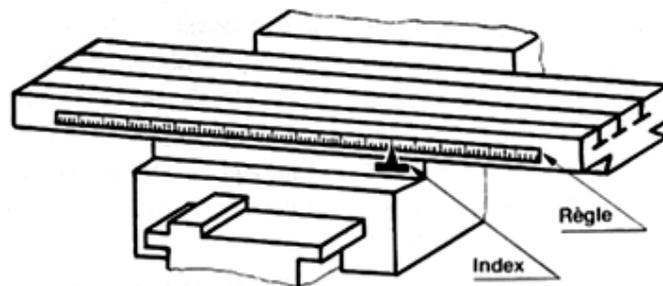
La rotation dans le sens des aiguilles d'une montre des volants de manoeuvre des chariots éloigne la pièce de l'opérateur pour le **C.L.** et **C.T.** et provoque la montée de la console **C.V.**

Pour contrôler les déplacements des organes porte-pièces (déplacement longitudinal de la table, transversal du chariot, vertical de la console), les volants de manoeuvre des vis sont équipés de tambours gradués.

**Le tambour gradué** est solidaire de la vis. La précision dépend de la qualité de celle-ci : exactitude du pas et du nombre de graduations du tambour qui détermine la valeur de l'une d'elles. L'opérateur doit tenir compte du sens d'établissement des repères (jeux). Pour les grands déplacements, qui nécessitent un nombre important de tours, il y a risque d'erreur sur le nombre.



Sur certaines machines, une règle graduée avec un index permet d'éviter le comptage des tours. Actuellement, la qualité d'exécution des vis permet une précision de l'ordre de 0,02 mm sur machine en bon état.



### **Utilisation des tambours gradués.**

Le cadran ou tambour gradué permet à l'opérateur de prendre très exactement et sans tâtonnement la profondeur de passe qui convient.

### **Valeurs des déplacements**

Une rotation complète de la vis fait avancer le chariot d'une distance égale au pas de la vis. Un tambour rendu solidaire de la vis est gradué en divisions égales.

Valeur d'une division =  $\frac{\text{pas de la vis du chariot}}{\text{nombre de graduations du tambour}}$

## Travaux pratiques :

### Exemple :

Un tambour gradué, monté sur une vis au pas de 5 mm, comporte 250 graduations.

$$\text{Valeur d'une division} = \frac{5}{250} = 0,02\text{mm}.$$

Toutes les 5 divisions, on observe un trait plus long, ce qui indique une valeur de  $0,02 \times 5 = 0,1$  mm. Un tour complet donne un déplacement de 5 mm et nous ramène au repère zéro.

Un chiffre repère sur tambour, indique d'habitude les dixièmes : 1=0.1mm ; 10=1mm.

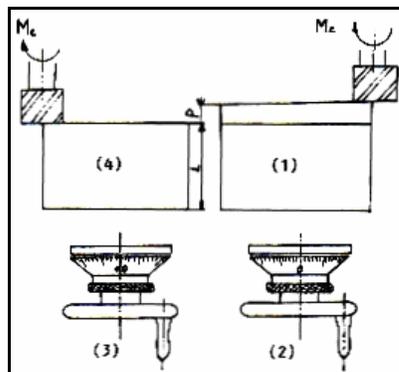
### 1.4.1 Recherche de la valeur d'une division du tambour

Sur le tambour est indiquée la valeur d'une division avec:  $\rightarrow | \leftarrow$  0.02mm.

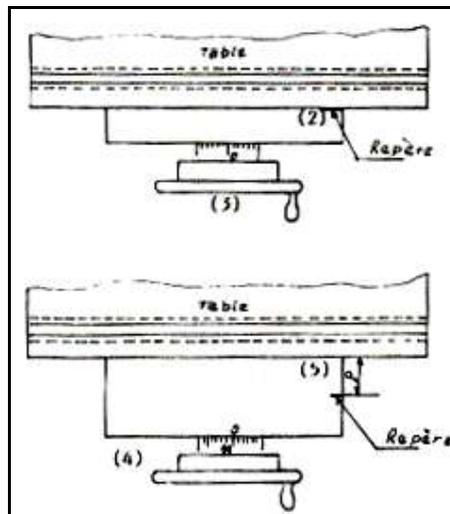
Si la valeur manque, on peut utiliser une des méthodes :

#### a. Par déduction des cotes

- Faire tangenter l'outil sur la pièce de longueur **L** donnée. (1)
- Mettre à zéro le tambour gradué.
- Avancer de dix (10) divisions ; La différence des longueurs est égale à **p**.
- La valeur d'une division =  $\frac{p}{\text{nombre de divisions}}$



#### b. Méthode par repérage :



1. Nettoyer la glissière de la fraiseuse.
2. Mettre un repère au crayon.
3. Placer le tambour à zéro.
4. Avancer la table de 100 divisions.
5. Mesurer la distance entre la table et le repère ( $p$  mm)
6. Faire la division  $p/100$  (pour  $p=5$ mm, la valeur d'une division  $=5/100=0.05$ mm).

#### 1.4.2 Visualisation numérique de cotes



Procédé indépendant de la fonction déplacement. Il est désormais très utilisé sur toutes machines. Il présente des qualités de précision et de fiabilité remarquables. Le système de mesure est fondé sur la transformation des signaux électroniques d'une tête de lecture en quantités visualisées par des chiffres lumineux sur l'écran de l'appareil.

Diverses possibilités d'utilisation sont offertes :

- Présélection  
Affichage de la cote à réaliser et décomptage jusqu'au zéro.
- Zéro flottant  
Mise à zéro des axes visualisés en un point quelconque des courses.
- Zéro machine  
Affichage du zéro sur le passage d'une marque de référence fixe de la règle.

#### 1.5 JEUX DE FONCTIONNEMENT (fig. 1)

La précision des déplacements, donnée par des tambours gradués, est affectée par un jeu axial de fonctionnement  $J$  composé :

- Du jeu  $J_1$  du système vis-écrou.
- Du jeu  $J_2$  du dispositif d'attelage de la vis.
- $J = J_1 + J_2$

Ces Jeux de fonctionnement, indispensables, augmentent avec l'usure.

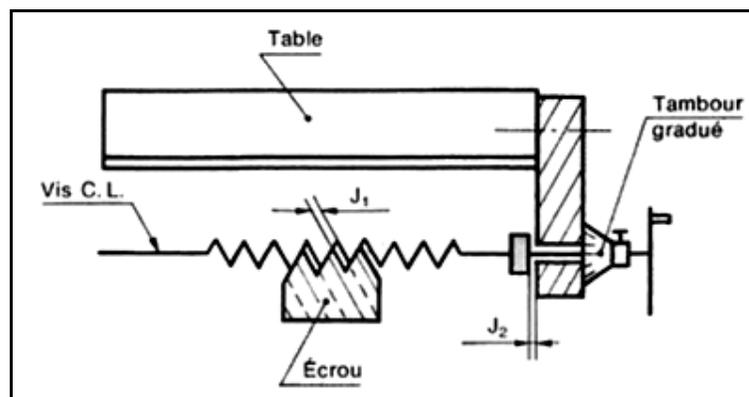


fig.1

Si le déplacement d'un chariot a été effectué dans un sens et que l'on souhaite effectuer le mouvement inverse, l'existence des jeux fait que la rotation du volant, pendant une fraction de tour, reste sans effet sur le déplacement de celui-ci.  
 Suivant la position des jeux  $J_1$  et  $J_2$  l'effort de coupe risque de provoquer le déplacement du chariot de la valeur de ces jeux.

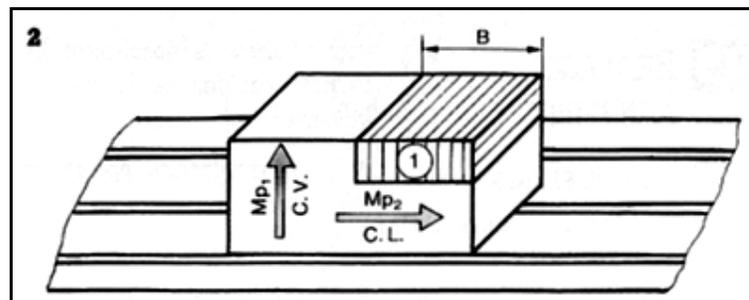
**Remarque :**

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

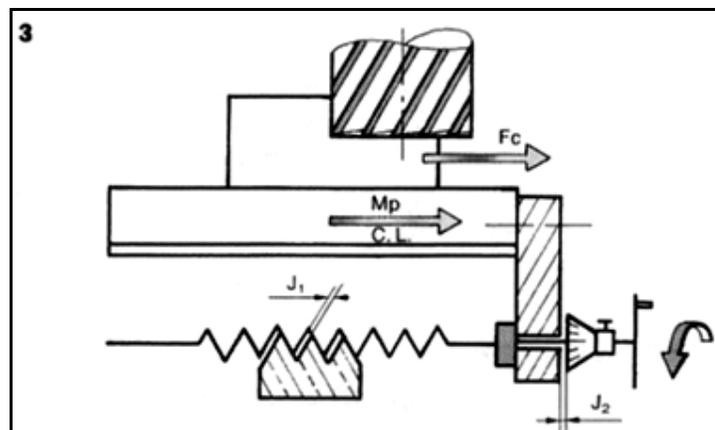
**1.5.1 Rattrapage des jeux**

**Problème à résoudre**

Savoir utiliser les chariots d'une fraiseuse pour amener une pièce en position d'usinage pour la réalisation de l'épaulement (1) (fig. 2).



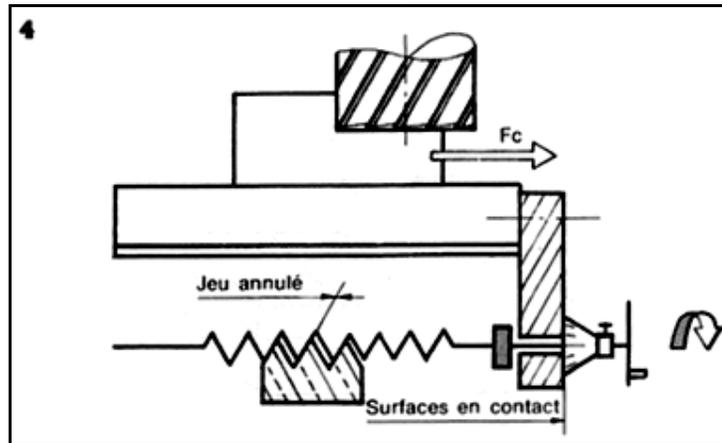
- Le réglage pour la prise de passe au C.L amène les jeux dans la situation du croquis de la figure 3.



- Si l'effort de coupe est de même sens que le déplacement du C.L à la prise de passe, la table risque de se déplacer de  $J$  (voir  $M_p$ ,  $F_c$ , fig. 3).  
 Conclusion : **il faut donc neutraliser  $J_1$  et  $J_2$ .**

En tournant la manivelle en sens inverse de celui de la prise de passe, les jeux  $J_1$  et  $J_2$ , se trouvent dans la situation de la figure 4.

Cette manoeuvre déplace les jeux et modifie la position des surfaces d'appui en contact du dispositif d'attelage et du système vis-écrou, qui s'opposent ainsi à l'effort de coupe.



### Mode opératoire

- Prendre la profondeur de passe et bloquer le chariot longitudinal.
- Effectuer une rotation en sens inverse, de la valeur de  $J$ . L'appréciation de la rotation de la vis supprimant le jeu est fonction de l'habileté de l'opérateur. Exécuter la passe.
- Pour la deuxième passe, revenir au repère obtenu lors de la prise de passe.
- Débloquer le C.L., effectuer le déplacement et opérer ensuite comme précédemment pour rattraper les jeux de fonctionnement.

### Remarques

Le rattrapage des jeux s'impose surtout pour les travaux d'ébauche, Pour une passe de faible valeur (opération de demi finition et finition), le blocage du chariot sera suffisant.

## RÉGLAGE À INVERSION

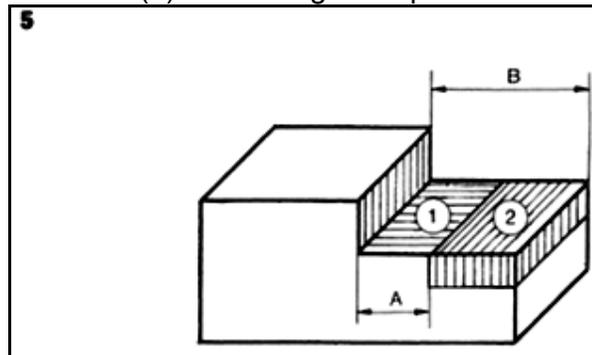
### Cas d'utilisation

Ce réglage s'impose chaque fois qu'au cours de l'usinage l'opérateur doit successivement approcher et éloigner la pièce de l'outil.

### Exemple d'application (fig. 5)

Pour l'exécution de l'épaulement (1), il faut approcher la pièce de la fraise.

Pour l'exécution de l'épaulement (2) il faut éloigner la pièce de la fraise.



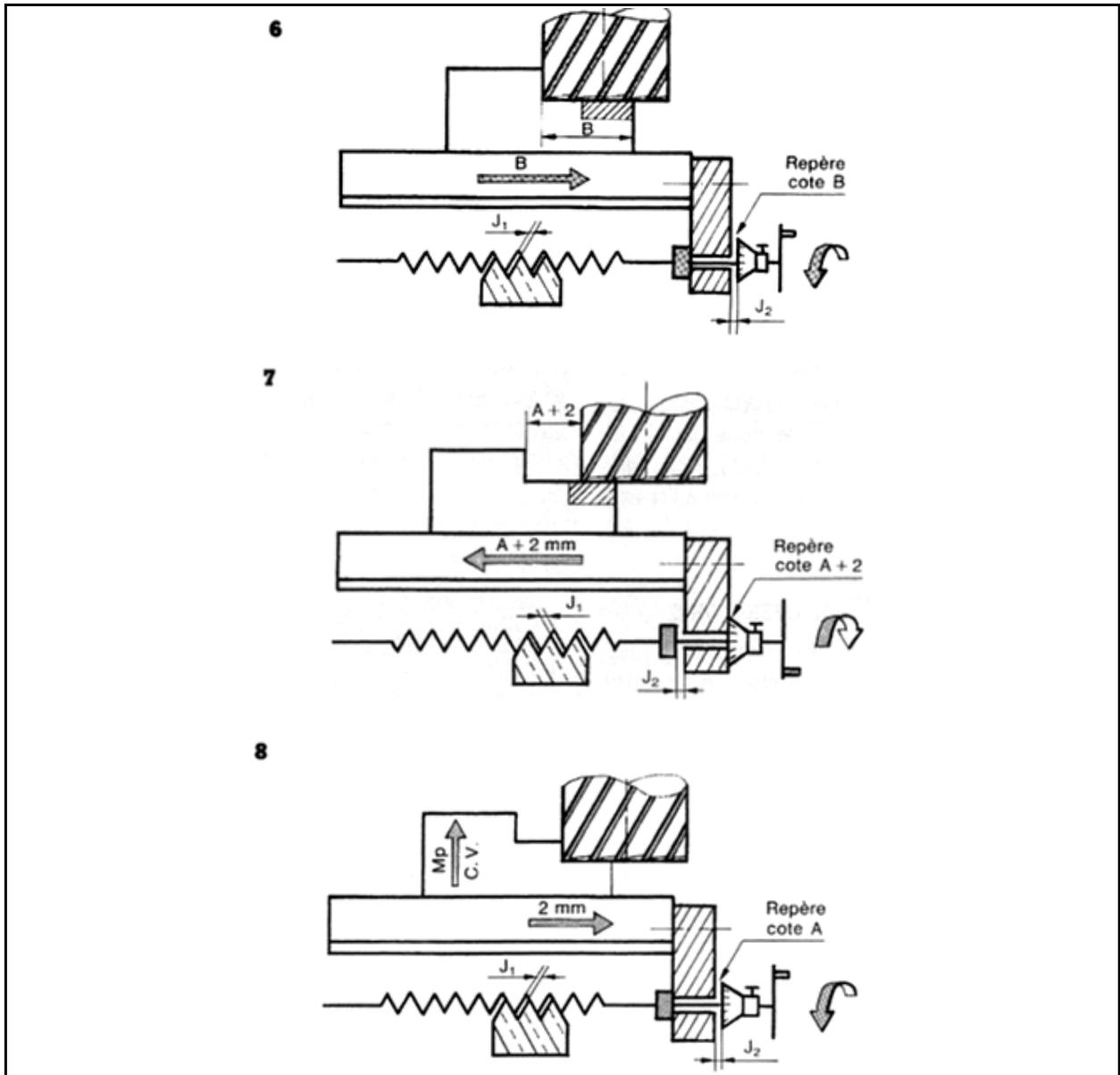
### Mode opératoire

Exécuter l'épaulement 1.

Pour le fraisage de l'épaulement (2), il faut procéder de la manière suivante :

- Lors de la finition de l'épaulement (1), prendre le repère de la cote  $B$  (fig. 6).
- Déterminer par le calcul le nouveau repère de la cote  $A$  (nombre de tours plus fraction de tour).

- Éloigner la pièce de la fraise (sens des aiguilles d'une montre) de A et dépasser le nouveau repère d'environ 2 mm, par exemple (fig. 7).
- Rapprocher la pièce de la fraise (sens inverse des aiguilles d'une montre) jusqu'au repère de la cote A (fig.8).
- Avant l'exécution de l'épaulement (2) bloquer le C.L. et rattraper les jeux.



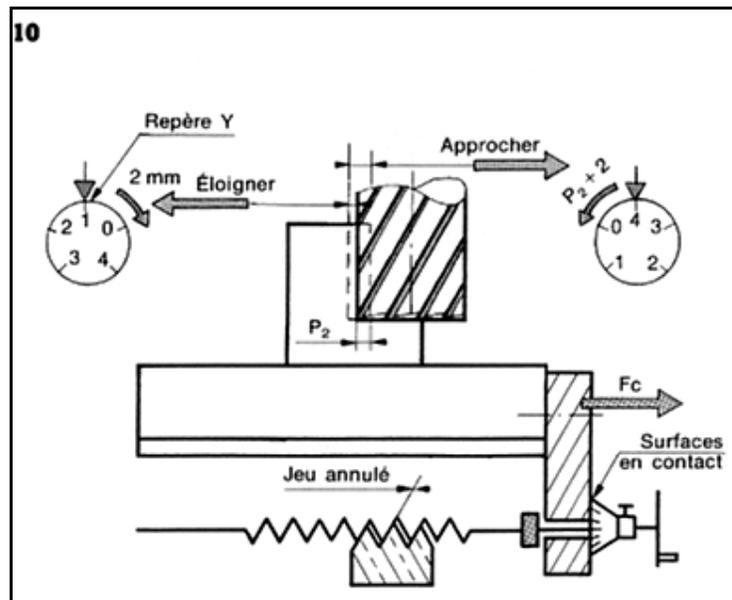
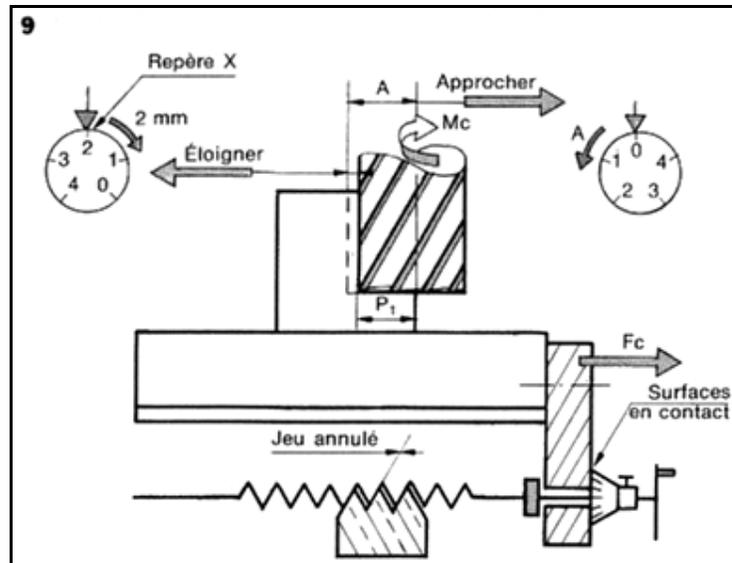
### Réglage par rétro-inversion

Ce réglage est utilisé en fraisage de profil et en travaux d'ébauche où les efforts de coupe sont les plus importants.

#### Mode opératoire

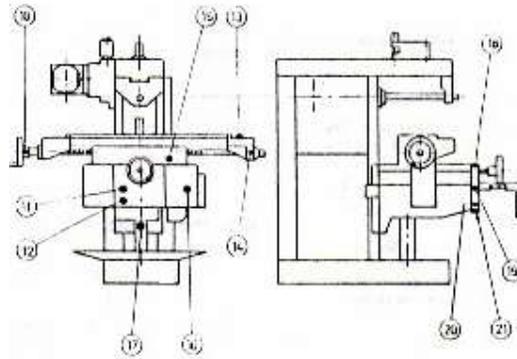
- Tangenter et approcher le C.L de **A** sens inverse des aiguilles d'une montre (fig. 9).
- Éloigner la pièce de la fraise de 2 mm sur le tambour gradué. (On suppose **J** inférieur à 2 mm.) En réalité, le déplacement correspondant de la table est égal à **2 mm - J**.
- Prendre le repère **X**, exécuter la passe d'approche **P1**, mesurer la cote (fig. 9).
- Déterminer la passe **P2** de finition à prendre.

- Rapprocher la pièce de la fraise d'une valeur supérieure à **P2** (sens inverse).
- Éloigner la pièce en tournant, sens des aiguilles d'une montre, jusqu'au repère **Y** situé à une distance angulaire  $P_2$  par rapport au précédent repère **X** (fig. 10).
- Cette manière d'opérer permet de neutraliser d'une façon différente les jeux de fonctionnement  $J_1$  et  $J_2$  lors de la prise de passe.



## 1.6. ENTRETIEN d'une fraiseuse

L'entretien curant est constitué par le maintien des glissières en état de propreté et surtout par le graissage de toutes les parties en mouvement. Le plan de graissage, les produits à employer, leur quantité et leur périodicité sont toujours indiqués par le fabricant des fraiseuses. Exemple de schéma de graissage :



Le contrôle du niveau d'huile dans la boîte et le réservoir s'effectue au travers d'un témoin (visuellement) ; le graissage des coussinets s'effectue au moyen de graisseurs.

Pour l'utilisation d'une fraiseuse il est indispensable de suivre attentivement les instructions pour le graissage indiquées dans la notice d'emploi de la machine, Dans tous les cas, on devra contrôler le niveau d'huile au travers des regards afin d'assurer que les graisseurs sont suffisamment approvisionnés.

Les engrenages inférieurs de la boîte sont partiellement immergés dans un bain d'huile.

Lors de la rotation, l'huile est projetée dans toutes les directions et lubrifie ainsi les organes placés dans la boîte.

ORGANE	LUBRIFIANT					Exemple : Mobil	PÉRIODICITÉ
	Volume (dm <sup>3</sup> )	État	Densité D *	Nature			
				P.E. °	V. °		
Boîte des vitesses	2,5	Brouillard d'huile	0,881	10°	4,97	OTE 26	Vérification hebdomadaire et mise à niveau
Boîte des avances	1,2	Bain	0,869	15°	2,83	OTE Licht	Vidange tous les 2 à 3 mois suivant utilisation de la machine
Chariot	1	Bain	0,878	39°	5,14	Vactra n° 2	
Cartor avant	2	Bain	0,881	10°	4,97	OTE 26	
Graissage centralisé	0,8		0,878	39°	5,14	Vactra n° 2	Vérification hebdomadaire par le voyant. Faire la mise au niveau avec huile neuve
Graisseurs Vis (longitudinale) Volant (longitudinal) Volant (transversal) Lunette			0,878	39°	5,14	Vactra n° 2	Tous les jours. Pompe Lub

D : Densité 15° C

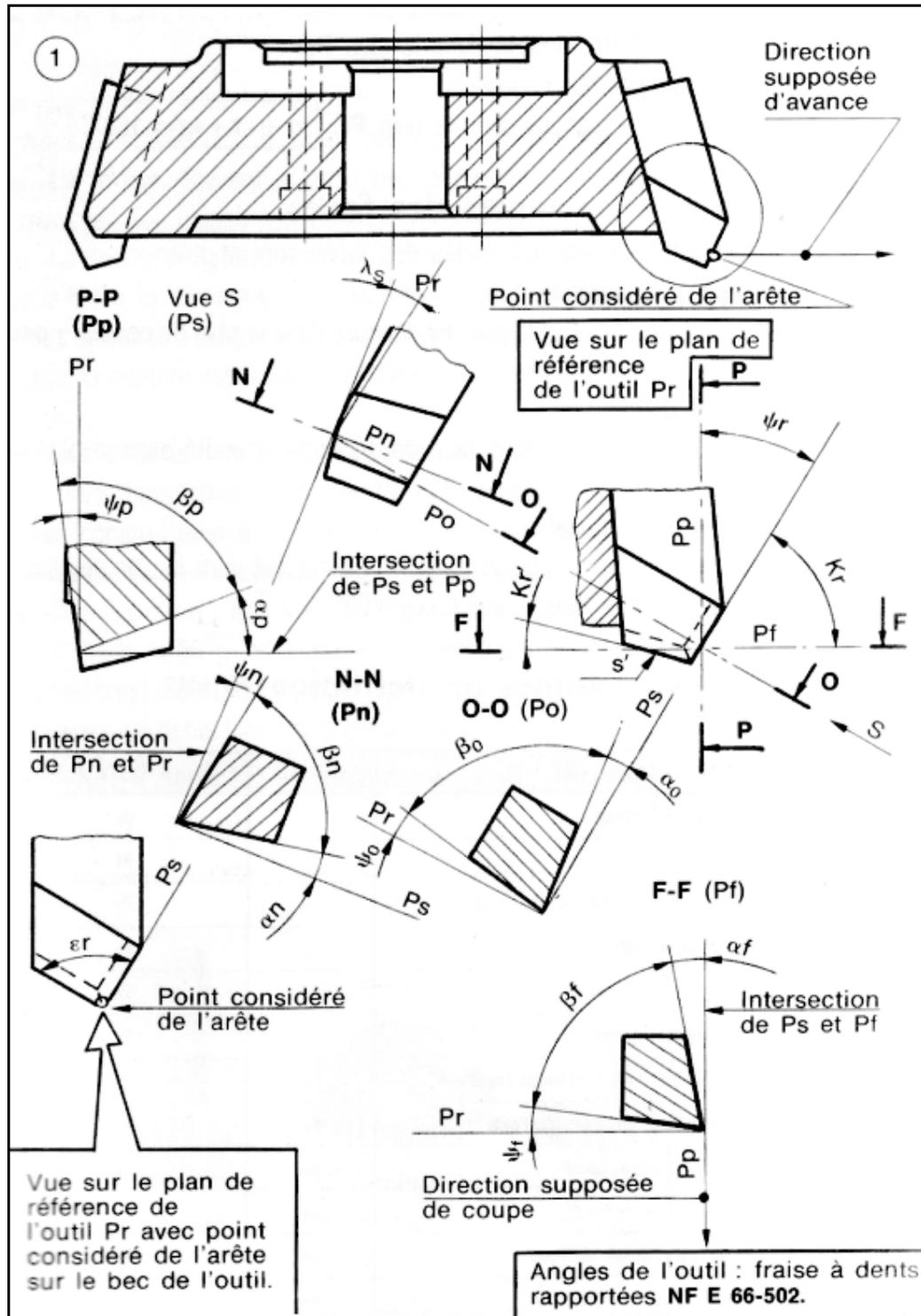
PC : Point d'écoulement à 0° C

V : Viscosité Engler à 50° C

## 2. L'outil fraise

### 2.1 Systèmes de référence

Des systèmes de référence sont nécessaires, pour définir et situer les angles de l'outil fraise. Le système exposé ci-dessous est indispensable pour spécifier la géométrie des outils lors de leur fabrication et de leur contrôle.



## Plans de l'outil en main :

- **Plan de référence de l'outil  $P_r$**  : plan passant par le point considéré de l'arête et contenant l'axe de l'outil.
- **Plan d'arête de l'outil  $P_s$**  : plan tangent à l'arête au point considéré et perpendiculaire au plan  $P_r$
- **Plan de travail conventionnel  $P_f$**  : plan passant par le point considéré de l'arête, perpendiculaire à l'axe de l'outil et à  $P_r$ .
- **Plan normal à l'arête  $P_n$**  : plan perpendiculaire à l'arête au point considéré de celle-ci.
- **Plan vers l'arrière de l'outil  $P_p$**  : plan perpendiculaire à  $P_r$  et à  $P_f$  au point considéré de l'arête.
- **Plan orthogonal de l'outil  $P_o$**  : plan perpendiculaire à  $P_r$  et  $P_s$  au point considéré de l'arête.

## 2.2 Angles de l'outil (fig. 1)

Ils sont définis par rapport aux plans du système de référence de l'outil en main.  
(NF E 66-502)

### 2.2.1 Définitions des angles de l'arête

- **Angle de direction d'arête de l'outil  $\kappa_r$  (kappa)**  
Angle compris entre  $P_s$  et  $P_f$  mesuré dans le plan  $P_r$ .
- **Angle de direction complémentaire de l'outil  $\psi_r$  (psi)**  
Angle compris entre  $P_s$  et  $P_p$  mesuré dans le plan  $P_r$ ;  $\psi_r + \kappa_r = 90^\circ$ .
- **Angle d'inclinaison d'arête de l'outil  $\lambda_s$  (lambda)**  
Angle situé entre l'arête et  $P_r$ , mesuré dans le plan  $P_s$ .
- **Angle de pointe de l'outil  $\epsilon_r$  (epsilon)**  
Angle situé entre  $P_s$  et  $P_f$  mesuré dans le plan  $P_r$ ;  $\kappa_r + \epsilon_r + \psi_r = 180^\circ$ .

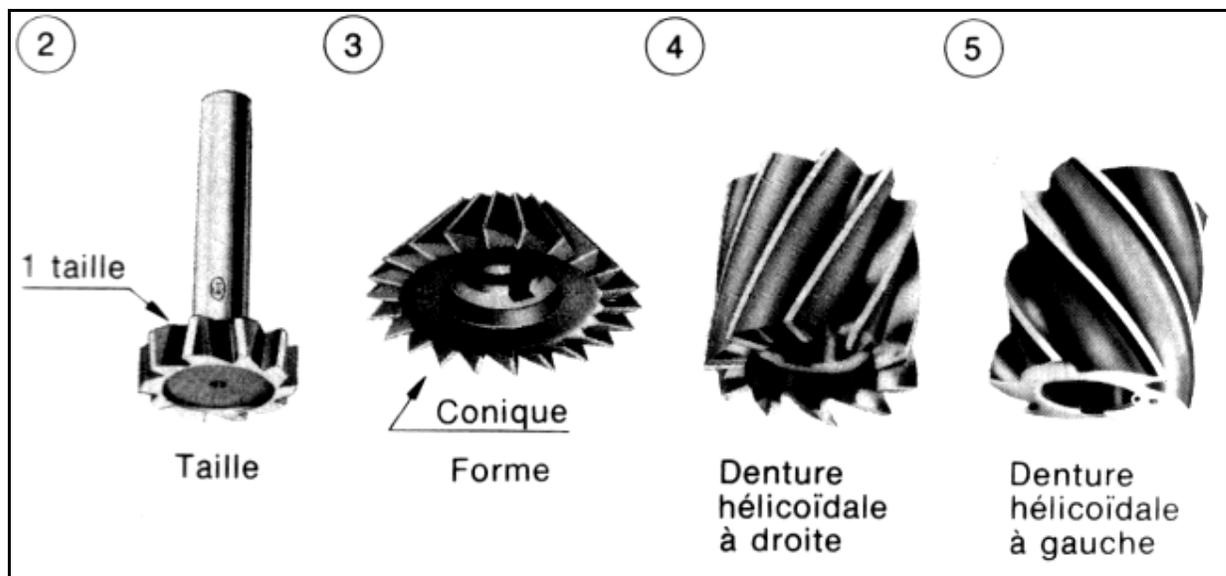
### 2.2.2 Définitions des angles des faces

Dans un plan de section donnée, les angles des faces sont appelés :

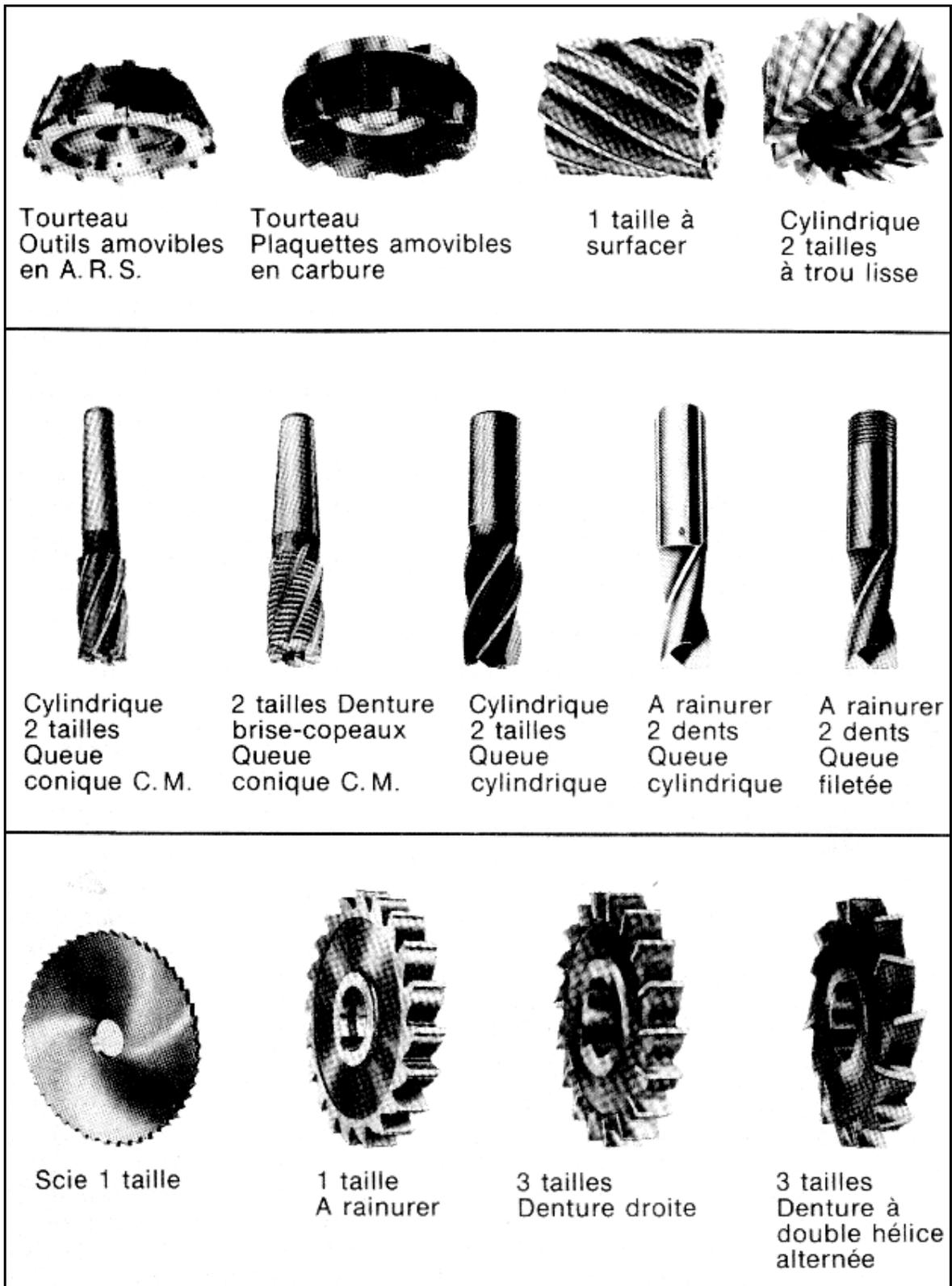
- **Angle de coupe  $\gamma$  (gamma)**  
Angle aigu entre la face de coupe et le plan  $P_r$ , mesuré dans le plan de coupe.  $\gamma$  peut être positif ou négatif.
- **Angle de taillant  $\beta$  (bêta)**  
Angle situé entre la face de coupe et la face de dépouille, mesuré dans le plan de coupe.
- **Angle de dépouille  $\alpha$  (alpha)**  
Angle aigu situé entre la face de dépouille et le plan  $P_s$  mesuré dans le plan de coupe. Relation entre les angles des faces  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ .

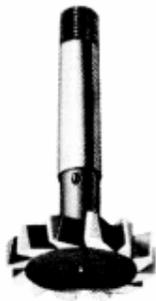
## 2.3 Caractéristiques des fraises

- **La taille.** Suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, on distingue les fraises : **une taille (fig. 2), deux tailles ou trois tailles.**
- **La forme.** Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue : **les fraises cylindriques, coniques (fig. 3) et les fraises de forme.**
- **La denture.** Suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, on distingue les dentures hélicoïdales à droite (fig. 4) ou à gauche (fig. 5) et les dentures à double hélice alternée. Si l'arête tranchante est parallèle à l'axe de la fraise, la denture est droite. Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents.
- **Les dimensions.** Pour une fraise deux tailles : diamètre et hauteur taillée. Pour une fraise trois tailles : diamètre de l'outil, épaisseur, diamètre de l'alésage. Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diamètre de l'outil et l'épaisseur.
- **Le mode de fixation. A trou** lisse ou taraudé; à **queue** cylindrique ou conique.
- **Construction :** Les fraises peuvent être à **denture fraisée** (ex. : fraise conique deux tailles  $\alpha 60^\circ$ ), ou à **denture détalonnée et fraisée** (ex. : fraise-disque pour crémaillères). Elles sont en acier rapide. Pour les fraises à outils rapportés sur un corps de fraise, les dents fixées mécaniquement sont en acier rapide, ou le plus souvent en carbure métallique.



## 2.4 Différents types de fraises





Pour rainure de clavette disque  
Queue filetée



Pour rainure à T  
Denture brise-copeaux  
Queue filetée



Pour rainure à T  
Denture alternée  
Queue conique C. M.



Conique 2 tailles,  
Cône inversé type A  
Queue cylindrique



Conique 2 tailles  
Cône direct type B  
Queue cylindrique



Conique 2 tailles  
Alésage lisse  
rainuré

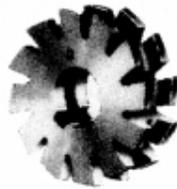


Isocèle  
2 tailles

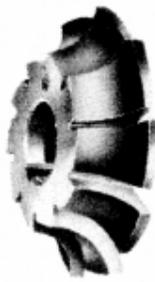
### Fraises à profil constant



Convexe  
pour  
demi-cercle



Concave  
pour  
demi-cercle



Concave  
pour quarts  
de cercle

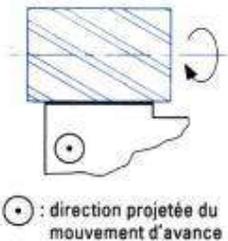
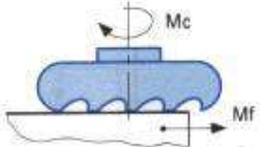


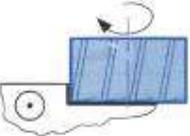
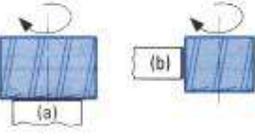
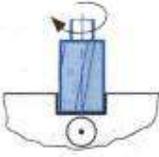
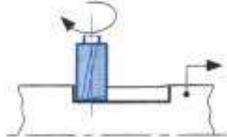
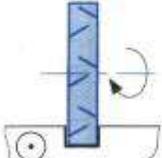
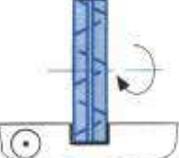
Disque  
pour tailler  
les engrenages  
(fraise « module »)



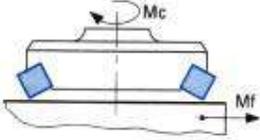
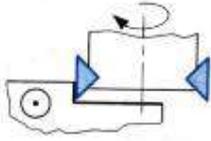
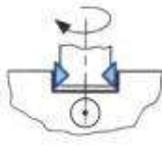
Disque à  
flancs droits  
pour tailler  
les crémaillères

## Les fraises en acier rapide (ARS) :

Visualisation	Identification de l'outil	Type d'opérations réalisées	Schéma d'usinage
	<p><b>Fraise 1 taille à surfer</b></p>	<p>Surfaçage en roulant ou de profil</p>	 <p>• : direction projetée du mouvement d'avance</p>
	<p><b>Fraise cloche à surfer</b></p>	<p>Surfaçage en bout ou de face</p>	
	<p><b>Fraise 2 tailles à queue conique</b></p>	<p>Surfaçages combinés à prédominance en roulant Surfaçage en roulant</p>	 <p>• Direction projetée du mouvement d'avance</p>

	<p><b>Fraise 2 tailles à alésages et à entraînement par tenon</b></p>	<p>Surfaçages combinés à prédominance en bout</p>	
		<p>Restrictivement : - surfaçage en bout (a) - surfaçage en roulant (b)</p>	
	<p><b>Fraise 2 tailles à queue cylindrique</b></p>	<p>Rainurage de profil peu précis</p>	
	<p><b>Fraise à rainurer deux lèvres à coupe centrale</b></p>	<p>Rainurage de profil en pleine matière  Exemple : rainure de clavetage</p>	
	<p><b>Fraise 3 tailles à dentures alternées</b></p>	<p>Rainurage en bout Qualité usuelle obtenue <math>\geq 9</math></p>	
	<p><b>Fraise 3 tailles extensible à denture alternées</b></p>	<p>Rainurage en bout qualité usuelle obtenue : 7-8</p>	

## Les fraises à plaquettes carbure :

Visualisation	Identification de l'outil	Types d'opérations réalisées	Schéma d'usinage
	Fraise à <b>surfacier</b>	Surfaçage en bout	
	Fraise à <b>surfacier et à dresser</b>	Surfaçages combinés à prédominance en bout	
	Fraise à <b>rainurer</b>	Rainurage de profil	
	Fraise <b>3 tailles à dentures alternées</b>	Rainurage en bout	

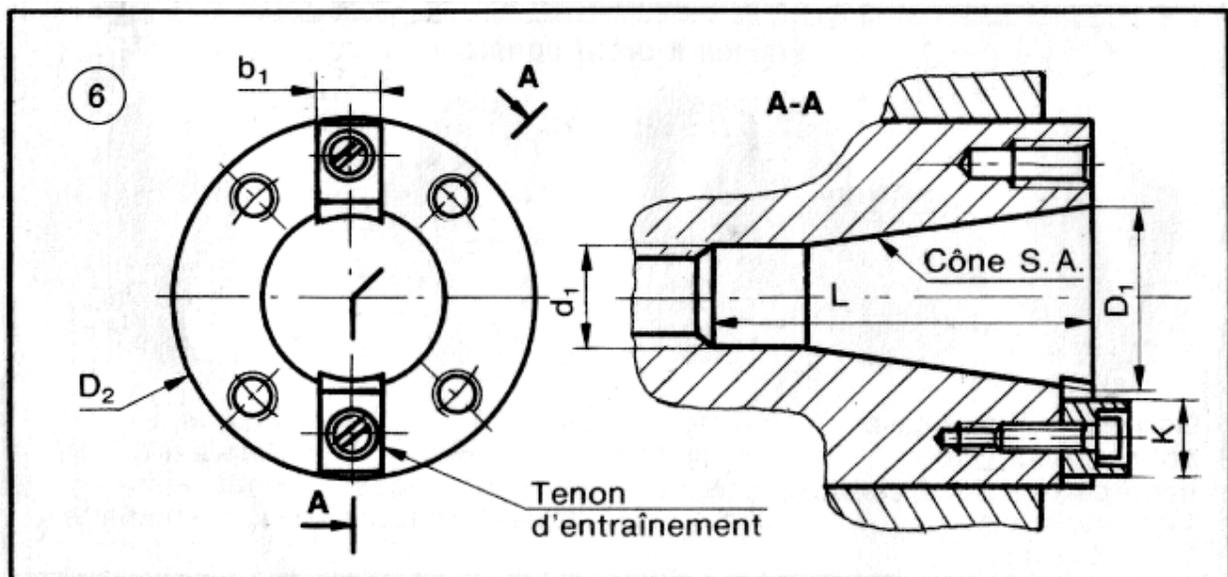
## 2.5 Montage des fraises

### 2.5.1 Conditions à satisfaire

- **Situer** la fraise sur le porte-outil, dans une position géométrique correcte.
- **Assurer** l'entraînement de l'outil.
- **Permettre** un montage et un démontage rapides.

### 2.5.2 Organe porte-outil

L'organe porte-outil d'une fraiseuse est la **broche**. Celle-ci présente intérieurement une partie conique soigneusement rectifiée, qui constitue l'élément de centrage du porte-fraise (fig. 6). La broche d'une fraiseuse d'outillage est généralement réalisée au cône standard américain n°40 (voir tableau ci-dessous). L'entraînement est assuré par des tenons solidaires de la broche. Le démontage des fraises est aisé avec ce type de cône, en raison du grand angle de pente adopté :  $16^{\circ}30'$ .



### 2.5.3 Montage

Suivant le type de fraises, on utilise divers porte-outils.

#### 2.5.3.1 Fraises à surfacer (fig.7)

Les fraises de grand diamètre (160 à 630mm), à outils rapportés, se montent directement sur le nez de broche par l'intermédiaire d'un centreur.

#### 2.5.3.2 Fraises à trou lisse ou taraudé. (fig. 8 et 9)

Elles sont montées sur un **mandrin porte-fraise**, généralement au cône S .A.

#### 2.5.3.3 Fraises à trou lisse rainuré (fig. 10)

Elles sont montées sur un arbre porte-fraise, généralement au cône S.A. Il en existe deux types : le type court pour le travail en l'air, dont la longueur utile est intérieure ou égale à 160 mm, le type long (montage d'une lunette) dont la longueur utile est égale ou supérieure à 200 mm. Des bagues-entretoises de différentes épaisseurs permettent de situer l'outil sur l'arbre, ou de régler l'écartement désiré dans le cas de deux fraises accouplées. Le diamètre d de l'arbre porte-fraise est fonction de celui de l'alésage de l'outil. Il peut avoir les valeurs suivantes : 16-22-27-32 et 40 mm h6.

#### 2.5.3.4 Fraises à queue conique (Cône Morse) (fig. 11)

Elles sont montées par l'intermédiaire d'une douille de réduction dont le cône extérieur correspond à celui de la broche, et le cône intérieur à celui de la fraise.

CM n°	0	1	2	3	4	5	6
D	9,045	12,065	17,78	23,825	31,267	44,399	63,347

Conicité : 1/20

#### 2.5.3.5 Fraises à queue cylindrique (fig. 12)

Elles sont montées au moyen d'un mandrin à pinces.

#### REMARQUE :

La liaison broche porte-fraise est assurée par une tige de rappel (fig. 13).

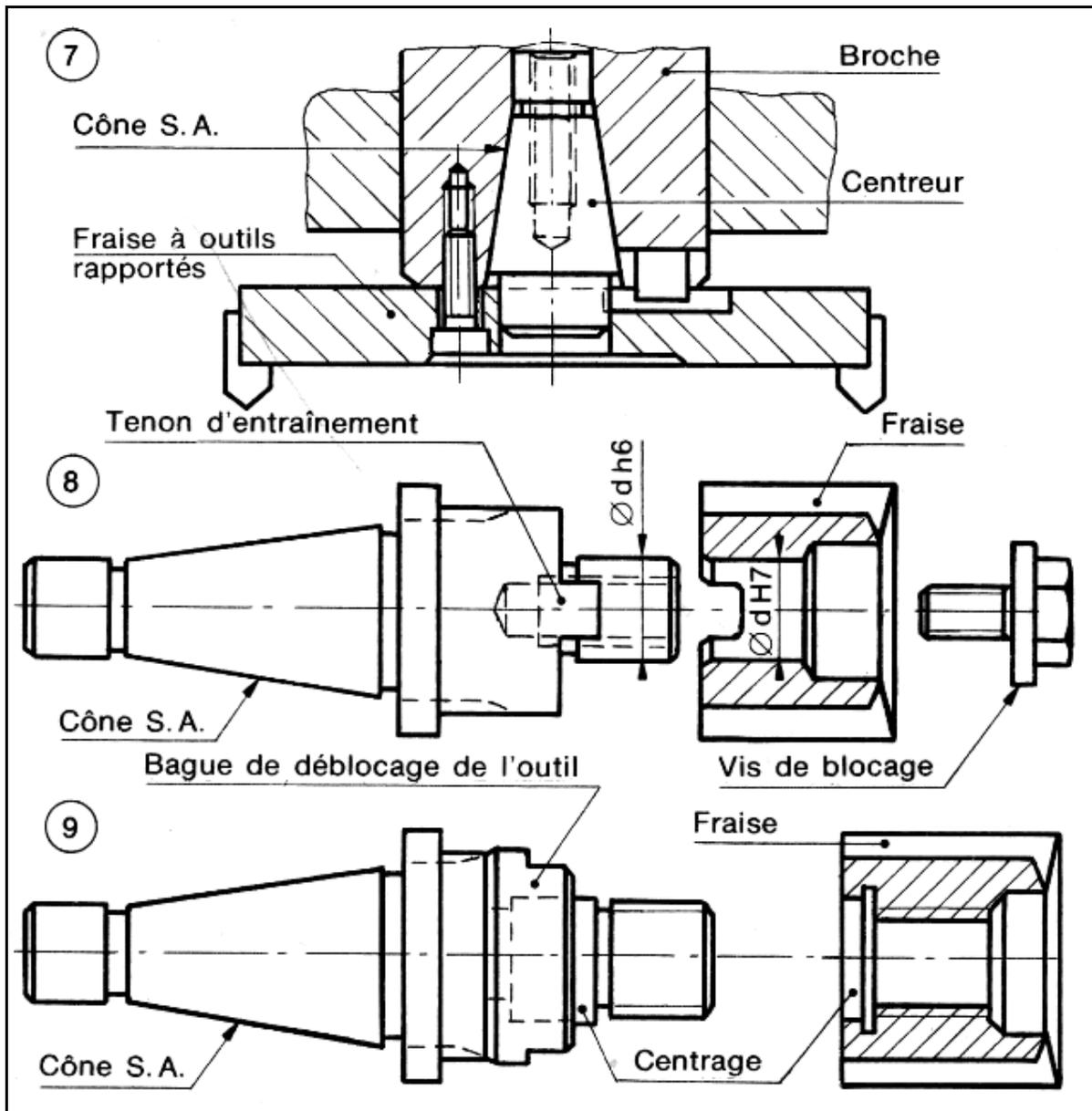
### 2.5.4 Précautions à prendre

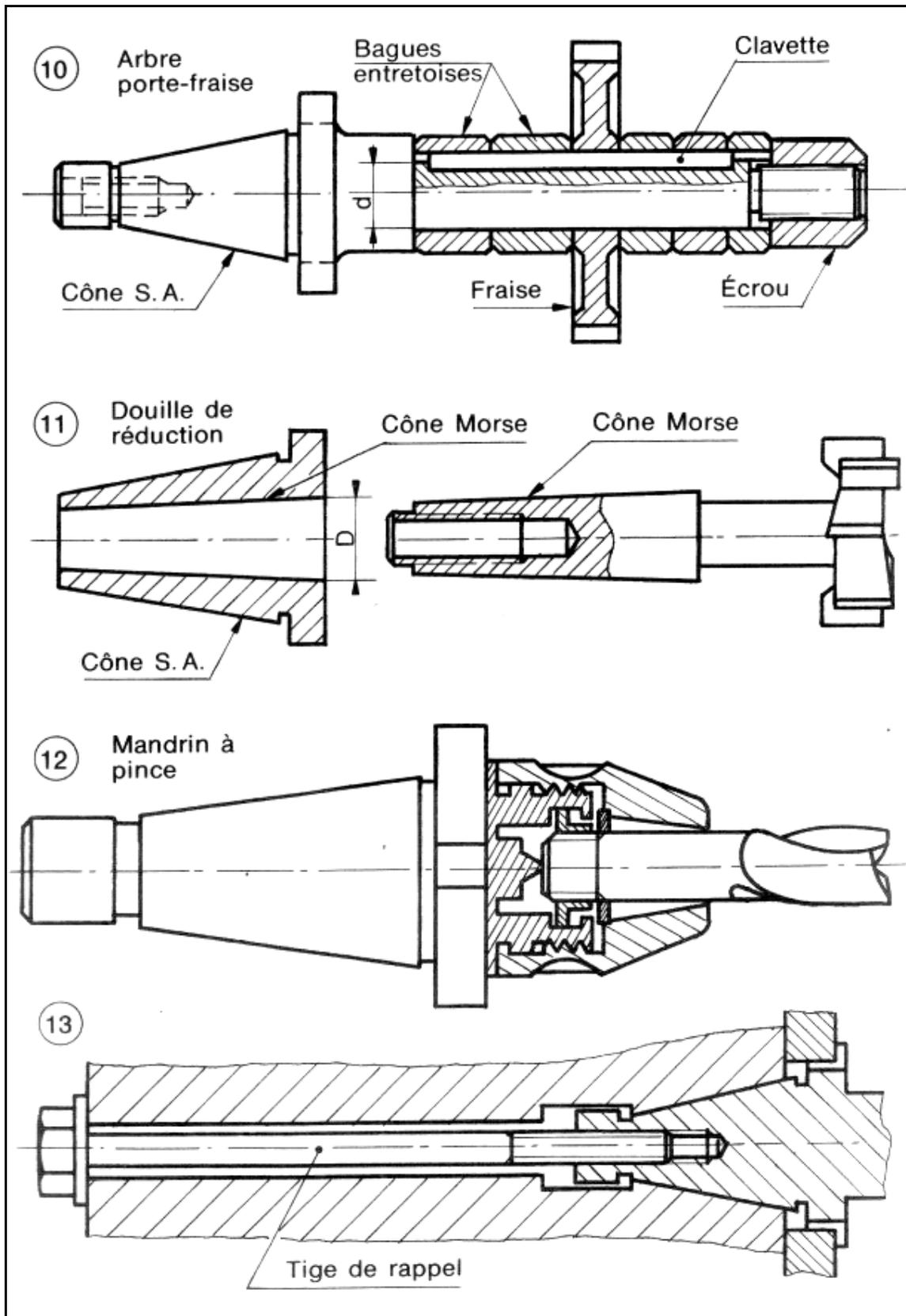
#### 2.5.4.1 Au montage

- Essuyer les surfaces coniques de la broche, du porte-fraise ou de la fraise.
- Placer les entailles du porte-fraise dans les tenons d'entraînement de la broche.
- Visser au maximum la tige de rappel, puis bloquer l'écrou.

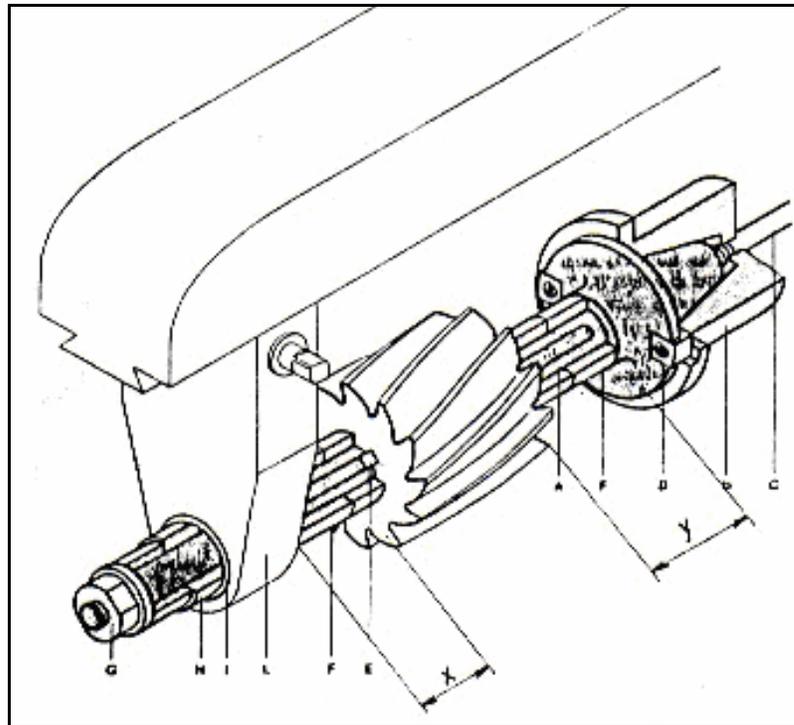
#### 2.5.4.2 Au démontage

- Débloquer l'écrou (un tour).
- Donner un léger coup de marteau sur la tête de la tige de rappel, dévisser la tige en soutenant la fraise.
- Pour effectuer le démontage d'une fraise à queue C.M. de sa douille de réduction, Il convient de ne pas se servir de la tige de rappel. (Risque de détérioration des filets.) Il faut utiliser un appareil pour désolidariser l'outil de la douille.



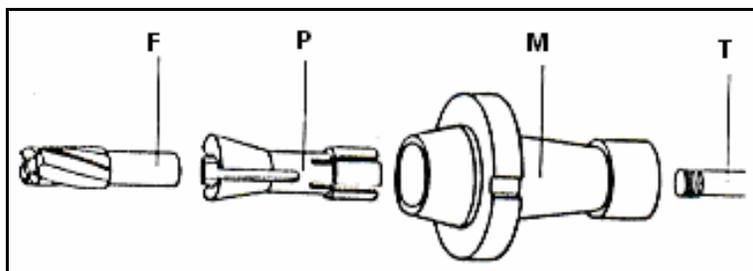


**Mode de fixation d'une fraise hélicoïdale sur arbre porte-fraise horizontal :**



- A : Arbre porte-fraise
- B : Broche
- C : Tige ou tirant fileté
- D : Tenon d'entraînement
- E : Clavette
- H : Entretoise
- L : Support (lunette)
- I : Bague
- G: Écrou
- F : Entretoise

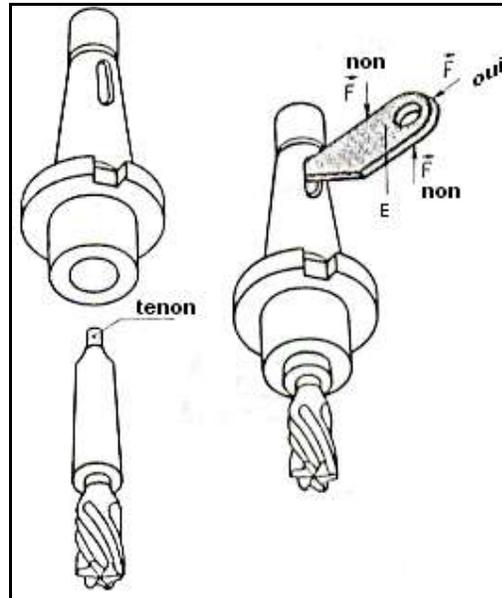
**Mandrin à pince**



- F : Fraise
- P : Pince
- M : Mandrin
- T : Tirant fileté

## Douille intermédiaire pour la fixation des fraises à queue conique.

Lorsque le cône de la fraise est plus petit que celui du nez de la broche on interpose une douille intermédiaire dite de réduction. Le tenon sert au démontage de la fraise. Il est obtenu par des coups de maillet sur un coin extérieur E.



Il est préférable d'utiliser des fraises avec queue conique et trou fileté pour éviter le risque du détachement de l'emboîtement conique pendant le travail.

## 2.6. Le mode d'action des fraises

On distingue deux modes : le **fraisage de face** et le **fraisage de profil**.

### 2.6.1 FRAISAGE DE FACE (fig. 1)

L'axe de la fraise est perpendiculaire au plan fraisé.

Procédé d'obtention de surfaces planes où l'on ne retrouve aucune trace de la forme de la génératrice de la fraise.

Ce mode de fraisage est également appelé **fraisage en bout**, symbole **frb**.

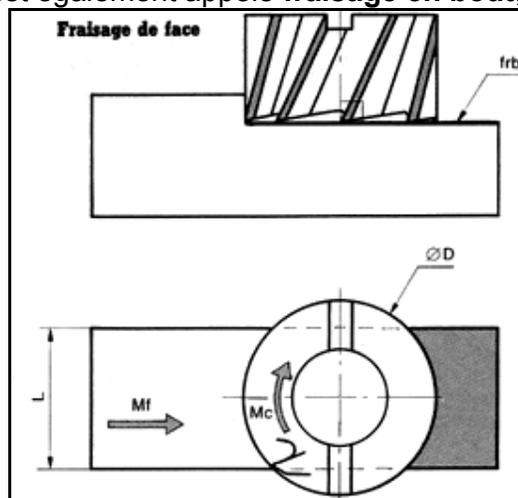


fig .1

### 2.6.2 FRAISAGE DE PROFIL (fig.2)

La génératrice de la fraise est parallèle à la surface usinée. Procédé d'obtention de surfaces planes ou quelconque dans des positions diverses.

Ce mode de fraisage est également appelé **fraisage en roulant**, symbole **frr**.

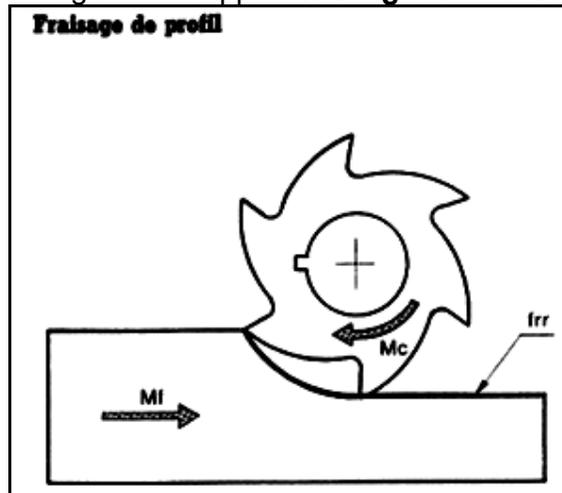


fig.2

#### Remarque

Les deux modes de fraisage peuvent se trouver en application au cours d'une même opération. C'est le cas des fraises 2taillés, 3taillés, travaillant simultanément de face et de profil (fig.3).

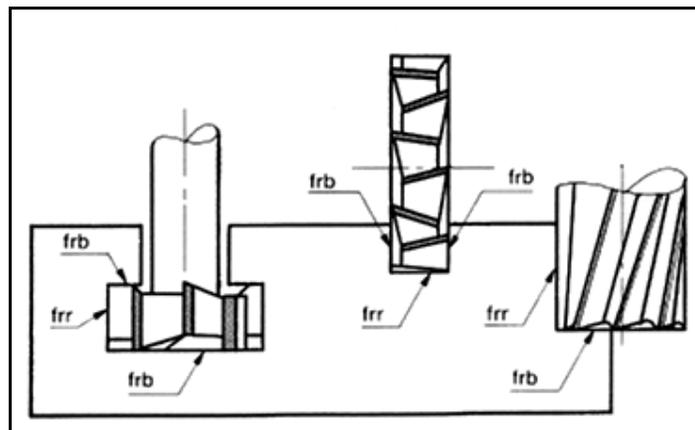


fig.3

#### Aspect des surfaces

##### a) EN FRAISAGE DE FACE (fig.4)

L'aspect d'une surface usinée en fraisage de face est caractérisé par une série de courbes sécantes appelées cycloïdes correspondant à la trace laissée par les dents de la fraise sur la pièce.

##### Épaisseur des copeaux

L'intervalle compris entre deux cycloïdes consécutives représente l'épaisseur du copeau. On constate que cette épaisseur varie tout au long de la trajectoire de coupe de la dent. Dans le cas d'une fraise de diamètre supérieur à la largeur de la pièce l'épaisseur est légèrement plus faible à l'entrée et à la sortie de la surface tranchée, pour atteindre son maximum approximativement au niveau de l'axe de la fraise.

##### État de surface

L'épaisseur étant sensiblement uniforme, la fraise travaille dans de bonnes conditions de coupe. L'état de surface dépend de l'avance par dent  $f_z$ .

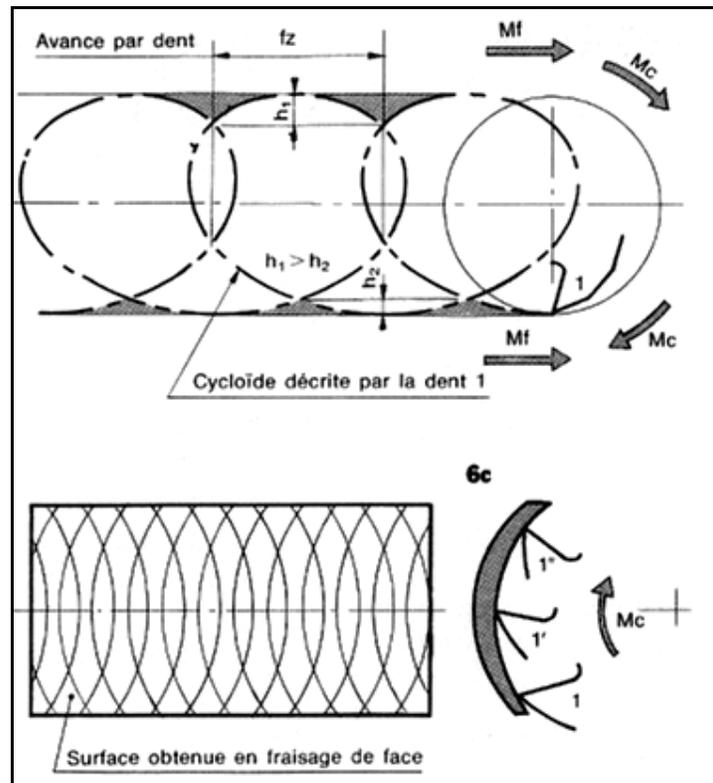


fig.4

#### b) EN FRAISAGE DE PROFIL (fig.5)

La surface fraisée présente une série d'ondulations laissées par les dents de la fraise : celles-ci dépendent de l'avance et du diamètre de l'outil.

##### Épaisseur des copeaux

Chaque dent de la fraise taille un copeau d'épaisseur croissante :

Nulle à l'attaque au point **A** et maximale à la sortie en **B**.

##### État de surface

Au point **A**, la dent refuse la coupe et écroute la matière, l'outil fléchit. Au point **B**, la dent est également soumise à une contrainte de flexion.

Ces phénomènes provoquent une série d'ondulations; l'état de surface est moins satisfaisant qu'en fraisage de face.

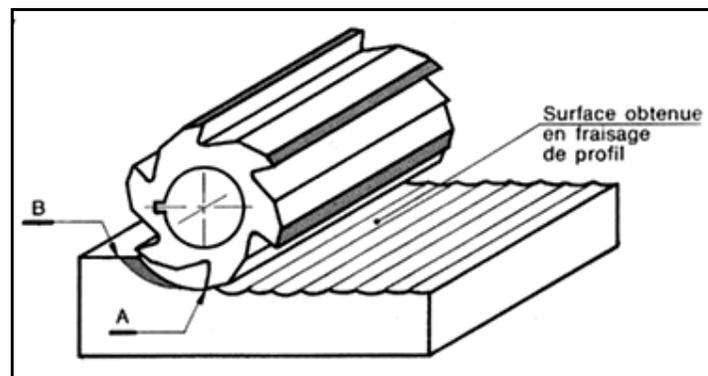


fig.5

## 2.7 Choix du mode de fraisage

Le choix du mode de fraisage dépend :

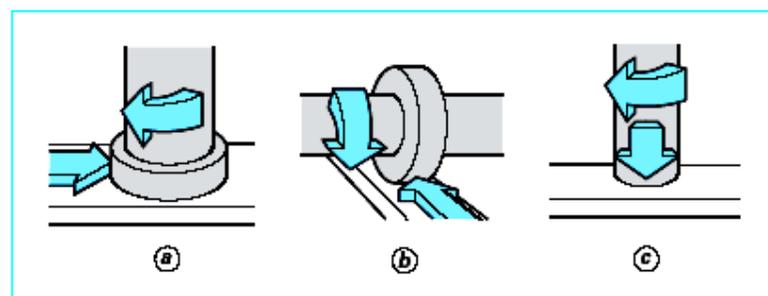
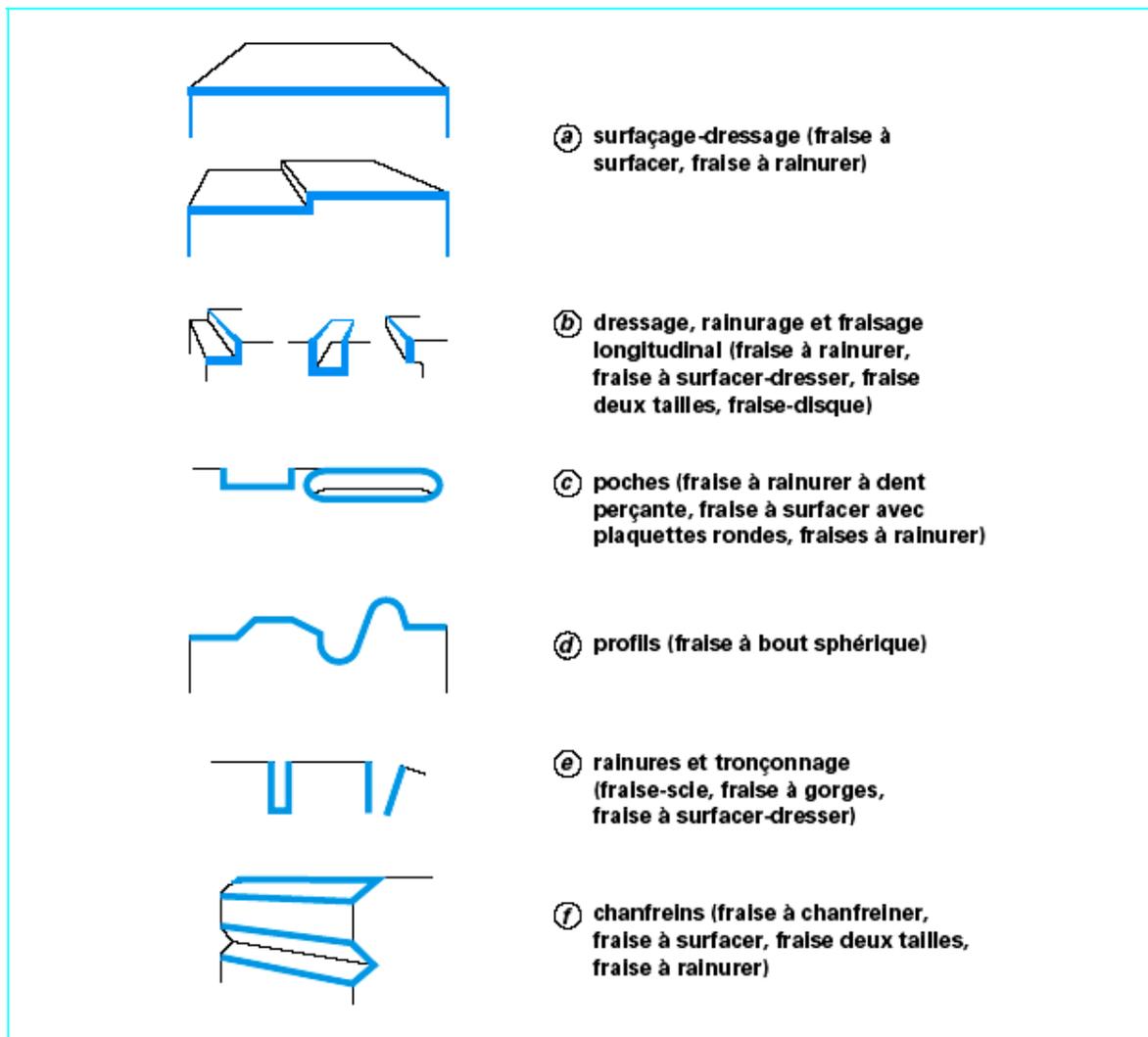
- De la spécification d'état de surface,
- De la spécification géométrique : ex.  $\sphericalangle$  0,02 ;  $\sphericalangle$  0,05.
- De la tolérance de la cote liant cette surface à une S.R. (surface de référence) de cotation : ex. IT 0,05.
- Des possibilités d'ablocage qui dépendent du volume de la pièce, de la machine utilisée, de la position de la surface usinée.

**On utilisera le fraisage de face toutes les fois que ce sera possible.**

## 3. FRAISAGE

### Principales opérations rencontrées en fraisage

Le fraisage est, dans son principe, un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) faisant intervenir, en coordination, le mouvement de rotation d'un outil à plusieurs arêtes (**mouvement de coupe**) et l'avance rectiligne d'une pièce (dit **mouvement d'avance**). Aujourd'hui, toutefois, on a également un déplacement de l'outil par rapport à la pièce, lequel peut s'effectuer pratiquement dans n'importe quelle direction. L'outil de fraisage, **la fraise**, comporte plusieurs arêtes de coupe dont chacune enlève une certaine quantité de métal sous forme de copeaux. Les avantages du fraisage sont un rendement élevé, un bon fini de surface et une haute précision, ainsi qu'une grande souplesse au niveau de la génération de différentes formes. Le plus souvent, le fraisage est utilisé pour produire des surfaces planes, des épaulements et des gorges, mais son efficacité en contournage va croissante grâce à l'utilisation des techniques CNC (Computerized Numerical Control).



Surfaçage, fraisage d'épaulements et fraisage axial

Le surfaçage (figure a) est une opération de coupe combinée avec plusieurs arêtes, essentiellement celles situées à la périphérie et, dans une certaine mesure, seulement dans la partie centrale de l'outil. La fraise au contact de la pièce tourne perpendiculairement à la direction de l'avance radiale.

Le fraisage 3 tailles (figure b) utilise les arêtes de coupe situées à la périphérie de l'outil. La fraise tourne ici autour d'un axe parallèle à l'avance tangentielle.

Certaines fraises peuvent également travailler dans une troisième direction d'avance, axialement. Il s'agit alors d'une opération de perçage exécutée par les arêtes de coupe

centrales de l'outil. Cette méthode (figure c) est utilisée pour l'usinage de rainures non débouchantes, l'outil perçant alors jusqu'à une certaine profondeur, puis passant de la direction d'avance axiale à la direction radiale pour permettre aux arêtes périphériques d'élargir le trou.

Une combinaison de plusieurs directions d'avance est également possible lorsque l'on désire usiner des surfaces formant un angle ou incurvées. La fraise à avance axiale doit avoir des arêtes de coupe centrales disposées transversalement pour que sa partie frontale puisse exercer l'action de coupe désirée.

### Principales définitions cinématiques et géométriques

Pour régler les paramètres de l'opération de fraisage, il convient en premier lieu d'établir quelques définitions s'appliquant aux caractéristiques dynamiques de l'outil de fraisage dont le diamètre (**D**) se déplace contre la pièce.

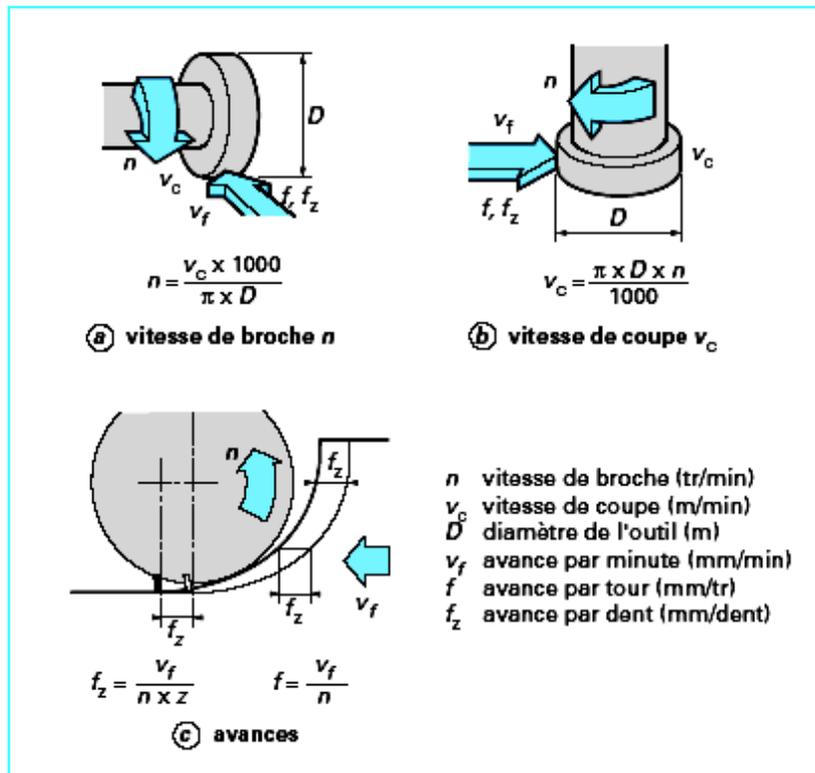
1. **La vitesse de broche (n en tr/min)** (ou **Fréquence de rotation**) est le nombre de tours que l'outil de fraisage, monté sur la broche de la machine-outil, effectue par minute. Il s'agit là d'une valeur dépendant de la machine, qui ne renseigne guère sur ce qui se passe à la périphérie où l'arête de coupe fait son office.
2. **La vitesse de coupe (V<sub>c</sub> en m/min)** indique pour sa part la vitesse à laquelle l'arête de coupe travaille la surface de la pièce. C'est un important paramètre de l'outil, qui fait partie intégrante des conditions de coupe avec, pour fonction, de garantir que l'opération est effectuée dans les meilleures conditions d'efficacité par l'outil concerné.

La vitesse de broche, le diamètre de l'outil et la vitesse de coupe sont naturellement liés par les formules suivantes :

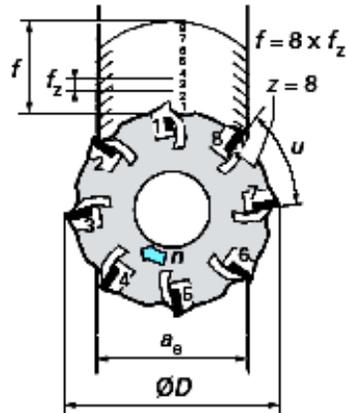
$$n = \frac{v_c \times 1\,000}{\pi D}$$

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

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



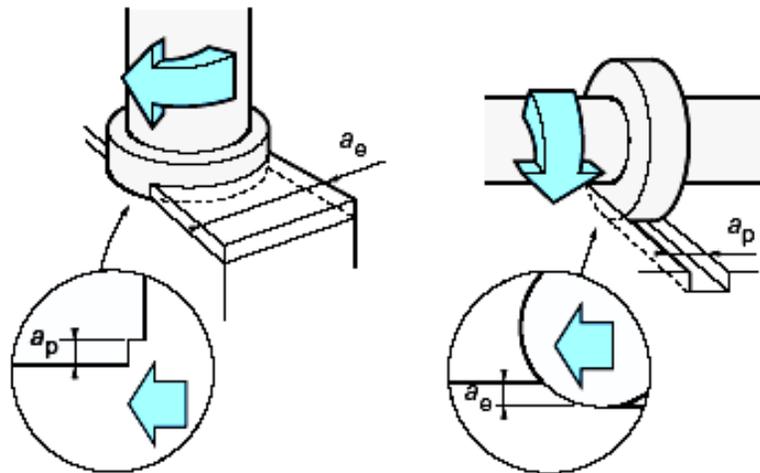
3. **L'avance par minute ou vitesse d'avance ( $V_f$  en mm/min)** (figure c) est l'avance de l'outil en direction de la pièce, exprimée en unités de distance par unité de temps. On parle également ici d'avance de table.
4. **L'avance par tour ( $f$  en mm/tr)** (figure c) est une valeur spécialement utilisée pour calculer l'avance et déterminer l'aptitude d'une fraise à surfaçer à travailler en finition. Elle indique de combien l'outil avance au cours d'une rotation.
5. **L'avance par dent ( $f_z$  en mm/dent)** (figure c) est un important paramètre en fraisage. La fraise étant un outil à arêtes multiples, il faut en effet disposer d'un moyen de mesure pour contrôler que chacune de ces arêtes travaille dans des conditions satisfaisantes. La capacité d'enlèvement de matière de chaque dent est l'élément limitatif au niveau des performances de l'outil. L'avance par dent indique la distance linéaire parcourue par l'outil alors qu'une certaine dent est engagée. L'avance par dent représente aussi la distance couverte entre la pénétration de deux dents successives dans la pièce. Elle peut donc être exprimée en fonction du nombre d'arêtes de l'outil ( $z$ ) et de l'avance par minute, ou sous forme d'avance par tour.
6. **La profondeur de coupe, axiale ( $a_p$ )** en surfaçage ou radiale ( $a_e$ ) pour le fraisage d'épaulements, correspond à l'épaisseur de matière enlevée par l'outil. C'est la distance à laquelle l'outil est réglé au-dessous de la surface initiale de la pièce.
7. **La largeur de coupe ou profondeur de coupe radiale ( $a_e$ )** en surfaçage et axiale ( $a_p$ ) pour le fraisage d'épaulements, est la distance parcourue par l'outil sur la surface de la pièce (figure 5).
8. **Le volume de matière enlevée par unité de temps ( $Q$ )** peut être déterminé en utilisant certaines de ces définitions. Ce volume correspond à la profondeur de coupe multipliée par la largeur de coupe, multipliées par la distance dont l'outil se déplace au cours de l'unité de temps concernée. Le volume d'enlèvement de matière est exprimé en millimètres cubes par minute (figure 6).



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

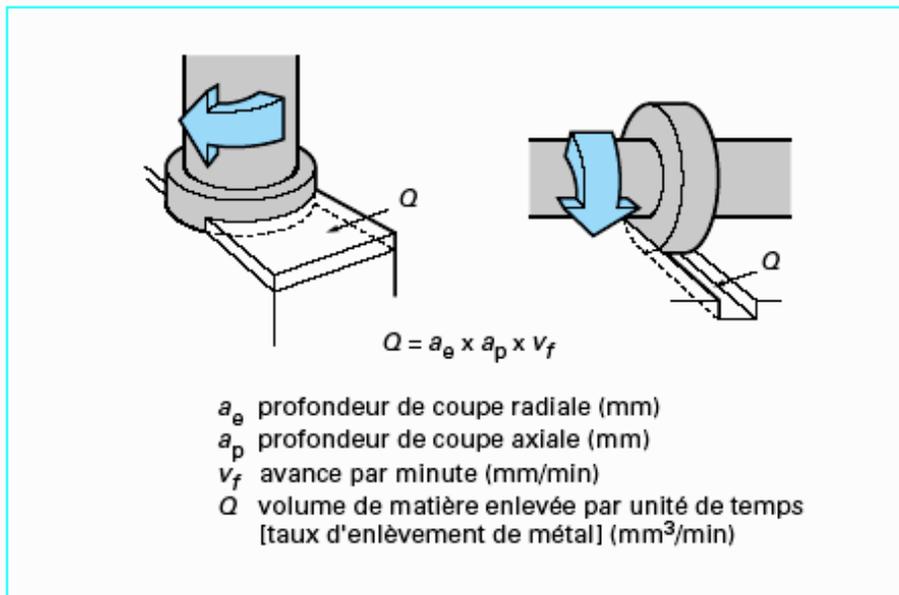
$f_z$  est un facteur capital en fraisage, décisif pour le taux d'enlèvement de métal par arête, la charge par arête, la durée de vie et, dans une certaine mesure, la structure de surface.

Avance par dent et avance par tour



- $a_e$  largeur de coupe radiale
- $a_p$  profondeur de coupe axiale

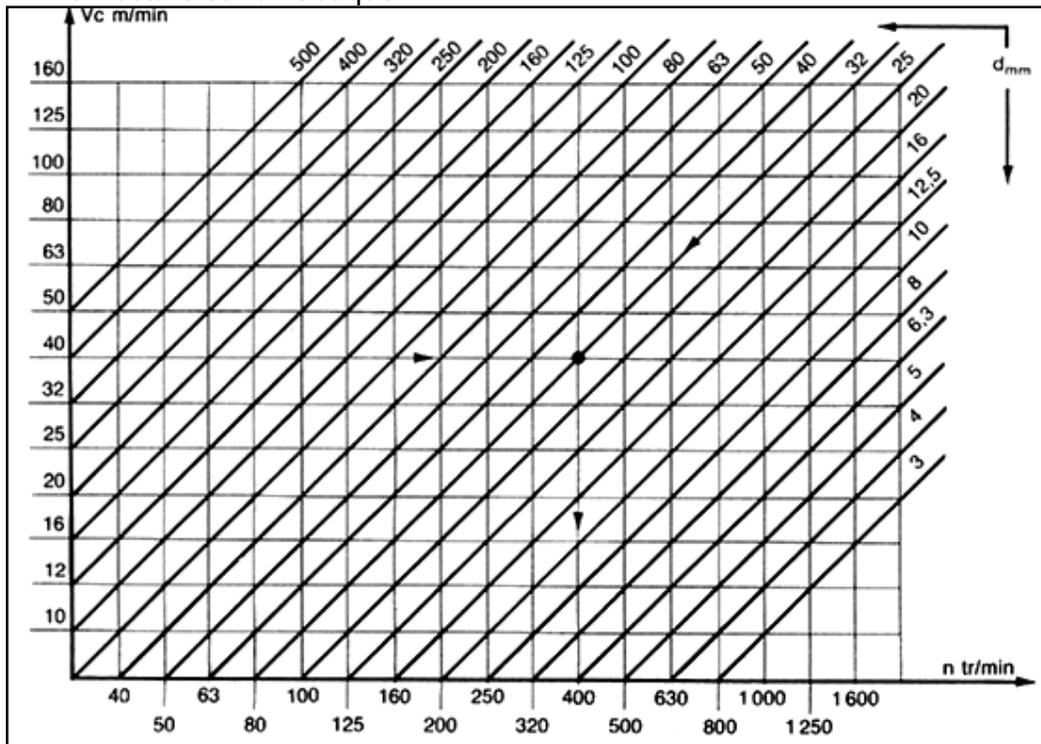
Profondeur de coupe en surfaçage ( $a_e$ ) et en fraisage d'épaulement ( $a_p$ )



Volume de métal enlevé par unité de temps

### 3.1 DÉTERMINER LES PARAMÈTRES DE COUPE

Par lecture sur un abaque



Pour  $d = 32\text{mm}$  ;  $V_c = 40\text{m/min}$ , on peut lire :  $n = 400 \text{ tr/min}$ .

Tableau des valeurs recommandées pour  $V_c$  et  $f_z$ .

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

Coefficients de correction à apporter à l'avance par dent  $f_z$  en ébauche

Fraise 1 taille à surfaçer : $K = 1$	Fraise 2 dents à rainurer : $K = 0,4$
Fraise 2 tailles à queue : $K = 0,4$	Fraise 3 tailles : $K = 0,4$
Fraise 2 tailles à trou : $K = 0,7$	Fraise à profil constant : $K = 0,4$

### Application

Calculons  $V_f$  pour une opération d'ébauche sur pièce en bronze avec une fraise 2 tailles queue  $\varnothing 32$ , en A.R.S, de  $Z = 5$  dents.

D'après le tableau, on trouve  $f_z = 0,1 \text{ mm}$  ; et  $V_c = 40 \text{ m/min}$ . Pour ébauche  $K = 0,4$ .

$$f_z = 0,1 \times 0,4 = 0,04 \text{ mm}$$

Sur l'abaque, on lit  $n = 400 \text{ tr/min}$ .

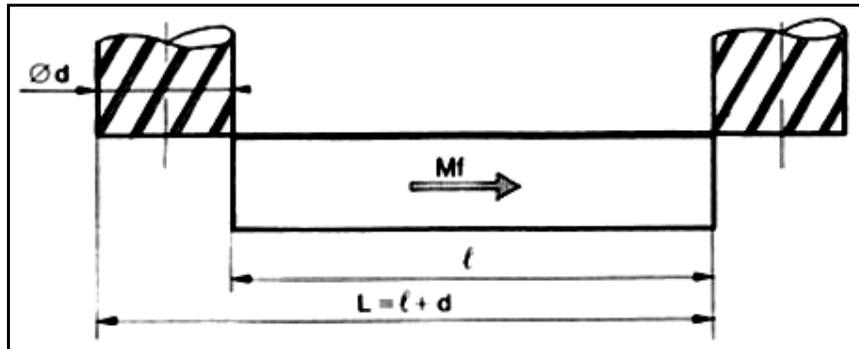
D'où :

$$V_f = f_z \times Z \times n = 0,04 \times 5 \times 400 = 80 \text{ mm/min.}$$

### PROFONDEUR DE PASSE

La profondeur de passe  $a_p$  dépend de la surépaisseur à usiner, ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition). Elle tend à diminuer les exigences dimensionnelles, géométriques et d'état de surface deviennent plus rigoureuses. Elle ne doit pas être cependant inférieure au copeau minimum. La valeur maximale de  $a_p$  est limitée par la rigidité de l'outil et la puissance de la machine.

**Temps de coupe :**



Si  $L$  représente la longueur de la passe en mm, le temps de coupe  $T_c$  correspondant pour l'effectuer est déterminé par la relation :

$$T_c = L / V_f$$

$T_c$  : temps de coupe en minutes.

$V_f$  : avance en mm/min de la pièce.

**Exemple :**

Calculer le temps de coupe pour une opération de surfacage sur une pièce en acier, avec une fraise 2 tailles à trous en ARS **diamètre 63 mm,  $z=8$  dents**. Longueur de la pièce  **$l=96$ mm**.

D'après le tableau, on trouve  **$f_z=0.1$ mm** ; et  **$V_c = 16$ m/min**.

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

$$n = 16 \times 1000 / 3.14 \times 63 = 80 \text{ tr/min}$$

$$\text{Donc } V_f = f_z \times Z \times n = 0.1 \times 8 \times 80 = 64 \text{ mm/min}$$

$$L = l + D = 96 + 63 = 159 \text{ mm}$$

$$\text{Temps de coupe } T = L / V_f = 159 / 64 = 2 \text{ min } 30 \text{ sec}$$

## Détermination expérimentale de la vitesse de coupe

### Les travaux de DENIS

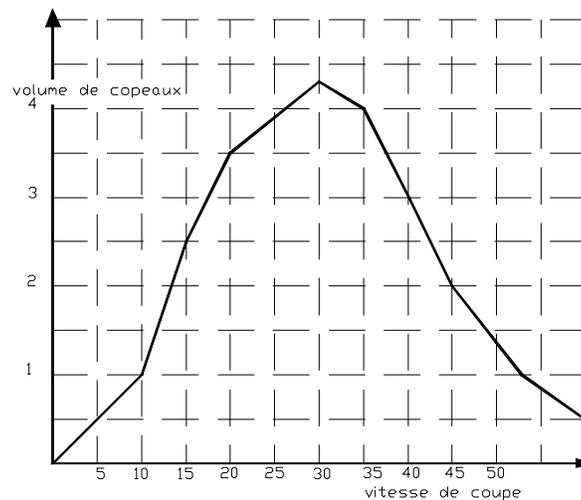
Ils s'appliquent au couple *matière - outil / volume de copeaux - vitesse de coupe*

On détermine la vitesse de coupe pour un couple par expérimentation.

Par exemple : outil à charioter ARS – acier C45 et par essais successifs on obtient :

N°	Vitesse de coupe	Volume de copeau
1	10	1
2	15	2,5
3	20	3,5
4	25	3,8
5	30	4,5
6	35	4
....		

### Représentation graphique de l'essai



Nous pouvons constater :

1. le volume de copeaux passe par un maximum

2. pour un volume de copeau donné il existe 2 vitesses de coupe

3. il existe 2 vitesses inutilisables

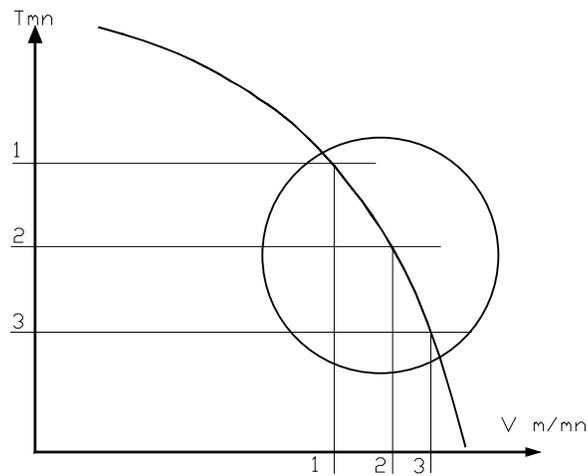
Dans notre exemple il ne faut pas utiliser les vitesses inférieures à 30 m/min. car elles ne sont pas ÉCONOMIQUEMENT intéressantes. **En effet pour un même résultat on met plus de temps.** Pour  $V^2=2$  ;  $Vc_1=12$   $Vc_2=45$  (presque 4 fois plus vite)

## Les travaux de TAYLOR

Ces travaux s'appliquent plutôt aux outils en métal dur (« carbures »)  
Et au couple *outil / temps*

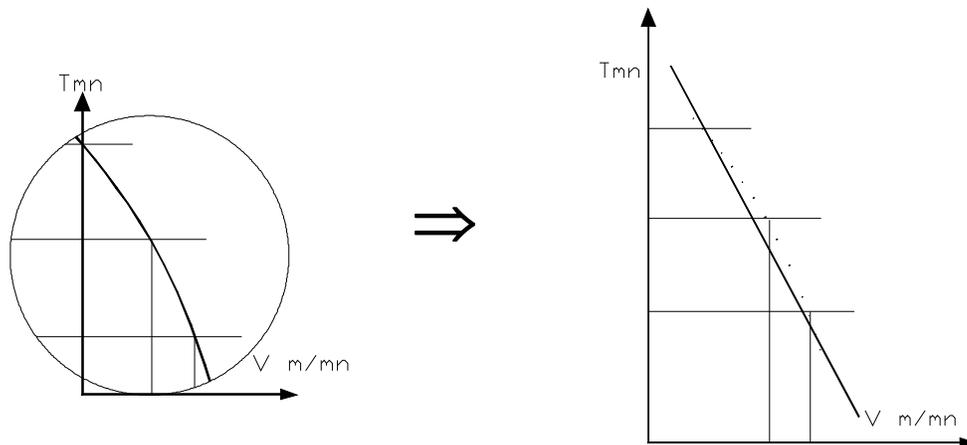
N°	Vitesse de coupe	Temps	
1	100	80	
2	140	20	
3	270	1	

La multiplication des essais donnera une courbe semblable.



En n'utilisant qu'une petite partie de la courbe (c'est à dire des vitesses relativement proches)

On peut « transformer » cette courbe en droite d'allure ( $f = ax + b$ ) utilisable pour une certaine gamme de vitesses.



Cette droite est appelée « Droite de TAYLOR »

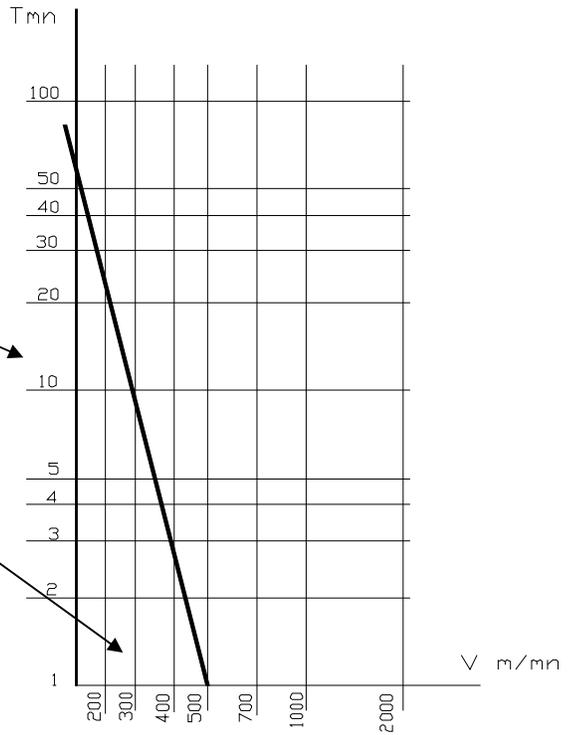
Elle permet de modifier :  
la vitesse en fonction du temps  
le temps en fonction de la vitesse

Elle permet d'avoir une action directement économique.

**Exemple pour acier C35 outil en carbure P10  
af=0.3 ap=2 Vb 0.2**

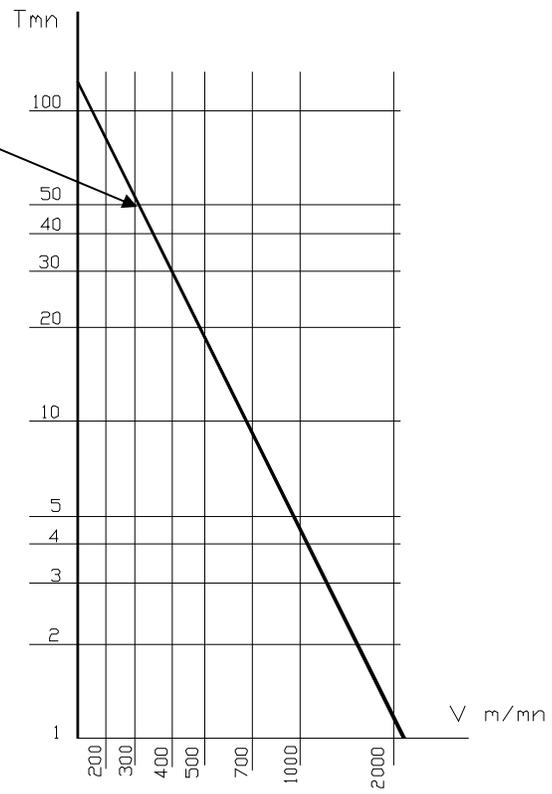
Temps de coupe 10 minute =  
vitesse 300 m/min

Vitesse 300 m/min, il faudra  
changer de plaquette toutes les  
10 minutes de coupe



Vitesse 300 m/mn  
Temps de coupe 50 mn

**Exemple pour EN AW 2017 outil en HSS af=0.3  
ap=2 Vb 0.2**



Ces « droites » nous permettent de prévoir le changement ou l'affûtage d'un outil.

### 3.2 Directions de fraisage

La fraise effectue un mouvement de rotation tandis que la pièce avance dans sa direction. La coupe est donc ainsi définie par les paramètres impliqués. Il existe deux manières de procéder, selon le sens de rotation de l'outil par rapport à la pièce. Cette différence joue un rôle fondamental et affecte le processus de fraisage sous divers aspects. La pièce peut avancer, selon le cas, dans le sens de la rotation ou dans le sens opposé, ce qui a tout spécialement son importance en début et en fin de coupe.

En **fraisage conventionnel**, ou **en opposition** la direction d'avance de la pièce est à l'opposé du sens de rotation de la fraise dans la zone de coupe. L'épaisseur des copeaux, nulle au départ, augmente jusqu'à la fin de la passe.

Dans le cas de **fraisage en avalant**, la direction d'avance est la même que le sens de rotation de la fraise. L'épaisseur de copeau va donc diminuer jusqu'à être égale à zéro en fin de passe.

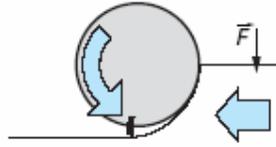
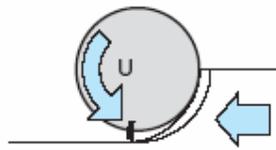
**Le fraisage conventionnel**, où l'usinage démarre avec une épaisseur de copeau nulle, engendre des forces de coupe élevées qui tendent à séparer la fraise de la pièce. La fraise doit être engagée à force dans la pièce, ce qui crée un effet de frottement ou de galetage accompagné d'un fort dégagement de chaleur et, souvent aussi, un contact avec une surface écaillée résultant de l'usinage précédent. **Les forces de coupe  $\vec{F}$  ont également tendance à soulever la pièce au-dessus de la table de la machine**, ce qui oblige donc à faire très attention à la tenue du montage.

Dans **le cas du fraisage en avalant**, la fraise démarre avec une forte épaisseur de copeau. Cela évite l'effet de galetage, avec réduction du dégagement de chaleur et de la tendance à l'écaillage. Cette forte épaisseur de copeau est un élément favorable et les forces de coupe tendent à presser la pièce contre la fraise, maintenant ainsi la plaquette dans le trait de coupe.

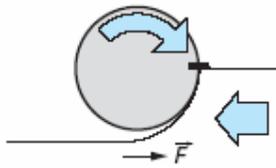
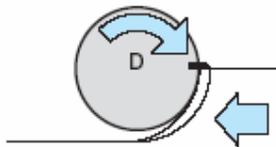
En cours de fraisage, il arrive parfois que des copeaux collent ou se soudent à l'arête de coupe, qu'ils accompagnent alors jusqu'à l'amorce de la passe suivante. **En fraisage conventionnel**, ces copeaux risquent d'être coincés entre la dent et la pièce avec, pour conséquence, une rupture de la dent. **En fraisage en avalant**, les mêmes copeaux sont, par contre, cisailés en deux et n'endommagent pas l'arête de coupe.

**Le fraisage en avalant** impose toutefois certaines servitudes du fait que les forces de coupe tendent à exercer une traction sur la fraise tout en pressant simultanément la pièce contre la table. Cela oblige la machine à éliminer le jeu au niveau de l'avance de table.

Si l'outil est tiré à l'intérieur de la pièce, on a une augmentation non voulue de l'avance, ce qui peut conduire à une épaisseur de copeau excessive et à une rupture d'arête. Dans une telle situation, il faut recourir au fraisage conventionnel, de même qu'en présence de fortes variations de la surépaisseur d'usinage. Il faut alors veiller à ce que la pièce soit maintenue correctement et adapter la dimension de la fraise à la nature du travail exécuté. La direction des forces de coupe est toutefois plus favorable à l'apparition de vibrations. Les forces de coupe pour un certain taux d'avance sont plus élevées en fraisage en avalant, mais la longueur de coupe est, par contre, plus courte. **Le fraisage conventionnel** est plus avantageux pour sa part pour certaines opérations de finition.

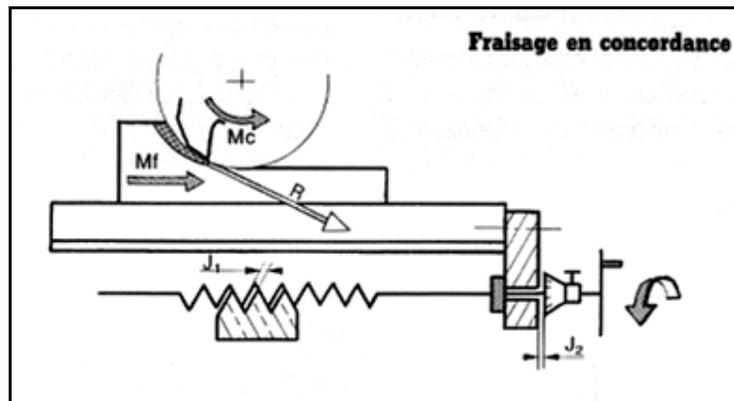
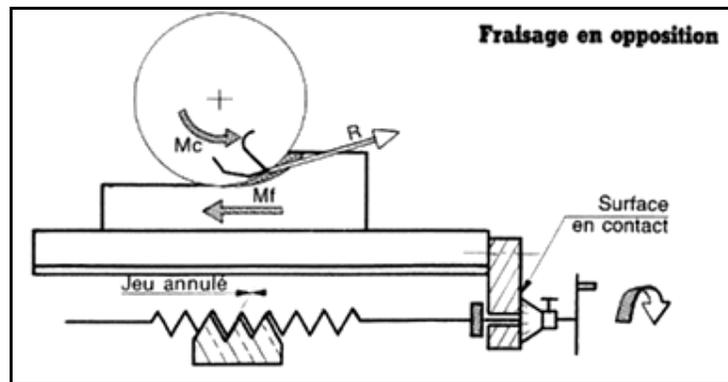


Ⓐ fraisage conventionnel



Ⓑ fraisage en avalant

$\bar{F}$  force de coupe qu'exerce la pièce sur l'outil



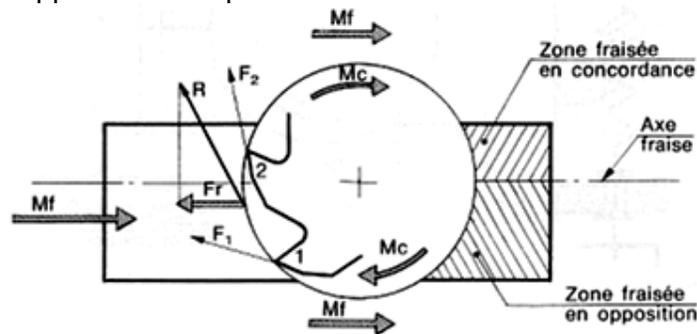
**Dans le fraisage en concordance** la résultante  $R$  des efforts de coupe est dirigée dans le même sens que le  $Mf$ . Elle tend à faire plaquer la pièce sur la table, mais également à entraîner celle-ci en raison des jeux fonctionnels du système vis-écrou. Ce procédé ne peut être utilisé que sur des fraiseuses spéciales, munies d'un dispositif de compensation des jeux du système vis - écrou, afin d'éviter que la table ne se déplace par à-coups.

### Dans le fraisage en bout

La zone fraisée est simultanément en opposition et en concordance; il convient cependant de désaxer légèrement la pièce, par rapport à l'axe la fraise, dans le but d'obtenir :

- Une zone fraisée en opposition plus large que la zone fraisée en concordance.
- Une composante axiale  $F_r$  de la résultante des efforts de coupe de sens opposé au déplacement de la pièce.

Terminer le réglage de façon à ce que les flancs des filets de la vis et de l'écrou soient en contact, afin qu'ils s'opposent au déplacement du chariot.



### 3.3 ABLOQUER LES PIÈCES EN FRAISAGE

#### OBJECTIFS D'ABLOCAGES

Les opérations successives d'usinage nécessitent :

- **La mise en position** de la surface usinée par rapport au référentiel machine Ox,Oy, Oz.
- **L'immobilisation** de la pièce en cours d'usinage.
- **L'absence de déformation** au moment de l'ablocage, en cours de travail et après démontage.

#### a) LA MISE EN POSITION.

Donc l'objectif d'ablocages est d'éliminer les six degrés de liberté par des **appuis**.

Placer les pièces dans le référentiel orthonormé de la machine et procéder à l'élimination des degrés de libertés par des appuis qui devront être matérialisés par des dispositifs de mise en position.

- **PIÈCES PRISMATIQUES**

Elles peuvent être situées par exemple sur la table de la machine par six points d'appui (fig. 5) :

Trois points par l'appui plan de la table

Deux points par l'appui linéaire de deux butées fixes ajustées dans une rainure.

Un point par l'appui d'une butée fixe.

- **PIÈCES CYLINDRIQUES**

Elles seront situées, en général, par cinq points d'appui :

- Quatre points pour le centrage long, utilisation de deux vés courts alignés,
- Un point pour l'appui ponctuel, utilisation d'une butée fixe (fig. 6).

#### b) L'IMMOBILISATION : principes (fig. 7)

Immobiliser la pièce : conserver la précision de la mise en position.

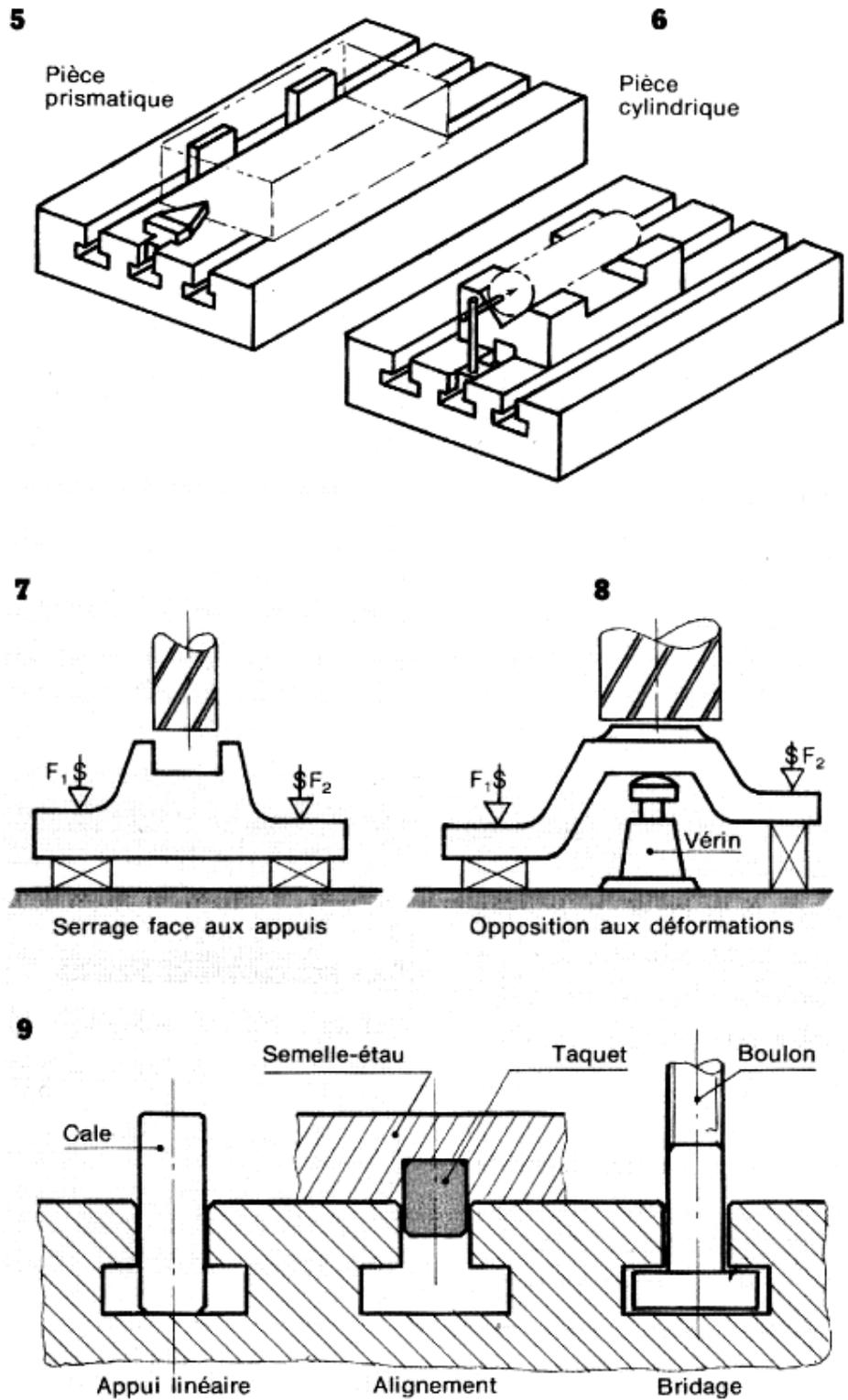
#### c) Éviter les déformations (ablocage, efforts de coupe).

- Appliquer les efforts de serrage en face des appuis dans une direction normale par rapport à la surface de contact, sauf dans le serrage par clames.

Des appuis secondaires ou vérins (fig. 8) permettent d'éviter les phénomènes de vibrations et de déformations.

Le système adopté doit permettre :

Le montage et le démontage rapide de la pièce, le passage de l'outil, le contrôle en cours d'usinage. Les actions de serrage peuvent être verticales (brides, plateaux magnétiques), horizontales (brides, étaux), obliques (clames, montages d'usinage).



**1. Ablocage sur table** (fig. 9)

La table de la fraiseuse constitue la première référence de mise en place de tous les systèmes porte pièces. Elle comporte des rainures en T, calibrées qui permettent :

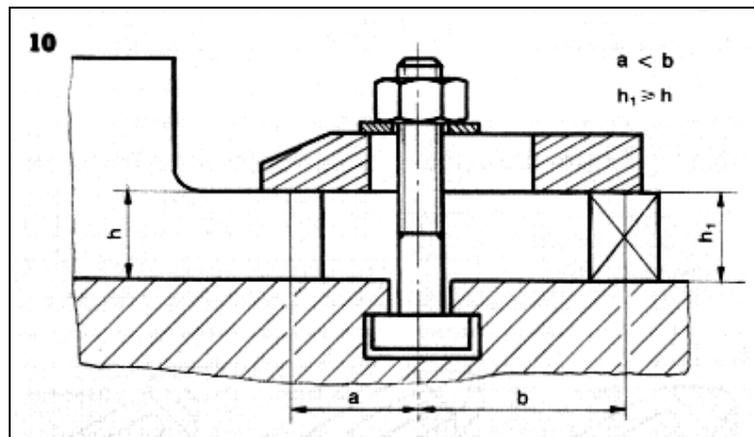
- D'ajuster des cales qui serviront d'appuis linéaires

- De recevoir des taquets d'alignement montés sur certains porte- pièces.
- De placer les boulons à têtes rectangulaires utilisés pour le bridage.

## 2. Conditions d'utilisation d'une bride (fig. 10)

Pour obtenir un serrage efficace par bridage, il faut :

- utiliser une bride traitée, de forme et dimension adaptées
- Placer le boulon le plus près possible de la pièce (cote a)
- Choisir et régler la cale d'appui légèrement plus haute (cotes h et  $h_1$ )
- Interposer toujours une rondelle entre l'écrou et la bride. Il est souhaitable que l'extrémité du boulon ne dépasse pas trop la bride.
- Placer, si nécessaire, une protection en métal tendre entre la bride et la pièce.



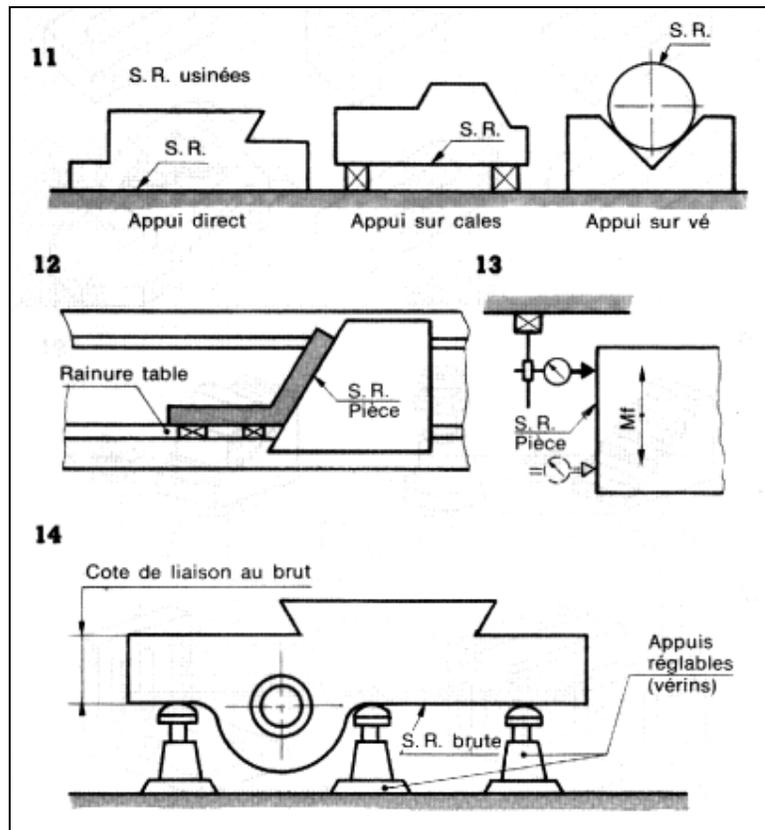
## 3. Nature des appuis

Pièce comportant une **SR (surface de référence)** usinée (fig. 11)

L'appui peut se faire directement sur la table, ou sur des cales prismatiques rectifiées, ou sur des cales en forme de vé (pièces cylindriques), ou cales spéciales. Si on veut dégauchir la pièce par rapport au C.L., soit on utilise les cales de rainure (fig.5) ou une équerre (fig.12), soit on vérifie avec un comparateur (fig.13).

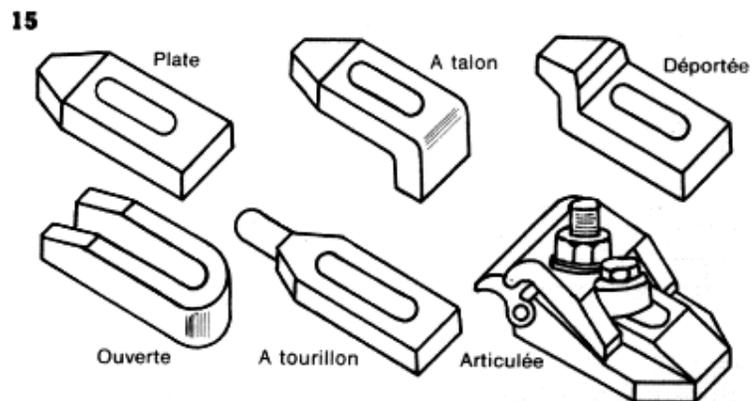
- Pièce brute

La mise en position de la **SR** (liaison au brut) doit se faire sur des appuis dont l'un au moins est réglable (vérins, butées à borne). La nature du contact pièce-appui sera presque toujours ponctuelle (fig. 14). Le dégauchissage de la surface à usiner est souvent à réaliser.



### 3.4 Accessoires de serrage

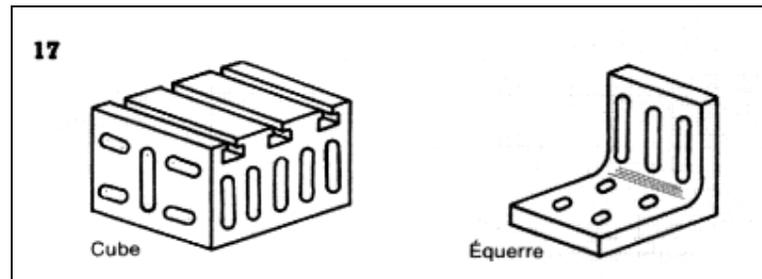
Pour les opérations de bridage, on utilise des boulons traités, à têtes rectangulaires de différentes longueurs. Les brides sont de formes et dimensions variées (fig. 15). Les supports peuvent être des cales prismatiques, étagées ou des venus (fig. 16).



### 3.5 Accessoires de montage : (fig 17)

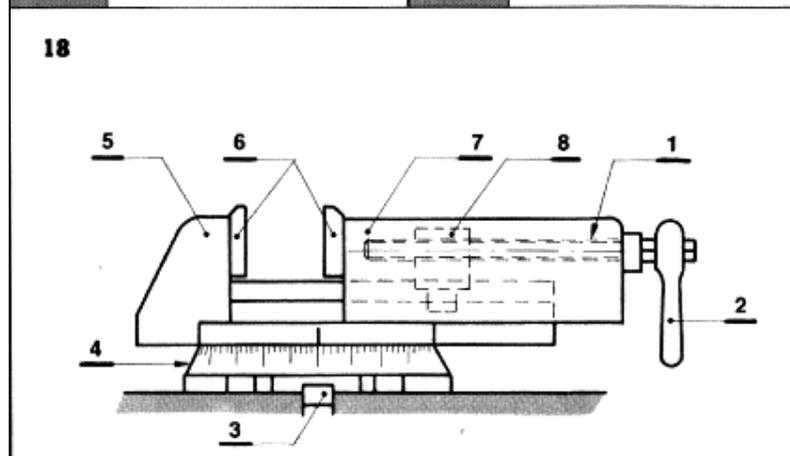
Certains usinages nécessitent l'emploi d'éléments de montage tels que :

- Table-sinus pour des liaisons angulaires précises.
- Cube ou équerre de bridage (changement de position sans démontage de la pièce)
- Fausse table pour pièces encombrantes ou orientation d'un diviseur



#### 1. L'Étau (fig. 18)

1	Vis	5	Mors fixe
2	Manivelle	6	Mors rapportés
3	Taquet	7	Mors mobile
4	Base pivotante	8	Écrou



Ce porte-pièce est très utilisé pour l'ablocage en fraisage. Le serrage peut être assuré de façon mécanique (vis, came), par action hydraulique ou pneumatique.

La mise en position précise, sur la table, est assurée par deux taquets rectifiés. Le réglage de l'alignement, par rapport au déplacement du C L, peut se faire de deux façons :

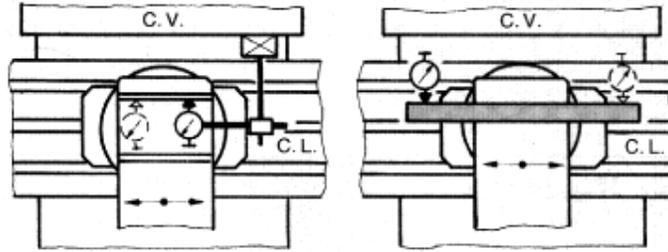
Par goupille de position ou par un comparateur (fig. 19).

Sur certains modèles, la base pivotante, graduée en degrés, permet d'orienter l'étau de l'angle  $\alpha$  désiré. Le repérage se fait par lecture directe des graduations ou de manière plus précise ( $\alpha \pm 5'$  par exemple) par un réglage au comparateur).

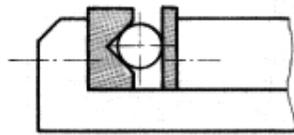
L'utilisation de mors spéciaux permet l'immobilisation de pièces cylindriques position axe horizontal (fig. 20), ou vertical (fig. 21), l'immobilisation de pièces minces (fig. 22) et le fraisage de surfaces obliques (fig. 23).

19

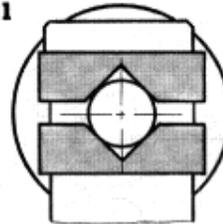
Réglage de l'étai



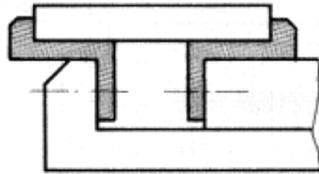
20



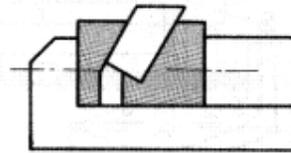
21



22



23



## TRAVAUX PRATIQUES (Réglage de l'étau)

N°	PHASES	SCHEMAS	MATERIELS	
			Outils	Contrôle
	<p>La manipulation consiste à régler le mors fixe de l'étau parallèle au mouvement d'avance choisi (longitudinal ou transversal). Poser l'étau sans choc sur la table de la machine en ayant soin de s'assurer de la propreté des surfaces en contact (table de la fraiseuse et semelle de l'étau).</p> <p>Engager les 2 lardons de dégauchissage fixés à l'étau dans la rainure de la table (fig. 1). Brider l'étau avec les deux éléments prévus (té, tige filetée, rondelle et écrou). Par la base tournante débloquée, orienter le mors fixe parallèle au mouvement d'avance choisi à la graduation 0 ou 90°. Serrer modérément.</p> <p>Méthode avec cale rectifiée (fig. 1) Fixer la cale dans l'étau dépassant de 15 à 20 mm. Monter un comparateur fixé par un support magnétique sur un point fixe de la machine, le palpeur du côté du mors fixe.</p> <p>Méthode sans cale (fig. 2) Régler le comparateur à une hauteur convenable (5 mm par exemple), le palpeur contre le mors fixe. Dans les deux cas Placer le comparateur à 10 mm de l'extrémité du mors ou de la cale en A. Déplacer la table par un</p>		<p>Étau</p> <p>Clés de service</p> <p>Éléments de bridage</p>	<p>Comparateur à cadran</p> <p>Cale rectifiée</p>
			Maillet	

mouvement perpendiculaire au mors fixe de l'étau pour obtenir un déplacement de l'aiguille du comparateur de un tour environ (1 mm).

Régler le cadran au zéro.

Déplacer la table en B (10 mm de l'autre bord).

Lire le défaut sur le cadran du comparateur (par excès ou par défaut) ici 20 graduations.

Faire la moyenne des défauts extrêmes  $20 : 2 = 10$ .

Par petits coups de maillet plastique, frapper légèrement l'étau (fig. 3) jusqu'à ce que l'aiguille du comparateur indique le défaut moyen (fig. 4).

Revenir en A.

Si l'aiguille du comparateur dévie, recommencer l'opération.

Si l'aiguille du comparateur ne dévie pas bloquer progressivement les deux ou trois écrous.

Vérifier après blocage.

Réglage à l'aide des graduations  
Contrôler la position angulaire de l'étau à l'aide des graduations.

Régler la position s'il y a lieu après avoir desserré légèrement les écrous E1 et E2.

Réglage avec comparateur

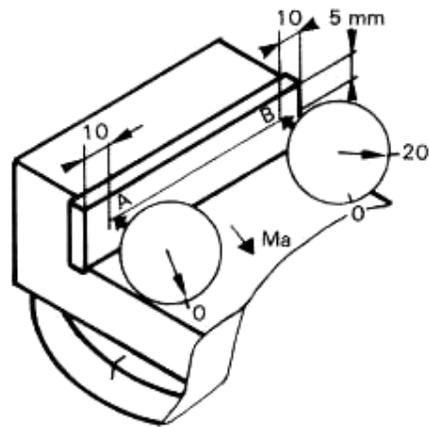
Monter le comparateur et son support magnétique sur la glissière verticale suivant la figure 1.

Amener la touche du comparateur en contact avec le mors fixe de l'étau en A.

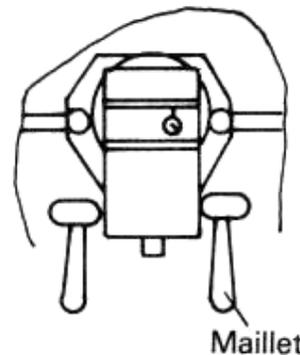
Déplacer l'aiguille d'environ 0,5 mm à l'aide du « transversal ».

Déplacer la table de A en B à l'aide du

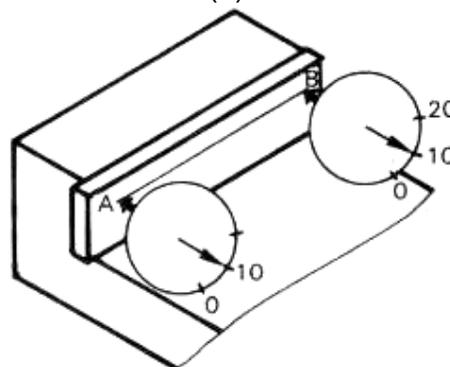
« longitudinal ».



(2)



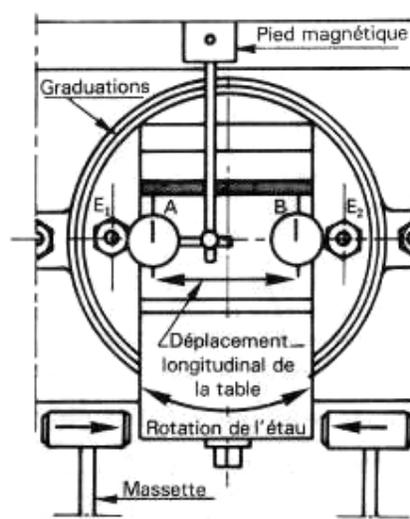
(3)



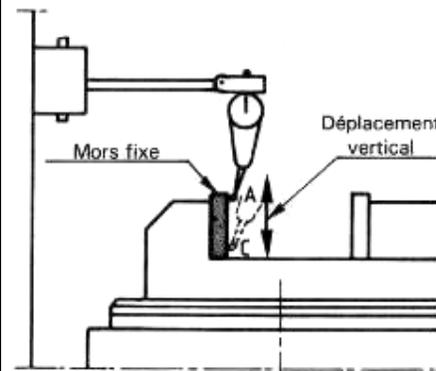
(4)

Comparateur à cadran

Lire la différence entre A et B.  
 Faire pivoter l'étau la touche du comparateur étant en B de la différence enregistrée divisée par deux, à l'aide d'une massette en matériau tendre.  
 Serrer les écrous E1 et E2.  
 Vérifier les résultats et recommencer l'opération s'il y a lieu.  
 Contrôle vertical (fig. 2)  
 Amener la touche du comparateur en A. Déplacer le comparateur de A en C.  
 Deux cas :  
 Le défaut enregistré est compatible avec la précision du travail à réaliser.  
 Le défaut enregistré est trop important. Il faut alors :  
 Démontez l'étau pour nettoyer les surfaces en contact étau/table.  
 Vérifier s'il n'y a pas de bavures.  
 Remonter l'étau.  
 Contrôler à nouveau et peut-être « rectifier le mors fixe » si le défaut persiste.



①



②

Comparateur à cadran

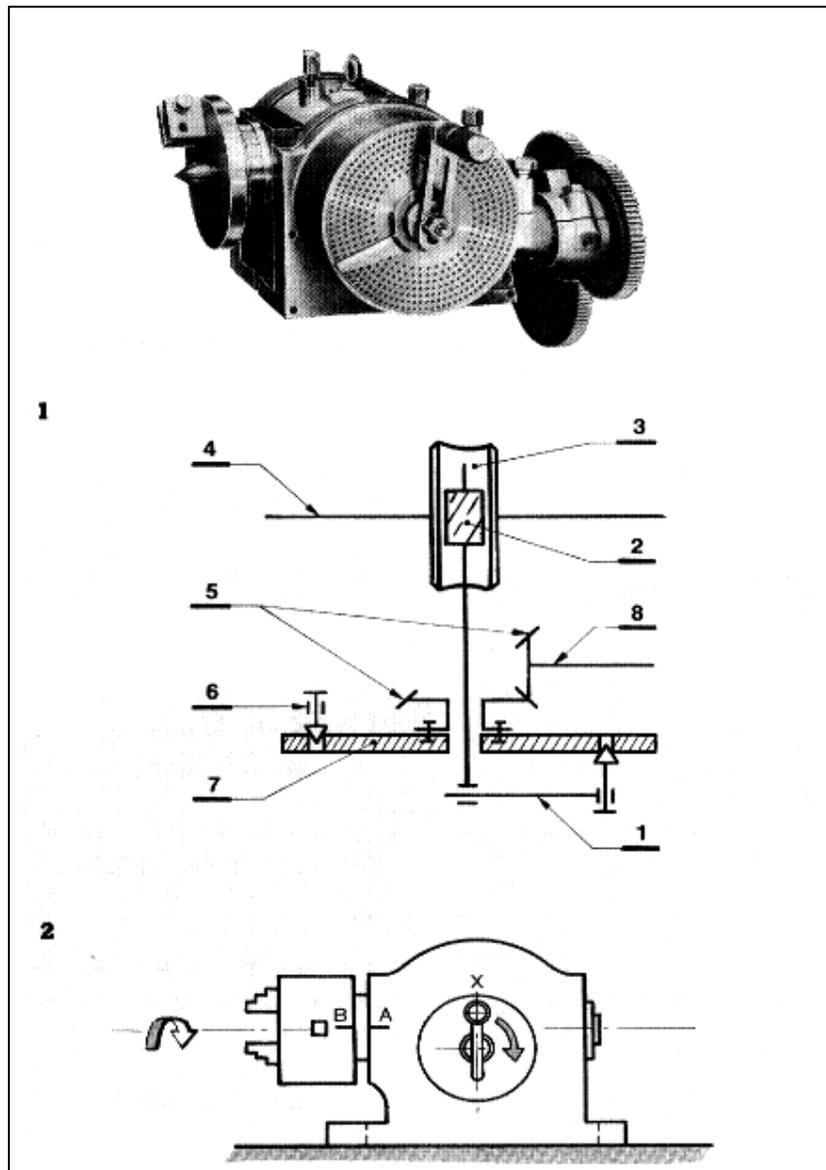
## 2. PLATEAU MAGNÉTIQUE

Cet appareil permet d'immobiliser des pièces magnétiques en libérant totalement la surface à usiner. On peut utiliser des accessoires tels que : plateau sinus magnétique, vé magnétique, blocs répartiteurs.

L'emploi de cales permet de s'opposer aux efforts de coupe et d'avance.

Cette technique d'ablocage exige que la **SR** de contact de la pièce avec le plateau soit usinée. Sur les plateaux de conception récente, l'attraction est alors assez importante pour permettre de réaliser des travaux d'ébauche.

### 3. DIVISEUR

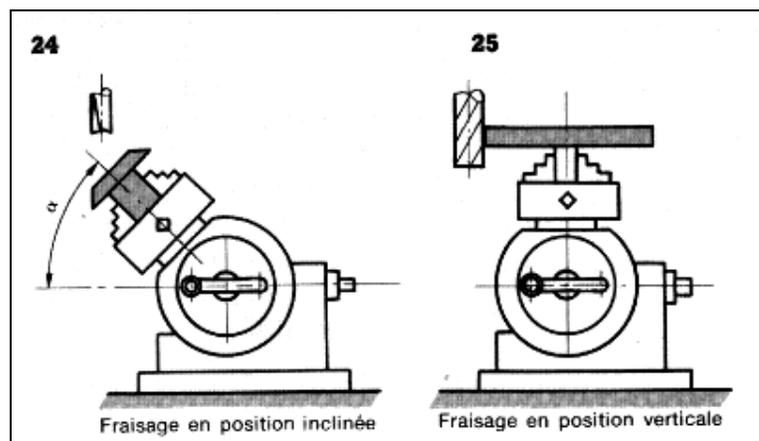


1	Manivelle pointeau	5	Couple conique ( $r = 1$ )
2	Vis sans fin	6	Verrou d'immobilisation du plateau
3	Roue creuse	7	Plateau à trous
4	Broche	8	Arbre du couple conique

Le diviseur de fraisage est un appareil composé de la poupée-diviseur et d'une contre-pointe. Il permet l'ablocage dans une position déterminée, avec possibilité d'évolutions angulaires.

L'orientation de la broche permet le fraisage en position axe horizontal, axe incliné angle  $\alpha^\circ$  (fig. 24), axe vertical (fig. 25). Les positions, horizontale et verticale, peuvent être repérées par une goupille de position ou par réglage au comparateur.

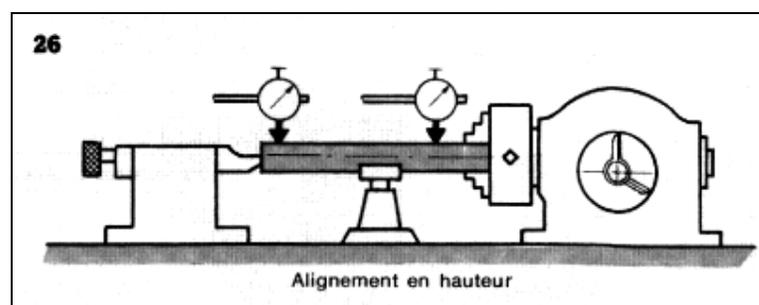
La broche comporte, d'une part, un nez fileté pour le montage d'un plateau pousse-toc, d'un plateau à trous, d'un mandrin trois mors (durs ou doux); d'autre part un alésage conique qui peut recevoir une pointe ou un mandrin à pince.



La contre-pointe, réglable en hauteur, reçoit une pointe légèrement dégagée au-dessus de son nez pour faciliter le passage de l'outil au cours de certains travaux.

L'alignement broche/contre pointe est obtenu par la mise en place de taquets, sous la semelle du diviseur et de la contre-pointe, ceux-ci étant engagés dans une rainure de la table.

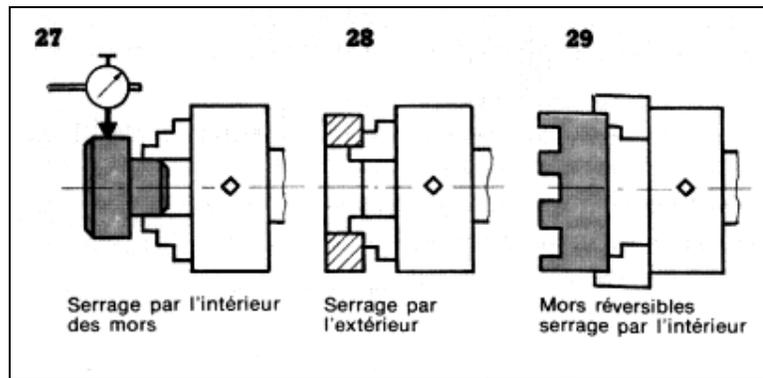
L'alignement en hauteur est obtenu par un réglage de la contre pointe on utilise un cylindre-étalon et un comparateur (fig. 26) ; on vérifie également la coaxialité.



## MONTAGES DE PIÈCES EN DIVISEUR

### Montage en l'air

Utilisation du mandrin trois mors pour pièce, dont la longueur n'excède pas trois fois le diamètre. Le réglage difficile, de la coaxialité avec un comparateur s'impose avec ce porte pièce (fig. 27). On peut distinguer trois cas : serrage par l'intérieur des mors (fig. 27), par l'extérieur (fig. 28), par l'intérieur des mors réversibles (fig. 29). Il faut souvent assurer la protection de la surface serrée par interposition de feuillard (acier, laiton, aluminium) ou de papier. Ces protections peuvent également servir au réglage de la coaxialité. L'obtention de celle-ci par choc au moyen d'une massette plastique est possible, mais nécessite une grande habileté de la part de l'opérateur. Il faut également régler le battement (voile) pour les pièces de grand diamètre et de faible épaisseur.

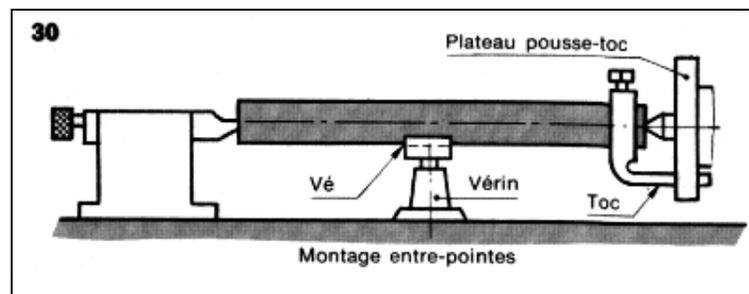


### Montage mixte

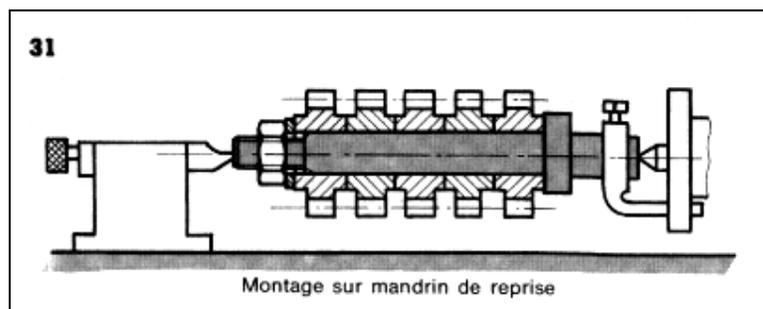
Après vérification de l'alignement broche/contre-pointe, la pièce est bloquée côté diviseur et soutenue par la pointe coté contre-pointe. Contrôler également la coaxialité. Pour effectuer une évolution angulaire, il est nécessaire de desserrer légèrement la contre-pointe.

### Montage entre-pointes

La pièce comporte un centre à chaque extrémité. Un toc, immobilisé en rotation par le plateau pousse-toc, solidaire de la broche, assure le serrage sans excès de la pièce (protection). Pour le montage de pièce longue, un support réglable en hauteur, dont la partie supérieure a la forme d'un vé, permet de s'opposer aux flexions dues aux efforts de coupe (fig. 30).

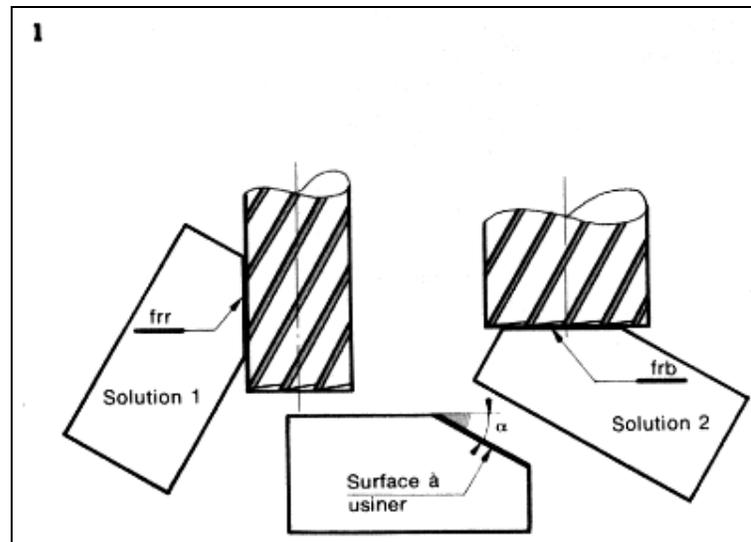


### Montage sur mandrin de reprise (fig. 31)

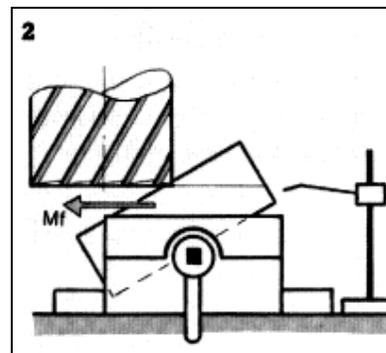


### 3.6 Montages pour fraiser des faces obliques :

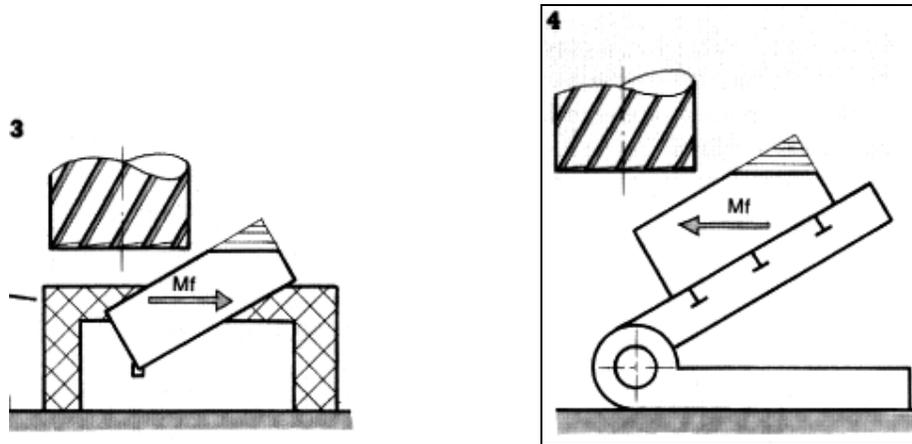
#### 1. Inclinaison de la pièce



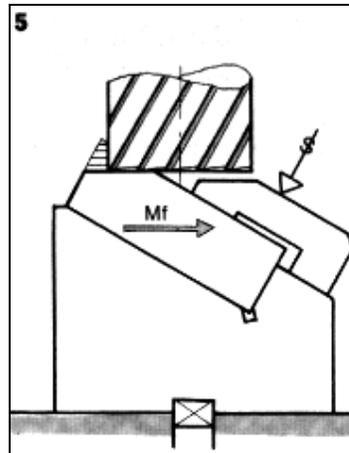
Pour un travail unitaire d'après un tracé (peu précis) (fig. 2)



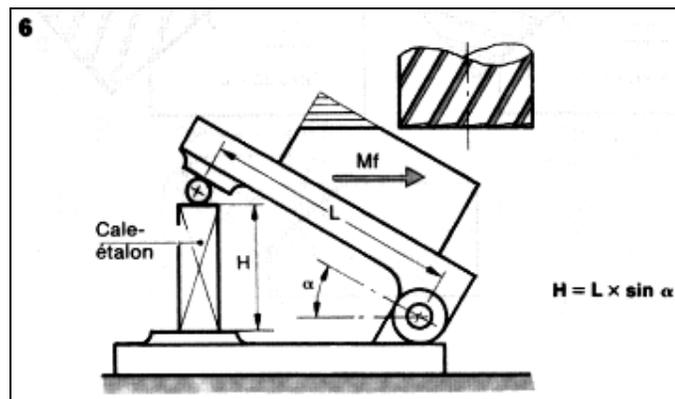
Pour une petite série sur cale pentée (fig. 3) ou fausse équerre (fig. 4).



Pour une grande série sur montage (fig. 5).



• Pour une inclinaison précise montage sur barre sinus (fig. 6).



## 2. Orientation de la pièce (fig.7)

Amener la surface à usiner parallèle aux déplacements des chaudières en utilisant le travail d'enveloppe

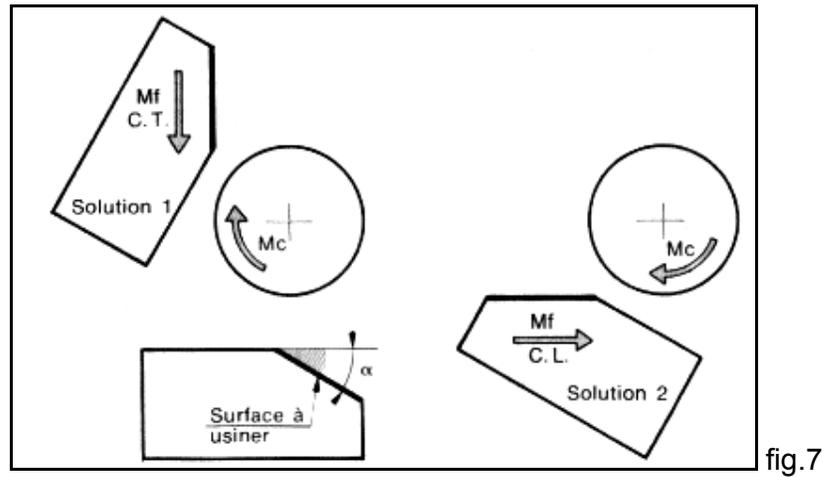


fig.7

Pour pièce de petite dimensions par orientation de la semelle de l'étau graduée en degrés (fig. 8)

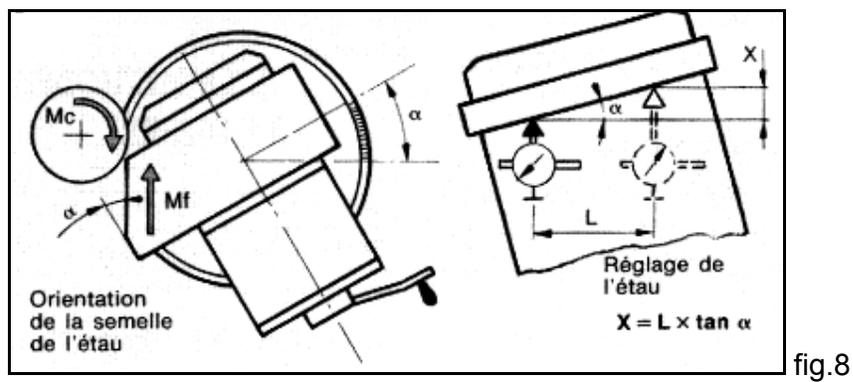


fig.8

Pour pièce de grande dimension par bridage sur table (fig. 9). La pièce est orientée suivant un tracé ou à l'aide d'un rapporteur d'angle.

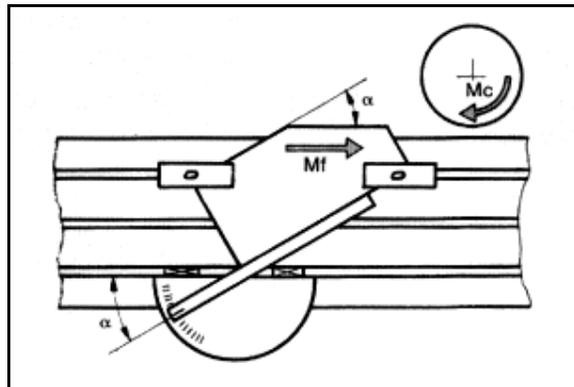


fig.9

Pour pièce de forme polygonale sur plateau circulaire (fig. 10).

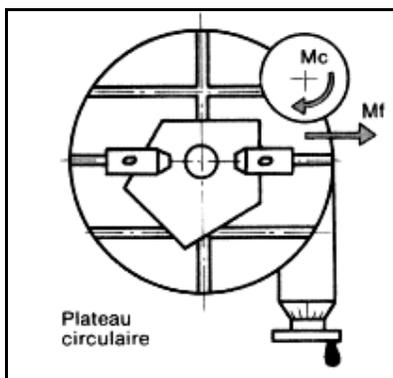


fig.10

Pour pièce de révolution : par l'utilisation d'un diviseur (fig. 11).

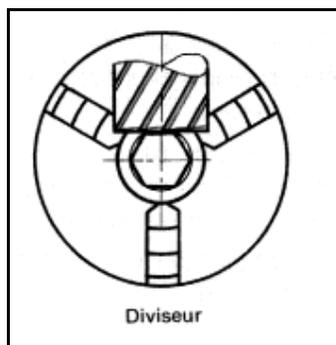
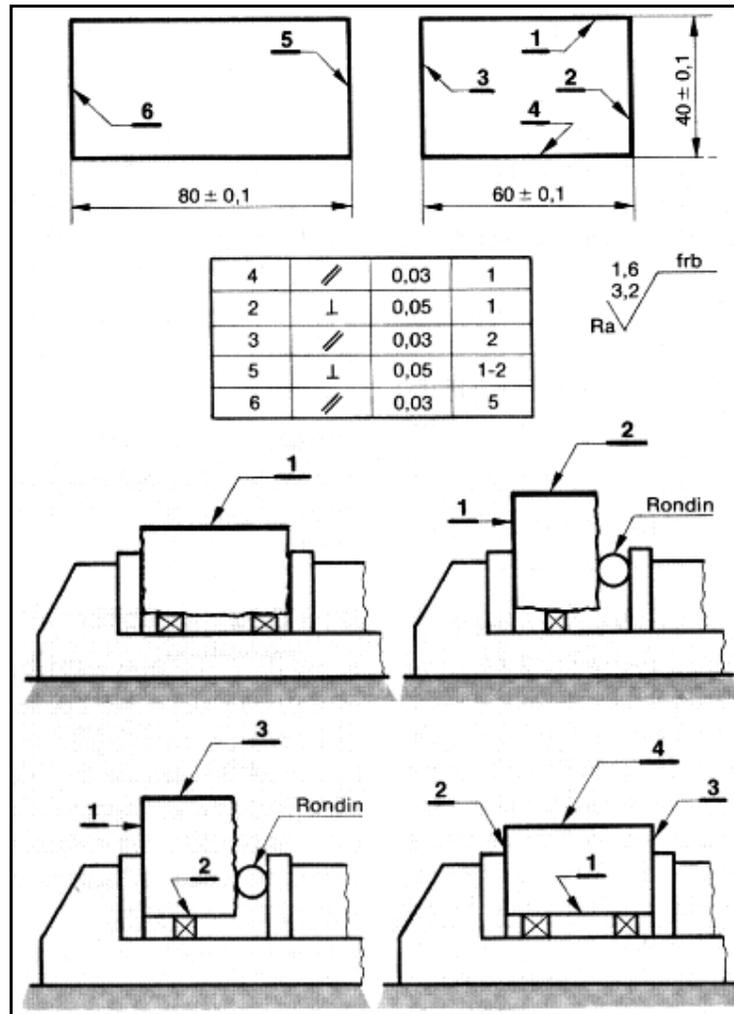
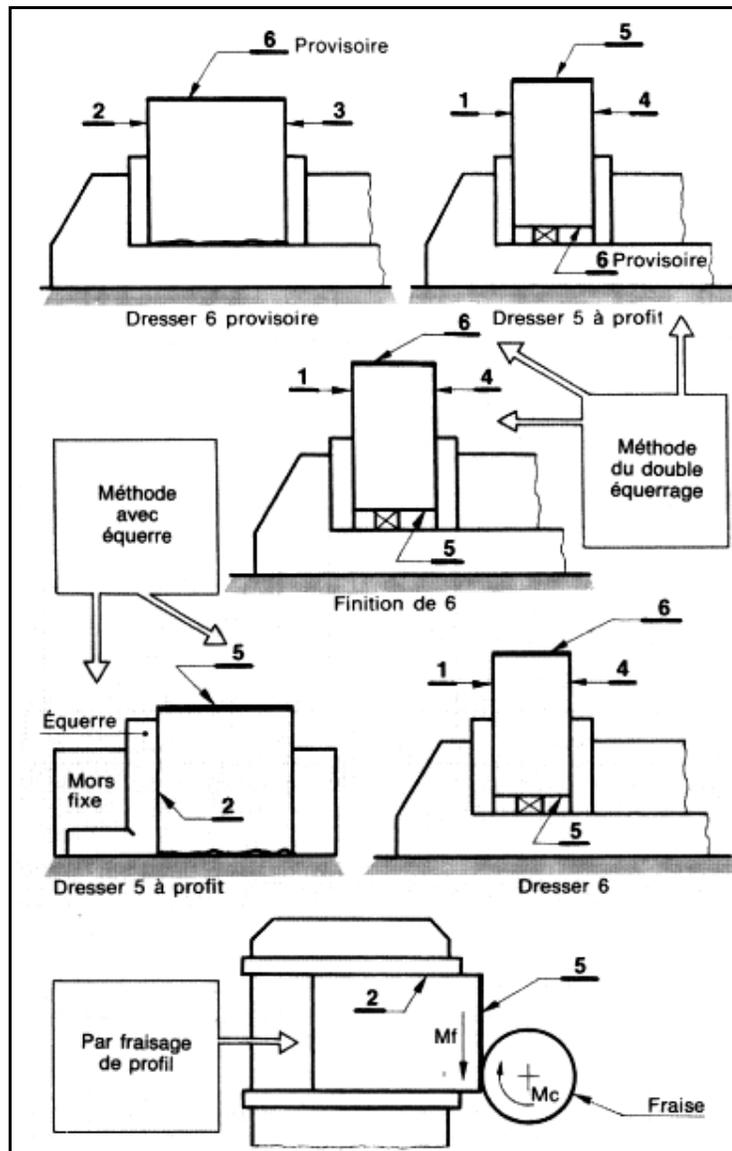


fig.11

### 3.7 Montage pour réaliser un parallélépipède :





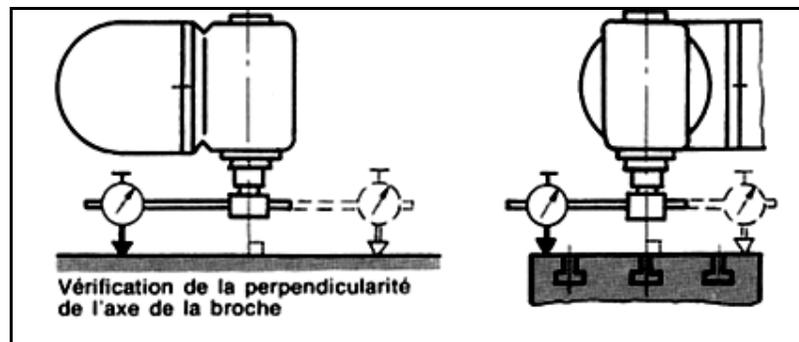
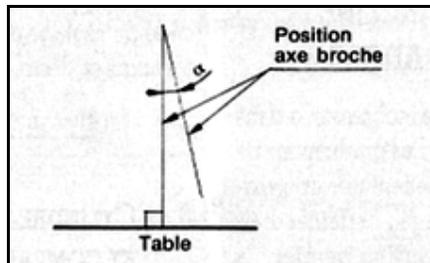
### 3.8 ORIENTER LA BROCHE

Il s'agit de situer l'axe de la broche dans une position angulaire précise par rapport au référentiel machine (fig. 1). La précision du réglage dépend de la méthode choisie.

#### 1. AXE VERTICAL

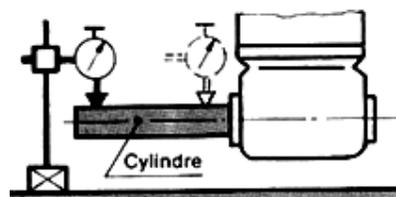
Cette position est souvent définie chez le constructeur, par la mise en place d'une goupille amovible que l'on enlève pour faire pivoter la tête d'un angle  $\alpha$ .

La remise en place nécessite de veiller à la propreté de la goupille et des alésages correspondants. Au cours du contrôle géométrique de la machine, on vérifie l'exactitude de la perpendicularité de l'axe de la broche suivant deux directions perpendiculaires.



#### 2. AXE HORIZONTAL

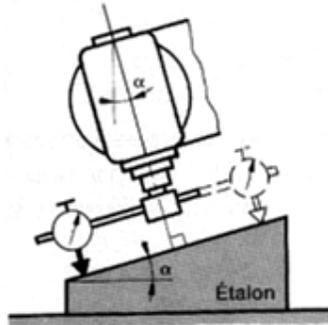
Lorsqu'il s'agit de la position horizontale pour une tête à double inclinaison, même remarque qu'au vertical. La vérification s'opère telle qu'à la figure ci-dessous si la position n'est pas repérée par une goupille. S'il s'agit de la position en sortie directe (tête enlevée) ou du montage avec étrier, la position horizontale est définie par la qualité de construction de la machine.



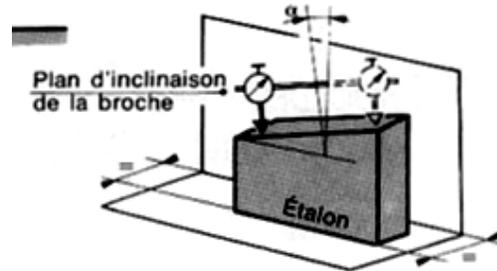
### 3. AXE INCLINÉ D'UN ANGLE $\alpha$

Considérons une inclinaison  $\alpha$  dans le plan vertical. Les graduations de la coulisse permettent une approximation du réglage; certaines fraiseuses comportant un vernier, la précision peut atteindre  $\pm 10'$ . Dans certains cas, il faut améliorer la précision en utilisant diverses méthodes de réglage.

#### a) Calibre étalon



a



b

- Placer l'étalon dans un plan parallèle à celui de la rotation (fig. b), la face d'appui du calibre étant en contact avec la table (C.L.) ou avec le fond de l'étau.

Enlever la goupille, débloquer la tête, incliner de  $\alpha$  en se servant des graduations, monter le comparateur dans la broche.

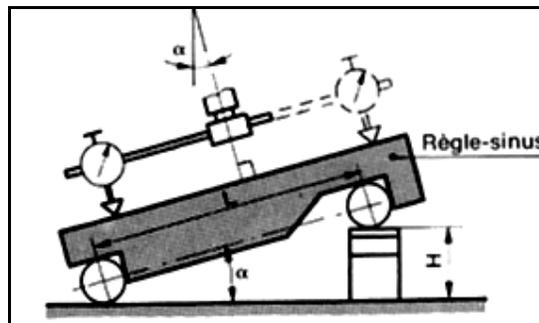
Par rotation de  $180^\circ$  de celle-ci (débrayée) et en agissant sur la tête, régler la position par lecture du comparateur, l'aiguille revenant au même repère.

Bloquer la tête et vérifier.

#### b) Règle sinus

Le mode opératoire est le même, il est seulement précédé du réglage de l'appareil sinus à l'angle  $\alpha$  désiré :

$$H = L \times \sin \alpha$$



#### c) Cylindre étalon et comparateur

Après approximation de l'inclinaison, monter dans la broche un cylindre étalon. Avec la touche d'un comparateur fixé sur la table (C.L.), déplacer le C.V. d'une distance  $L$  en suivant la génératrice.

- La variation de l'aiguille doit satisfaire la relation

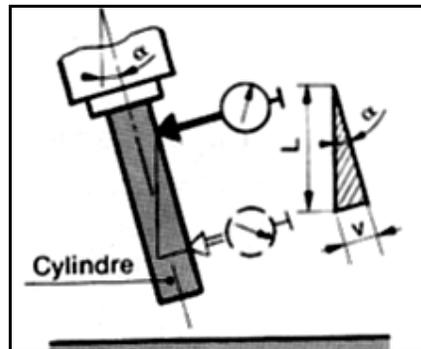
$$v = L \times \sin \alpha, \text{ et } L = v / \sin \alpha$$

Il faut veiller à ce que  $v$  ne dépasse pas la capacité du comparateur. Choisir si possible  $L$  entier et multiple de 10.

### Remarque

- La précision de la mise en position de l'angle  $\alpha$  de la broche, dépend du degré de justesse des accessoires utilisés :

Angle  $\alpha$  étalon, réglage  $H$  de la barre- sinus, de la cylindricité de l'étalon, ainsi que de la rectitude de la génératrice et de la qualité du comparateur. Il faut donc s'efforcer d'opérer le plus soigneusement possible pour réduire teneur sur  $\alpha$  à obtenir.



### 3.9 MONTAGE DE LA LUNETTE

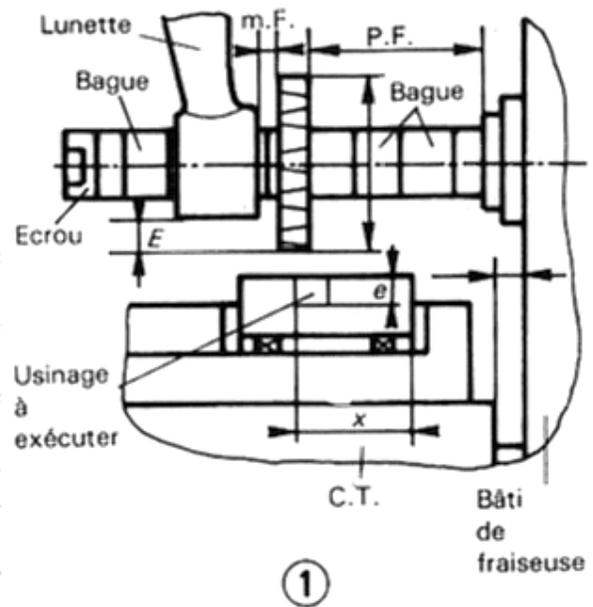
- Avancer le bras support, après avoir desserré les vis de blocage.
- Déposer la lunette, après avoir desserré les vis de fixation.
- Engager le mandrin par son bout conique dans l'alésage de la broche.
- Bloquer le mandrin par la tirette.
- Poser sur le mandrin les bagues entretoises choisies et la fraise.
- Observer le choix judicieux du sens de rotation de la broche.
- Serré la vis de fixation.



## Travaux pratiques : RAINURAGE EN LUNETTE

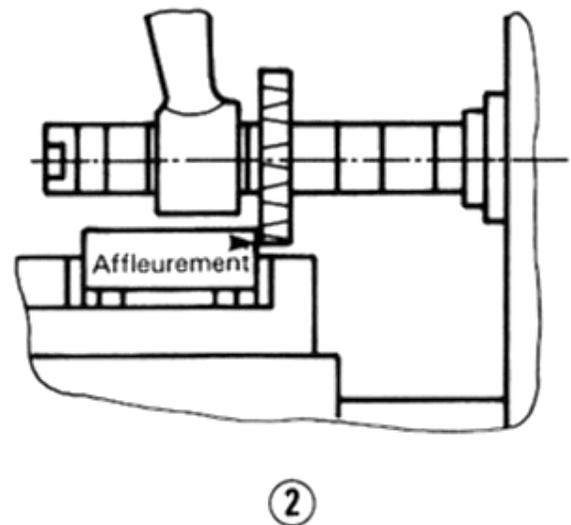
### Montage de la fraise

- Montage de la fraise sur arbre porte-fraise (arbre long) cône S.A.40
- Pièce serrée dans l'étau, l'emplacement de l'usinage est délimité par un tracé (fig. 1).
- Placer le C.T. le plus près possible du bâti de la fraiseuse.
- Monter les bagues entretoises intermédiaires puis la fraise de manière à la situer le plus près possible du nez de broche (position fraise P.F.), tout en permettant un réglage possible pour usinage.
- Vérifier le sens de rotation de la broche pour placer la fraise dans le sens travail.
- Placer une clavette d'entraînement de la fraise.
- Placer une nouvelle bague, puis la bague de guidage de lunette (diamètre extérieur correspondant au diamètre intérieur de la lunette), enfin d'autres bagues permettant le blocage de l'ensemble avec l'écrou.
- Glisser la lunette dans son support jusqu'à la bague près de la fraise (mini fraise m.F.).
- Prévoir le graissage (réserve d'huile).
- Bloquer la lunette sur son support.
- S'assurer que la distance  $E$  entre la lunette et la génératrice de la fraise est supérieure à la profondeur  $e$  à fraiser.



### Réglage transversal

- Affleurer en déplaçant le C.T. et le C.V. machine broche au point mort, en tournant l'arbre manuellement (fig. 2).
- Mettre le tambour gradué du C.T. à 0.
- Dégager avec le C.V. pour déplacer la pièce (fig. 3).
- Déplacer de la valeur  $x$  avec le C.T.
- Bloquer le C.T.

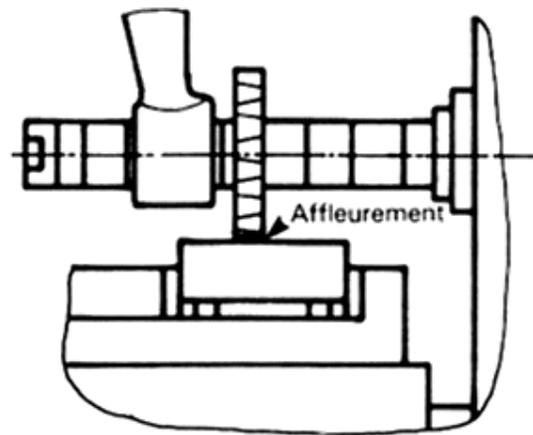


## Réglage vertical

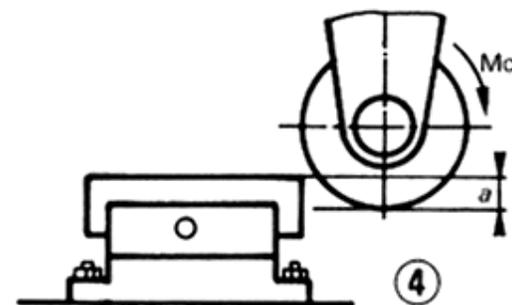
- Affleurer le dessus de la pièce en manœuvrant le C.V. et en tournant l'arbre porte-fraise manuellement (fig. 1).
- Mettre le tambour gradué du C.V. à 0.
- Dégager la pièce sur le côté (fig. 4) (attention au sens d'attaque de la fraise).
- Déplacer le C.V. pour prendre la profondeur de coupe  $a$ .
- Bloquer le C.V.

## Exécution du surfacage

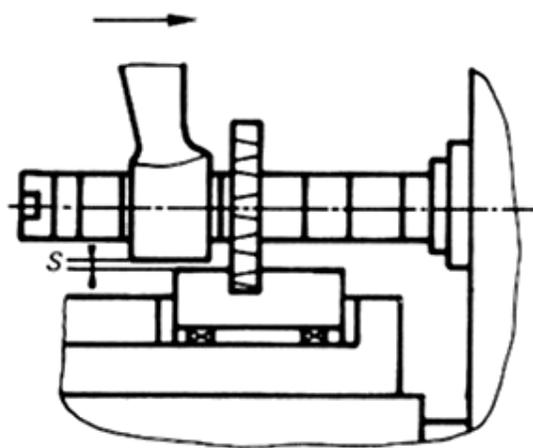
- Calculer et afficher la fréquence de rotation.
  - Calculer et afficher la vitesse d'avance.
  - Mise en rotation de la broche.
  - Commencer à fraiser en manœuvrant le C.L. manuellement (à l'attaque les efforts de coupe tendent à soulever la pièce).
  - Enclencher les avances automatiques.
  - Laisser usiner complètement la pièce.
  - Arrêter les avances puis la broche.
  - Démontez la pièce avant de revenir en position initiale.
- Veiller à laisser une sécurité  $S$  (fig. 5).



③



④

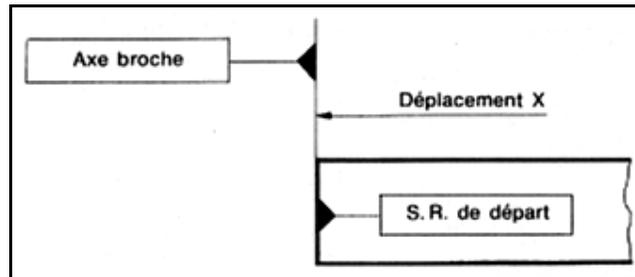


⑤

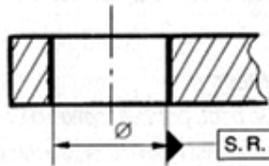
### 3.10 ALIGNER L'AXE DE LA BROCHE

Il s'agit de situer l'axe de la broche dans l'alignement de la S.R. de départ de cotation, pour effectuer ensuite un déplacement  $X$ . La méthode à choisir dépend de la nature de la S.R. (forme, état de surface), de la position de celle-ci par rapport au référentiel machine ou au référentiel porte pièce.

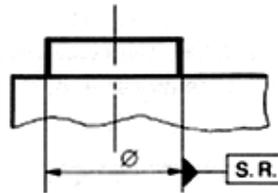
La S.R. de départ peut être matérialisée par un plan :



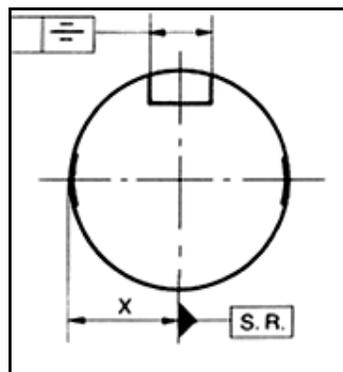
Par une forme cylindrique intérieure :



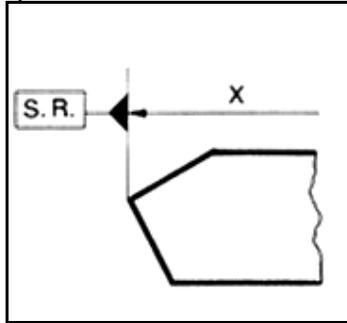
Ou par une forme cylindrique extérieure :



La génératrice d'un cylindre :



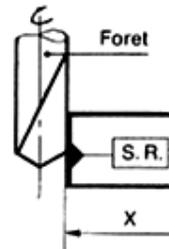
La ligne d'intersection de deux plans :



## PROCÉDÉS D'ALIGNEMENT

### a) Avec l'outil

Tanquer avec la génératrice de l'outil sur la S.R. de départ et opérer un



Déplacement :  $r$  (outil) +  $X$ .

L'appréciation du contact est souvent peu aisée (acuité visuelle); par ailleurs, la rotation de l'outil provoque sur la SR une trace parfois inacceptable.

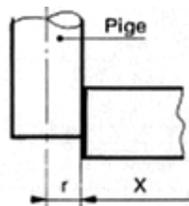
### b) Avec une pige

Il existe trois possibilités de travail : soit avec une pige seule, soit avec une pige et une cale-étalon, ou encore avec une pige à contact électrique.

I Avec une pige seule, de diamètre le plus juste possible, venir tangenter sur la S.R. L'appréciation du contact est difficile.

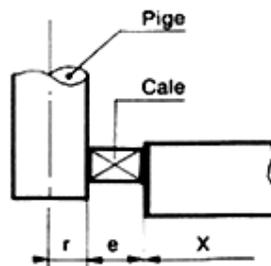
Déplacement :  $r$  (pige) +  $X$ .

Précision = 0,1 mm.



En utilisant une cale-étalon entre la pige et la S.R. L'opération est facilitée en appréciant le glissement de la cale.

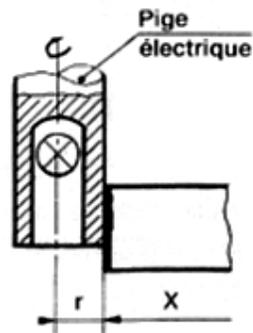
Déplacement :  $r + e + X$ . Précision 0,05 mm.



L'emploi de la pige électrique permet de tangenter plus aisément car, dès le contact, la lampe s'allume.

Déplacement :  $r$  (pige) +  $X$ .

Précision : 0,02 mm.

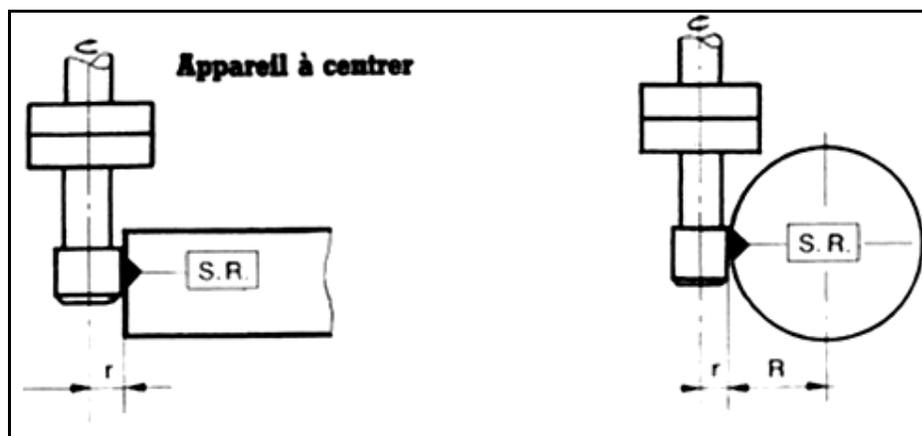


Il faut tenir compte des défauts possibles de coaxialité, de cylindricité et de circularité ; il y a toujours écrasement au niveau du contact de la **génératrice** et de la **SR**.

### c) Dispositif de centrage

Monter la pinule dans un mandrin à pince, régler  $N = 700$  t/min, tangenter sur la S.R. jusqu'au moment où il y a désaxage brusque de la partie intérieure.

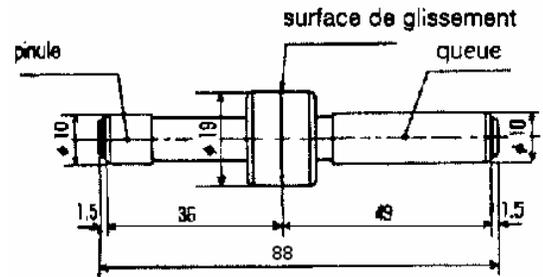
Déplacement :  $r$  (pinule) +  $X$ .



La pinule est un moyen précis de rechercher cette référence. Elle va nous éviter de tangenter avec un outil coupant, sans risques de marquer la pièce.

Mais pour cela il faut connaître la méthode d'utilisation de la pinule de centrage à dégagement latéral.

## PRÉSENTATION DE LA PINULE :



Caractéristiques : Matière : 100C6  
 Diamètre : 10  
 Répétabilité : sur l'axe X et Y : + ou - 2 microns

## Travaux pratiques

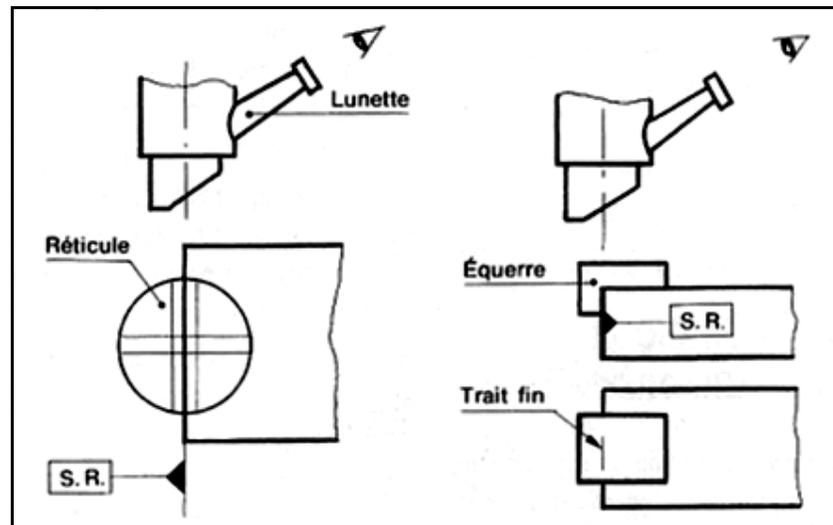
<p>1- Fixez la pinule dans le mandrin, puis sans que la pinule ne touche la pièce, faire tourner à une vitesse de 500~700 tr/min.</p> <p>La pinule tournera alors excentrée.</p>	
<p>2- Pendant que la pinule tourne, déplacer doucement vers la pièce. Au contact de la surface de référence, la pinule aura une rotation de moins en moins excentrée jusqu'à ce qu'elle tourne dans l'axe du mandrin.</p>	
<p>3- Continuez alors à avancer doucement, la pinule chassera soudainement sur le côté le long de la surface de référence.</p> <p>A ce moment la distance entre le centre du mandrin et la surface de référence est égale à la valeur du rayon de la pinule (habituellement R= 5mm).</p>	

### d) Lunette optique

Appareil monté dans la broche. Il faut régler la hauteur de visée par rapport à la pièce ou à l'équerre pour avoir une netteté de l'image. Dans le réticule, on voit quatre traits orthogonaux donnant un espacement de 0,05 mm en grandeur réelle sur la pièce.

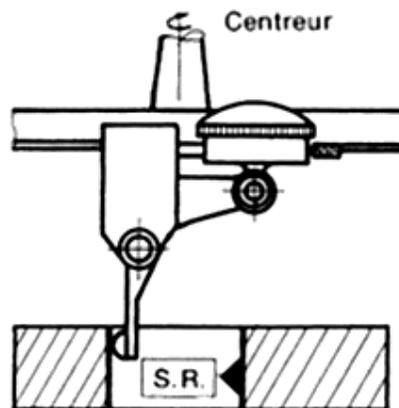
Il suffit d'encadrer entre deux traits parallèles, soit l'arête de la pièce, soit un trait fin gravé sur l'équerre.

On peut également viser tout point d'une courbe ou l'arête de l'intersection de deux plans.

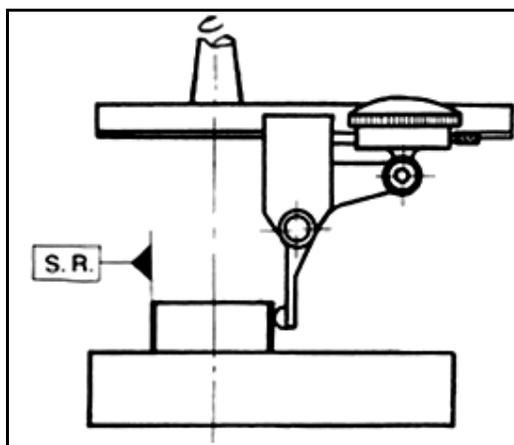


#### e) Centreur à comparateur

- Alignement de l'axe de la broche avec l'axe d'un alésage, d'un épaulement cylindrique. Monter le centreur dans la broche en suivant l'arête de la forme référence, préréglage la position du coulisseau porte-comparateur. Débrayer la broche de la machine.
- Engager le palpeur et opérer sur deux points opposés; action sur C.T., puis action sur C.L. jusqu'à ce que l'aiguille du comparateur ne varie plus.



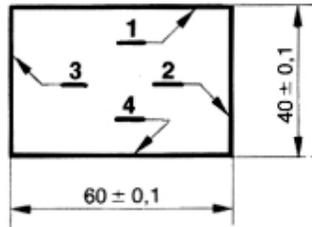
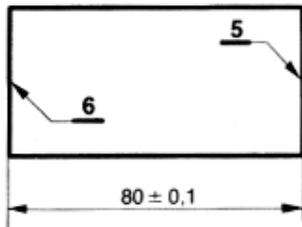
On peut, par l'utilisation d'un centreur, situer l'axe de la broche verticale dans le plan axial d'un cylindre monté sur un diviseur universel.



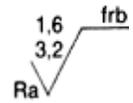
## **TRAVAUX PRATIQUES :**

# 1. Réaliser un Parallélépipède

## DESSIN



4	∥	0,03	1
2	⊥	0,05	1
3	∥	0,03	2
5	⊥	0,05	1-2
6	∥	0,03	5



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p><b>FRAISAGE DES FACES 1-2-3-4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Serrage par les chants bruts 2 et 3, usiner 1.</li> <li>➤ Situer 1 contre le mors fixe, serrer en interposant un rondin au milieu de la surface serrée,, usiner le chant 2.</li> <li>➤ Situer 1 contre le mors fixe, faire plaquer 2 sur cale rectifiée, serrer en plaçant le rondin au milieu de la surface serrée, usiner le chant 3, en réalisant la cote de 60</li> <li>➤ Serrer la pièce par les chants 2-3, faire plaquer 1 sur cales rectifiées usiner 4 en réalisant la' cote de 40</li> </ul> <p><b>REMARQUE</b>                      Dans le cas d'une pièce de faible épaisseur (10 mm, par ex.), on peut opérer de la manière suivante :                      Usinage des faces 1 et 4 parallèles; puis usinage des chants 2 et 3. Il n'est plus nécessaire d'utiliser le rondin pour obtenir la perpendicularité des chants, en raison de leur faible épaisseur.</p> <p><b>FRAISAGE DES FACES 5 ET 6</b></p> <p><u>Méthode du double équerrage</u></p>		<p>Fraise 2 tailles cylindrique</p>	<p>Pied à coulisse</p> <p>comparateur</p> <p>Equerre.</p>

- Serrer la pièce par 2 et 3, équerrage donné par le mors fixe
- Dresser 6 (état provisoire).
- Retourner la pièce, face 6 en appui sur cale, serrage par 1 et 4, faire plaquer, exécuter 5 à profit. Cette face se trouve ainsi perpendiculaire à 1 et à 2.
- Retourner la pièce, appui sur 5, serrage par 1 et 4, faire plaquer. Reprendre 6 et assurer cote de 80

### Méthode avec équerre

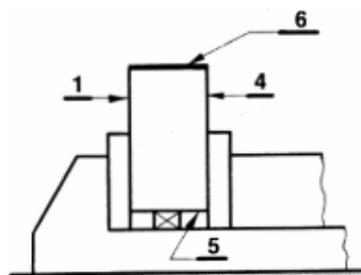
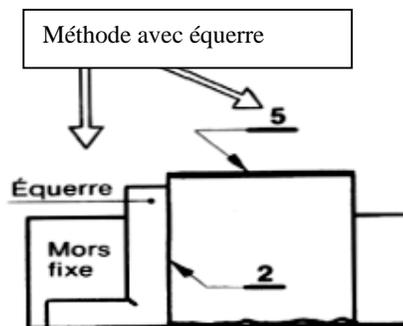
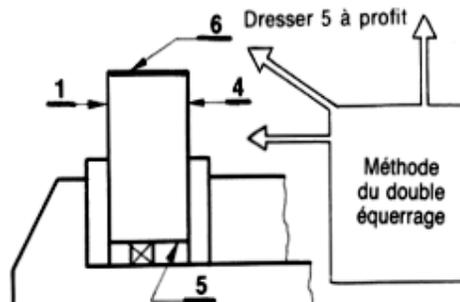
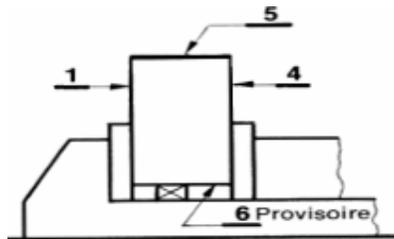
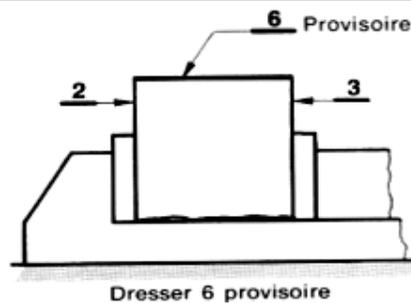
- Placer la face 6 (brute) au fond de l'étau, la face 1 en appui sur le mors fixe.
- Placer la petite branche d'une équerre sur le fond de l'étau. Faire coïncider le chant 2 avec la grande branche de l'équerre
- Exécuter 5 à profit.
- Vérifier la perpendicularité.
- Retourner la pièce, appui sur 5, serrage par 1 et 4. Faire plaquer et exécuter 6.

### Par fraisage de profil

- Situer 1 sur cales, 2 contre le mors fixe préalablement dégauchi. Faire dépasser la pièce sur le côté de l'étau de 5 à 10 mm, serrer en appliquant la pièce sur les cales.
- Dresser 5 à profit.
- Contrôler la perpendicularité.
- Retourner la pièce.
- Exécuter 6, ébauche et finition, assurer cote de longueur.

#### REMARQUE

Avant exécution de -5 et 6, il faut vérifier la



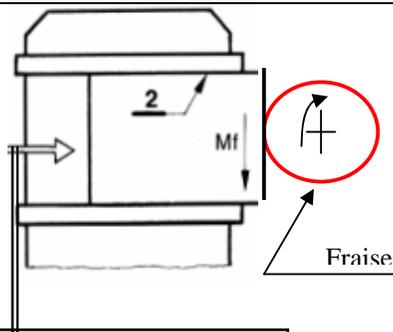
perpendicularité de la broche.

### CHOIX D'UNE MÉTHODE

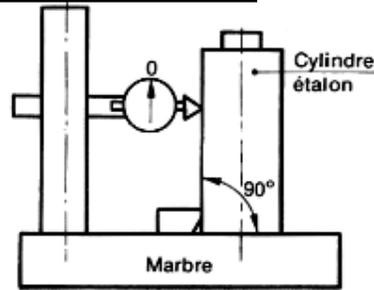
Les deux premières méthodes conviennent pour les pièces de faible longueur, en raison du dépassement limité au-dessus-des mors de l'étau (risque de basculement de la pièce), et d'épaisseur suffisante pour permettre le passage de l'équerre ou le serrage par les chants.

La méthode par fraisage de profil s'applique à des pièces de grande longueur et aussi à des pièces de faible épaisseur.

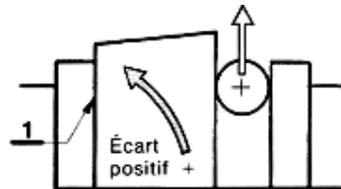
### CONTRÔLE DE LA PERPENDICULARITÉ



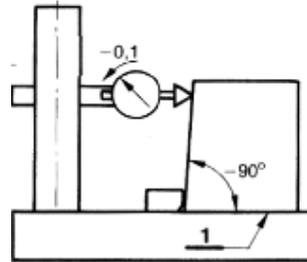
Par fraisage de profil



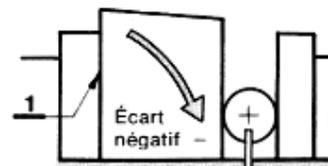
Étalonnage du comparateur



Monter le rondin

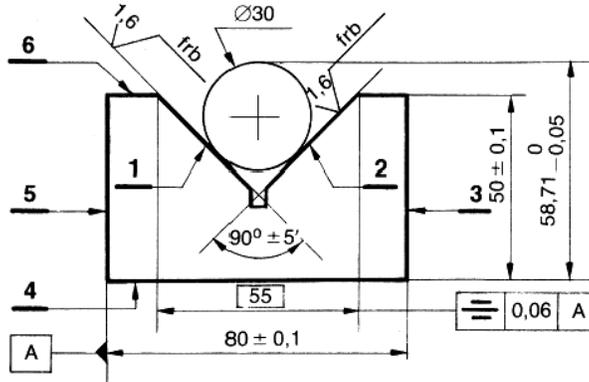


Ici écart négatif : moins de 90°



Descendre le rondin

## 2. Rainure en vé centrée

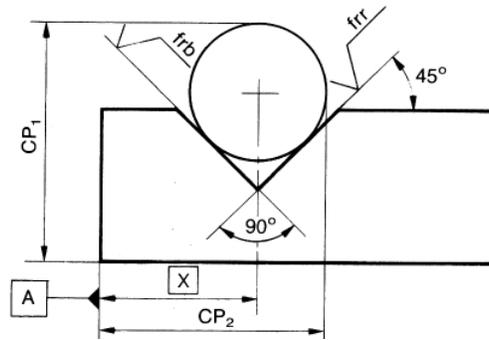


N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tracer l'axe de la rainure en vé par retournement.</li> <li>➤ Incliner la broche de la fraiseuse de <math>\alpha = 45^\circ</math>.</li> <li>➤ Faire coïncider le tracé avec l'arête de l'outil, en tangentant sur 6.</li> <li>➤ Décaler le C.L. de 0,5 mm</li> <li>➤ Immobiliser le C.L. Prendre le repère zéro au C.V.</li> <li>➤ Dégager la pièce au C.T.</li> <li>➤ Prendre en plusieurs passes 25,5 mm au C.V., <b>ébauche a</b>.</li> <li>➤ Retourner la pièce et conserver les mêmes repères au C. L. et au C.V., exécuter la <b>passé b</b>.</li> <li>➤ Mesurer la cote sur pige.</li> <li>➤ Prendre une passe de 1 mm au C.V. <b>demi-finition passé c</b>.</li> <li>➤ Retourner la pièce, conserver les mêmes repères au C.L. et au C.V. <b>demi-finition passé d</b>.</li> <li>➤ Mesurer la cote sur pige.</li> <li>➤ Déterminer la passe à prendre au C.V., finition de 1, <b>passé e</b>.</li> <li>➤ Retourner la pièce sur butée, conserver les mêmes repères au C.L. et au C.V. <b>finition de 2, passé f</b>.</li> <li>➤ Contrôler la cote sur pige et la symétrie.</li> <li>➤ Exécuter le dégagement d'angle avec une fraise-scie.</li> </ul>		<p>Fraise cylindrique 2 tailles Ø50</p>	<p> pied à coulisse.  Micro- mètre 50-75  marbre et comparat eur  Pige Ø30</p>

L'avancement de la pige a la même valeur que la profondeur de passe, prise au C.V., malgré le retournement de la pièce.

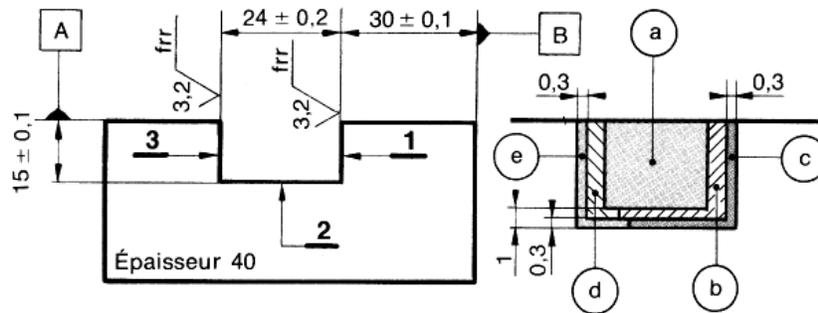
La rainure en vé  $\alpha=120^\circ$  s'exécute de la même manière.

### 3. Rainure en vé intérieure symétrique désaxée



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Placer la pièce en butée sur la face A.</li> <li>➤ Monter fraise 2 tailles, incliner la broche de 45°.</li> <li>➤ Situer la fraise au tracé, suivant cote X.</li> <li>➤ Exécuter les passes d'ébauche de manière à pouvoir placer la pige en position.</li> <li>➤ Mesurer CP2, et corriger la position de la pièce en agissant sur le C.L. dont le déplacement est égal à la valeur-de correction souhaitée.</li> <li>➤ Exécuter une passe de demi-finition en s'assurant que la fraise coupe sur les deux faces du vé.</li> <li>➤ Mesurer CP2 (pige et comparateur), corriger éventuellement CP2.</li> <li>➤ Lorsque celle-ci est obtenue, immobiliser C.L., prendre la passe de demi-finition au C.V., mesurer CP1 (micromètre), effectuer la finition du vé pour CP1 et CP2.</li> </ul>		Fraise 2T Ø40	P à C Pige Ø16

#### 4. Une entaille avec fraise 2 tailles



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tracer 1 et 3,</li> <li>➤ Tangenter sur la face A, prendre repère C.V., situer la fraise suivant tracé ( Fig. 1).</li> <li>➤ Dégager au C. T., immobiliser le C.L.</li> <li>➤ Prendre passe d'ébauche de 14 mm au C.V. et exécuter la <b>passé a</b>. (Réduire l'avance manuelle à l'attaque et à la sortie de la pièce.)</li> <li>➤ Mesurer pour déterminer la passe de demi-finition à réaliser, afin d'approcher la cote de 30 à + 0,3.</li> <li>➤ Prendre la passe au C. L., puis l'immobiliser.</li> <li>➤ Monter le C.V. de 0,7 mm et exécuter la passe b.</li> <li>➤ Mesurer et déterminer la passe de finition pour obtenir les cotes: <math>30 \pm 0,1</math> et <math>15 \pm 0,1</math>.</li> <li>➤ Prendre la passe au C.L. et C.V. et exécuter la <b>passé c</b>.</li> <li>➤ Prendre le repère au C.V. et descendre de 0,3 mm.</li> <li>➤ Tangenter sur 3 ébauchée. Prendre une passe d'essai de 0,2 au C.L. afin de mesurer la largeur de l'entaille.</li> <li>➤ Déterminer ensuite la valeur de la passe pour approcher la cote de 24 à - 0,3 mm.</li> <li>➤ Prendre la passe, immobiliser le C.L.</li> <li>➤ Exécuter la <b>passé d</b>.</li> </ul>		Fraise 2T  Clés de service	Visuel          Pied à coulisse

## 5. SURFAÇAGE DE DEUX PLANS PARALLÈLES

N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p><b>Surfaçage du plan F1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Usiner le plan F1</li> </ul> <p>Surfaçage du plan F2 parallèle à F1</p> <p><b>Mise en position de la pièce (fig. 1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nettoyer l'étau.</li> <li>➤ Ebavurer la pièce.</li> <li>➤ Placer deux cales de même hauteur dans le fond de l'étau de sorte que les faces F3 et F4 soient en contact avec les mors sur une hauteur <math>h</math> d'environ 10 mm ou <math>h \approx L/6</math>.</li> <li>➤ Serrer la pièce.</li> <li>➤ Taper sur F2 avec une massette en matériau tendre.</li> <li>➤ Vérifier si F1 porte sur les cales en essayant de les déplacer.</li> </ul> <p><b>Usinage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Usiner F2 suivant la fiche MP 20-5.</li> <li>➤ Réaliser la cote <math>H</math> en laissant une surépaisseur d'environ 0,5 mm.</li> <li>➤ Arrêter la machine et attendre que la fraise soit à l'arrêt avant de vérifier les résultats.</li> <li>➤ Démontér la pièce.</li> </ul> <p><b>Contrôle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Contrôler la cote <math>H</math> ainsi que le // des plans F1 et F2 en amenant le comparateur en ABCD (fig. 2).</li> <li>➤ Remonter la pièce dans l'étau. - Finir l'usinage à la cote <math>H</math>.</li> <li>➤ Contrôler <math>H</math> et le parallélisme F2, F1.</li> </ul> <p><i>Nota : Si le parallélisme n'est pas « bon » au premier surfaçage de F2, il faut vérifier le réglage de la tête et peut-être celui de l'étau.</i></p>	<p style="text-align: center;">①</p> <p style="text-align: center;">②</p>	<p style="text-align: center;">Cales</p> <p style="text-align: center;">Fraise 2T</p> <p style="text-align: center;">Clés de service</p>	Comparateur

## 6. SURFAÇAGE DE 2 PLANS $\perp$ NON ASSOCIES

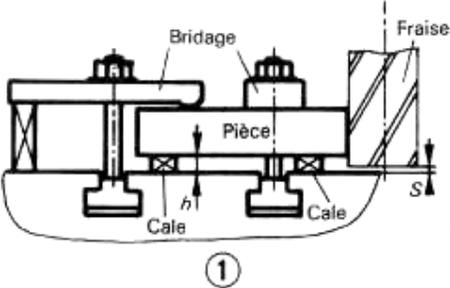
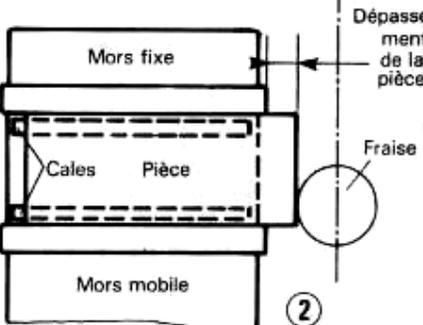
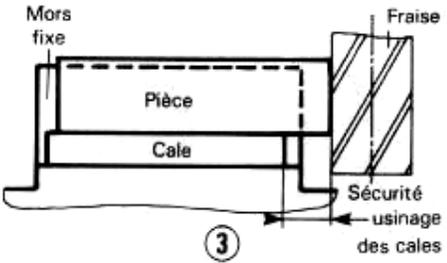
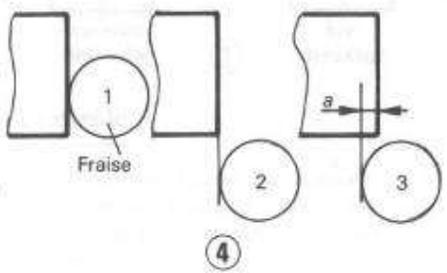
N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p><b><u>Surfaçage du plan F1</u></b></p> <p>1 - Usiner le plan F1 .</p> <p><b><u>Surfaçage du plan F2 <math>\perp</math> à F1</u></b></p> <p><b>Mise en position de la pièce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nettoyer l'étau.</li> <li>➤ Ebavurer la pièce.</li> <li>➤ Placer une cale C1 suivant la fig.1 de sorte que la face F2 dépasse des mors. Si <math>H &gt; h</math> pas besoin d'une cale.</li> <li>➤ Placer un rondin <math>\varnothing 12</math> environ et de longueur égale à la largeur de l'étau approximativement à la moitié de la hauteur serrée (<math>hS</math>) (fig. 1).</li> <li>➤ Caler le rondin avec C2.</li> <li>➤ Serrer la pièce.</li> </ul> <p><b>Réglage de la machine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Calculer et régler la fréquence de rotation de l'outil s'il y a eu changement de fraise.</li> <li>➤ Calculer et régler la vitesse d'avance pour la même raison.</li> </ul> <p><b>Usinage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Usiner le plan F2.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Contrôle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Contrôler la perpendicularité avec une équerre (fig. 2), ou en utilisant un comparateur.</li> <li>➤ Déplacer le rondin vers le haut si l'angle <math>\alpha &gt; 90^\circ</math>. Serrer (fig. 3).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Usinage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Usiner à une cote <math>&gt; H</math>.</li> <li>➤ Démontter la pièce.</li> <li>➤ Contrôler l'angle <math>\alpha</math> et H.</li> </ul> <p>Si l'angle <math>\alpha</math> est bon : mettre à la cote H.</p> <p>Si l'angle <math>\alpha &lt; 90^\circ</math> : déplacer le rondin vers le bas (fig. 4).</p> <p><i>Nota : La mise à la cote H ne se fera que si l'angle <math>\alpha</math> est bon.</i></p>	<p style="text-align: center;">①</p> <p style="text-align: center;">②</p> <p style="text-align: center;">③</p> <p style="text-align: center;">④</p>	<p style="text-align: center;">Cales</p> <p style="text-align: center;">Rondin</p> <p style="text-align: center;">Fraise 2T</p> <p style="text-align: center;">Clés de service</p>	<p style="text-align: center;">Equerre</p> <p style="text-align: center;">Comparateur</p>

## 7. SURFAÇAGE D'UN ÉPAULEMENT

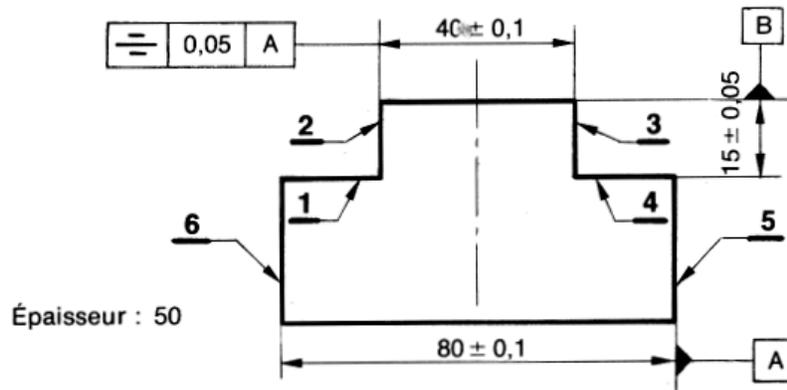
N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p><u>Réglage position pièce/fraise</u></p> <p><b><u>Affleurer la pièce au-dessous de la fraise</u></b> <b>(1 a, fig. 1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mettre à zéro le tambour gradué vertical V.</li> </ul> <p><b><u>Affleurement de la pièce avec le profil de l'outil (fig. 2)</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dégager la fraise au-delà de la surface S1 (chariot transversal).</li> <li>➤ Positionner la fraise comme en figure 2 b (chariot longitudinal).</li> <li>➤ Monter le chariot vertical de la valeur voulue, dans le cas de l'exemple (voir fiche précédente) il est nécessaire de faire un calcul <math>H - (h + 1)</math> (1 mm pour la finition).</li> <li>➤ Affleurer la pièce avec le profil de la fraise figure 2 b (chariot transversal) sur la S1.</li> <li>➤ Mettre à zéro le tambour gradué du chariot transversal.</li> <li>➤ Arrêter la rotation de la fraise.</li> </ul> <p><b>Mise en position de l'outil (fig. 3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Déplacer la pièce (chariot longitudinal) au-delà de la surface S2.</li> <li>➤ Déplacer la pièce (chariot</li> </ul>		<p><i>Cales</i></p> <p><i>Fraise 2T</i></p> <p><i>Clés de service</i></p>	<p>Visuel</p>

N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p>transversal) de la valeur demandée voir fiche précédente <math>B - (A + 1) 1</math> mm pour la finition.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bloquer les chariots vertical et transversal.</li> <li>➤ Rattraper les jeux.</li> </ul> <p><b>Usinage de la pièce (fig. 4)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mise en rotation de la fraise.</li> <li>➤ Commencer à usiner en manoeuvrant le chariot longitudinal à la main.</li> <li>➤ Enclencher l'avance automatique.</li> <li>➤ Laisser la fraise usiner complètement la pièce.</li> <li>➤ Arrêter la rotation de la fraise.</li> <li>➤ Revenir en situation de la figure 3.</li> </ul> <p><b>Contrôle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier les dimensions A et h Sans démontage de la pièce,</li> <li>➤ Corriger cote h, agir sur le chariot vertical,</li> <li>➤ Corriger cote A, agir sur le chariot transversal.</li> <li>➤ Usiner à nouveau la pièce pour respecter les dimensions.</li> </ul> <p>NOTA : La valeur <math>H - h</math> ne devra pas excéder <math>1/3</math> du diamètre de la fraise.</p>			
				<p><i>Pied de profondeur</i></p> <p><i>Pied à coulisse</i></p>

## 8. SURFAÇAGE EN ROULANT

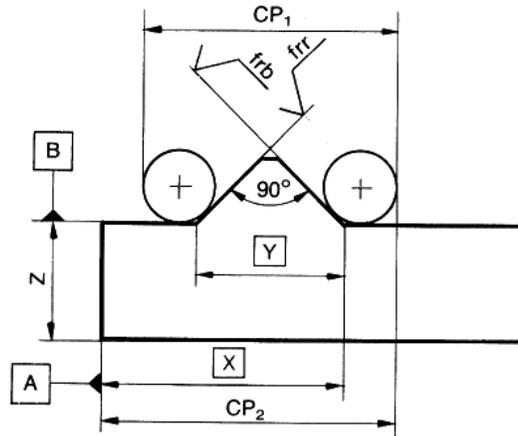
N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p style="text-align: center;"><b>Positionnement des pièces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La figure 1 représente une pièce bridée sur table.</li> <li>➤ Poser la pièce sur des cales d'une hauteur <math>h</math> permettant une sécurité <math>S</math> entre la fraise et la table.</li> <li>➤ Positionner la surface à usiner parallèle (à 1 mm près environ) au mouvement d'avance choisi (transversal ou longitudinal).</li> <li>➤ Assurer le bridage correct de la pièce.</li> </ul> <p>Fig. 2 et 3.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Poser la pièce sur des cales (ou non suivant hauteur de la pièce) en ayant soin qu'elles ne se trouvent pas usinées.</li> <li>➤ Assurer un dépassement de pièce de l'étau suffisant pour éviter d'avoir à la déplacer entre deux usinages.</li> <li>➤ Mettre la fraise en position de manière à ce que la partie active travaille le plus près possible de la queue (pour éviter les flexions et les risques de rupture).</li> </ul> <p>➤ <b>Méthode d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Régler et afficher la fréquence de rotation.</li> <li>➤ Régler et afficher les vitesses d'avance.</li> <li>➤ Affleurer en 1 (fig. 4).</li> <li>➤ Déplacer en 2.</li> <li>➤ Prendre passe <math>a</math> en 3 ( en fonction du diamètre de la fraise et de la matière à usiner).</li> <li>➤ Bloquer le chariot perpendiculaire au mouvement d'avance choisi.</li> <li>➤ Mise en rotation de la fraise.</li> <li>➤ Commencer l'opération en déplaçant le chariot manuellement.</li> <li>➤ Enclencher l'avance automatique.</li> <li>➤ Laisser usiner en lubrifiant.</li> <li>➤ En fin de passe, arrêter l'avance automatique, puis la fraise.</li> <li>➤ Revenir au point de départ.</li> <li>➤ Recommencer l'opération s'il y a lieu.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">①</p>  <p style="text-align: center;">②</p>  <p style="text-align: center;">③</p>  <p style="text-align: center;">④</p>	<p style="text-align: center;">Cales</p> <p style="text-align: center;">Fraise 2T</p> <p style="text-align: center;">Clés de service</p>	<p>Visuel</p>

## 9. TENON SYMÉTRIQUE



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<p>La spécification de symétrie impose un travail par retournement.</p> <p>6 en appui sur mors fixe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ebauche de 1 et 2 <b>passé a</b>. Retournement, 5 en appui sur M.F.</li> <li>➤ Ebauche de 3 et 4, <b>passé a'</b>, mêmes repères.</li> <li>➤ Demi-finition <b>b'</b>. retournement sur M.F., mêmes repères, demi-finition <b>b</b>.</li> <li>➤ Contrôle des cotes de 40 mm et 15 mm.</li> <li>➤ Déterminer les passes à prendre au C.V. et C.T. pour réaliser les cotes de <math>40 \pm 0,1</math> et <math>15 \pm 0,05</math>.</li> </ul> <p>Passé à prendre au C.T.</p> <p>Sans démontage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Finition de 1 et 2, <b>passé c</b>, retournement sur M.F.,</li> <li>➤ Finition de 3 et 4, <b>passé c'</b>.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Contrôle des cotes : <math>40 \pm 0,1</math>, <math>15 \pm 0,05</math> et de la symétrie (fig. 2).</li> </ul>	<p>Fig.2</p>	<p>Fraise à surfacer dresser</p>	<p>P à C</p> <p>Comparateur</p>

## 10. Vé désaxée extérieure



N°	PHASES	SCHEMAS	EXECUTION	
			Outils	Contrôle
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Placer la pièce en butée sur la face A.</li> <li>➤ Monter une fraise 2 tailles,</li> <li>➤ Exécuter l'<b>épaulement a</b>, cotes X et Z. Sans démontage, exécuter l'<b>épaulement opposé b</b>, cotes Y et Z,</li> <li>➤ Incliner la broche de 45</li> <li>➤ Tangenter sur face B, prendre un repère, baisser C.V. de 0,2.</li> <li>➤ Venir tangenter sur l'arête de l'épaulement <b>a</b>, déplacer C.L. de P - 2 mm pour ébauche.</li> <li>➤ Revenir au repère du C. V. Prendre la passe de 1 mm au C.L. pour demi-finition.</li> <li>➤ Mesurer CP2 (marbre, comparateur, cales étalons).</li> <li>➤ Prendre la passe de finition au C.L. pour cote CP2.</li> <li>➤ Contrôler.</li> <li>➤ Pour la réalisation de l'autre côté du vé, opérer comme précédemment.</li> <li>➤ Le contrôle de CP1 s'effectue sans démontage de la pièce</li> </ul>		Fraise 2T Ø40	P à C Pige Ø10