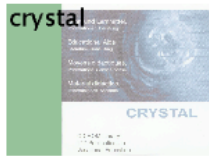


[HOME](#)[PREFERENCES](#)[search](#)[how to](#)[titles](#)[subjects](#)[organisations](#)

LE FRAISAGE

DETACH
PAGE

LE FRAISAGE



I. Les machines à fraiser

1. Définition:

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisable sur des machines-outils appelées fraiseuses. Ces machines sont des divers types.

A Principe

- L'outil est toujours animé d'un mouvement de rotation sur son axe **Mc**. Il est situé et bloqué sur un système porte-fraise, lui-même fixé dans la broche de la machine.
- Un ensemble de chariots, se déplaçant suivant trois axes orthogonaux, permet d'animer la pièce d'un mouvement d'avance dans l'espace: **Ma**.

B Possibilités

Le fraisage permet la réalisation de pièces: prismatiques, de révolutions extérieures, intérieures, de profils spéciaux, hélices, cames, engrenages, etc.

Des équipements et accessoires: diviseurs, circulaires, reproducteurs, montages d'usinage, têtes spéciales, autoisent une grande diversité de travaux.

2. Classification:

La classification des fraiseuses ne peut être formelle à cause des conceptions modernes élaborées par les constructeurs. L'évolution est rapide dans ce domaine. On peut distinguer:

- * Les fraiseuses d'outillage (généralement universelles).
- * Les fraiseuses de production (à programme, à cycle, commande numérique, centre d'usinage).
- * Les fraiseuses spéciales (à reproduire, multibroches, à banc fixe).

Fraiseuses d'outillage

Elles conviennent à des travaux de caractère unitaire ou de petite série. Elles sont équipées généralement:

- De trois chariots mobiles: table, chariot transversal, console.
- D'une tête universelle: type Dufour, Gambin, Huré.
- D'une sortie de broche horizontale avec bras coulissant pour arbre long.

REMARQUES:

- * La table est quelquefois inclinable dans son plan pour le taillage hélicoïdal.
- * Certaines machines sont équipées d'un dispositif pour le fraisage en «avalant».
- * Le mouvement transversal est donné à la tête par un système dit «béliet» (Huré).

3. Caractéristiques:

A Fonctionnelles

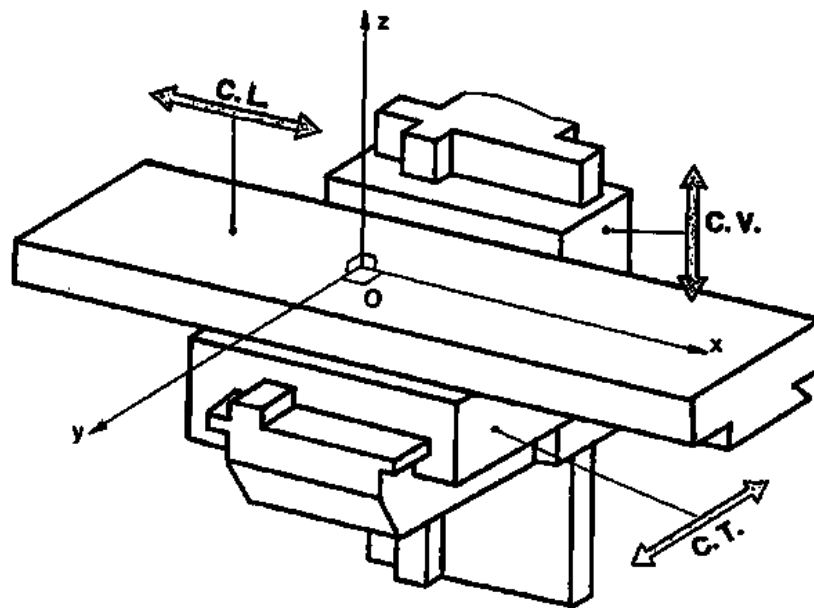
- Puissance du moteur.
- Gamme des vitesses de broche et d'avances.
- Orientation de la broche (type Huré, Gambin, etc.).

B 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.

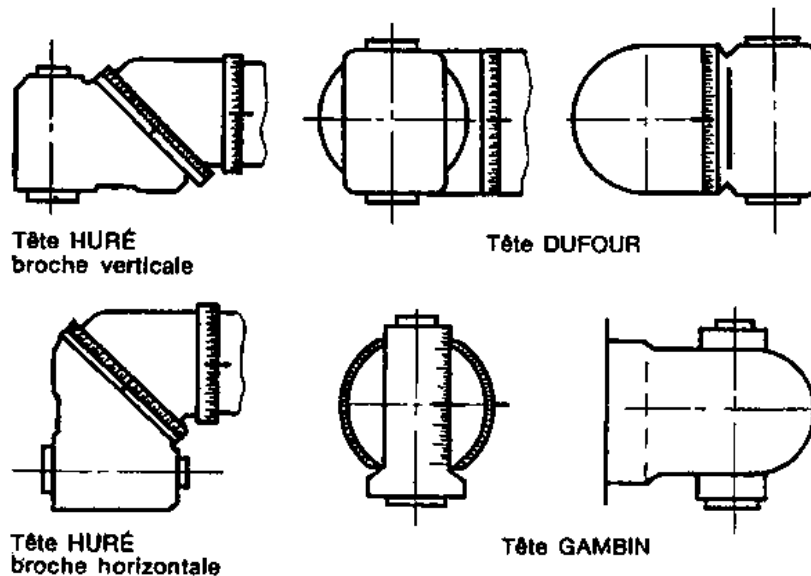
4. Référentiel machine:

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



Figure

- * L'axe ox détermine la direction du **Ma**, du chariot longitudinal: **C.L.**
- * L'axe oy détermine la direction du **Ma**, du chariot transversal: **C.T.**
- * L'axe oz détermine la direction du **Ma**, du chariot vertical: **C.V.**



Figure

II. L'outil fraise

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. Un deuxième système de référence (outil en travail), qui spécifie la géométrie de l'outil au cours de l'usinage, ne sera pas traité dans cet ouvrage.

Plans de l'outil en main

- * **Plan de référence de l'outil Pr** : plan passant par le point considéré de l'arête et contenant l'axe de l'outil.
- * **Plan d'arête de l'outil Ps** : plan tangent à l'arête au point considéré et perpendiculaire au plan **Pr** .
- * **Plan de travail conventionnel Pf** : plan passant par le point considéré de l'arête, perpendiculaire à l'axe de l'outil et à **Pr** .

* **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. Angles de l'outil:

Ils sont définis par rapport aux plans du système de référence de l'outil en main.

A Définitions des angles de l'arête

* **Angle de direction d'arête de l'outil χ_r (kappa)**:
Angle compris entre P_s et P_f mesuré dans le plan P_r .

* **Angle de direction complémentaire de l'outil ψ_r (psi)**:
Angle compris entre P_s et P_p mesuré dans le plan P_r ;

$$\psi_r + \chi_r = 90^\circ.$$

* **Angle d'inclinaison d'arête de l'outil λ_s (lambda)**:
Angle situé entre l'arête et P_r , mesuré dans le plan P_s .

* **Angle de pointe de l'outil ϵ_r (epsilon)**:
Angle situé entre P_s et P_f mesuré dans le plan P_r

$$\chi_r + \chi_r' + \epsilon_r = 180^\circ.$$

B Définitions des angles des faces

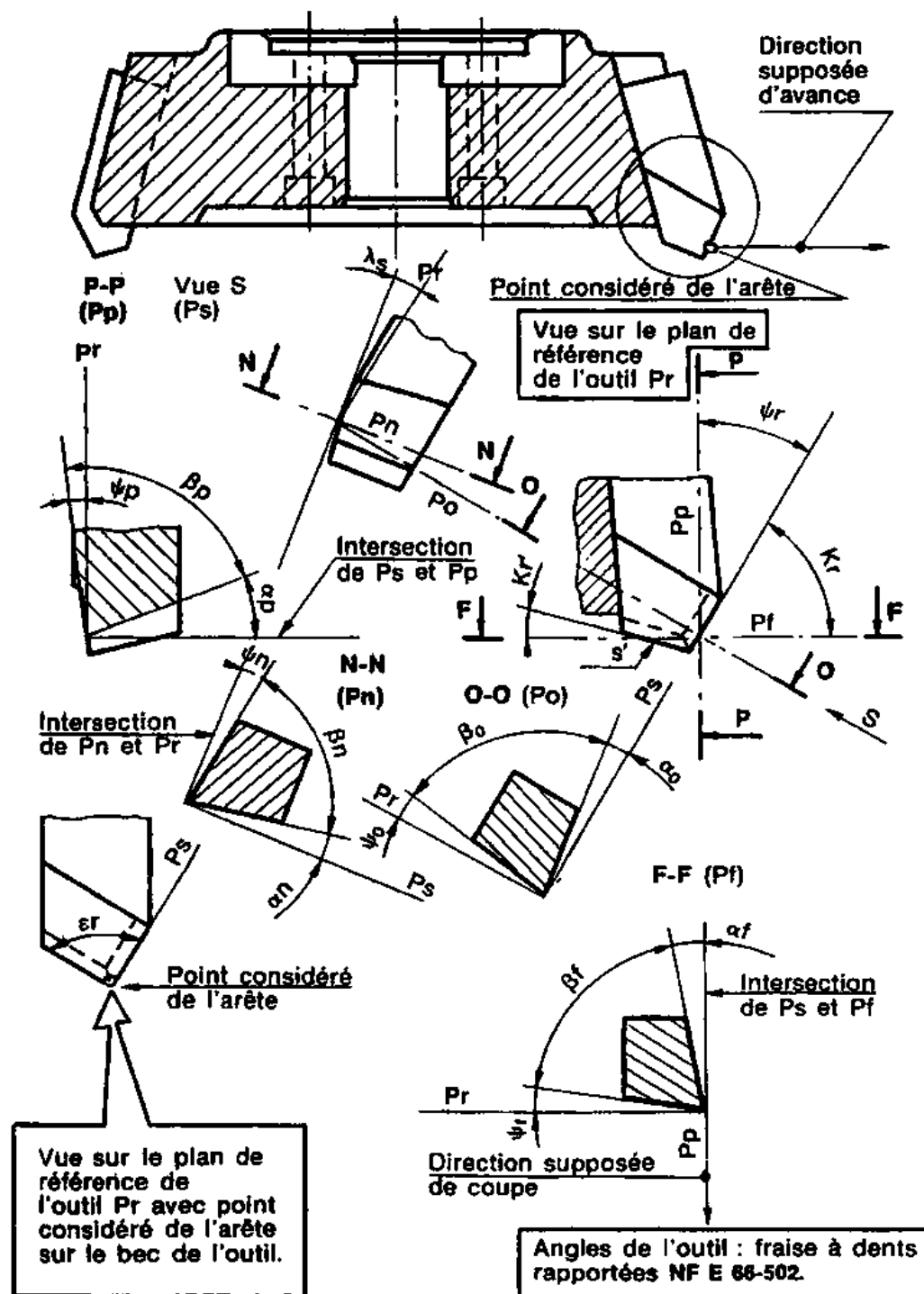
Dans un plan de section donnée, les angles des faces sont appelés:

* **Angle de coupe γ (gamma)**:
Angle aigu entre la face de coupe et le plan P_r , mesuré dans le plan de coupe. γ peut être positif ou négatif.

* **Angle de taillant β (beta)**:
Angle situé entre la face de coupe et la face de dépouille, mesuré dans le plan de coupe.

* **Angle de dépouille α (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:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ.$$



Figure

C Différents systèmes de définition

	Angles de l'outil	Symbole	Mesuré dans le plan
Position de la face de coupe	Angle de coupe normal	γ_n	P_n
	Angle de coupe latéral	γ_f	P_f
	Angle de coupe vers l'arrière de l'outil	γ_p	P_p
	Angle de coupe orthogonal de l'outil	γ_o	P_o
Angle de taillant	Angle de taillant normal	β_n	P_n
	Angle de taillant latéral	β_f	P_f
	Angle de taillant vers l'arrière de l'outil	β_p	P_p

	Angle de taillant orthogonal	β_o	P_o
Position de la face de dépouille	Dépouille normale de l'outil	α_n	P_n
	Dépouille latérale de l'outil	α_f	P_f
	Dépouille vers l'arrière de l'outil	α_p	P_p
	Dépouille orthogonale de l'outil	α_o	P_o

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.

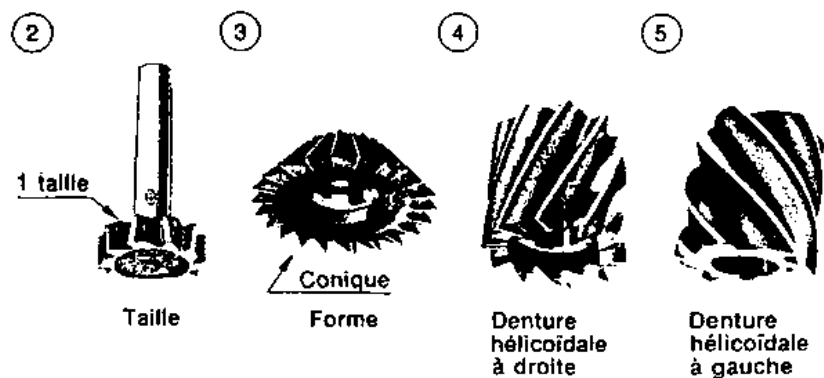
* **La forme**. Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue: les fraises cylindriques, coniques (3) et les fraises de forme.

* **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 (4) ou à gauche (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.

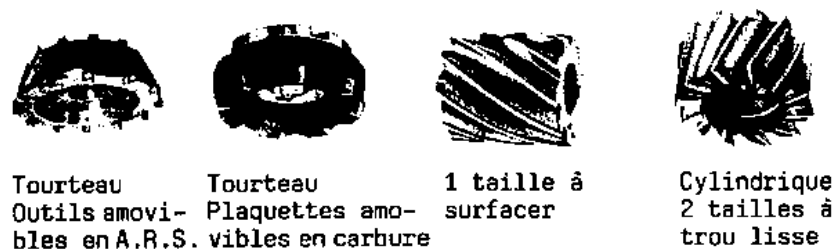
* **Le mode de fixation**. **A trou**: lisse ou taraudé; **a queue**: cylindrique ou conique.

* **Construction**: Les fraises peuvent être à denture fraisée (p.ex.: fraise conique deux tailles $\alpha 60^\circ$), ou à denture détalonnée et fraisée (p.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.

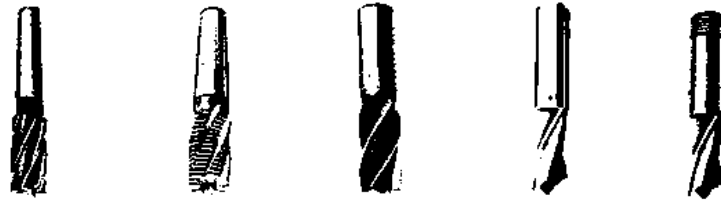


Figure

4. Différents types de fraises:



Figure



Cylindrique 2 tailles Queue co- nique C.M.	2 tailles Den- ture brise- copeaux Queue conique C.M.	Cylindrique 2 tailles Queue cylindrique	A rainurer 2 dents Queue cylindrique	A rainurer 2 dents Queue filetée
---	--	--	---	---

Figure



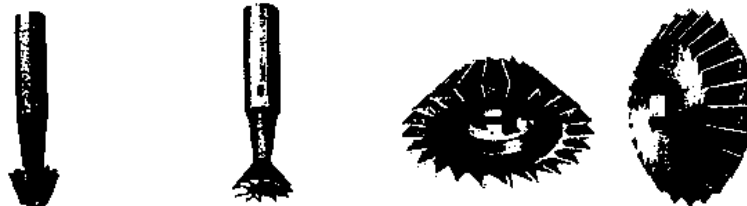
Scie 1 taille	1 taille A rainurer	3 tailles Denture droite	3 tailles Denture à double hélice alternée
---------------	------------------------	-----------------------------	--

Figure



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.
---	--	--

Figure



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
--	---	---	----------------------

Figure



Convexe pour demi-cercle	Concave pour demi-cercle	Concave pour quarto de cercle	Disque pour tailler les engrenages (freise « mo- craémaillères dule »)	Disque à flancs droits pour tailler les craémaillères
--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---	--

Figure

5. Montage des fraises:

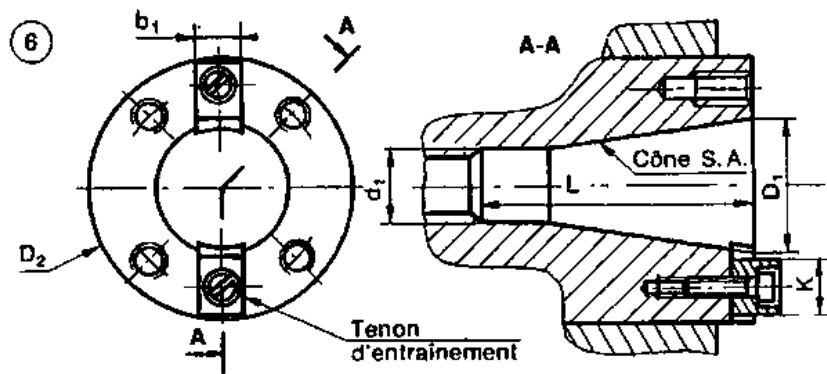
A Conditions à satisfaire

- **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.

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 adapté: $16^\circ 30'$.

S.A. n°	D ₁	D ₂ (h5)	d ₁ (H12)	K	L	b ₁ (h5)
30	31,75	69,832	17,4	16,5	73	15,9
40	44,45	88,882	25,3	19,5	100	15,9
45	57,15	101,6	32,4	19,5	120	19
50	69,85	128,57	39,6	26,5	140	25,4

Les cônes S.A. n°: 55, 60, 65, 70, 75, 80, sont utilisés sur fraiseuses de grande capacité.



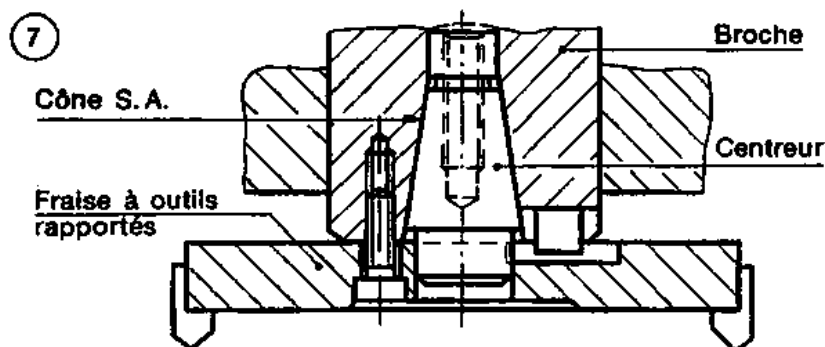
Figure

C Montage

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

a. Fraises à surfacer (fig. 7)

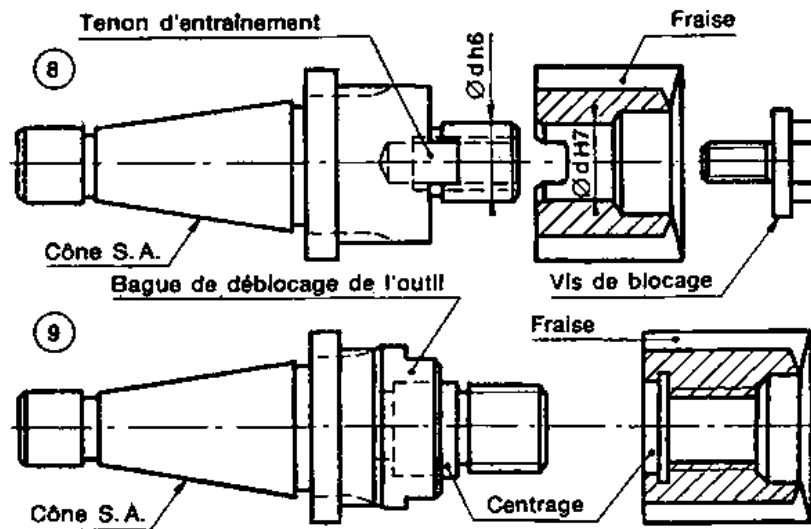
Les fraises de grand diamètre (160 à 630 mm), à outils rapportés, se montent directement sur le nez de broche par l'intermédiaire d'un **centreur**.



Figure

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

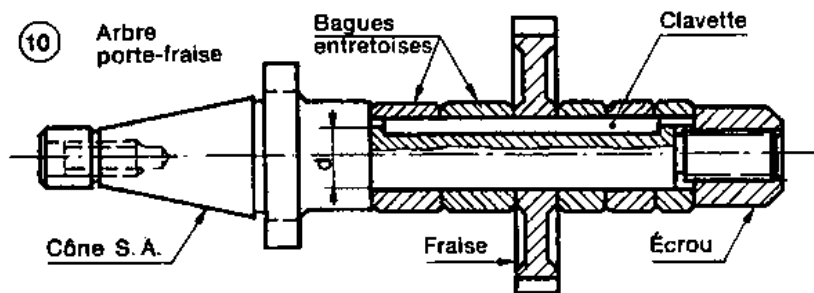
Elles sont montées sur un **mandrin porte-fraise**, généralement au cône S.A.



Figure

c. Fraises à trou lisse rainure (fig. 10)

Elles sont mintées 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 inférieure 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.



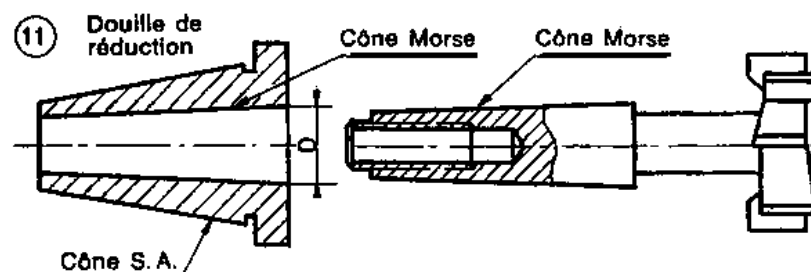
Figure

d. 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.

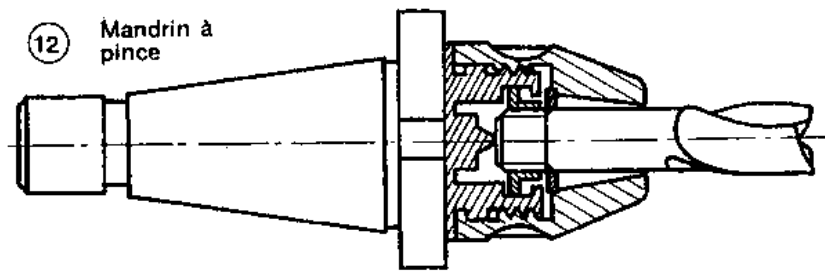
C.M. n°	0	1	2	3	4	5	6
D	9,045	12,065	17,78	23,825	31,267	44,339	63,347

Conicité: 1/20 \approx , légère variation d'un numéro à l'autre.



Figure

e. Fraises à queue cylindrique (fig. 12)

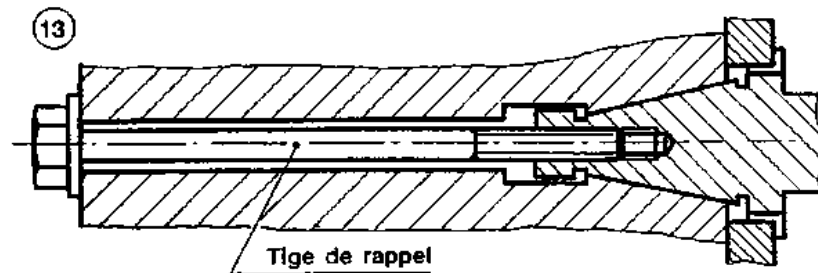


Figure

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).



Figure

D Précautions à prendre

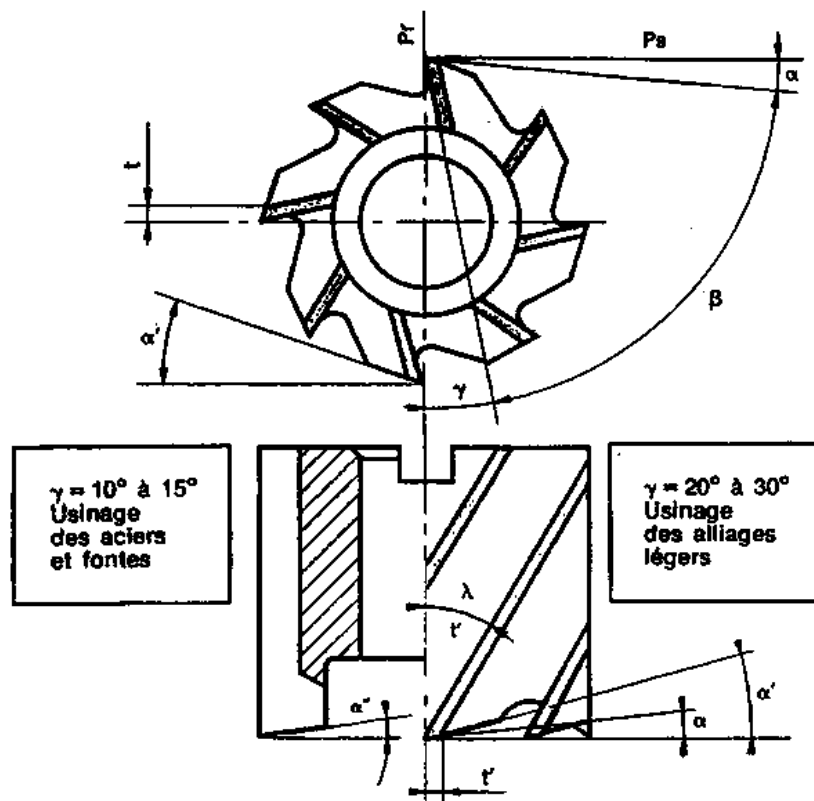
a. Au montage

- 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.

b. 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.

6. Affûtage des fraises:



Figure

Angles pour affûtage périphérique						Angles pour affûtage en bout					
Suivant ØD	2 à 5	G à 11	12 à 18	18 à 40	+ de 40	Suivant ØD	2 à 5	6 à 11	12 à 18	18 à 40	+ de 40
Angle d'hélice λ	35°	35°	35°	30°	30°	Angle de dépouille α	6°	6°	6°	8°	6°
Angle de dépouille α	12°	10°	10°	8°	6°	Angle de dépouille secondaire α'	15°	15°	15°	15°	15°
Angle de dépouille secondaire α'	18°	18°	15°	15°	15°	Angle de dépouille radiale α''	1°	1°30'	1°30'	2°	3°
Valeur du témoin t (en mm)	0,6	0,8	0,8	1	1,5	Valeur du témoin t' (en mm)	0,8	0,8	1	1	1,5

A Affûtage en bout (fraise 2 tailles)**Réglage de la fraise:**

* Compter le nombre de dents de la fraise. Monter un disque diviseur avec un nombre d'encoches égal ou multiple du nombre de dents de l'outil, ou un guide sur la face d'attaque de la dent à affûter.

* Monter la fraise dans la broche de la poupée porte-fraise.

* Situer 1 * arête d'une dent horizontalement avec un trusquin (fig. 1).

* Orienter la poupée porte-fraise de $\alpha = 6^\circ$ (fig. 2) et de $\alpha'' = 1^\circ \text{ à } 3^\circ$, suivant ϕD (fig. 3).

Réglage de la machine:

* Orienter la poupée porte-meule de $1^\circ \text{ à } 2^\circ$ (fig. 3).

* Situer correctement la meule par rapport à la dent à affûter.

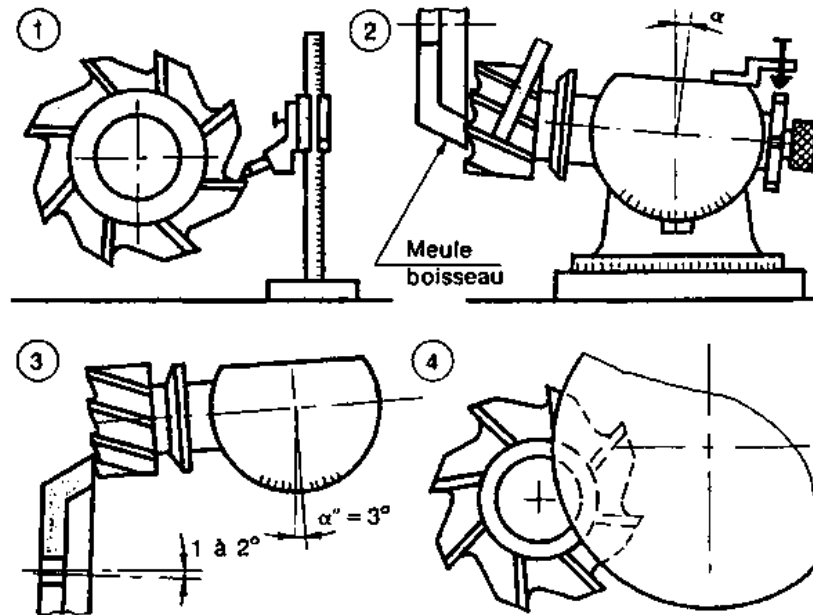
Régler la course de la table (butées). La meule ne doit pas toucher une autre dent (fig. 4).

* Tangenter sûr une dent. Prendre des passes de **0,04** à l'ébauche, **0,02** en finition.

Affûter toutes les dents à chaque opération. Terminer par une passe nulle.

* Contrôle visuel sur l'extrémité des dents.

Hauteur identique des dents (marbre).



Figure

B Affûtage périphérique (fraise 2 tailles avec meule boisseau)

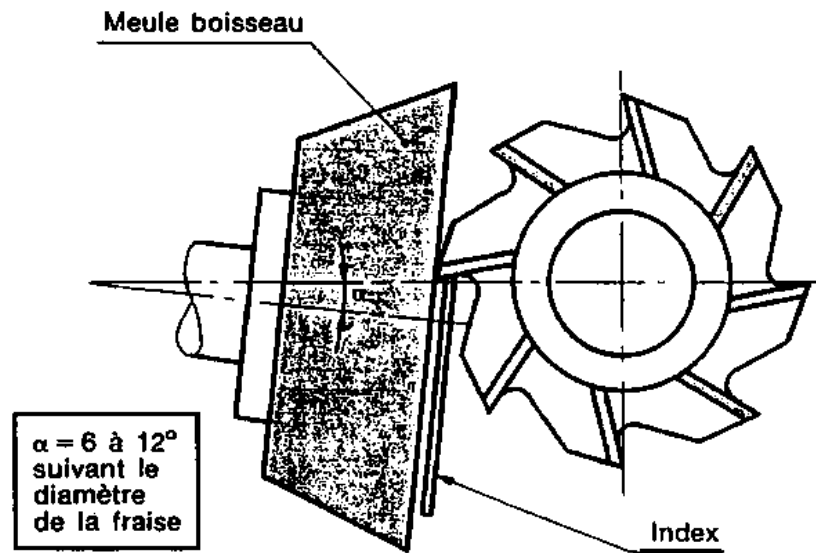
a. Par inclinaison de la poupée porte-meule

1^{re} Méthode:

- * Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur sur la génératrice d'un cylindre-étalon suivant deux positions perpendiculaires.
- * Monter la fraise dans la broche de la poupée.
- * Orienter la poupée porte-meule de l'angle α vers le bas.
- * Monter et régler l'index en position, avec un trusquin gradué, dans l'axe horizontal de la poupée porte-fraise.
- * Régler la course de la table avec deux butées.
- * Mettre la meule en marche, tangenter (dent de la fraise en appui sur l'index).
- * Prendre passes successives de **0,04** en ébauche, **0,02** en finition. Affûter toutes les dents à chacune de ces opérations. Terminer par une passe nulle.
- * Contrôle visuel sur l'extrémité des dents.

REMARQUE:

Déplacer la table de façon régulière. Assurer en permanence le contact de la dent sur l'index.



Figure

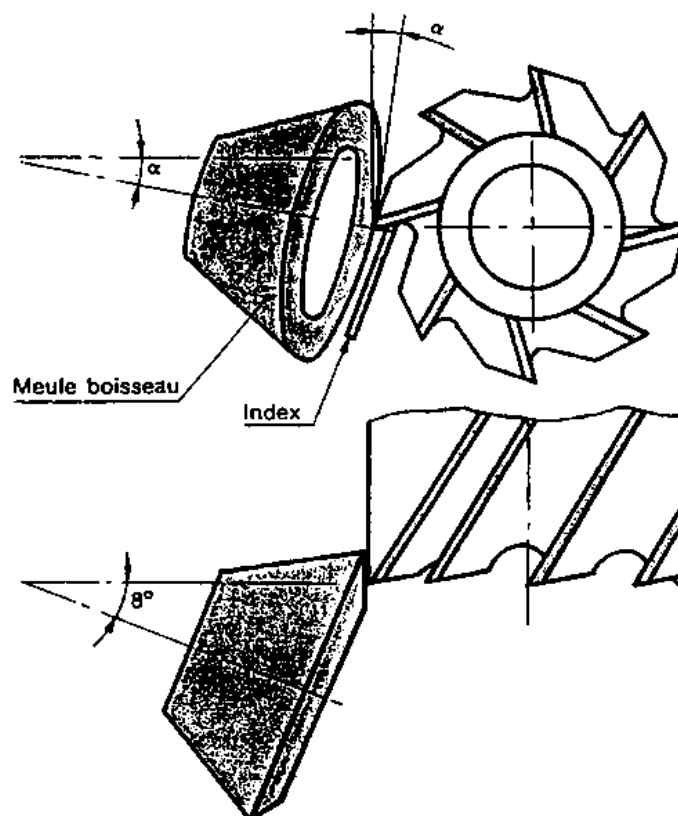
b. Par inclinaison de la poupée porte-meule

2^e Méthode:

Réglage de l'outil: Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur. Monter la fraise dans la broche de la poupée.

Réglage de la machine: Orienter la poupée porte-meule horizontalement de 8° .

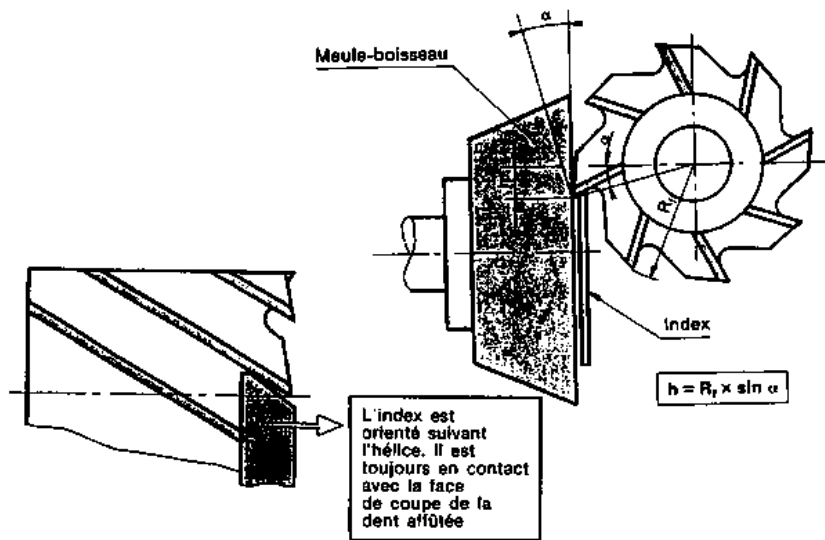
- * Situer avec un trusquin l'index dans l'axe horizontal de la poupée porte-meule. Incliner celle-ci vers le bas de l'angle (voir tableau)
- * Situer l'index dans l'axe horizontal de la poupée porte-fraise avec un trusquin. (Action de montée ou de descente de la poupée porte-meule).
- * Régler la course de la table avec deux butées, puis opérer comme à la première méthode.



Figure

c. Par orientation de la dent affûter

- * Dégauchir la poupée porte-fraise. Monter la fraise dans la broche.
- * Régler la poupée porte-meule à zéro horizontalement et verticalement .
- * Situer l'index au-dessous de l'axe de la fraise d'une valeur h . Réglage avec un trusquin gradué.
- * Procéder ensuite comme au § a.



Figure

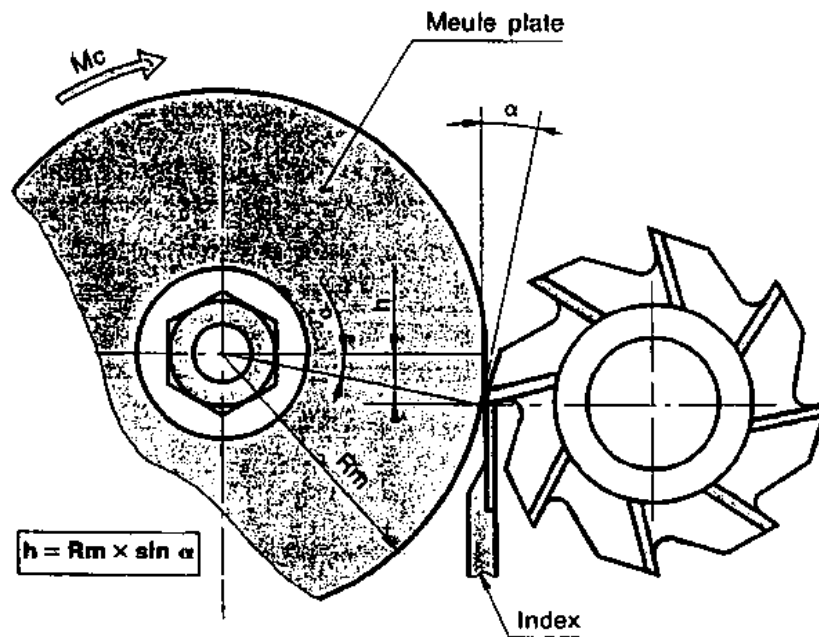
d. Avec meule plate

Réglage de la fraise:

- * Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur.
- * Monter la fraise dans la poupée. Situer l'extrémité d'une dent dans l'axe horizontal. Immobiliser la fraise en rotation.
- * Calculer la valeur h du décalage axe-fraise, axe-meule.

Réglage de la machine:

- * Régler le décalage h avec un trusquin gradué.
- * Situer l'extrémité de la dent en contact avec la meule.
- * Immobiliser la table de la machine.
- * Situer l'index en contact avec la dent. Rendre la fraise libre en rotation.
- * Régler la course longitudinale de la table avec deux butées.
- * Mettre la meule en marche. Tangenter la dent en appui sur l'index.
- * Procéder ensuite comme au § a.



Figure

III. Jeux, Réglages

1. Jeux de fonctionnement

A Déplacement des chariots

- * Les déplacements des chariots sur une fraiseuse d'outillage sont assurés par un système **vis-écrou**.
- * Pour contrôler les déplacements des organes porte-pièces (déplacement longitudinal de la table, transversal du chariot, vertical de la console), les volants de manœuvre des vis sont équipés de tambours gradués.

B Sens de déplacement des chariots

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

C 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.

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

EXEMPLE:

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

Valeur d'une division = $5/250 = 0,02$ mm.

Toutes les cinq divisions, on observe un trait plus long, ce qui indique une valeur de:

$0,02 \times 5 = 0,1$ mm. Un chiffre repère indique les 0,5 mm: 0 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 2,5...

Un tour complet donne un déplacement de 5 mm et nous ramène au repère zéro.

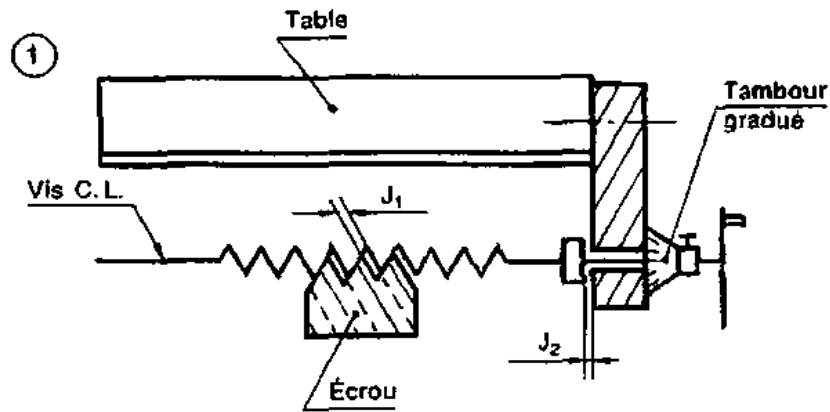
D Jeux de fonctionnement (fig. 1)

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

- * Du jeu **J₁** du système vis-écrou.
- * Du jeu **J₂** du dispositif d'attelage de la vis.

$$\mathbf{J = J_1 + J_2}$$

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



Figure

E Inconvénients du système vis-écrou

- * 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.

2. Rattrapage des jeux:

A Problème à résoudre

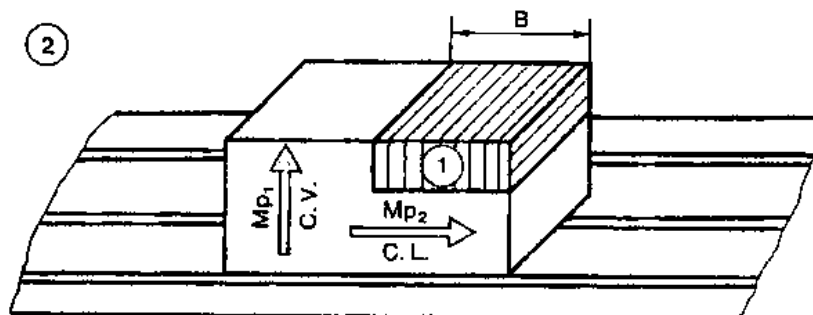
Savoir utiliser les chariots d'une fraiseuse pour amener une pièce en position d'usinage pour la réalisation de l'épaulement (1) fig. 2.

B Situation des jeux

- * 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 Mp-Fc, fig. 3).
- * Conclusion: il faut donc neutraliser J_1 et J_2 .

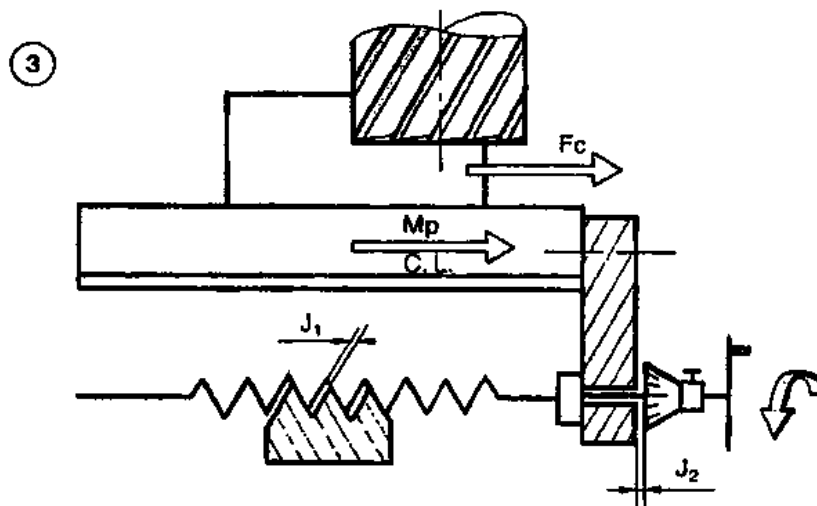
C Opération de rattrapage des jeux

- * 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.



Figure

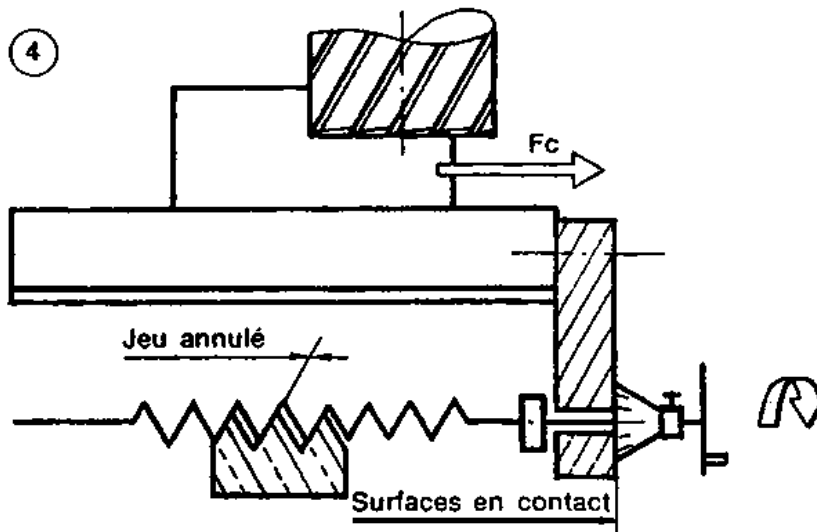
- * Cette manœuvre déplace les jeux et modifie la position des surfaces d'appui en contact du dispositif d'attelage et du système vis-écrou, qui s'opposent ainsi à l'effort de coupe.



Figure

D Mode opératoire

- * Prendre la profondeur de passe et bloquer le chariot longitudinal.



Figure

- * 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.

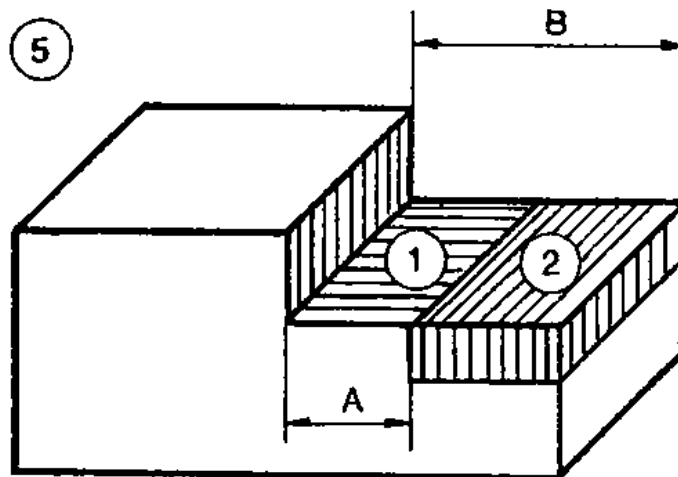
3. Réglage à inversion:**A Cas d'utilisation**

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

B Exemple d'application (fig. 5)

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

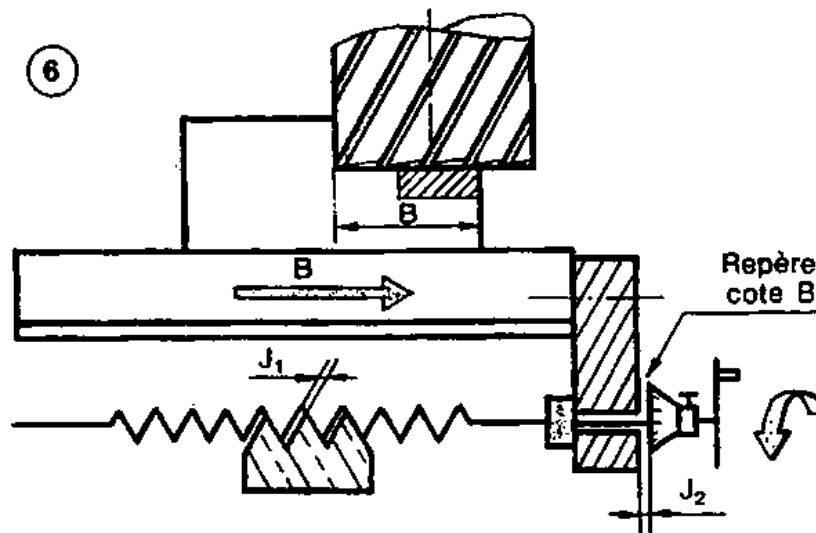
Pour l'exécution de l'épaulement (2), il faut éloigner la pièce de la fraise.



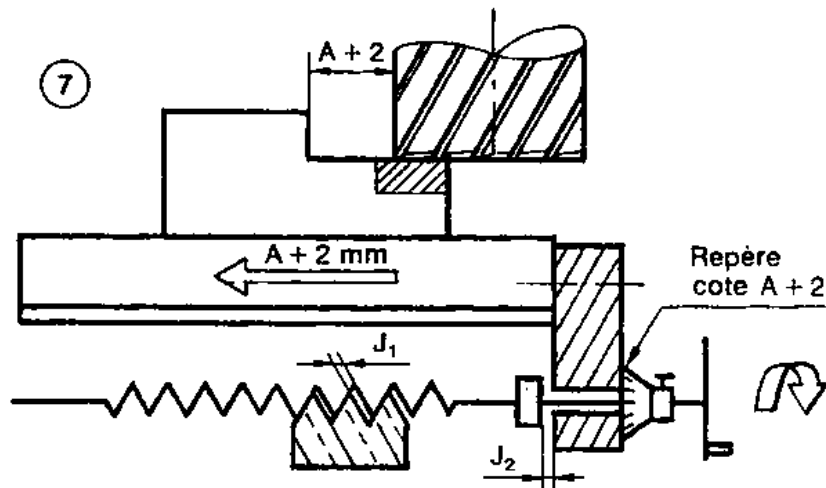
Figure

C Mode opératoire

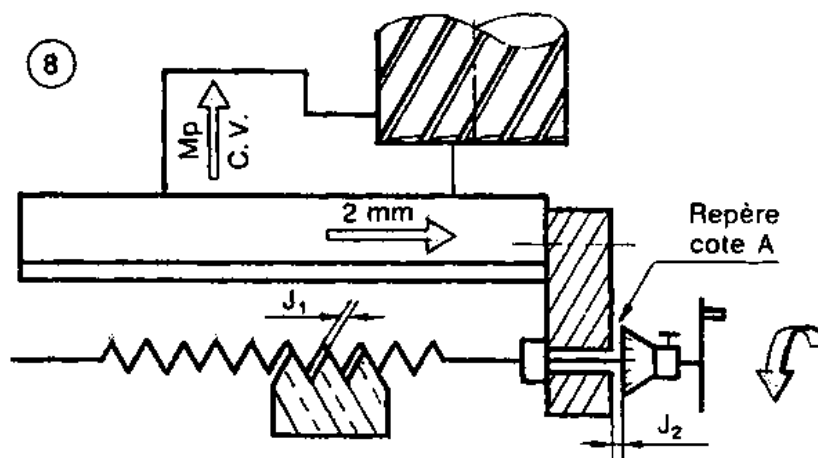
- * Exécuter l'épaulement (1), pour le fraisage de l'épaulement (2), il faut procéder de la manière suivante:
- * Lors de la finition de l'épaulement (1), prendre le repère de la cote **B** (fig. 6).
- * Déterminer par le calcul le nouveau repère de la cote **A** (nombre de tours plus fraction de tour).
- * Eloigner la pièce de la fraise (sens des aiguilles d'une montre) de **A** et dépasser le nouveau repère d'environ **2 mm**, p.ex. (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.



Figure



Figure



Figure

4. Réglage par rétro-inversion:

A Cas d'utilisation

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

B Rappel

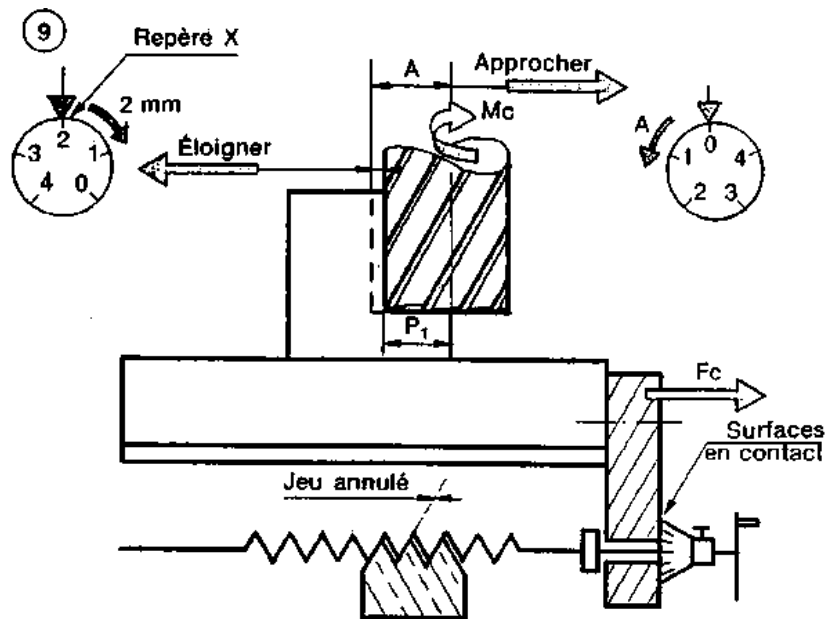
Nous avons vu, au cours du réglage pour la prise de passe (fig. 3), la situation des jeux J_1 et J_2 et par suite la nécessité de procéder à l'opération de rattrapage des jeux (fig. 4).

C Mode opératoire

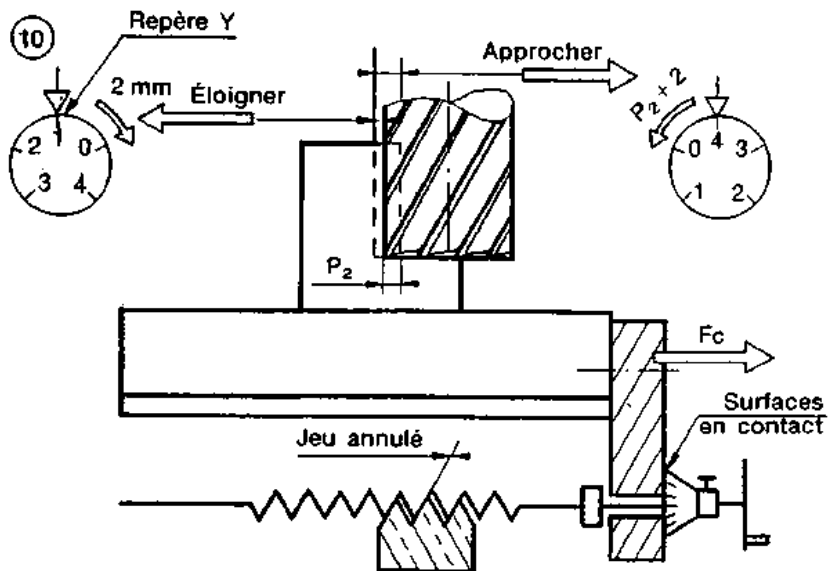
- * Tangenter et approcher le C.L. de A, sens inverse des aiguilles d'une montre (fig. 9).
- * Eloigner la pièce de la fraise de 2 mm sur le tambour gradué. (On suppose J inférieur à 2 mm.) En réalité, le déplacement correspondant de la table est égal à $2 \text{ mm} - J$.
- * Prendre le repère X, exécuter la passe d'approche P_1 , mesurer la cote (fig. 9).
- * Déterminer la passe P_2 de finition à prendre.
- * Rapprocher la pièce de la fraise d'une valeur supérieure à P_2 (sens inverse).
- * Eloigner 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).

REMARQUE:

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.



Figure



Figure

IV. Mode d'action des fraises

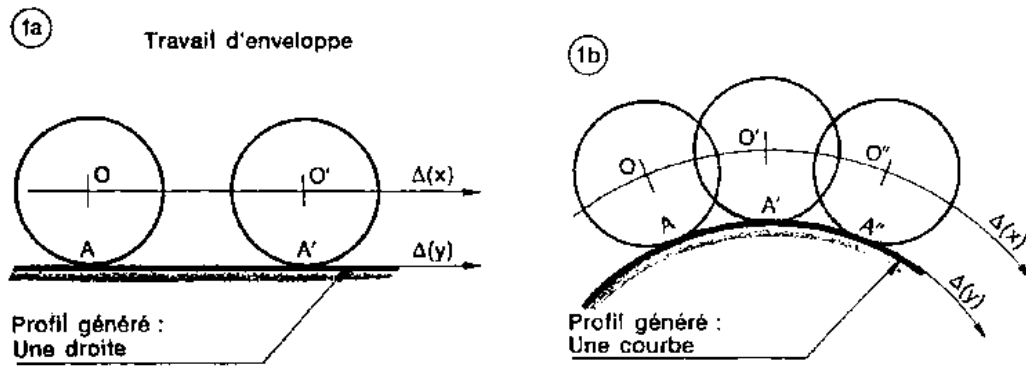
1. Génération des surfaces:

Le fraisage est un procédé d'usinage permettant d'obtenir des surfaces planes, cylindriques, coniques, hélicoïdales ou spéciales. L'usinage s'obtient par combinaison de deux mouvements:

- * Le mouvement de coupe **Mc** appliqué à l'outil par la broche de la fraiseuse.
* Le mouvement d'avance **Ma** appliqué à la pièce solidaire de la table.

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

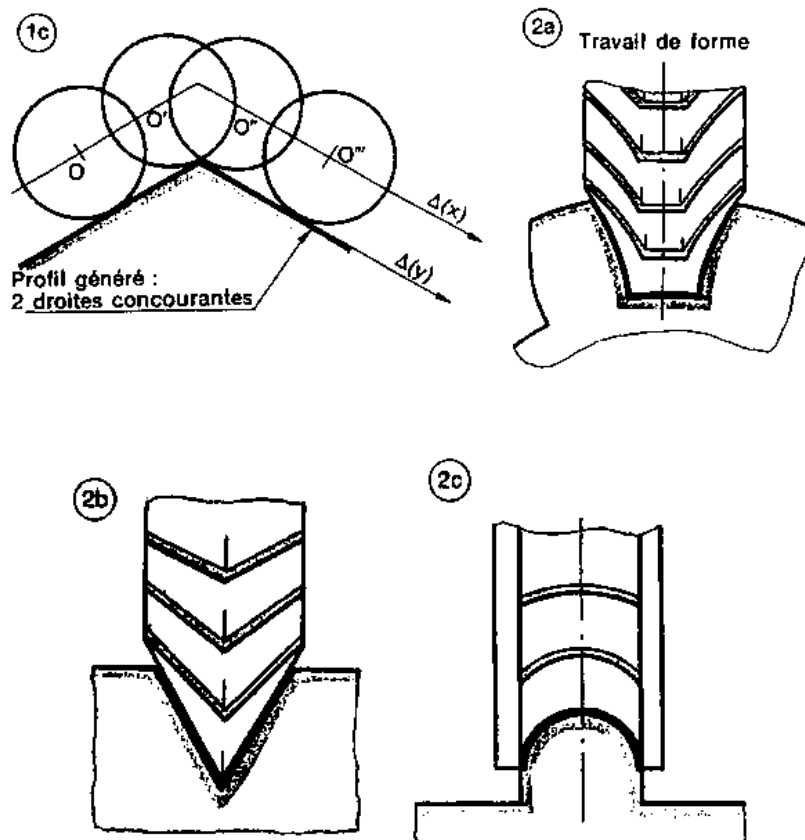
A Travail d'enveloppe (fig. 1)



Figure

B Travail de forme (fig. 2)

Exécution de surfaces où l'on retrouve la forme de la génératrice de la fraise. Le profil de la surface usinée est identique à celui de la génératrice de la fraise en cours d'usinage.



Figure

Figure

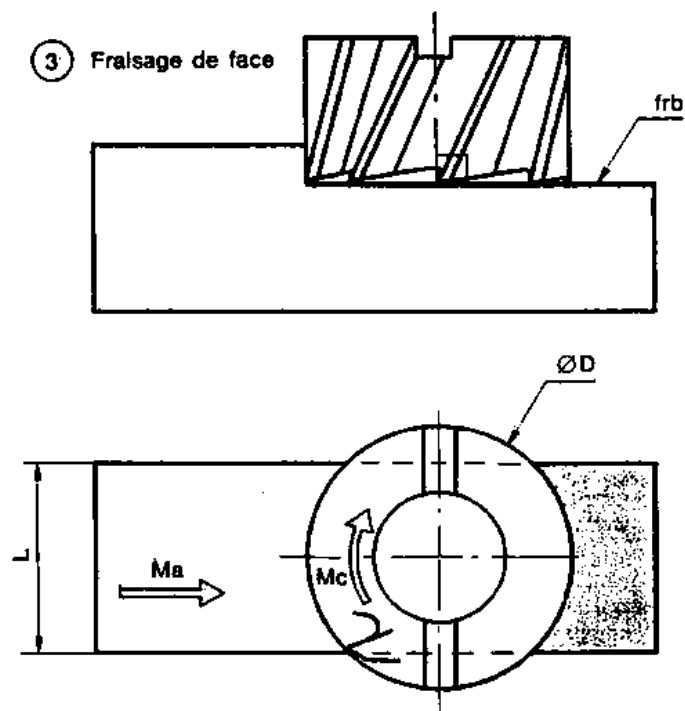
2. Modes de fraisage:

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

A Fraisage de face (fig. 3)

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**.



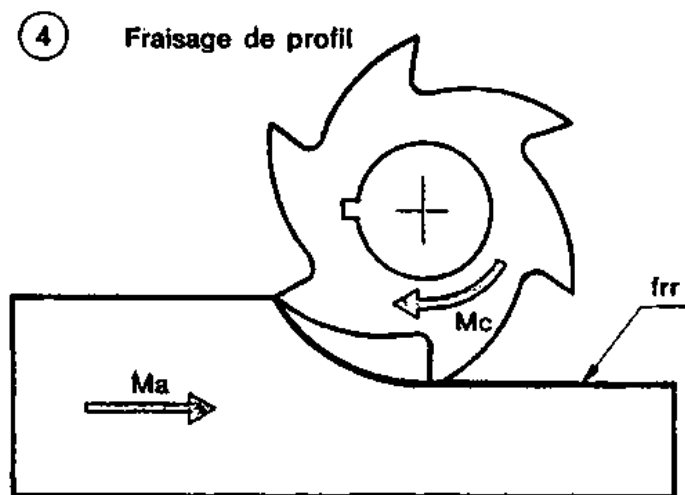
Figure

B Fraisage de profil (fig. 4)

La génératrice de la fraise est parallèle à la surface usinée.

Procédé d'obtention de surfaces planes ou quelconques dans des positions diverses.

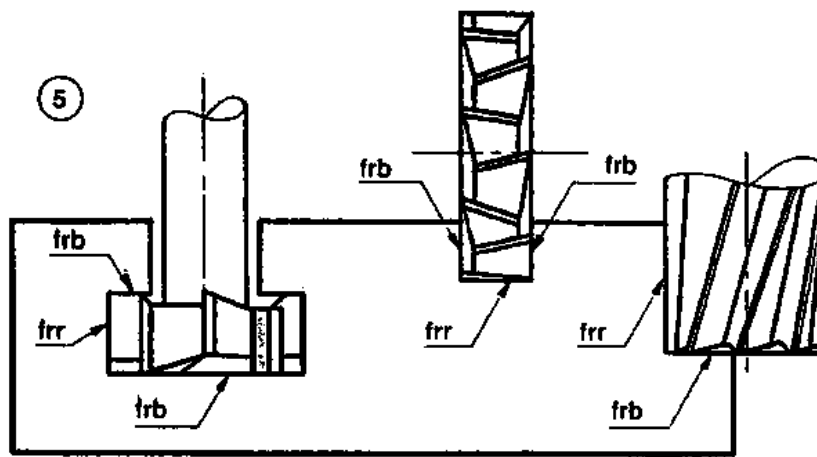
Ce mode de fraisage est également appelé **fraisage en roulant**, symbole **frr**.



Figure

REMARQUE:

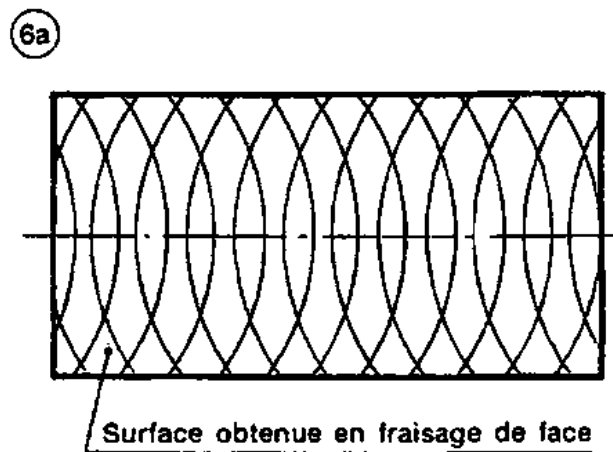
Les deux modes de fraisage peuvent se trouver en application au cours d'une même opération, c'est le cas des fraises 2 tailles, 3 tailles, travaillant simultanément de face et de profil (fig. 5).



Figure

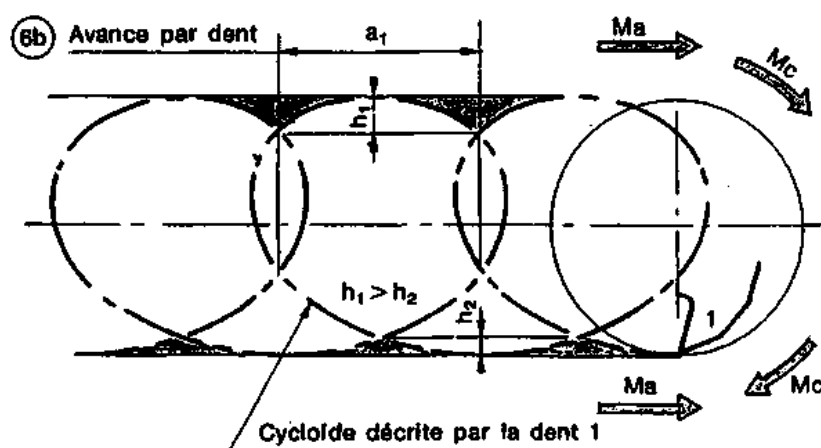
3. Aspect des surfaces:

A En fraisage de face (fig. 6a)



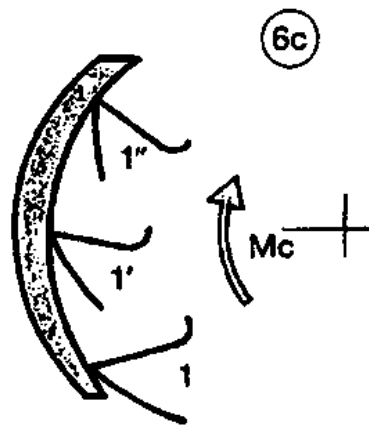
Figure

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 (fig. 6b).



Figure

a. Epaisseur du copeau (fig. 6c)



Figure

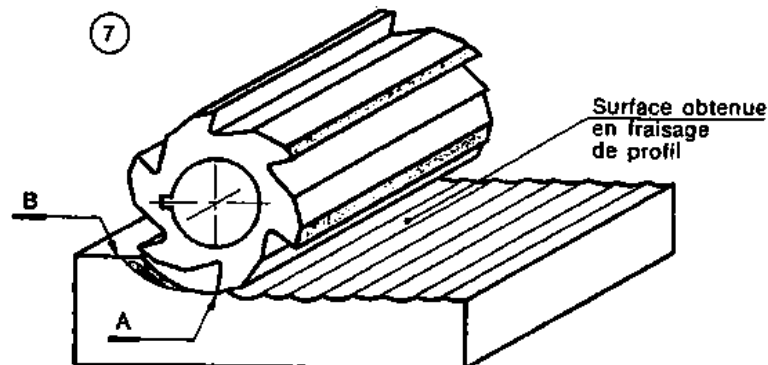
L'intervalle compris entre deux cycloïdes consécutives représente l'épaisseur du copeau. On constate que cette épaisseur varie tout au long de la trajectoire de coupe de la dent. Dans le cas d'une fraise de diamètre supérieur à la largeur de la pièce, l'épaisseur est légèrement plus faible à l'entrée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

b. Etat 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 a_1 .

B En fraisage de profil (fig. 7)

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.



Figure

a. Epaisseur du copeau

Chaque dent de la fraise taille un copeau d'épaisseur croissante: nulle à l'attaque au point **A** et maximum à la sortie en **B**.

b. Etat 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.

C Choix du mode

Le choix du mode de fraisage dépend:

* De la spécification d'état de surface, ex.:

$$1,6\sqrt{f_r b}$$

,

$$3,2\sqrt{f_r b}$$

* De la spécification géométrique, ex.:

0,02,

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.

4. Position relative pièce fraise en fraisage de profil

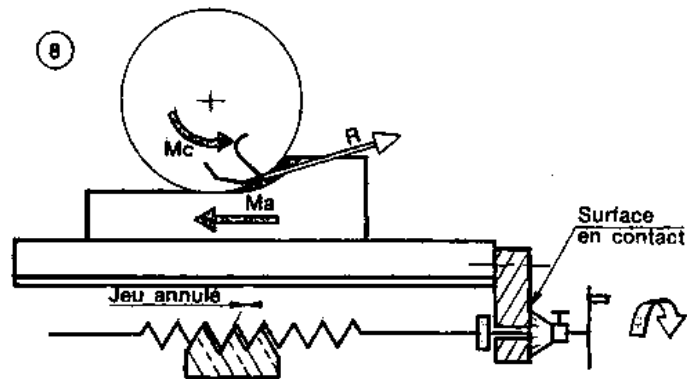
A Fraisage en opposition

Le mouvement d'avance M_a de la pièce et le mouvement de coupe M_c de la fraise dans la zone fraisée sont de sens contraire (fig. 8).

* L'épaisseur du copeau est faible à l'attaque, puis maximum en fin de trajectoire de la dent.

* La résultante R des efforts de coupe est dirigée dans le sens opposé au M_a . Elle tend à soulever la pièce et à faire plaquer la vis contre le flanc de l'écrou avec lequel elle est déjà en contact.

* Ce procédé convient aux fraiseuses d'outillage.



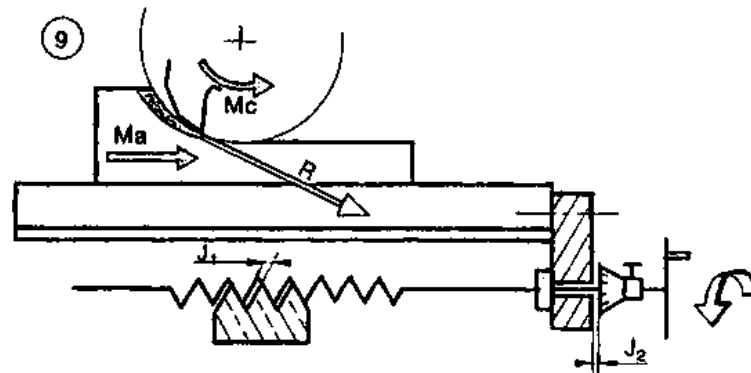
Fraisage en opposition

B Fraisage en concordance ou «en avalant»

Le mouvement d'avance M_a de la pièce et le mouvement de coupe M_c de la fraise dans la zone fraisée sont de même sens (fig. 9).

* L'épaisseur du copeau est maximum à l'attaque (travail par choc donc avance réduite), puis diminue constamment pour devenir nulle en fin de trajectoire de la dent: bonnes conditions de coupe, meilleur état de surface.

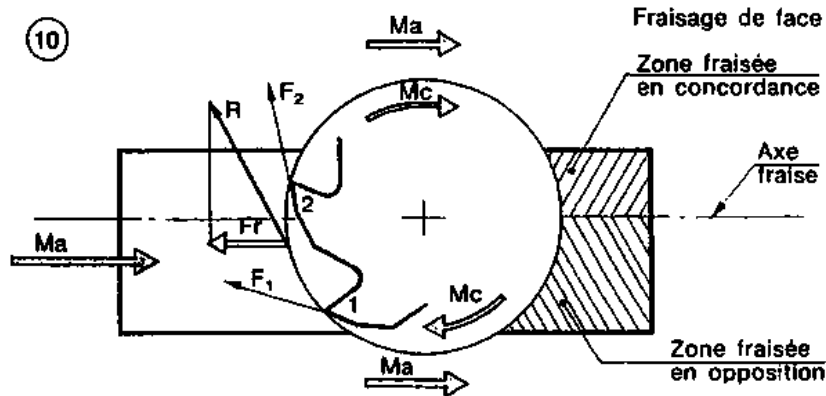
* La résultante R des efforts de coupe est dirigée dans le même sens que le M_a . Elle tend à faire plaquer la pièce sur la table, mais également à entraîner celle-ci en raison des jeux fonctionnels du système vis-écrou.



Fraisage en concordance

* 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.



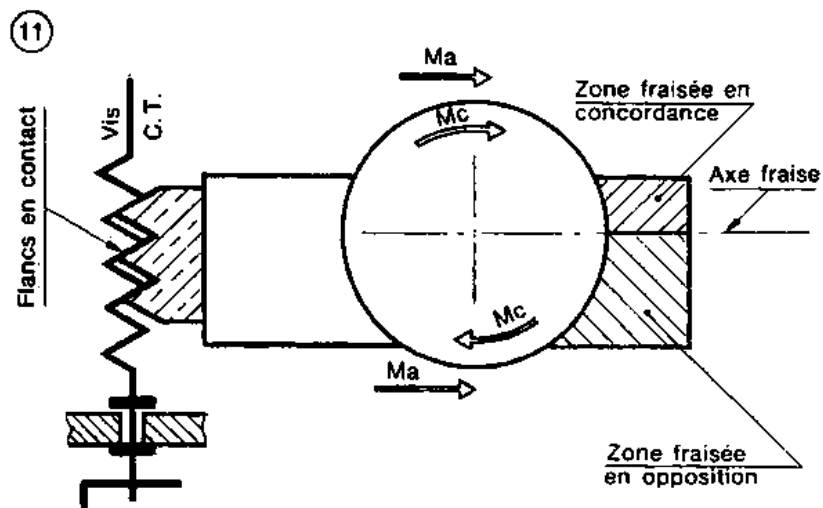
Figure

5. Position relative pièce/fraise en fraisage de face:

La zone fraisée est simultanément en opposition et en concordance; il convient cependant de désaxer légèrement la pièce, par rapport à l'axe de 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 R des efforts de coupe, de sens opposé, au déplacement de la pièce (fig. 10).

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 (fig. 11).



Figure

V. Préparation de machine à fraiser

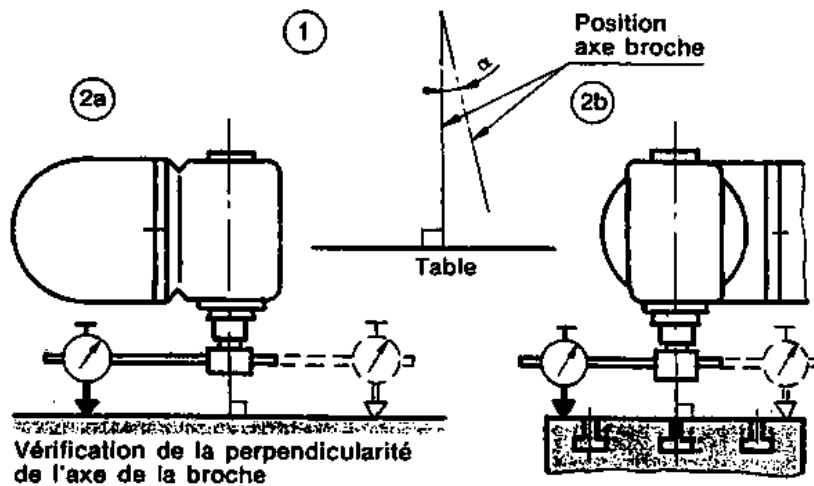
1. Orientation de la broche:

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.

A Axe vertical

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

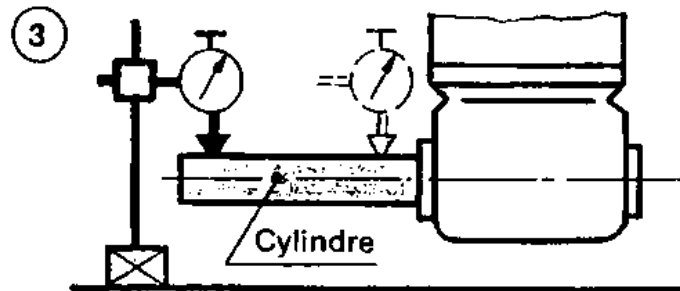
La remise en place nécessite de veiller à la propreté de la goupille et des alésages correspondants. Au cours du contrôle géométrique de la machine, on vérifie l'exactitude de la perpendicularité de l'axe de la broche suivant deux directions perpendiculaires (fig. 2a et 2b).



Figure

B Axe horizontal

Lorsqu'il s'agit de la position horizontale pour une tête à double inclinaison, même remarque qu'au § A. La vérification s'opère telle qu'à la figure 3 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.

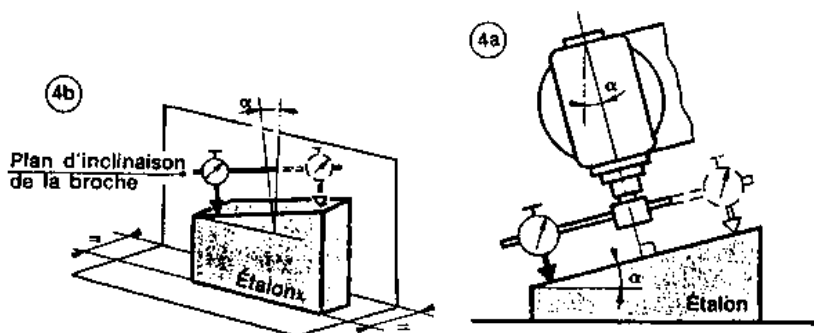


Figure

C Axe incliné d'un angle α

Considérons une inclinaison α 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 par précision en utilisant diverses méthodes de réglage.

a. Calibre-étalon (fig. 4a et 4b)



Figure

* Placer l'étalon dans un plan parallèle à celui de la rotation (fig. 4b), 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 α en se servant des graduations, monter le comparateur dans la broche.

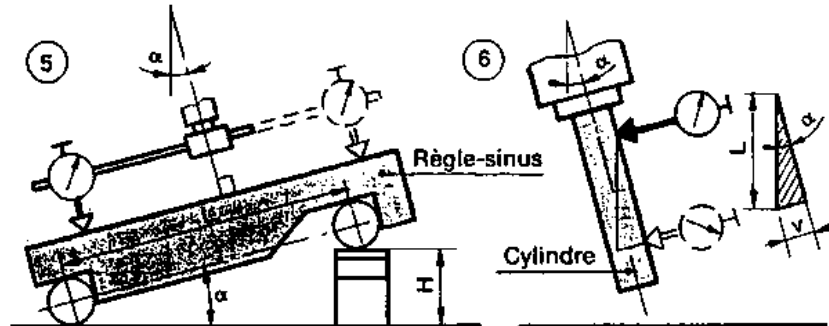
* Par rotation de 180° de celle-ci (débrayée) et en agissant sur la tête, régler la position par lecture du comparateur, l'aiguille revenant au même repère.

* Bloquer la tête et vérifier.

b. Règle-sinus (fig. 5)

* Le mode opératoire est le même qu'au §a., il est seulement précédé du réglage de l'appareil sinus à l'angle α désiré:

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



Figure

c. Cylindre-étalon et comparateur (fig. 6)

* 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

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

$$L = \frac{v}{\sin \alpha} \text{ (fig.6)}$$

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

REMARQUE:

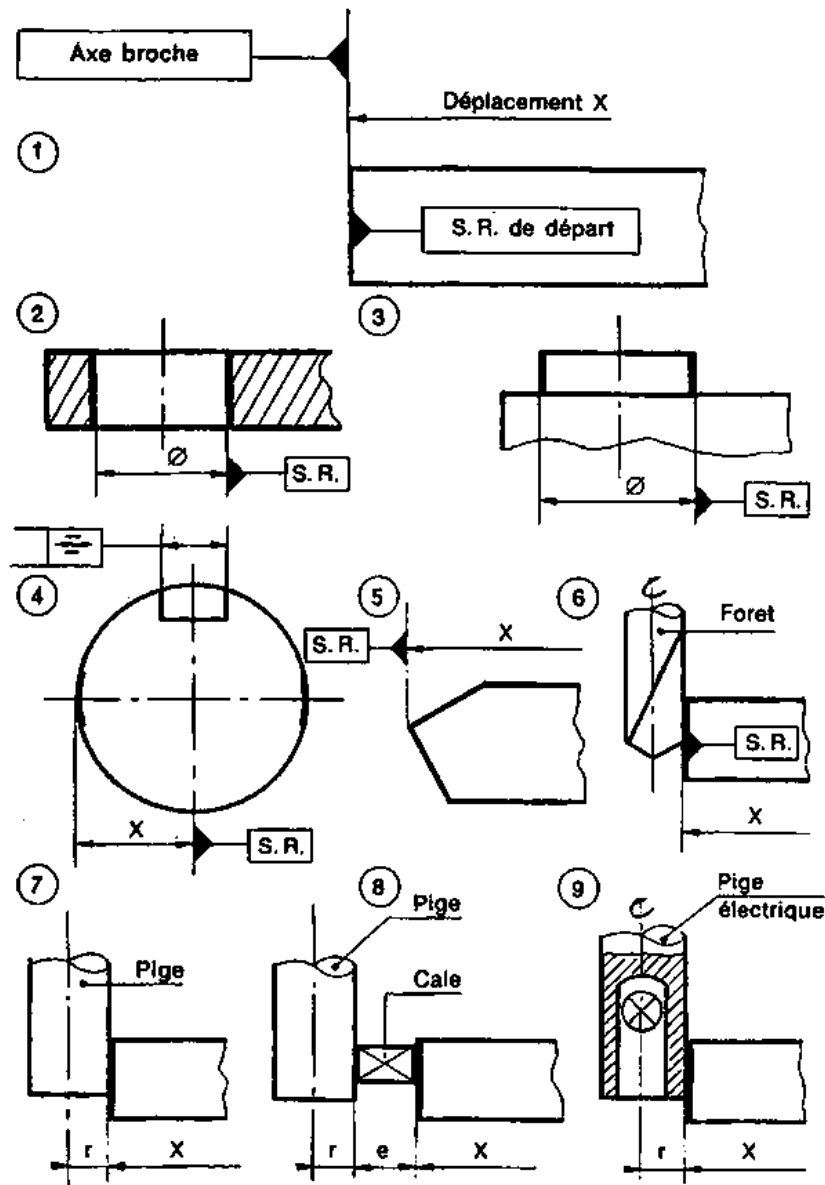
La précision de la mise en position de l'angle α broche dépend du justesse des accessoires utilisés: angle α étalon, réglage H delà barre-sinus, de la cylindricité de l'étalon, ainsi que de la rectitude de la génératrice et de la qualité du comparateur. Il faut donc s'efforcer d'opérer le plus soigneusement possible pour réduire l'erreur sur α à obtenir.

2. Départs d'usinage:

A Problème à résoudre

* 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 (fig. 1), une forme cylindrique intérieure (fig. 2) ou extérieure (fig. 3) la génératrice d'un cylindre (fig. 4), la ligne d'intersection de deux plans (fig. 5).



Figure

B Procédés d'alignement**a. Avec l'outil**

* Tangenter avec la génératrice de l'outil sur la S.R. de départ et opérer un déplacement de: $r(\text{outil}) + X$ (fig. 6).

* L'appréciation du contact est souvent peu aisé (acuité visuelle); par ailleurs, la rotation de l'outil provoque sur la S.R. 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.

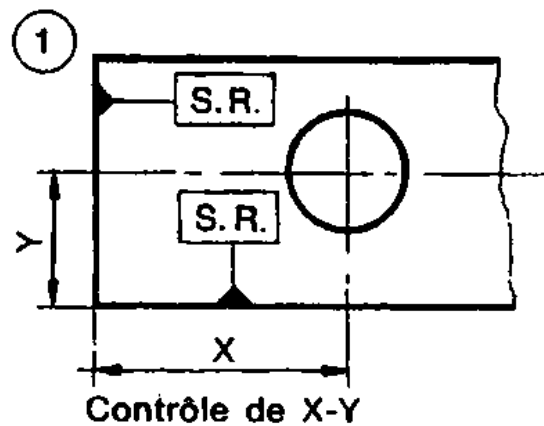
* Avec une pige seule, de diamètre le plus juste possible, venir tangenter sur la S.R. L'appréciation du contact est difficile. Déplacement: $r(\text{pige}) + X$. Précision = 0,1 mm (fig. 7).

* 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 (fig. 8).

* L'emploi de la pige électrique permet de tangenter plus aisément car, dès le contact, la lampe s'allume. Déplacement: $r(\text{pige}) + X$. Précision = 0,02 mm (fig. 9).

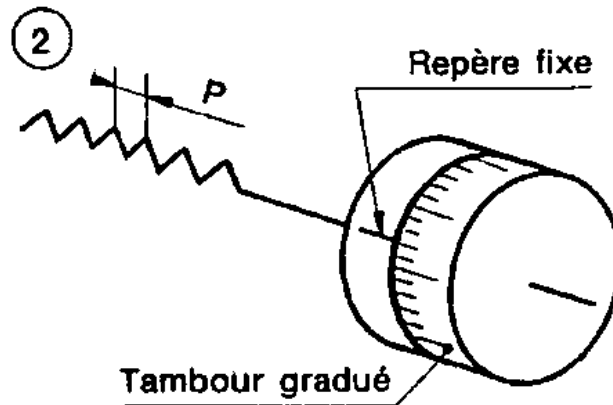
3. Contrôle des déplacements**A Problème à résoudre**

Après avoir aligné l'axe de la broche avec la S.R. de départ, on effectue uni ou plusieurs déplacements dont il faut contrôler la valeur de façon plus ou moins précise (fig. 1). La précision résulte souvent de l'indépendance entre la fonction contrôle et la fonction déplacement, et aussi de la qualité du système utilisé.



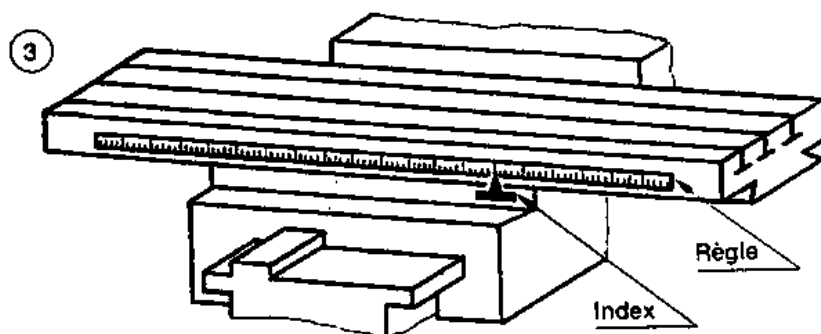
Figure

B Tambour gradué (fig. 2)



Figure

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'elle. 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 (fig. 3). Actuellement, la qualité d'exécution des vis permet une précision de l'ordre de 0,02 mm sur machine en bon état.



Figure

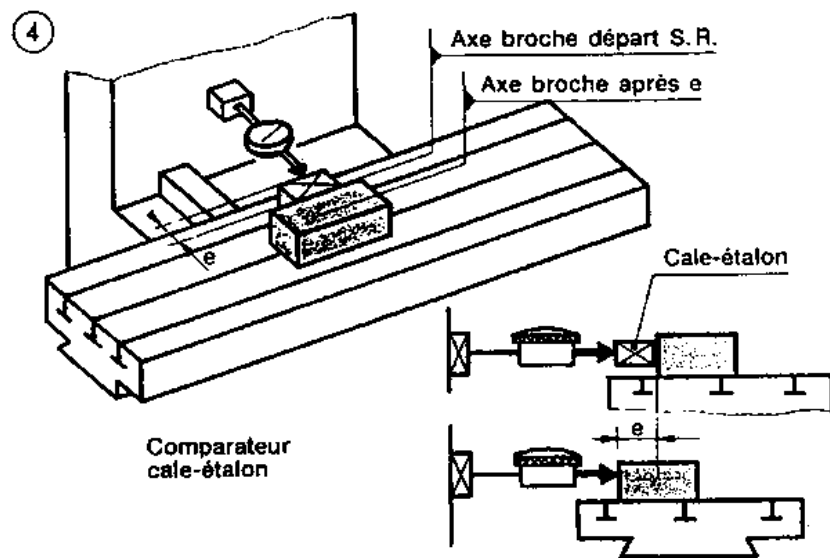
C Comparateur-cale (fig. 4)

Ce système est indépendant de la fonction déplacement; la précision dépend de celle de la cale, des flexions et déformations au niveau du comparateur.

* Prendre départ S.R. broche, régler l'aiguille du comparateur à zéro (tension de 0,5 env.), cale mise en place, e.

* Enlever celle-ci, déplacer le chariot jusqu'au retour de l'aiguille à zéro.

Opérer avec précaution; la précision est de l'ordre de 0,01 mm.



Figure

VI. Ablocage

1. Objectif:

Les opérations successives d'usinage nécessitent:

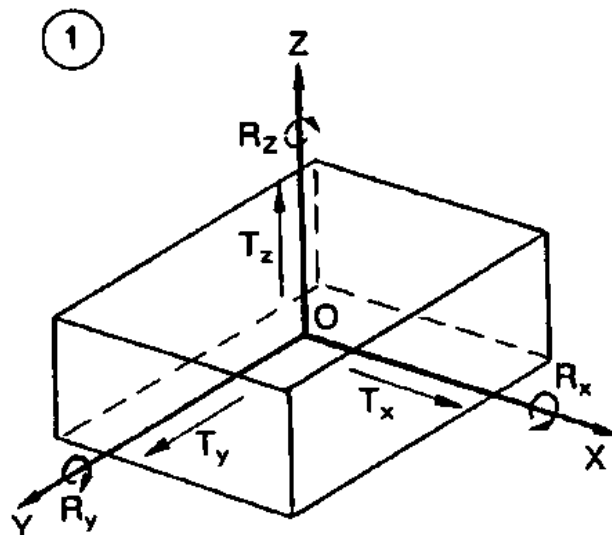
- * **La mise en position** de la surface usinée par rapport au référentiel machine OX, OY, OZ.
- * **L'immobilisation** de la pièce en cours d'usinage.
- * **L'absence de déformation** au moment de l'ablocage, en cours de travail et après démontage.

2. Mise en position:

A Définition des degrés de liberté

Un solide, libre de toute sollicitation, possède six degrés de liberté:

- * Trois degrés en translation, trois degrés en rotation (fig. 1).
- * Une rotation suivant **OZ** (R_z), une translation suivant **OZ** (T_z);
- * Une rotation suivant **OX** (R_x), une translation suivant **OX** (T_x).
- * Une rotation suivant **OY** (R_y), une translation suivant **OY** (T_y).

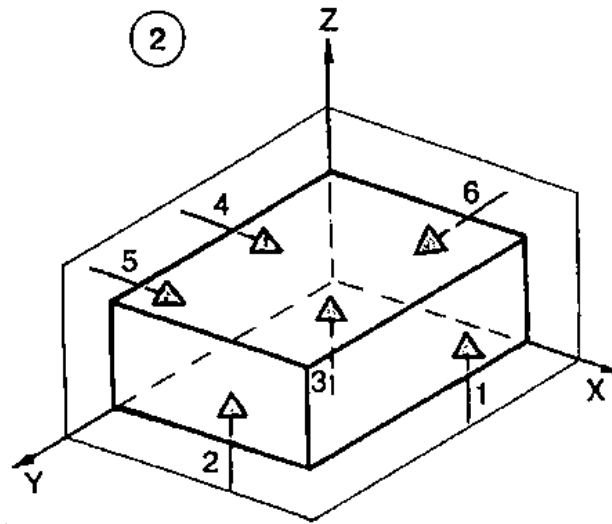


Figure

B Exemples de mise en position

Il faut, par des appuis, éliminer les six degrés de liberté.

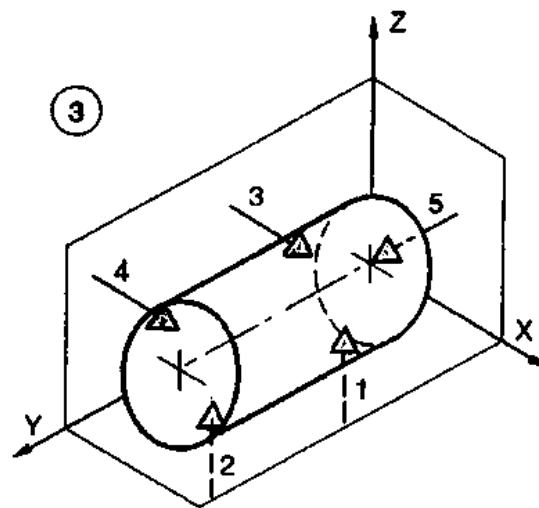
Cas d'un parallélépipède (fig. 2)



Mise en position d'un parallélépipède

- * Appui plan, 1-2-3: on supprime trois degrés \rightarrow **1T** (T_z) et **2R** (R_x, R_y).
- * Appui linéaire, 4-5: on supprime deux degrés \rightarrow **1T** (T_x) et **1R** (R_z).
- * Appui point, 6: on supprime un degré \rightarrow **1T** (T_y).

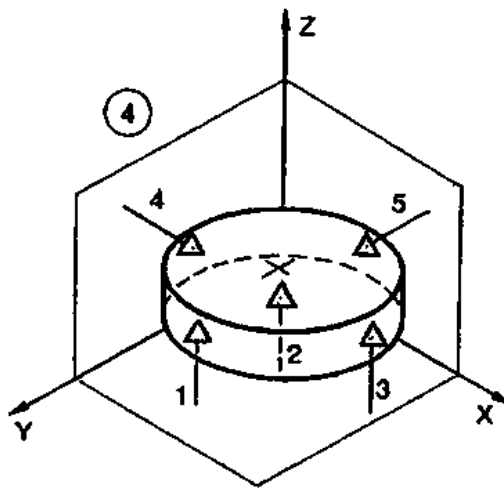
Cas d'un cylindre long (fig. 3)



Mise en position d'un cylindre long

- * Appui linéaire, 1-2: on supprime deux degrés \rightarrow (T_z), (R_x)
- * Appui linéaire, 3-4: on supprime deux degrés \rightarrow (T_x), (R_z)
- * Appui point, 5: on supprime Un degré \rightarrow (T_y).

Cas d'un cylindre Court (fig. 4)



Mise en position d'un cylindre court

- * Appui plan, 1-2-3: on supprime trois degrés $\rightarrow (T_z), (R_y), (R_x)$
- * Appui point, 4: on supprime un degré $\rightarrow (T_x)$.
- * Appui point, 5: on supprime un degré $\rightarrow (T_y)$.

C Problème pratique

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.

a. Pièces prismatiques

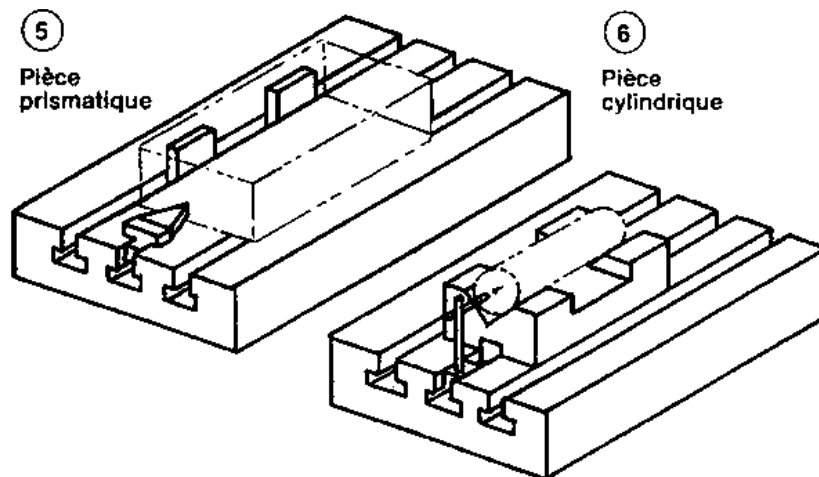
Elles peuvent être situées par exemple sur la table de la machine par six points d'appui (fig. 5):

- * 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.

b. 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)

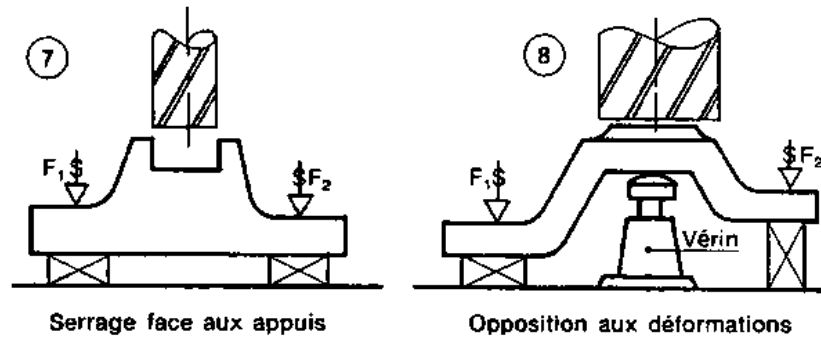


Figure

3. Immobilisation: Conditions à satisfaire, principes (fig. 7)

- * Immobiliser la pièce, conserver la précision de la mise en position.
- * Eviter 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.



Figure

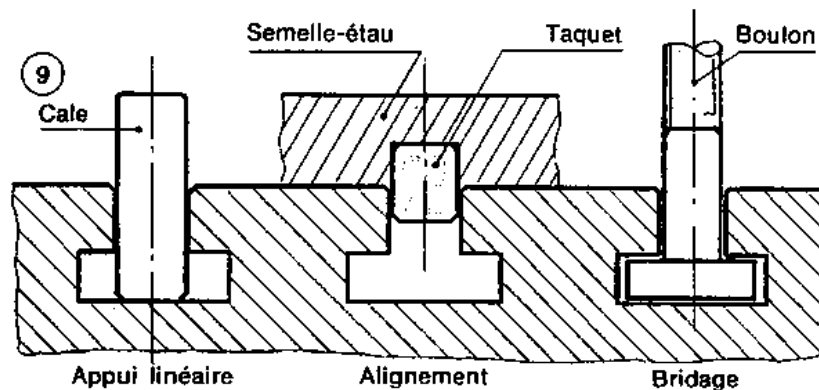
4. Dispositifs d'ablocage

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).

A Ablocage sur table (fig. 9)

La table de la fraiseuse constitue la première référence de mise en place de tous les systèmes porte-pièce. 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-pièce.
- * De placer les boulons à têtes rectangulaires utilisés pour le bridage.

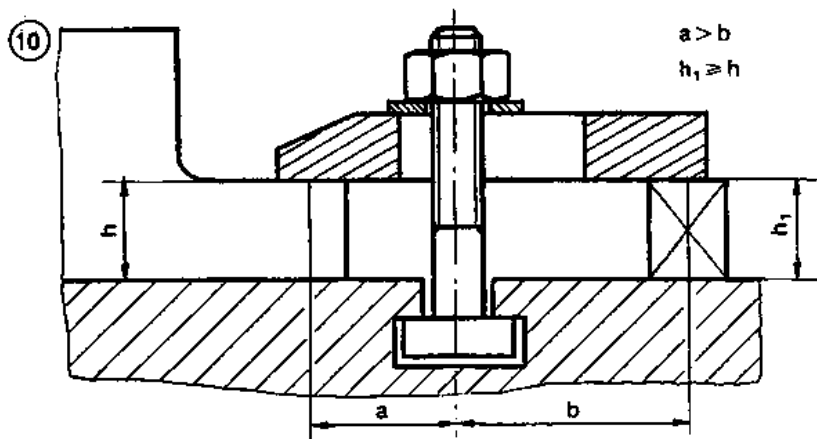


Figure

a. 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.



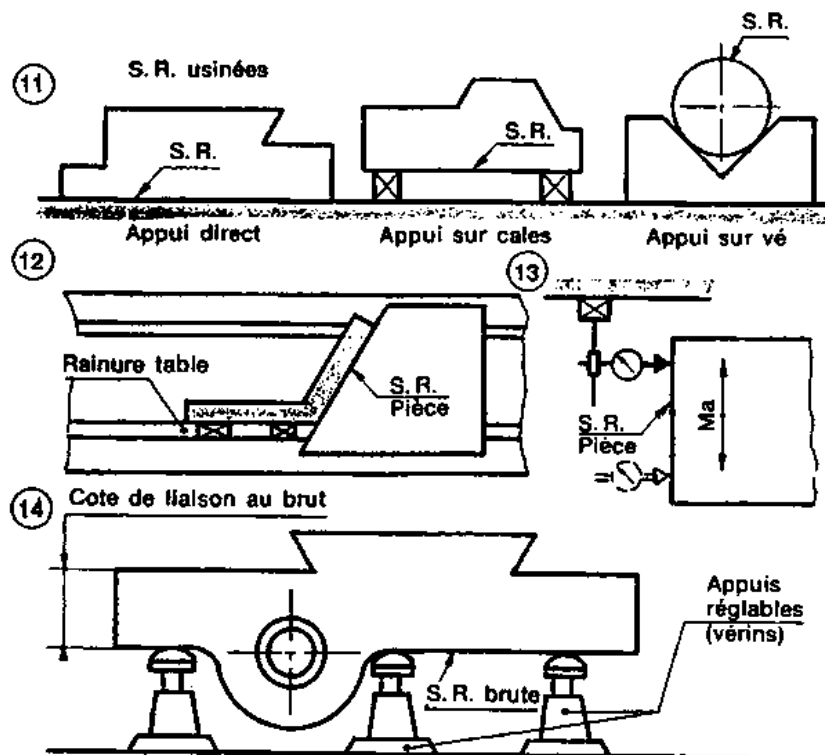
Figure

b. Nature des appuis*** Pièce comportant une S.R. 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**

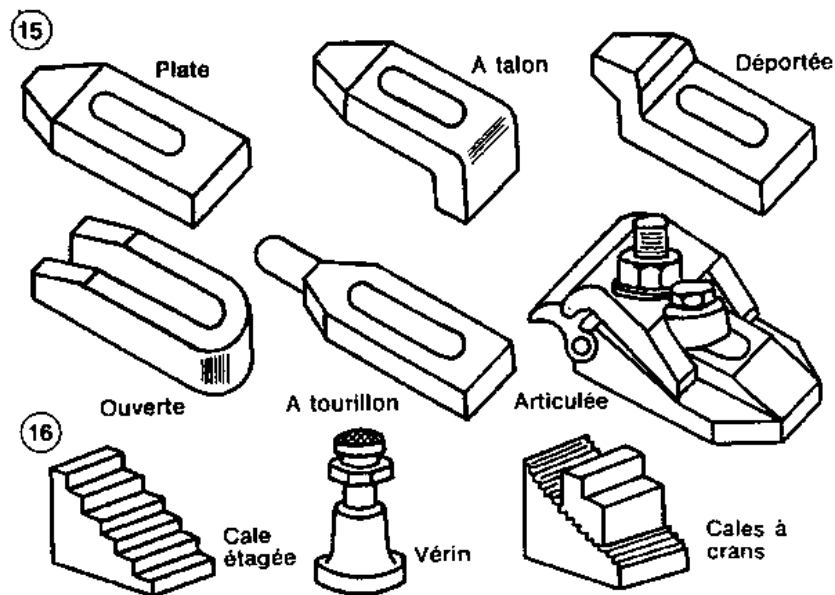
La mise en position de la S.R. (liaison au brut) doit se faire sur des appuis dont l'un au moins est réglable (vérins, butées à borne). La nature du contact pièce-appui sera presque toujours ponctuelle (fig. 14). Le dégauchissage de la surface à usiner est souvent à réaliser.



Figure

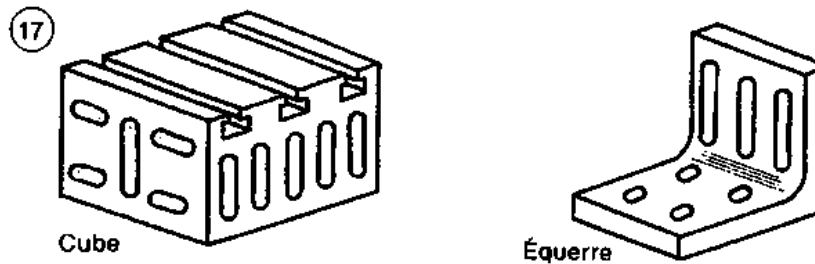
c. Accessoires de serrage

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 vérins (fig. 16).



Figure

d. Accessoires de montage (fig. 17)

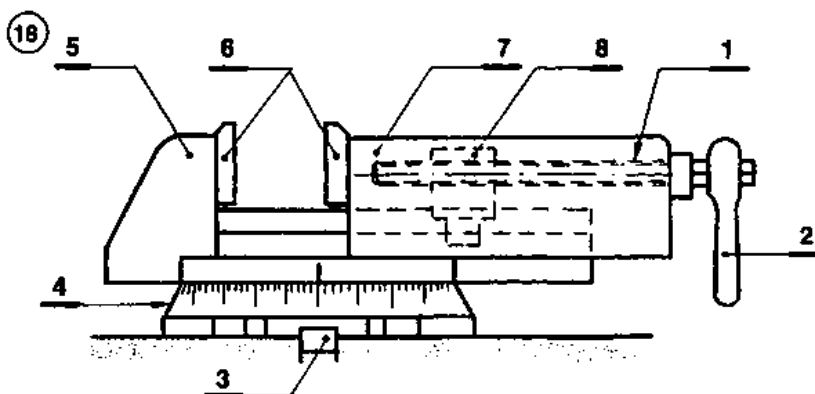


Figure

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.

B L'étau (fig. 18)



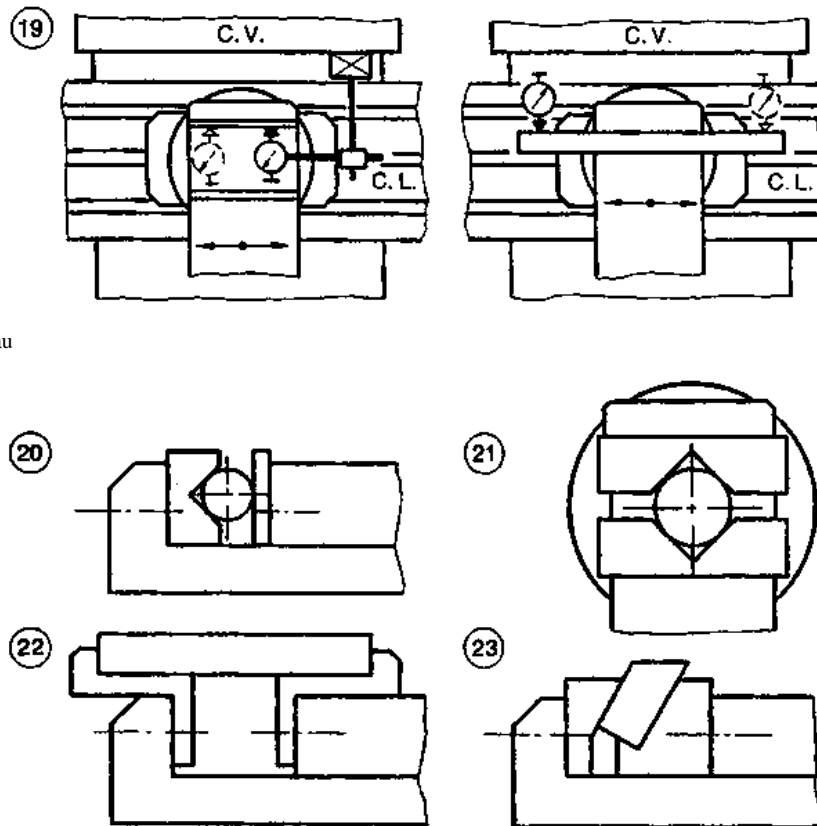
Figure

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-écrou, 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 réglage au comparateur (fig. 19). Sur certains modèles, la base pivotante, graduée en degrés, permet d'orienter l'étau de l'angle α 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 en position axe horizontal (fig. 20), ou vertical (fig. 21), l'immobilisation de pièces minces (fig. 22), et le fraisage de surfaces obliques (fig. 23).



Réglage de l'étau

Figure

C 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 S.R. 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.

D Plateau circulaire

Ce porte-pièce a une table circulaire dont les rainures en T permettent le bridage des pièces de la même façon que sur la table de la fraiseuse. L'effort de serrage devra être modéré pour ne pas déformer le plateau et empêcher sa rotation. Pour atténuer certaines difficultés d'ablocage, dues parfois à la faible capacité du plateau, on peut utiliser des brides à talon. Pour certains travaux, on peut également placer sur le plateau des accessoires tels que: étau, cube, équerre, etc.

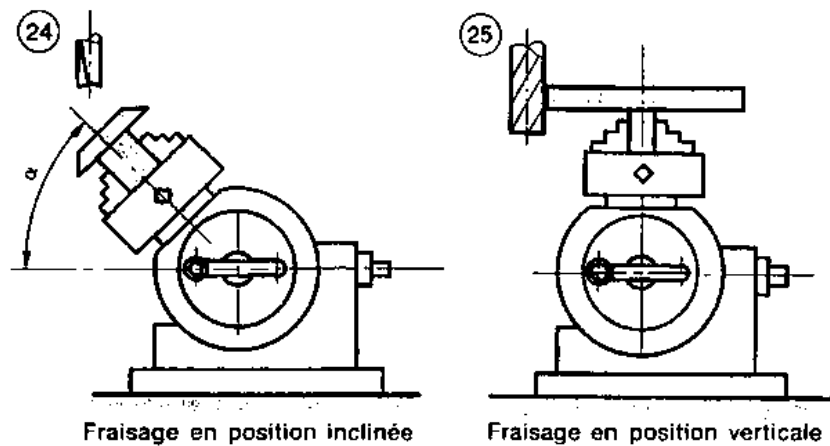
E Diviseur

a. Description, réglages

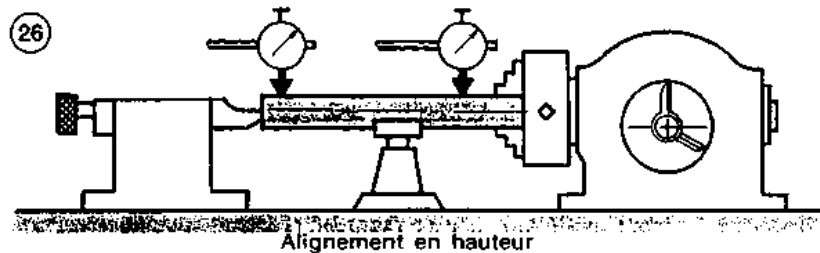
Le diviseur de fraisage est un appareil composé de la poupée-diviseur et d'une contre-pointe. Il permet l'ablocage dans une position déterminée, avec possibilité d'évolutions angulaires (voir § VIII. Division).

* L'orientation de la broche permet le fraisage en position axe horizontal, axe incliné (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.



Fraisage en position inclinée

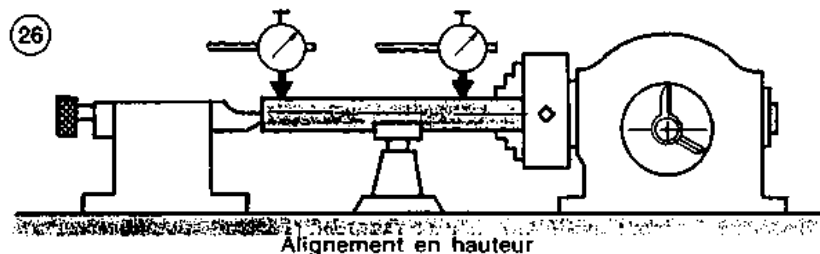


Fraisage en position verticale

* La contre-pointe, réglable en hauteur, reçoit une pointe légèrement dégagée au-dessus de son axe 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.

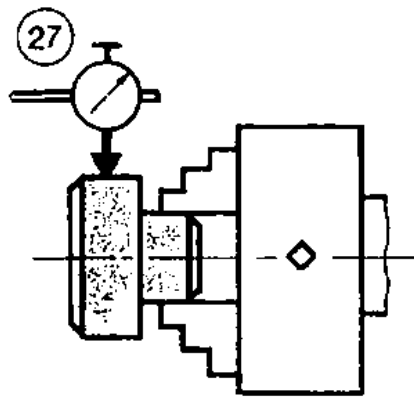


Alignement en hauteur

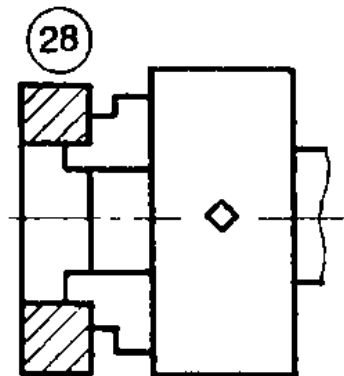
b. Différents montages de pièce

Montage en l'air:

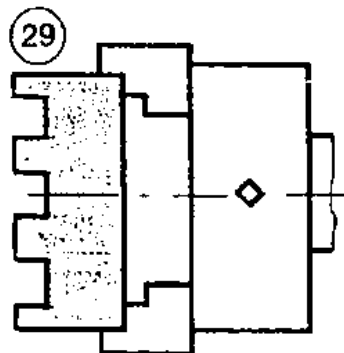
Utilisation du mandrin trois mors pour pièce dont la longueur n'excède pas trois fois le diamètre. Le réglage, difficile, de la coaxialité avec un comparateur s'impose avec ce porte-pièce (fig. 27). On peut distinguer trois cas: serrage par l'intérieur des mors (fig. 27), par l'extérieur (fig. 28), par 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.



Serrage par l'intérieur des mors



Serrage par l'extérieur



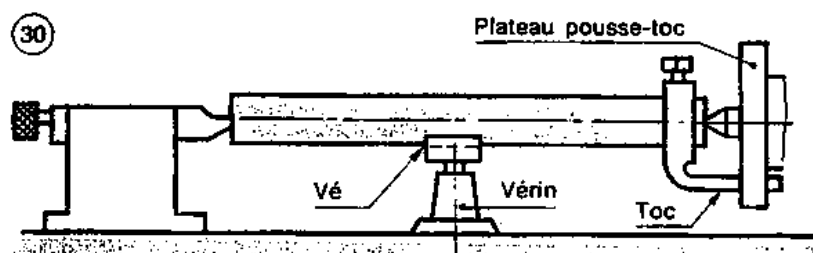
Mors réversibles serrage par l'intérieur

Montage mixte:

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

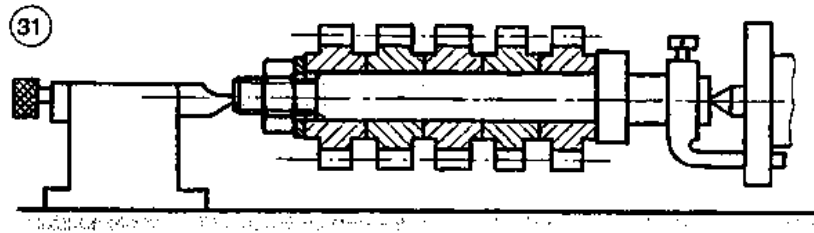
Montage entre-pointes:

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 v, permet de s'opposer aux flexions dues aux efforts de coupe (fig. 30).



Montage entre - pointes**Montage sur mandrin de reprise:**

Pour des pièces dont l'élément de référence est un alésage (contrainte de coaxialité), le montage peut se faire sur un mandrin de reprise cylindrique avec épaulement d'appui et serrage par écrou (fig. 31) ou sur un mandrin expansible de type Tobler par ex..



Montage sur mandrin de reprise

VII. Différentes opérations de fraisage**1. Fraisage avec plateau circulaire:****A** Domaine d'utilisation

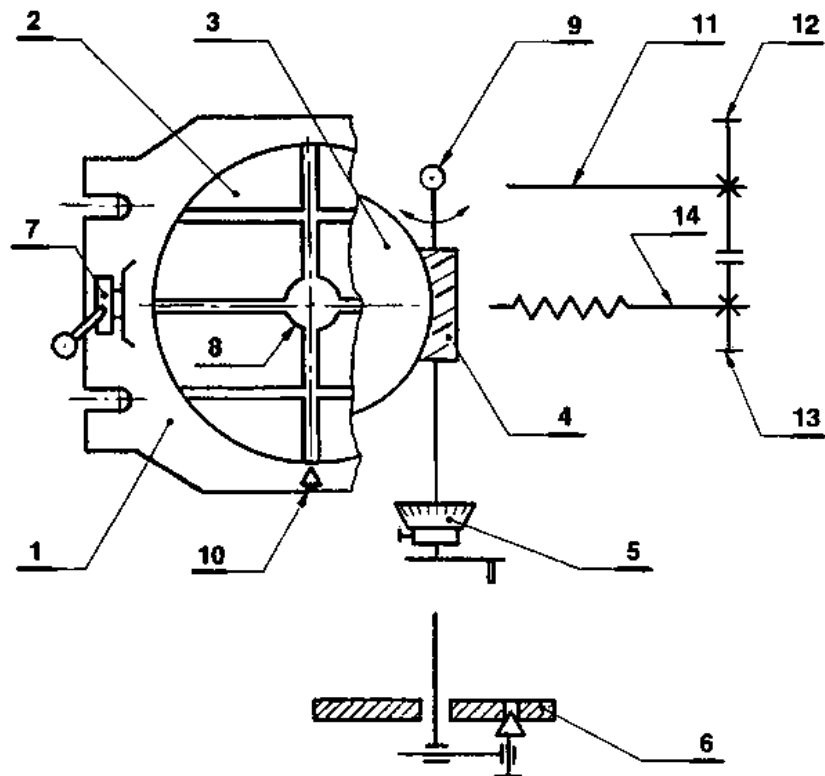
Le plateau circulaire permet d'obtenir:

- * Des surfaces de révolution cylindrique et conique, en fraisage de profil, généralement inférieures à 360°.
- * Des positions angulaires pour des opérations de perçage et d'alésage.
- * Des polygones réguliers ou irréguliers.

B Description et fonctionnement

L'appareil est constitué:

- * D'un plateau porte-pièce **2** comportant des rainures à Té et un alésage rectifié **8**, cylindrique ou conique, permettant le centrage de l'appareil.
- * Le plateau, dont la base est graduée en 360°, est solidaire d'une roue creuse **3** de **90** ou **120 dents**. Il est animé par une vis sans fin débrayable, à un filet 4.
- * Sur l'axe de la vis, peuvent être montés, un tambour gradué **5**, ou un plateau à trous **6**.
- * La rotation du plateau peut être obtenue, soit manuellement par une manivelle, soit automatiquement par une entrée secondaire **11**.



Figure

NOMENCLATURE			
1	Semelle	8	Alésage de centrage
2	Plateau	9	Débrayage de la vis sans fin
3	Roue creuse	10	Index
4	Vis sans fin	11	Arbre de commande
5	Tambour gradué	12	Roue menée
6	Plateau à trous	13	Roue menante
7	Levier de blocage	14	Vis de la table

2. Fraisage hélicoïdal:

A Définitions

a. Hélice

Courbe tracée sur un cylindre de révolution par un point **a** animé de deux mouvements simultanés de vitesses proportionnelles:

* **rotation** autour de l'axe du cylindre **XY**;

* **translation** parallèle à cet axe (ex.: la trace laissée par la fraise sur le cylindre est une hélice)(fig. 1).

b. Pas de l'hélice Ph

Distance entre deux passages consécutifs de la courbe à la même génératrice (fig. 1).

c. Développement de l'hélice

Le développement du pas de l'hélice est la diagonale d'un rectangle de base πD et de hauteur égale au pas (fig. 1).

d. Angle d'hélice

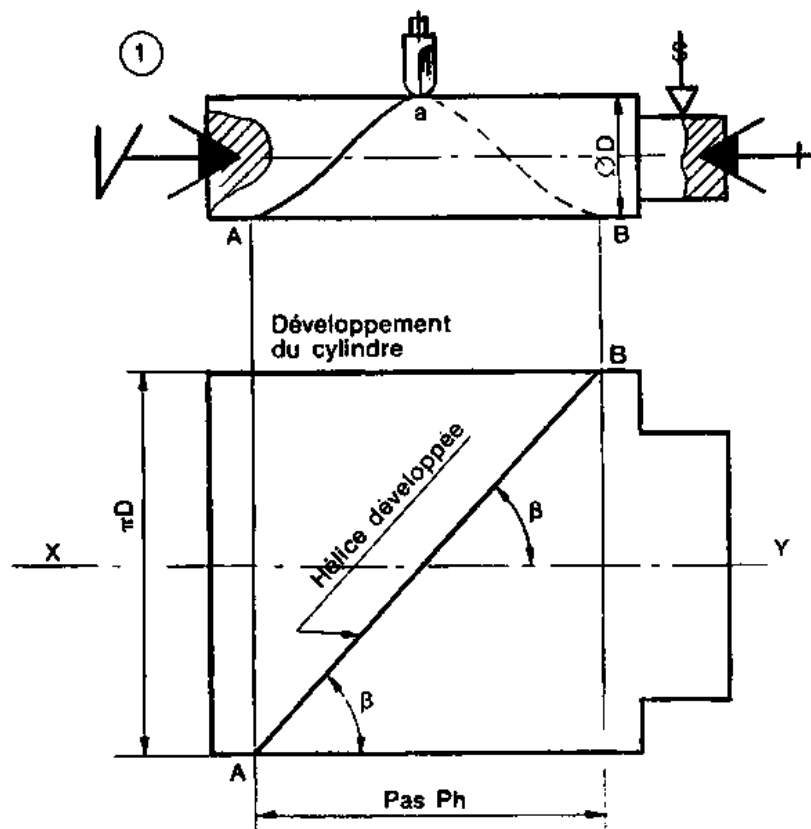
Angle aigu β compris entre la tangente à l'hélice et la génératrice du cylindre (ou l'axe **XY**)(fig. 1).

$$\text{Cotan} \beta = \frac{Ph}{\pi D}$$

REMARQUE:

L'inclinaison de l'hélice est le complément de l'angle β ($90^\circ - \beta$).

e. Sens de l'hélice

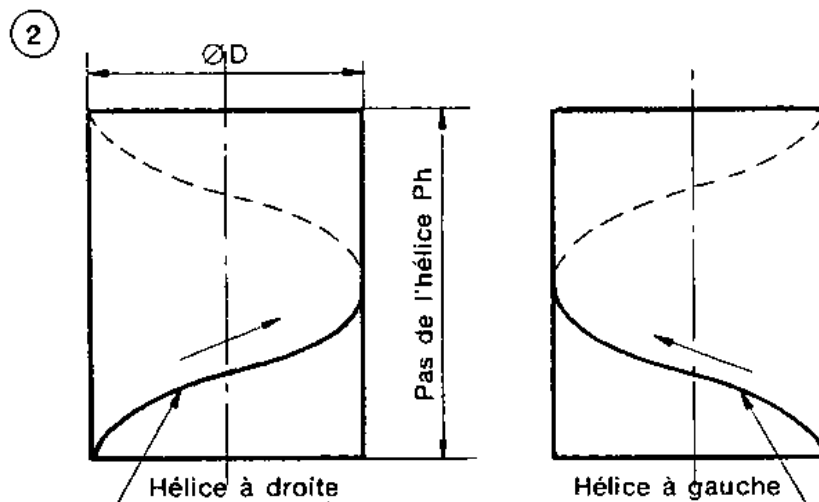


Figure

$$Ph = \pi D \times \cotan \beta$$

* L'hélice est à **droite** lorsque la partie vue de la courbe monte vers la droite, l'axe du cylindre étant vertical.

* L'hélice est à **gauche** dans le cas contraire, (fig. 2).



Figure

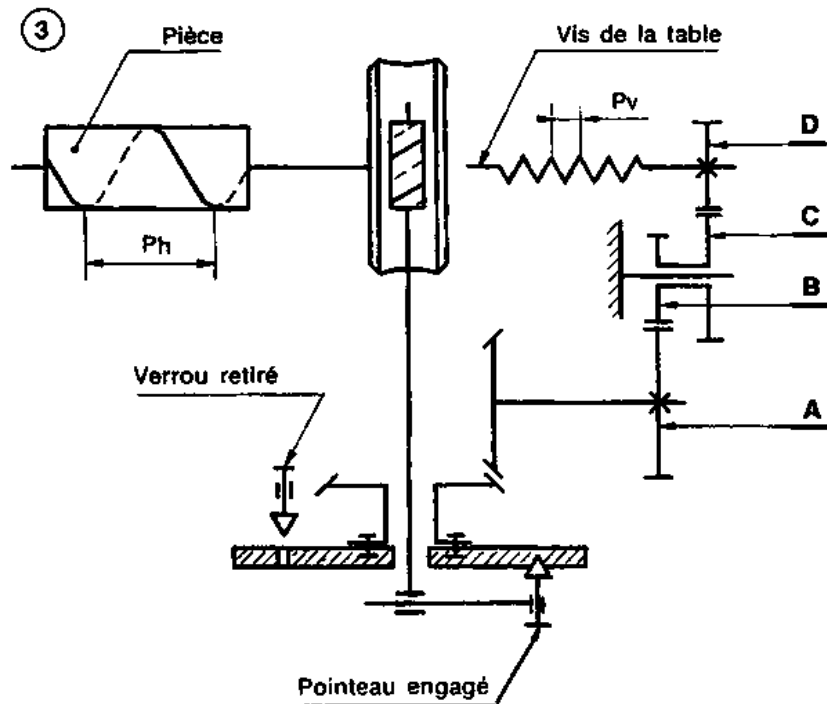
B Génération de l'hélice

Réaliser une liaison cinématique par un train d'engrenages **A, B, C, D** entre la vis de la table et l'arbre du couple conique.

Le mouvement de translation est donné par la table.
Le mouvement de rotation est donné par le diviseur.

a. Chaîne cinématique

Le mouvement de translation longitudinale de la table est obtenu lorsque la vis tourne; sur l'extrémité de celle-ci un engrenage **D** commande les roues **C**, **B**, **A**. La roue **A**, fixée sur l'arbre du couple conique, entraîne le plateau à trous déverrouillé; la manivelle, rendue solidaire du plateau par le pointeau engagé dans un trou, actionne la vis et la roue creuse, donc la broche (fig. 3).



Figure

b. Rapport de deux mouvements

- Problème:

- * Pas de l'hélice à réaliser: **Ph = 150 mm**.
- * Pas de la vis de la table: **Pv = 5 mm**. Rapport du diviseur: **K = 40**.

- Méthode

* Lorsque la roue **B** fait un tour, la table se déplace de **5 mm**. Pour obtenir une translation **Ph = 150 mm**, la vis de la table devra tourner de $150/5 = 30$ tours.

D'où:

$$\omega_B = 30 = \frac{Ph}{Pv}. \quad (1) \quad \omega \text{ (omega)}$$

* A une translation **Ph = 150 mm** doit correspondre une rotation d'1 tour de la pièce. Un tour de la broche du diviseur implique des rotations simultanées de:

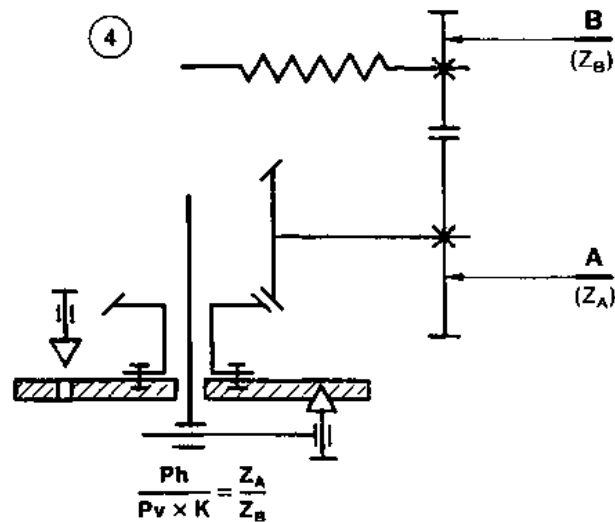
- * **1** tour de la roue creuse, **40** tours de la vis sans fin ($K = 40$).
- * **40** tours du plateau à trous.
- * **40** tours du couple conique ($r = 1/1$), donc **40** tours de la roue **A**.

D'où:

$$\omega_A = 40 = K. \quad (2)$$

* En utilisant les relations (1) et (2), le rapport des vitesses des roues **A** et **B** devient:

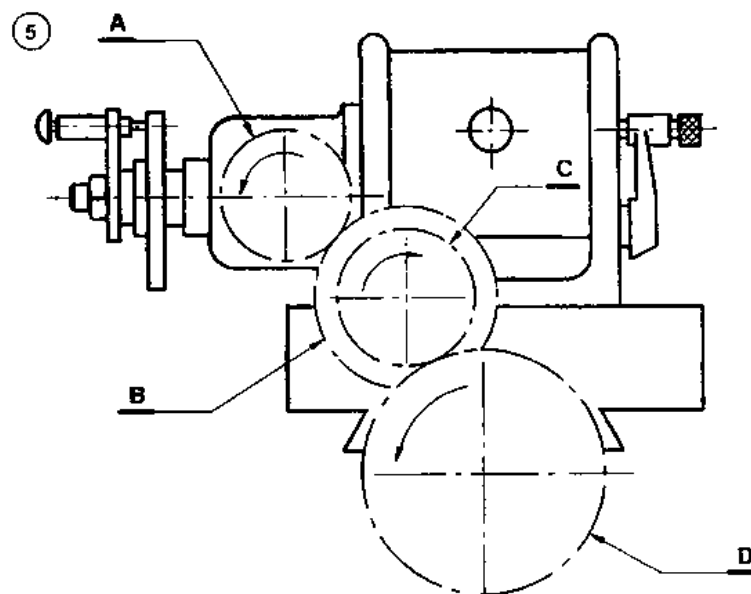
$$\frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{30}{40} = \frac{Pv}{K} = \frac{Ph}{Pv} \times \frac{1}{K}, \text{ d'où: } \frac{Ph}{Pv \times K} = \frac{Z_A}{Z_B}. \quad (\text{fig. 4})$$



Figure

Pour un montage à 4 roues, la formule devient:

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} \quad (\text{fig. 5})$$



Figure

c. Vérification du sens de l'hélice

Avant de procéder à l'opération de fraisage hélicoïdal, il faut vérifier que l'hélice se développe bien suivant le sens désiré. Dans le cas contraire, intercaler une roue supplémentaire d'un nombre de dents quelconque entre les roues **A** et **B** ou entre les roues **C** et **D**. Cette roue n'affectera pas le rapport calculé, mais inversera le sens de rotation de la pièce, donc celui de l'hélice.

C Application numérique

a. Problème

* Soit à réaliser une hélice au pas **Ph = 320 mm**.

Rapport du diviseur: **K = 40**. Pas de la vis de la table: **Pv = 5 mm**.
Roues disponibles: 24-30-32-36-40-45-50-55-58-60-65-70-80-82-100.

* Calculer les roues à monter pour réaliser le pas Ph.

Solution:

$$* \frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{320}{5 \times 40} = \frac{320}{200} = \frac{8}{5}.$$

Le montage à 4 roues serait le suivant:

$$\frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} = \frac{8}{5} = \frac{4}{5} \times \frac{2}{1} = \frac{24}{30} \times \frac{80}{40}$$

b. Vérification du pas de l'hélice

- Par le calcul:

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

d'où l'on tire:

$$Ph = \frac{P_v \times K \times Z_A \times Z_C}{Z_B \times Z_D}$$

$$Ph = \frac{5 \times 40 \times 24 \times 80}{30 \times 40} = 320 \text{ mm}$$

- En pratique:

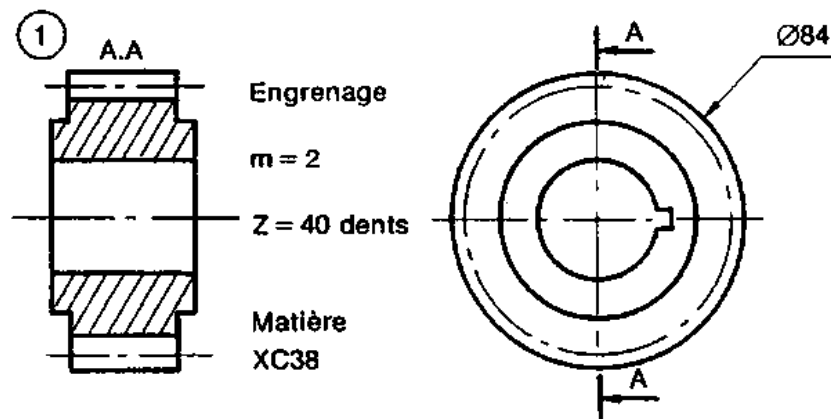
Il est nécessaire, avant exécution, de s'assurer de l'exactitude du pas obtenu. On procède de la manière suivante:

- * Tracer un repère **A** sur le porte-pièce du diviseur, en regard d'un repère fixe **B** sur le corps.
- * Déplacer le chariot longitudinal d'une distance correspondant au pas **Ph**.
- * Vérifier que le repère **A** revienne en face du repère **B**.

3. Engrenages cylindriques droits

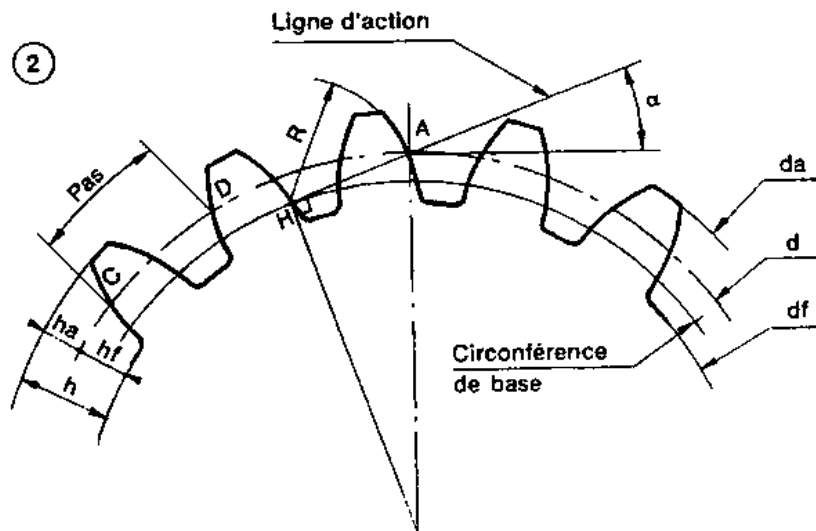
A Problème technique

Soit à tailler, sur une fraiseuse, un engrenage cylindrique droit de $Z = 40$ dents, au module $m = 2$, en vue d'un travail de réparation (fig. 1). On dispose d'un diviseur de rapport $K = 60$ et de trois plateaux à trous.



Figure

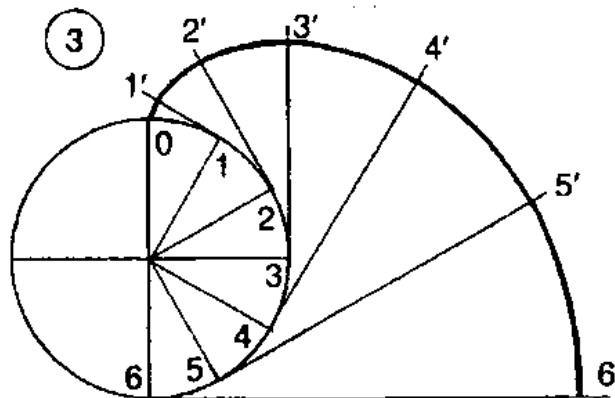
B Définitions des engrenages (fig. 2)



Figure

- * **Diamètre primitif d:** C'est le diamètre des roues de friction qui donnerait sans glissement le même rapport des vitesses que l'engrenage considéré.
- * **Nombre de dents Z:** Il est calculé d'après le rapport des vitesses à obtenir.
- * **Module m:** Il permet de calculer tous les éléments caractéristiques de l'engrenage.
- * **Profil de la dent:** Profil en développante de cercle: c'est la courbe décrite par un point A de la ligne d'action qui roule sans glisser sur la circonférence de base (fig. 3).

RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS DE LA DENTURE	
$m = d/Z$	$hf = 1,25 m$
$d = m \times Z$	$h = 2,25 m$
$p = m \times \pi$	$da = d + 2 m$
$p = (\pi \times d)/Z$	$da = m(Z + 2)$
$\alpha = 20^\circ$	$df = d - 2,5 m$
$ha = m$	$df = m (Z - 2,5)$



Tracé de la développante de cercle

- * **Angle de pression:** C'est l'angle formé par la tangente au cercle primitif avec la ligne d'action.
- * **Diamètre de tête da:** C'est le diamètre contenant les sommets des dents.
- * **Diamètre de pied df:** C'est le diamètre tangent au fond des dents
- * **Hauteur de la dent h:** C'est la distance radiale entre le diamètre de tête et le diamètre de pied; elle comprend la saillie ha et le creux hf.
- * **Pas p:** C'est la longueur de l'arc CD mesurée sur le cercle primitif.

Série principale des modules (NFE 23-011):

0,5-0,6-0,8-1-1,25-1,5-2-2,5-3-4-5-6-8-10-12-16-20-25.

C Calcul des éléments de l'engrenage considéré

- * Diamètre primitif: $d = m \times Z = 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$.
- * Diamètre de tête: $d_a = m \times (Z + 2) = 2 \times (40 + 2) = 84 \text{ mm}$.
- * Hauteur de la dent: $h = 2,25 m = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm}$.
- * Pas: $p = m \times \pi = 2 \times 3,14 = 6,28 \text{ mm}$.









D Taillage

- * **Déterminer** la méthode de division en fonction de Z .
- * **Choisir** le numéro de la fraise à utiliser.
- * **Régler** la position de la fraise.

a. Choix de la fraise module

Le profil de la dent, donc de la développante de cercle, varie avec le module m et le nombre de dents à tailler Z . Théoriquement, il faut pour un même module, une fraise pour chaque nombre de dents Z à tailler.

Pratiquement, les nombres de dents à tailler ont été groupés en 8 paliers jusqu'au module 10 inclus (voir tableau) et 15 paliers au-dessus du module 10.

Profil de la dent.								
N° de la fraise	1	2	3	4	5	6	7	8
Z Nombre de dents à tailler	12 à 13	14 à 16	17 à 20	21 à 25	26 à 34	35 à 54	55 à 134	135 à ∞

b. Montage de la pièce

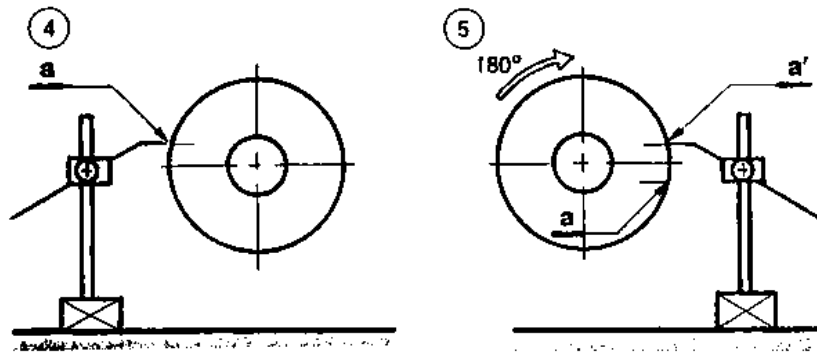
La roue à tailler est montée sur un diviseur, en l'air, ou généralement sur un mandrin cylindrique placé entre les pointes du diviseur et de la contre-pointe.

c. Réglage de la fraise

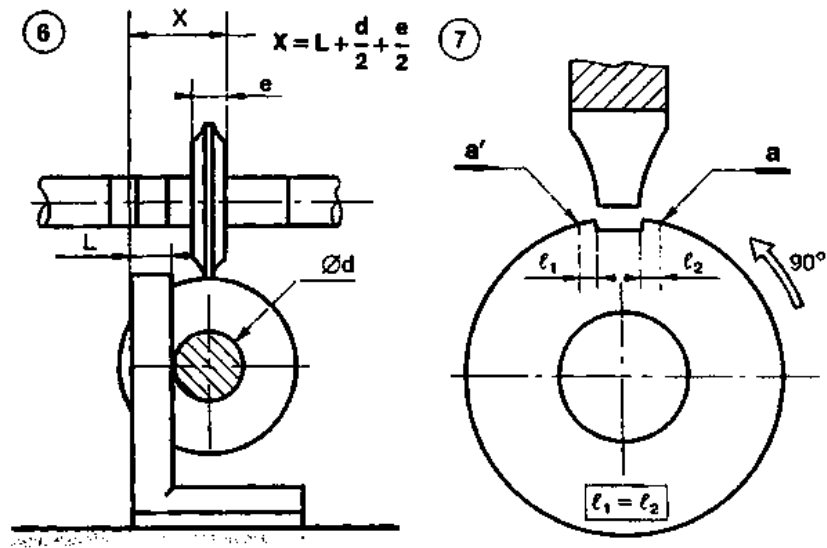
Il faut situer l'axe de symétrie du profil de la fraise dans le plan vertical passant par l'axe de la roue à tailler.

Réglage à l'équerre:

Déplacer le chariot transversal, de manière à obtenir la cote X . (fig. 6).



Réglage au tracé



Réglage à l'équerre

Réglage au tracé:

- * Régler la pointe du trusquin sensiblement à hauteur de l'axe du diviseur.
- * Tracer une première génératrice *a* sur la roue à tailler (fig. 4). Faire évoluer la broche du diviseur de 180° pour tracer la deuxième génératrice *a'* (fig. 5).
- * Evoluer de 90° de manière à situer le tracé des deux génératrices vers le haut (fig. 7). Déplacer le C.T. pour situer le profil de la fraise au milieu de *aa'*.
- * Effectuer une passe sur quelques millimètres pour observer le désaxage.
- * Evaluer le désaxage et apporter la correction nécessaire pour avoir $l_1 = l_2$ (fig. 7).

d. Réglage de la profondeur de passe

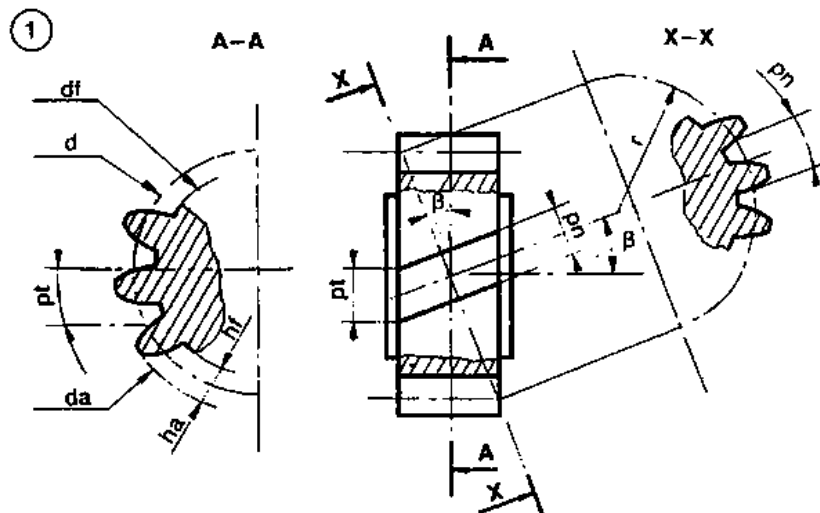
La profondeur de passe *p* correspond à la hauteur *h* de la dent ($h = 2,25 m$). Cependant, pour obtenir un taillage précis, il faut prévoir deux passes: une passe d'ébauche, $P_1 = 4/5$ de *h*; une passe de finition, P_2 .

4. Engrenages cylindriques hélicoïdaux

A Problème technique

Soit à tailler, avec une fraise module, un engrenage hélicoïdal de $Z = 25$ dents; au module réel $mn = 2$; angle $\beta = 30^\circ$; hélice à gauche; sur une fraiseuse universelle; pas de la vis de la table $P_v = 5$ mm. On dispose d'un diviseur universel $K = 40$, comprenant 3 plateaux à trous.

Roues disponibles: 24-24-25-30-35-40-45-50-55-60-65-70-80-100.



Figure

B Définition (fig. 1)

Dans les engrenages hélicoïdaux, les dents sont inclinées et enroulées en hélice autour du cylindre de pied.

* **Angle d'hélice:** Angle de la tangente à l'hélice primitive avec la génératrice du cylindre primitif.

* **Pas apparent p_t :** Longueur de l'arc de cercle primitif compris entre deux profils homologues consécutifs. Le module correspondant est **le module apparent m_t** .

* **Pas réel p_n :** Pas mesure sur une hélice normale à l'hélice primitive (fig. 1). Le module correspondant est **le module réel m_n** .

C Calcul des éléments de l'engrenage considéré

RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS DE LA			DENTURE
Module apparent	$m_t = d/z$	Module réel	$m_n = (m_t \times \pi \times \cos \beta) / \pi$
Diamètre primitif	$d = m_t \times Z$	Module réel	$m_n = m_t \times \cos \beta$
pas apparent	$p_t = (\pi \times d) / Z$	Module apparent	$m_t = m_n / \cos \beta$
Pas apparent	$p_t = m_t \times \pi$	Diamètre primitif	$d = (m_n / \cos \beta) \times Z$
Pas réel	$p_n = m_n \times \pi$	Diamètre de tête	$d_a = d + 2 m_n$
Module réel	$m_n = p_n / \pi$	Diamètre de pied	$d_f = d - 2,5 m_n$
Pas réel	$p_n = p_t \times \cos \beta$	Hauteur de la dent	$h = 2,25 m_n$
Module réel	$m_n = (p_t \times \cos \beta) / \pi$	Pas de l'hélice	$P_h = \pi d \times \cotan \beta$

Le calcul débute par la recherche du module apparent **m_t** .

* Module apparent

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{2}{\cos 30^\circ} = \frac{2}{0,866} = 2,309 \text{ soit } 2,31$$

* Diamètre primitif **$d = m_t \times Z = 2,31 \times 25 = 57,75 \text{ mm}$** .

* Diamètre de tête **$d_a = d + 2 m_n = 57,75 + (2 \times 2) = 61,75 \text{ mm}$** .

* Hauteur de la dent **$h = 2,25 m_n = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm}$** .

* Pas réel **$p_n = m_n \times \pi = 2 \times 3,14 = 6,28 \text{ mm}$** .

* Pas de l'hélice **$P_h = \pi d \times \cotan \beta$** .

$$P_h = 3,14 \times 57,75 \times \cotan 30^\circ = 3,14 \times 57,75 \times 1,732 = 314,07 \text{ mm}.$$

D Taillage

- Problèmes à résoudre

- * **Calculer** la division simple en fonction de Z.
- * **Choisir** le numéro de la fraise module à utiliser,
- * **Régler la** position de la fraise (angle d'hélice **β** et centrage),
- * **Déterminer** le montage de roues.

5. Fraisage en spirale:**A Spirale d'Archimède**

- Définition

Courbe engendrée par un point tournant autour d'un point origine 0 et s'écartant de ce dernier de quantités proportionnelles aux angles décrits.

- Pas P_s

Différence des rayons (**$R-r$**) pour une rotation de 360° .

- Sens

La spirale est **à droite**, lorsqu'elle s'éloigne de son origine en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Elle est dite **à gauche** dans le sens inverse.

- Utilisation

Le profil en spirale d'Archimède est souvent employé pour la réalisation des **cames**. Celles-ci sont utilisées pour transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation rectiligne. (Avance des outils sur un tour à décolleter, ou déplacement d'un chariot sur une machine automatique, etc.)

B Fraisage d'une came-disque

Elle est très couramment usinée en fraisage. La came est fraisée à partir d'un disque tourné d'après le plus grand rayon R de l'arc en spirale.

- Porte-pièce

L'exécution d'un profil en spirale d'Archimède est similaire à celui d'une hélice. On utilise donc le diviseur universel, équipé pour le fraisage hélicoïdal.

- Montage de la pièce

La came est montée sur un arbre lisse, ce dernier étant serré dans le mandrin trois mors du diviseur.

- Outil

La came est usinée par travail d'enveloppe, avec une fraise cylindrique 2 tailles.

- Génération de la spirale

La pièce est animée d'un mouvement circulaire uniforme transmis par le diviseur, et d'un mouvement d'avance rectiligne uniforme transmis par le C.L.

C Procédés de fraisage

Le fraisage des comes peut se réaliser de deux façons.

- Fraisage avec broches verticales

Ce procédé est utilisé lorsque les roues disponibles permettent la réalisation du pas à exécuter.

- Fraisage avec broches inclinées

Ce procédé est utilisé lorsque l'on ne peut réaliser le pas à exécuter avec les roues disponibles. La broche de la machine et la broche du diviseur sont orientées d'un angle α .

6. Crémaillères:

A Problème technique

Soit à tailler, sur une fraiseuse d'outillage, une crémaillère à denture droite au module $m = 1,5$.

B Définition

Une **crémaillère** est un «engrenage rectiligne» dont le rayon est infini. Le profil de la dent se réduit à **deux droites** faisant entre elles un angle de $2\alpha = 40^\circ$.

C Calcul des éléments de la crémaillère

$$* h = 2,25 m = 2,25 \times 3,375 \text{ mm.}$$

$$* p = m \times \pi = 1,5 \times 3,14 = 4,71 \text{ mm.}$$

D Taillage

* **Choisir** la machine.

* **Déterminer** la fraise à utiliser.

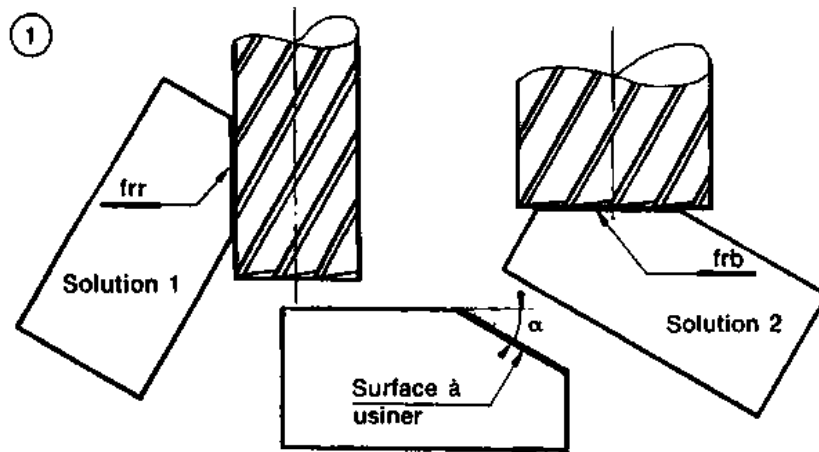
* **Déplacer** le C.L. d'une valeur égale à p, afin de passer d'un creux à un autre creux.

* **Contrôler** les déplacements successifs.

7. Fraisage de faces obliques:

A Méthodes de réalisation**a.** Inclinaison de la pièce

- Principe utilisé (fig. I)

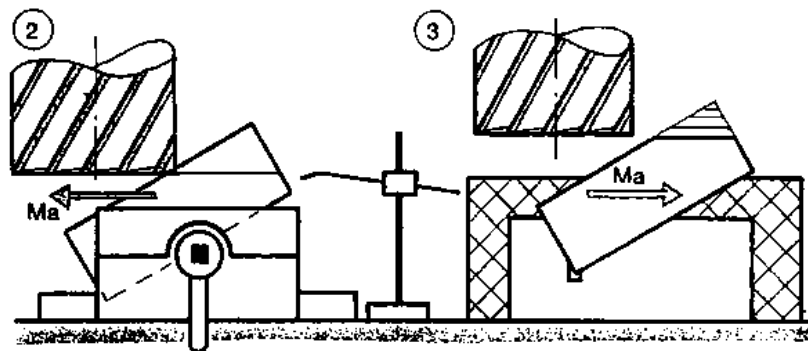


Figure

Amener la surface à usiner parallèle au plan de travail de la fraise (frr ou frb pour une fraise deux tailles).

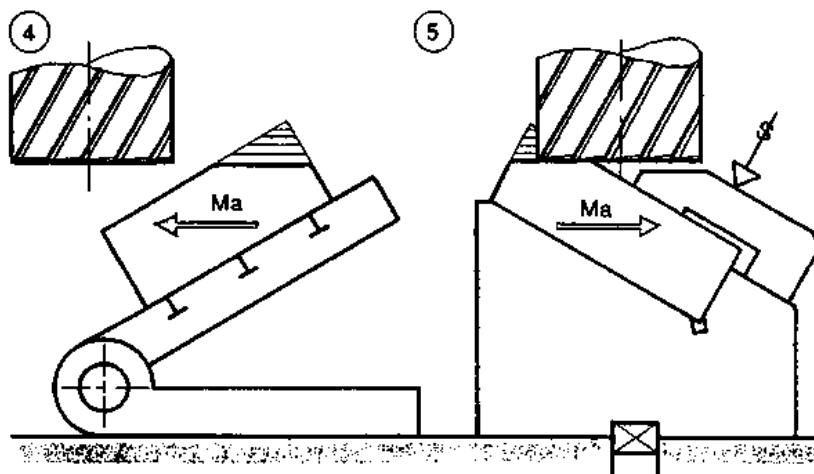
- Différentes procédés

* pour un travail unitaire: d'après un tracé (peu précis)(fig. 2)



Figure

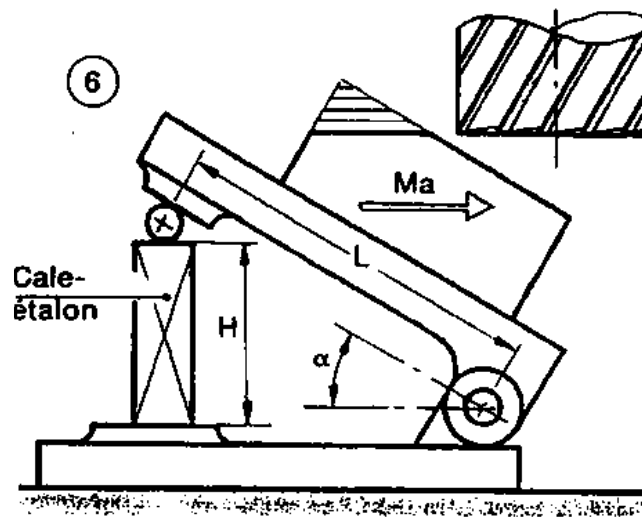
* Pour petite série: sur cale pentée (fig. 3) ou fausse équerre (fig. 4).



Figure

* Pour grande série: sur montage d'usinage (fig. 5).

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

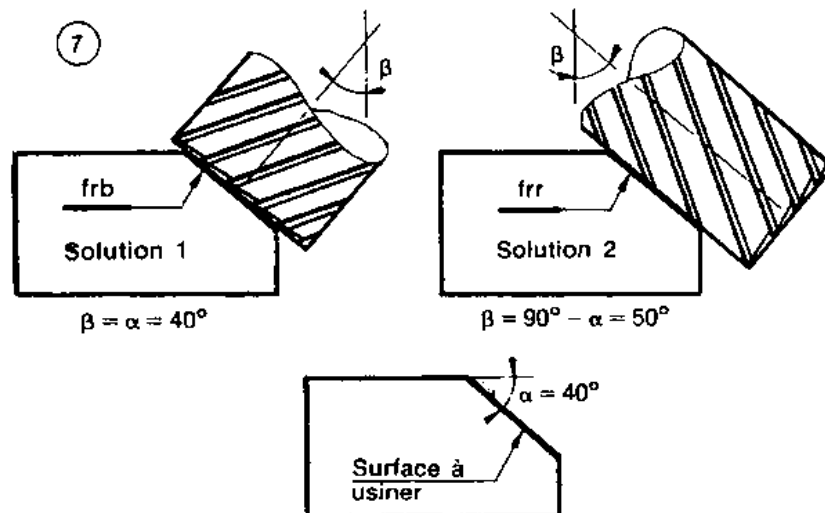


Figure

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

b. Inclinaison de la broche

- Principe utilisé (fig. 7)



Figure

Amener le plan de travail de la fraise parallèle à la surface à usiner.

- Réglage de l'inclinaison

Suivant la **précision de l'angle alpha**, on règle l'inclinaison de la broche:

- * Par lecture de l'angle β sur la coulisse circulaire graduée en degrés de la tête porte-broche. (Précision $\pm 15'$.)
- * Par l'emploi d'un calibre et d'un comparateur.
- * Par l'emploi d'un cylindre-étalon et d'un comparateur.
- * Par l'emploi d'une règle sinus et d'un comparateur.

- Application

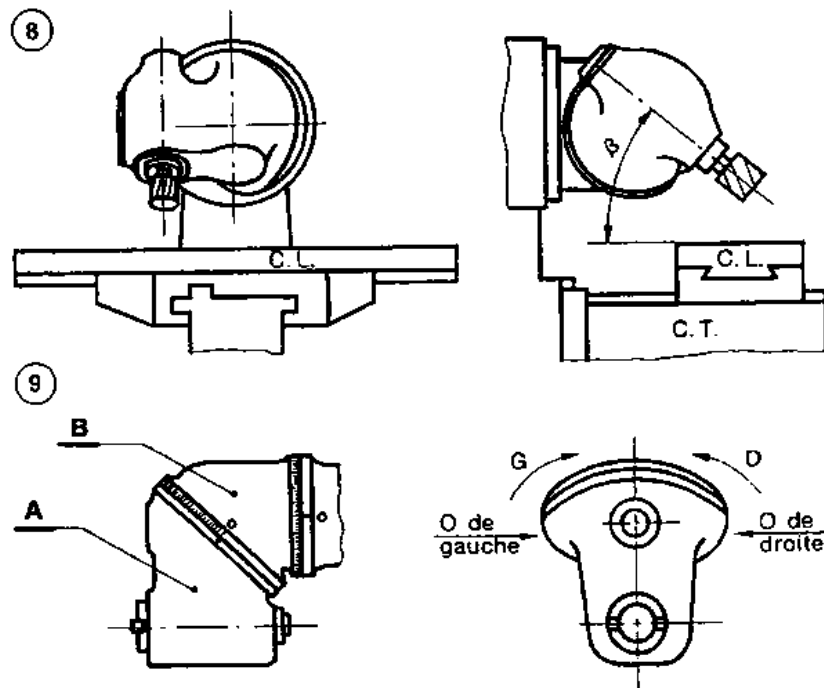
Le mode de fraisage utilisé (face ou profil) intervient dans le réglage de l'inclinaison de la broche et le choix de la fraise à utiliser.

- Cas particulier

Inclinaison de l'axe de l'outil dans un plan vertical perpendiculaire aux rainures du C.L. avec une **tête Hure**. Cette position angulaire permet le fraisage oblique de pièce longue et encombrante qu'il ne serait pas possible de réaliser sur d'autres types de fraiseuse, en raison des possibilités d'inclinaison des coulisses et de la course limitée du C.T.

EXEMPLE:

Pour incliner la broche de $\beta = 40^\circ$ du coté gauche de l'opérateur (fig. 8), il faut tourner la coulisse A en utilisant le repère **0 de gauche** dans le sens de la flèche G (fig. 9) de $57^\circ 85$. Bloquer cette coulisse. Tourner la coulisse B de $68^\circ 65$ dans le sens de la flèche G (fig. 9) en utilisant le repère **0 de droite**. Bloquer cette coulisse.

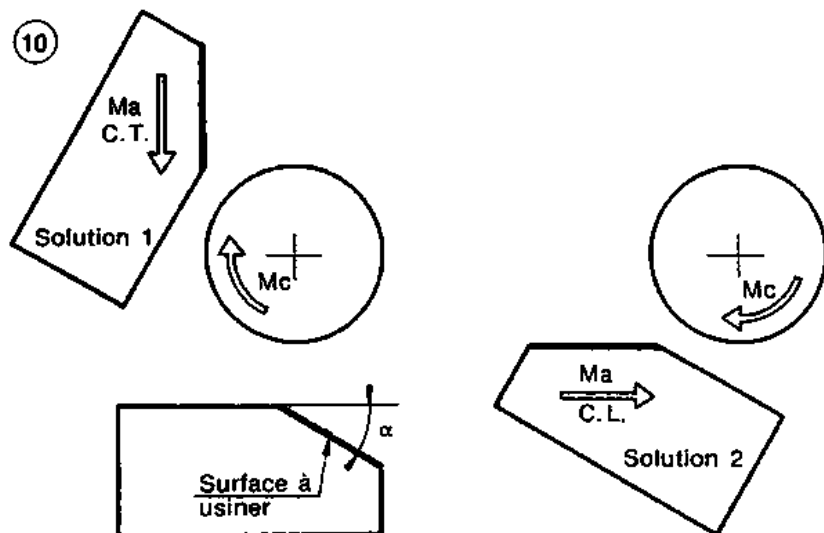


Figure

c. Orientation de la pièce

- Principe utilisé (fig. 10)

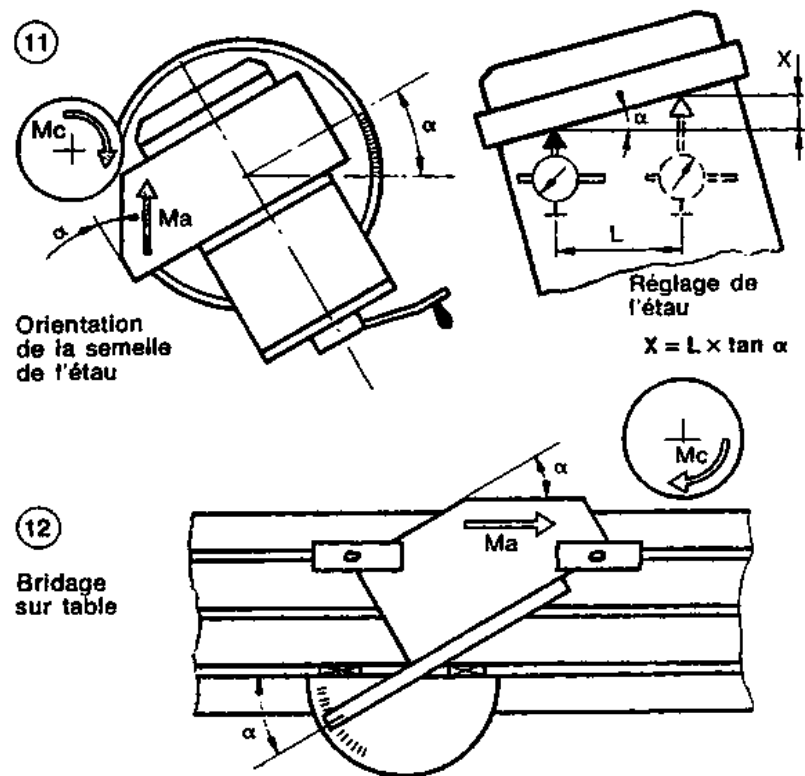
Amener la surface à usiner parallèle aux déplacements des chariots en utilisant le travail d'enveloppe.



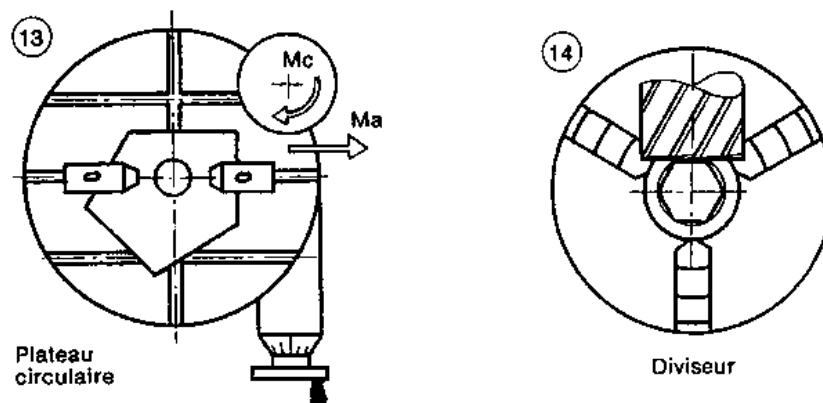
Figure

- Différents procédés

- * Pour pièce de petite dimension: par orientation de la semelle de l'étau graduée en degrés (fig. 11).
- * Pour pièce de grande dimension: par bridage sur table (fig. 12). La pièce est orientée suivant un tracé ou à l'aide d'un rapporteur d'angle.
- * Pour pièce de forme polygonale: sur plateau circulaire (fig. 13).
- * Pour pièce de révolution: par l'utilisation d'un diviseur (fig. 14).



Figure



Figure

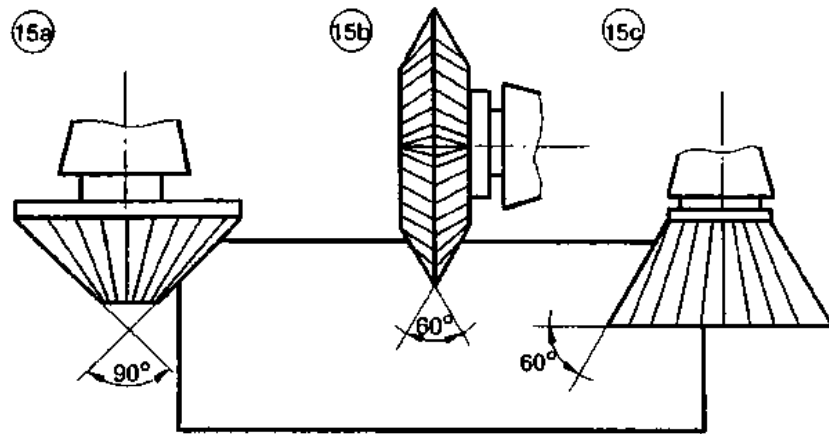
d. Utilisation de fraises coniques

- Principe utilisé

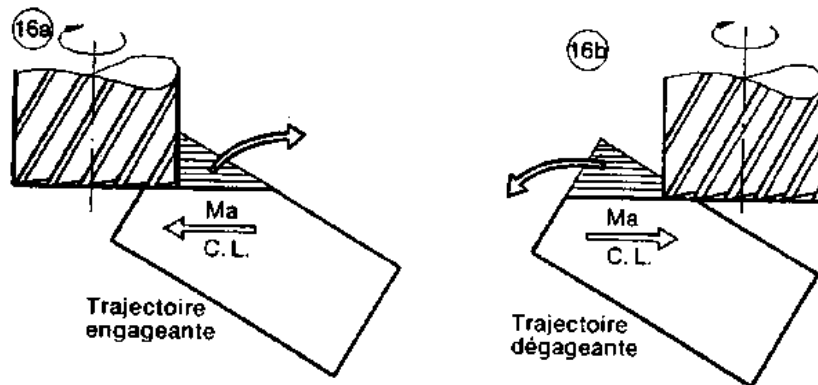
Reproduire la forme de la génératrice de la fraise sur la surface à usiner en utilisant le fraisage de profil.

- Différents travaux

- * Chanfreins à 30°, 45°, 60° avec fraises coniques à chanfreiner (fig. 15a).
- * Rainure en V ($\alpha < 90^\circ$) avec fraise biconique (fig. 15b).
- * Rainure à queue d'aronde avec fraise conique (fig. 15c).



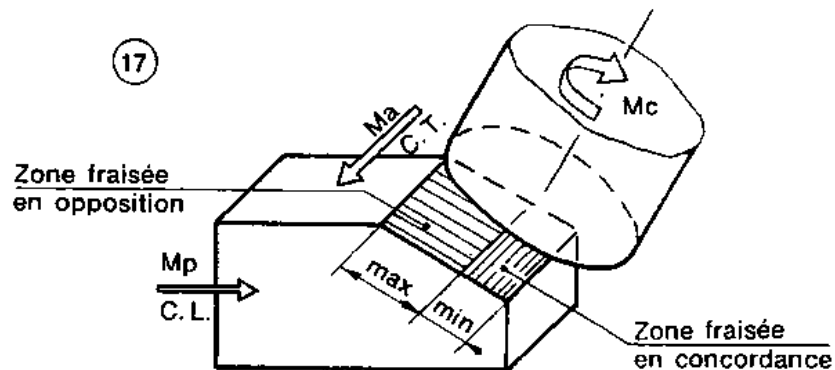
Figure

B Précautions à prendre

Figure

* Veiller au risque de basculement de la pièce, en fraisage de face, en prévoyant pour la pièce une trajectoire dégageante (fig. 16a et 16b).

* Situer la pièce, par rapport à la fraise, de telle sorte que l'effort de coupe soit dirigé sur les appuis et que l'épaisseur maximale de la profondeur de passe soit fraisée en apposition (fig. 17).



Figure

C Choix de la méthode à utiliser

Le fraisage d'une face oblique sera choisi en fonction:

- * Du nombre de pièces.
- * De la machine utilisée (F.H., F.V., F.U.).
- * De la précision de l'angle α .
- * Des dimensions de la pièce et de la surface oblique à réaliser.
- * Du mode de fraisage frf ou frb.

8. Perçage. Alésage:**A Perçage**

Le perçage sur fraiseuse ne présente pas de différence importante avec celui pratiqué sur perceuse. On utilise, soit le mouvement du C.V. en perçage vertical, soit le C.T. ou C.L. en perçage horizontal. Les conditions de coupe restent semblables. Le montage des forets se fait: par douilles de réduction de perçage, en mandrin de perçage normal ou à serrage rapide. Il est souhaitable de donner au chariot concerné une avance manuelle.

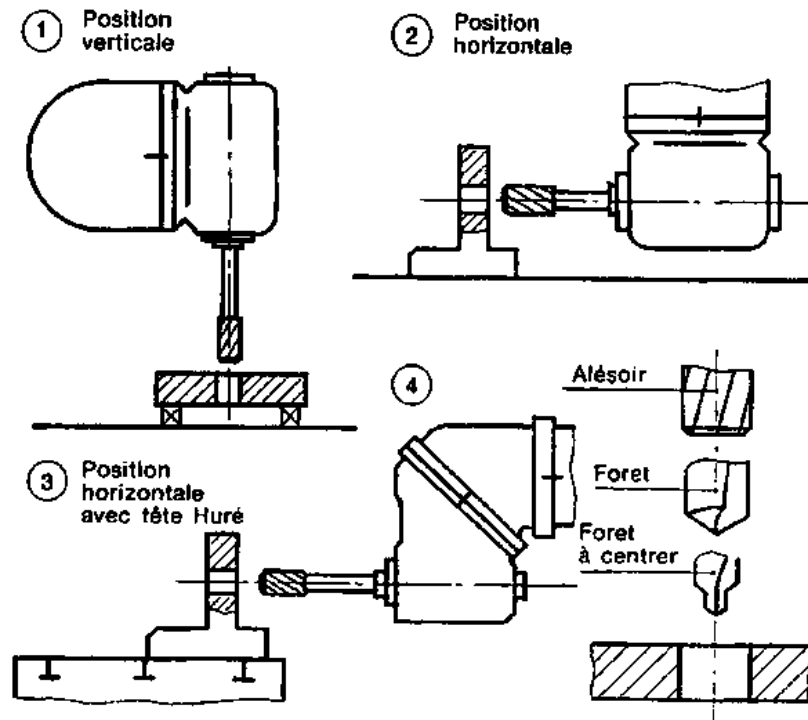
B Alésage

a. Objectif

L'alésage est une opération de finition qui permet d'obtenir: une bonne précision dimensionnelle, une bonne qualité géométrique, un bon état de surface ($R_a = 0,8 - 1,6$). Différentes positions relatives pièce-outil sont possibles (fig. 1, 2 et 3).

b. Outils

On utilise des alésoirs-machines monoblocs ou à partie active rapportée, à taille droite ou hélicoïdale, à coupe normale ou descendante. Pour les outils à tranchant unique, on dispose de grain d'alésage, de cartouches interchangeables, de têtes à aléser.



Figure

REMARQUE:

Les alésoirs-machines sont des outils de forme permettant d'obtenir des cotes-outil (Co).

c. Conditions de coupe

Elles sont variables suivant la nature de la matière à usiner et le type d'outil:

Pour les alésoirs-machines, $V = 1/3 V_{\text{perçage}}$, $a = 0,15 \times Z$ (dents).

Pour l'outil à tranchant unique, on adopte la même vitesse découpe que pour l'alésage au tour, avec une limite de 700 tr/min pour les têtes à aléser.

C Alésage avec alésoir-machine

Soit à réaliser un alésage $\varnothing 16H8$, alésoir en A.R.S. taille hélicoïdale $Z = 6$ dents, pièce en acier A60 (fig. 4).

Mode opératoire:

- * Situer l'alésage de la pièce, puis bloquer C.T. et C.L.
- * Pointer avec foret à centrer.
- * Percer avec forets $\varnothing 14$ et $15,7$.
- * Monter l'alésoir de $\varnothing 16$, régler $V = 7 \text{ m/min}$, $n = 140 \text{ tr/min}$, $a = 0,9 \text{ mm}$.
- * Embrayer l'avance automatique, aléser en laissant déboucher le cône d'action de l'alésoir (hauteur de cale

suffisante).

* Arrêter la rotation de l'outil, dégager au C.V., contrôler.

REMARQUES:

* D'une manière générale, pour les alésoirs-machines:

\varnothing de perçage ébauche = D-2; finition = D - 0,25.

EXEMPLE:

Alésage \varnothing 20H8, ébauche \varnothing 18, finition \varnothing 19,75, alésage \varnothing 20.

Pour les $\varnothing > 20$, on peut se dispenser du perçage à D-2 et percer à D - 0,5; puis aléser.

* Pour diminuer l'usure des outils, on utilise un lubrifiant: Huile de coupe pour les métaux ferreux, suif pour bronze et laiton.

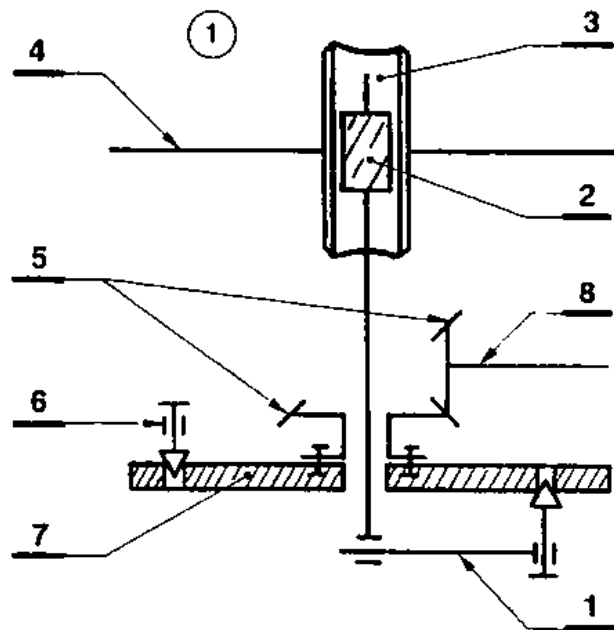
* Le fait d'aléser à l'alésoir-machine, ne corrige pas un défaut de position.

VIII. Division

1. Division simple:

A Nomenclature (fig. 1)

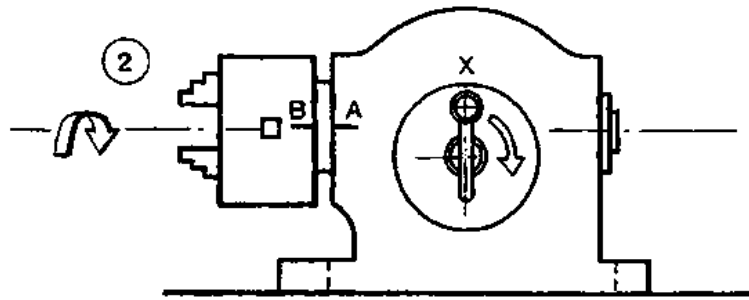
- 1 Manivelle pointeau
- 2 Vis sans fin
- 3 Roue creuse
- 4 Broche
- 5 Couple conique (r = 1)
- 6 Verrou d'immobilisation du plateau
- 7 Plateau à trous
- 8 Arbre du couple conique



Figure

B Expérimentation

* Le pointeau étant situé sur le premier trou **X**, origine des numéros d'une rangée quelconque, tracer un repère **A** fixe sur le corps du diviseur. Tracer, en face, un repère **B** sur le porte-pièce (fig. 2).



Figure

* Compter les tours du pointeau à chaque passage en **X**, jusqu'au moment où le repère **B** revient en face de **A**.

* Suivant le type d'appareil, il faut: **40 ou 60 tours** de manivelle; cela signifie: que la roue **3** comporte **40 ou 60 dents**, que la vis **2** est à un file.

Le rapport du diviseur est: K = 40 ou K = 60.

C Raisonnement

- * Pour un tour de broche, il faut 40 tours de manivelle.
- * Pour 1/2 tour de broche, il faut $40 \times 1/2 = 20$ tours de manivelle.
- * Pour 1/12 tour de broche, il faut $40 \times 1/12 = 3 \frac{1}{3}$ tours de manivelle.
- * Pour 1/N tour de broche, il faut $40 \times 1/N = 40/N$ tours de manivelle (p. ex. N = 3).

Le dénominateur des fractions 1/2, 1/12, 1/N représente en fait le nombre de divisions à effectuer.

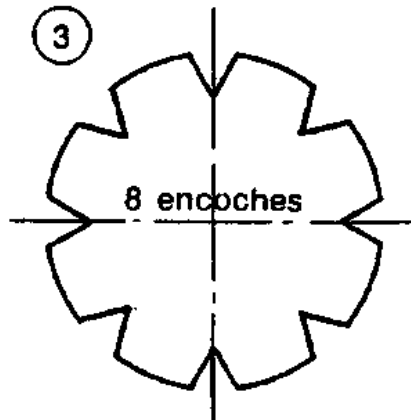
* **Formule générale:** N = nombre de divisions, **K** = rapport du diviseur.

K/N =

Fraction de tour de manivelle
ou nombre entier de tours de manivelle
ou nombre entier et fraction de tours de manivelle à effectuer
manivelle

D Applications

* Soit à exécuter 8 necoches (fig. 3) K = 40, quelle est l'évolution de la manivelle?

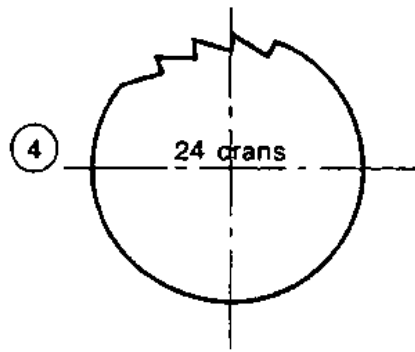


Figure

Appliquons la formule

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{8} = 5 \text{ tours de manivelle}$$

* Soit à exécuter 24 crans d'une roue à rochets (fig. 4), quelle est l'évolution de la manivelle?



Figure

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{24} = \frac{20}{12} = \frac{5}{3} = 1\frac{2}{3} \text{ tour de manivelle}$$

E Raisonnement

* Soit $K = 40$, un tour de broche = $360^\circ = 40$ tours de manivelle.

Pour évoluer de 1° , il faut

$$\frac{40}{360^\circ} = \frac{1}{9}$$

tour.

Pour évoluer de 30° , il faut

$$\frac{40 \times 30^\circ}{360^\circ} = 3\frac{1}{3}$$

tours.

Pour évoluer α° , il faut

$$\frac{40 \times \alpha^\circ}{360^\circ} = X$$

tours.

*** Formule générale:**

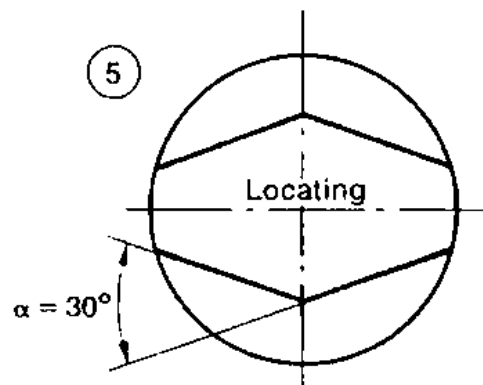
α = évolution angulaire.

$$\frac{K \times \alpha}{360}$$

K = rapport du diviseur.

F Applications

* Soit à effectuer l'évolution de $\alpha = 30^\circ$, du locating (fig. 5), $K = 40$.



Figure

Appliquons la formule

$$\frac{K \times \alpha}{360^\circ} = \frac{40 \times 30^\circ}{360^\circ} = 3\frac{1}{3} \text{ tours de manivelle}$$

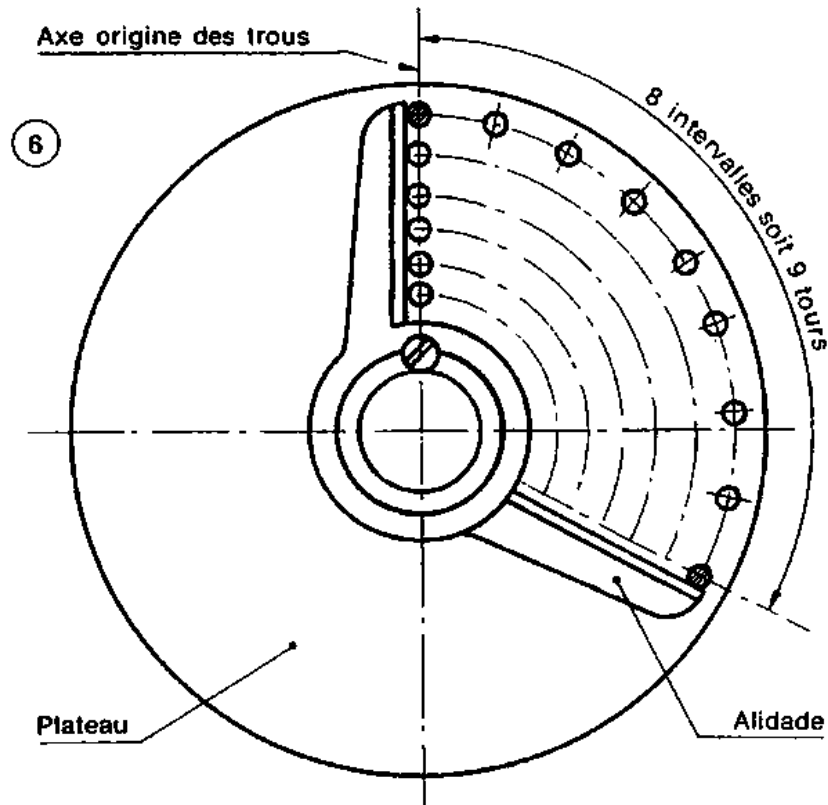
* Soit à effectuer une évolution de $\alpha = 18^\circ 30'$, $K = 40$. Convertissons $18^\circ 30'$ et 360° en minutes, $18^\circ 30' = 1\,110'$, et $360^\circ = 21\,600'$.

Appliquons la formule

$$\frac{K \times}{360^\circ} = \frac{40 \times 1\,110'}{21\,600'} = 2\frac{1}{18}$$

tours de manivelle.

G Plateau, alidade (fig. 6)



Figure

* Les plateaux permettent d'évoluer d'une fraction de tour, celle-ci étant réglée entre l'ouverture des branches mobiles de l'alidade.

* On considère toujours l'écartement des branches en nombre d'**intervalles**.

N°	Nombre de trous par rangée					
1	15	16	17	18	19	20
2	21	23	27	29	31	33
3	37	39	41	43	47	49

H Pointeau-manivelle

L'ensemble pointeau-manivelle permet:

- * **De mettre la broche en rotation** par la vis 2 et la roue 3.
- * **De suivre la rangée de trous choisie.**
- * **D'immobiliser la position** en engageant le pointeau dans un trou.

K Mode opératoire

- * Soit $K = 40$, $N = 6$ crans.

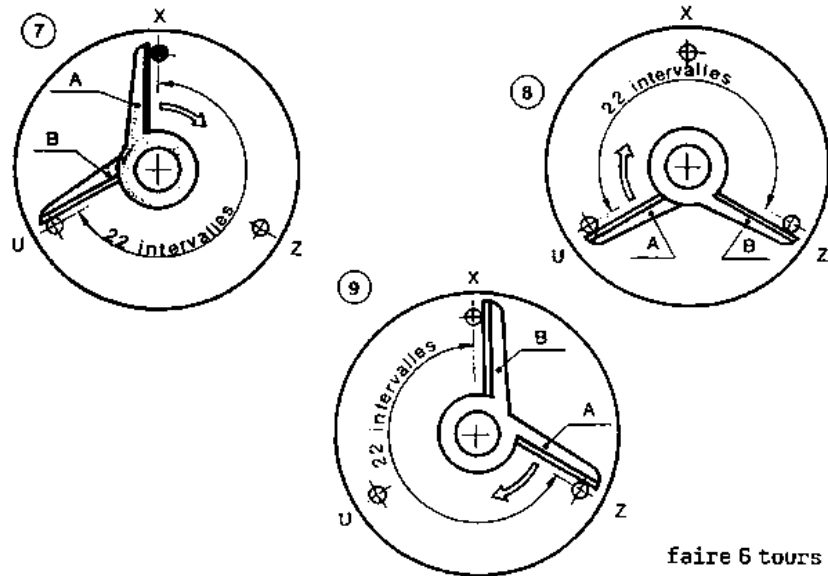
$$\frac{K}{N} = \frac{40}{6} = 6\frac{2}{3} \text{ tours de manivelle}$$

* Il faut chercher dans les plateaux disponibles celui qui comporte au moins une rangée dont le nombre de trous est multiple de 3. Par exemple, plateau n°2: rangée de 33 trou ($3 \times 11 = 33$)

* Il faut régler l'écartement des branches de l'alidade pour apprécier $2/3$ de tour, c'est-à-dire $22/33$ de tour.

* Situer le pointeau sur le départ de la rangée de 33 trous, placer la branche **A** en appui contre le pointeau, compter 22 intervalles donc 23 trous, placer la branche **B** au 23^e trou, bloquer l'alidade, vérifier, exécuter le premier cran.

* Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23 trou en appui sur **B** (position **U**, fig. 7).



Figure

* Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche **A** en position **U**, fig. 7), et exécuter le 2^e cran.

* Dégager le pointeau, comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23^e trou en appui sur **B** (position **Z**, fig. 8).

* Déplacer l'alidade (situer la branche **A** en position **Z**, fig. 9) et exécuter le 3^e cran.

* Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23^e trou en appui sur **B** (position **X**, fig. 9).

* Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche **A** en position **X**).

* Le cycle recommence au point de départ.

L Applications pratiques

1^{er} PROBLEME:

Soit $K = 40$, $N = 36$. Appliquons

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{36} = \frac{10}{9} = 1\frac{1}{9} \text{ tr.}$$

Choisir le plateau n° 2, rangée de 27 trous, par exemple.

Régler l'alidade à:

$$\frac{1}{9} \times \frac{3}{3} = \frac{3}{27}$$

3 → intervalles, soit 4 trous
27 → rangée de 27 trous

Effectuer pour une division:

$$1\frac{3}{27}$$

tour.

2° PROBLEME:

Soit $K = 40$, $N = 72$. Appliquons

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{72} = \frac{5}{9} \text{ tour}$$

Choisir le plateau n° 1, rangée de 18 trous, par exemple.

Régler l'alidade à:

$$\frac{5}{9} \times \frac{2}{2} = \frac{10}{18}$$

10 → intervalles, soit 11 trous

18 → rangée de 18 trous

Effectuer pour une division:

$$\frac{10}{18}$$

tour.

3° PROBLEME:

Soit $K = 40$, $\alpha = 22^\circ 30'$.

Transformons $22^\circ 30'$ en minutes. $22^\circ 30' = 1350'$.

$$\text{Appliquons } \frac{K \times a''}{360''} = \frac{K \times a'}{21\ 600'} = \frac{40 \times 1\ 350'}{21\ 600'} = \frac{135}{54} = 2\frac{27}{54} \text{ tr} = 2\frac{1}{2} \text{ tr}$$

Choisir le plateau n° 1, rangée de 20 trous, par exemple.

Régler l'alidade à:

$$\frac{1}{2} \times \frac{10}{10} = \frac{10}{20}$$

10 → intervalles, soit 11 trous

20 → rangée de 20 trous

Effectuer pour une division:

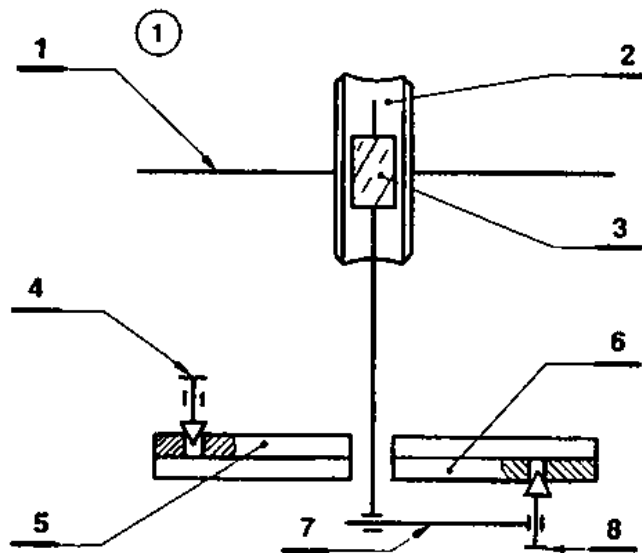
$$2\frac{10}{20}$$

tours.

2. Division composée:

A Principe de fonctionnement du diviseur (fig. 1)

Lorsqu'on fait évoluer la manivelle, les deux plateaux (**solidaire l'un de l'autre**), sont immobilisés par un pointeau arrière fixe en rotation. Lorsque l'on dégage le pointeau arrière, on peut faire évoluer l'ensemble plateaux-manivelle, à condition que le pointeau avant soit engagé dans un trou.



Figure

NOMENCLATURE	
1	Axe broche
2	Roue creuse
3	Vis sans fin
4	Pointeau arrière
5	Plateau à trous arrière
6	Plateau à trous avant
7	Manivelle
8	Pointeau avant

B Problème à résoudre

Soit à tailler les 57 dents d'un engrenage cylindrique droit en vue d'une réparation. Quelle sera l'évolution nécessaire pour passer d'une dent à une autre dent avec un diviseur de rapport $K = 40$?

- Raisonnement

Appliquons la formule: $K/N = 40/57$. On dispose pas de cercle de 57 trous, le problème n'est pas réalisable en division simple. La méthode de division composée exposée ci-dessous permet de résoudre celui-ci.

* **Décomposons** le dénominateur de la fraction $40/57$, en un produit.

* On a:

$$\frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19}$$

* **Remplaçons** le numérateur par deux nombres, l'un multiple de 3(X), l'autre de 19(Y).

La somme, ou la différence de ces deux nombres (X + Y) ou (X - Y) doit être égale à 40.

Recherche des deux nombres

X (multiples de 3)	3 - 6 - 9 - 12 - 15 - 18 - (21) - 24 - 27 - 30 - 33 - (36) - etc.
Y (multiples de 19)	(19) - 38 - 57 - (76) - 95 - 114 - 133 - 152 - 171 - etc.
X + Y = 40	Une seule solution : 21 + 19 = 40
Y - X = 40	Une seule solution : 76 - 36 = 40

Trouvons dans les lignes des multiples deux nombres X et Y. L'un (X) étant multiple de 3, l'autre (Y) multiple de 19, dont la somme ou la différence soit égale à 40.

1^{re} solution: p

$$\star \frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{21}{3 \times 19} + \frac{19}{3 \times 19} = \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{11}{33}$$

2^e solution:

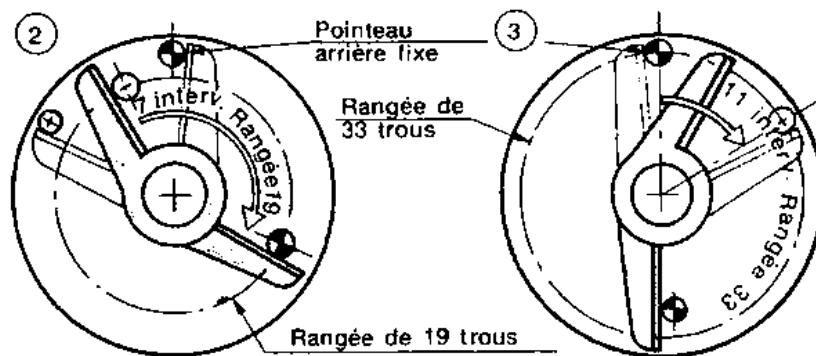
$$\star \text{ ou } \frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{76}{3 \times 19} - \frac{36}{3 \times 19} = \frac{4}{3} - \frac{12}{19} = \frac{28}{21} - \frac{12}{19}, \text{ soit : } 1 \text{ tr } \frac{7}{21} - \frac{12}{19}$$

- Manœuvres à effectuer

- * Pour la 1^{re} solution, monter sur le diviseur les plateaux 1 et 2.
- * Régler l'alidade à 7 intervalles sur le plateau avant, rangée de 19 trous.
- * Régler l'alidade à 11 intervalles sur le plateau arrière, rangée de 33 trous.
- * Effectuer 7 intervalles, soit 8 trous, sur la rangée de 19 trous du plateau avant, à l'aide de la manivelle. Engager le pointeau avant (fig. 2).
- * Dégager le pointeau arrière et tourner dans le **même sens** que lors de la première évolution, l'ensemble plateau-manivelle de 11 intervalles, soit 12 trous, sur la rangée de 33 trous du plateau arrière.
- * Engager le pointeau arrière (fig. 3).

C Formule générale

$$\frac{K}{N} = \frac{X}{a \times b} \pm \frac{Y}{a \times b}$$



Figure

K = Rapport du diviseur (K = 40 ou 60). N = Nombre de divisions à effectuer.

X = Première inconnue multiple de a.

Y = Deuxième inconnue multiple de b.

$$a \times b = N. X + Y = K \text{ ou } X - Y = K.$$

REMARQUE:

Les évolutions sont à faire dans le même sens lorsque les fractions s'ajoutent; en sens inverse, lorsque les fractions se soustraient.

D Exemples numériques

1^{er} PROBLEME: K = 40. N = 63. $a \times b = 9 \times 7 = 63$. Recherchons X et Y.

X (multiples de 9)	9 - 18 - 27 - 36 - 45 - (54) - 63 - 72 - 81 - 90 - 99 ...
Y (multiples de 7)	7 - (14) - 21 - 28 - 35 - 42 - 49 - 56 - 63 - 70 - 77 ...
X+Y	Aucune solution
X-Y	Une seule solution : 54 - 14 = 40

* On peut alors écrire:

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{63} = \frac{X}{9 \times 7} - \frac{Y}{9 \times 7} = \frac{54}{9 \times 7} - \frac{14}{9 \times 7} = \frac{6}{7} - \frac{2}{9} = \frac{42}{49} - \frac{6}{27}$$

2^e PROBLEME: K = 40. $\alpha = 172^\circ 45'$.

* **Transformons** $172^\circ 45'$ en minutes. $172^\circ 45' = 10320' + 45' = 10365'$

* **Appliquons** la formule de la division angulaire:

$$\frac{K \times \alpha}{360} = \frac{40 \times 10\,365'}{360} = \frac{10\,365'}{9} = \frac{2\,073}{108} = \frac{691}{36}$$

* On peut alors écrire:

$$\frac{691}{36} = \frac{X}{a \times b} \pm \frac{Y}{a \times b} = \frac{X}{9 \times 4} \pm \frac{Y}{9 \times 4}$$

* Après recherche, X = 700 et Y = 9. D'où X - Y = 700 - 9 = 691.

* Remplaçons les lettres par leur valeur:

$$\frac{700}{9 \times 4} - \frac{9}{9 \times 4} = \frac{175}{9} - \frac{1}{4} = 19 \text{ tr } \frac{4}{9} - \frac{1}{4} = 19 \text{ tr } \frac{12}{27} - \frac{5}{20}$$

REMARQUES:

* Il est préférable d'adopter une solution conduisant à deux mouvements additifs pour éviter l'erreur due au jeu fonctionnel.

* Les deux mouvements peuvent être effectués sur certains appareils par rapport à un même plateau comportant sur chaque face des rangées de trous percés à mi-épaisseur.

3. Division différentielle:

A Intérêt de la méthode

Pour les divisions en **nombre premiers**, la méthode de division simple ne conduit pas toujours au résultat souhaité en raison du nombre limité des rangées de trous des plateaux. On utilise **la méthode différentielle**.

B Problème à résoudre

* Soit à effectuer N = **59** divisions sur un diviseur de rapport K = **40**.

* La division **simple** n'est pas **réalisable** (si l'on ne possède pas une rangée de 59 trous).

* **Choisissons** un nombre de divisions N' voisin de N et réalisable en division simple.

2 CAS

N' = **60**, donc N' > N

N' = **56**, donc N' < N

a. Calculons la division simple correspondant à N'

1^{er} cas: N' > N

K/N' = 40/60 = 2/3 manivelle, soit 22/33, de tour.

RAPPEL:

Evolution de la manivelle pointeau: 22 intervalles, soit 23 trous, rangée de 33 trous, plateau n° 2.

2^e cas: N' < N

K/N' = 40/56 = 5/7 = 15/21 de tour de manivelle.

RAPPEL:

Evolution de la manivelle-pointeau: 15 intervalles, soit 16 trous, rangée de 21 trous, plateau n° 2.

- Observation

Dans le 1^{er} cas ($N' = 60$), nous aurions **1 division en trop**.

Dans le 2^{er} cas ($N' = 56$), nous aurions **3 divisions en moins**.

b. Erreur commise pour une division effectuée

1^{er} cas: $N' > N$

L'erreur est:

$$\frac{40}{N'} - \frac{40}{N}$$

puisque

$$\left(\frac{40}{59} > \frac{40}{60}\right)$$

.

2^e cas: $N' < N$

L'erreur est:

$$\frac{40}{N'} - \frac{40}{N}$$

puisque

$$\left(\frac{40}{56} > \frac{40}{59}\right)$$

.

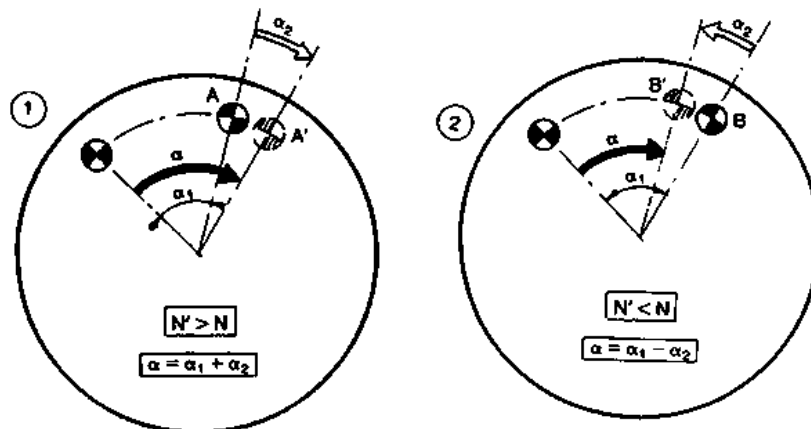
- Correction de l'erreur

Il faut donc **corriger cette erreur**: si pendant le déplacement de la manivelle le plateau à trous tourne (**mouvement différentiel**), dans un sens ou dans l'autre, on peut compenser cette erreur.

1^{er} cas: $N' > N$ (fig. 1)

L'écart angulaire α_1 obtenu pour une division est trop petit. Il faut que le plateau tourne dans le même sens que la manivelle, d'une valeur α_2 , pour que le pointeau atteigne le trou **A** en position **A'**.

$N' > N$: la manivelle et le plateau tournent dans le même sens.



Figure

α_1 Déplacement angulaire manivelle pour

α_2 Déplacement angulaire différentiel du plateau

α Déplacement angulaire réel du pointeau

2^e cas: $N' < N$ (fig 2)

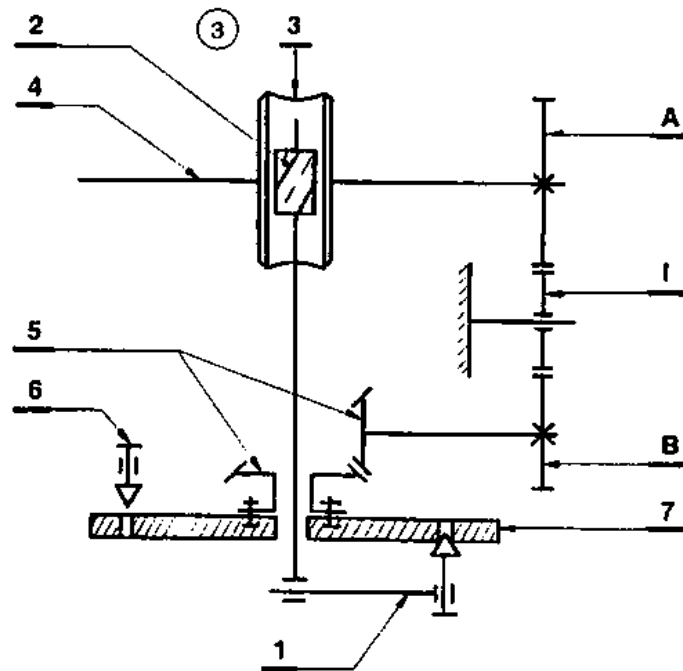
L'écart angulaire α_1 obtenu pour une division est trop grand. Il faut que le plateau tourne en sens inverse par rapport à la manivelle d'une valeur α_2 , pour que le pointeau atteigne le trou **B** en position **B'**.

$N' < N$: la manivelle et le plateau tournent en sens inverse.

C Solution technologique

Il faut faire tourner le plateau de α_2 . (Mouvement différentiel) Par l'action d'un train d'engrenages (fig. 3)

a. Principe



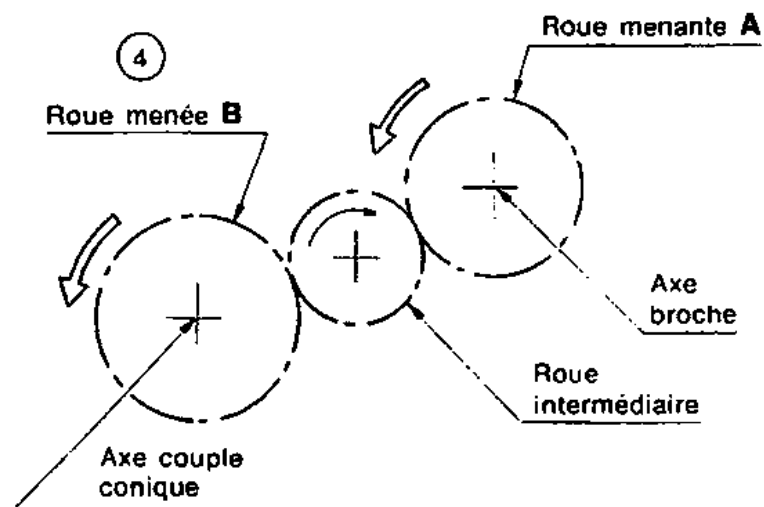
Figure

La manivelle 1 entraîne la vis sans fin 2 ainsi que la roue creuse 3. La broche 4 tourne et actionne la roue A qui commande la roue intermédiaire I et la roue B. Cette dernière est liée par un couple conique 5 ($r = 1$) au plateau à trou 7 (dont le verrou 6 est retiré).

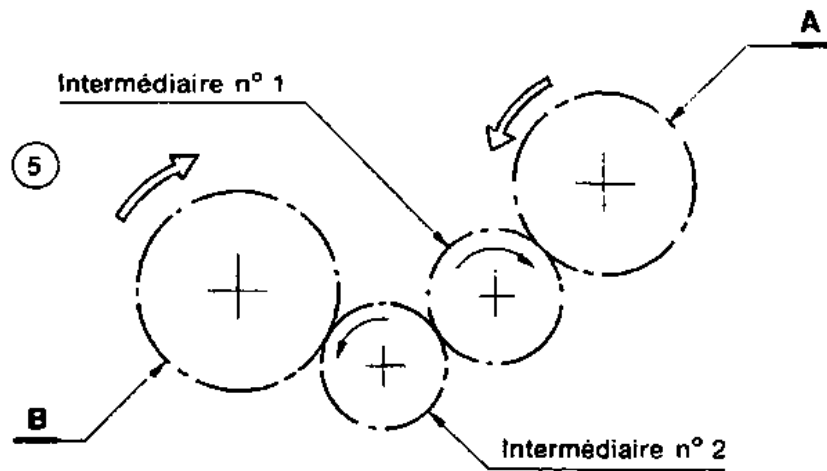
Le plateau à trous tourne.

b. Modification du sens de rotation du plateau (fig. 4 et 5)

Le sens de rotation varie suivant le type de diviseur utilisé. Il n'est pas possible de définir à l'avance un montage, de roues suivant $N' > N$ ou $N' < N$: on intercale donc, suivant le cas, une ou deux roues intermédiaires qui ne modifient en rien le rapport.



Figure



Figure

c. Calcul du train d'engrenages (fig. 6)

Recherche de la formule générale pour $N' > N$

* Evolution angulaire de la broche pour 1 division en N parties égales:

$$\omega_{\text{broche}} = 1/N.$$

* Evolution de la roue **A**: $\omega_A = 1/N$.

* Evolution de la roue **B**:

$$\omega_B = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$$

* Evolution de couple conique ($r = 1$):

$$\omega_C = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$$

* Evolution du plateau à trous (mouvement différentiel):

$$\omega_p = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$$

* L'évolution angulaire du plateau à trous (α_2), pour une division en N Parties, est égale à la différence:

$$\frac{K}{N} = \frac{K}{N'} = \omega_p$$

* On a alors l'égalité:

$$\frac{K}{N} - \frac{K'}{N'} = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$$

* Réduisons au même dénominateur le 1^{er} terme:

$$\frac{KN'-KN}{NN'} = \frac{K(N'-N)}{NN'}.$$

* L'égalité devient:

$$\frac{K(N'-N)}{NN'} = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}$$

* Effectuons:

$$\frac{\frac{K(N'-N)}{NN'}}{\frac{1}{N}} = \frac{Z_A}{Z_B} \quad \text{ou} \quad \frac{K(N'-N)}{NN'} \times N = \frac{Z_A}{Z_B}$$

* Simplifions par N dans le 1^{er} terme.

* Formule générale:

$$\frac{K(N'-N)}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \quad \text{pour } N' > N$$

REMARQUE:

La formule devient:

$$\frac{K(N - N')}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \quad \text{pour } N' < N$$

d. Marche à suivre

Choisir

Calculer

Définir

Etablir

Déterminer

La division approchante N'.

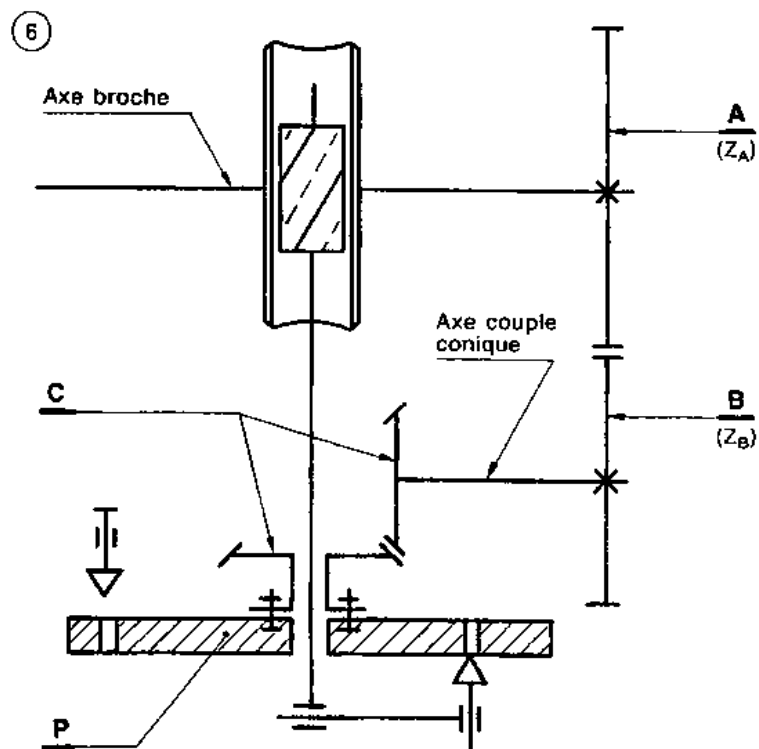
La division simple réalisable K/N'.

Le nombre d'intervalles, la rangée de trous à sélectionner.

Le n° du plateau à trous à monter.

L'équipage de roues à monter.

Le sens de rotation du plateau.



Figure

D Applications numériques

* Plateaux à trous disponibles:

N° 1	15	16	17	18	19	20
N° 2	21	23	27	29	31	33
N° 3	37	39	41	43	47	49

* Roues dentées disponibles:

24-24-30-32-36-40-45-50-55-60-65-70-80-100 dents.

1^{er} problème:

* $K = 40$, $N = 53$ (montage à 4 roues) (fig. 7).

Solution:

*

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{53}$$

(fraction irréductible).

* Choix de N' : on choisit $N' = 52$ ($N' < N$).

* Calcul de la division simple réalisable:

$$\frac{K}{N'} = \frac{40}{52} = \frac{10}{13} = \frac{30}{39}$$

* Evolution de la manivelle-pointeau: 30 intervalles, soit 31 trous, rangée de 39 trous, plateau n°3.

* Calcul de l'équipage de roues. Appliquons, pour $N' < N$, la formule:

$$\frac{K(N - N')}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$\frac{40(53 - 52)}{52} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}; \quad \frac{40}{52} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{13} = \frac{45}{36} \times \frac{40}{65} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

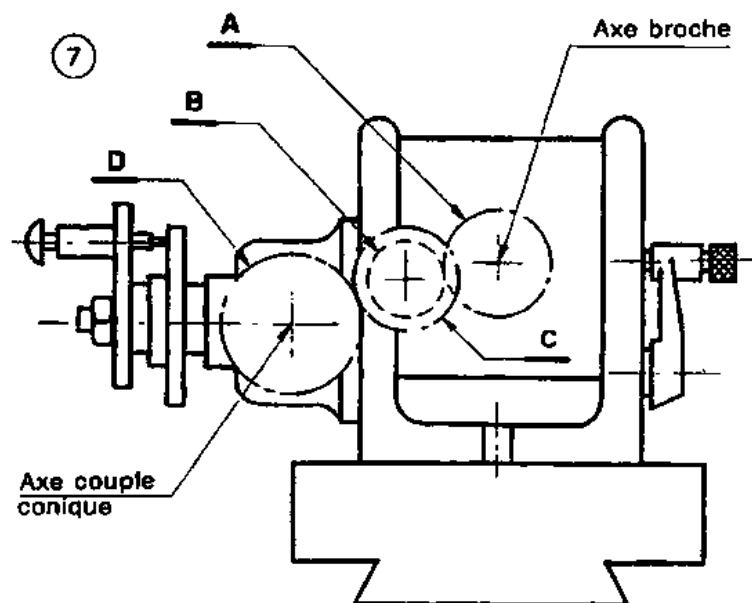
Les roues menantes A et C auront: 45 et 40 dents.

Les roues menées B et D auront: 36 et 65 dents.

REMARQUES:

* En cas d'impossibilité de montage, d'autres engrenages sont utilisables.

* Sens de rotation du plateau. $N' < N$ ($52 < 53$): la manivelle et le plateau tournent en **sens inverse**. Cette condition sera obtenue en intercalant, ou non, une roue intermédiaire entre A et B, ou C et D, suivant le type de diviseur utilisé.



Figure

2^e problème:

* Soit à tailler une roue à rochets de 97 dents.

* Calculer la division simple réalisable (N').

- * Calculer l'équipage de roues à monter (montage à 2 roues)
- * Déterminer le sens de rotation du plateau.

Solution:

- * $K/N = 40/97$ (fraction irréductible).
- * Choix de N' : on choisit $N' = 100$ ($N' > N$).
- * Calcul de la division simple réalisable:

$$\frac{K}{N'} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5} = \frac{6}{15}$$

- * Evolution de la manivelle pointeau: 6 intervalles, soit 7 trous, rangée de 15 trous, plateau n° 1.

- * Calcul de l'équipage de roues. Appliquons pour $N' > N$ formule:

$$\frac{K(N'-N)}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

$$\frac{40(100-97)}{100} = \frac{Z_A}{Z_B}; \quad \frac{40 \times 3}{100} = \frac{120}{100} = \frac{6}{5} = \frac{60}{50} \quad \text{ou} \quad \frac{36}{30} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

La roue menante A aura: 60 ou 36 dents.

La roue menée B aura: 50 ou 30 dents.

- * Sens de rotation du plateau. $N' > N$ ($100 > 97$): la manivelle et le plateau tournent dans le **même sens**. Pour obtenir celui-ci intercaler, entre A et B, 1 ou 2 intermédiaires, suivant le type de diviseur utilisé.

REMARQUES:

- * La valeur ($N' - N$) multipliant K doit être **très petite**.
- * Ainsi équipé, le diviseur ne permet plus le taillage hélicoïdal!

TABLE DES DIVISIONS DIFFÉRENTIELLES						
Division à effectuer N	Division choisie N'	Sens de rotation du plateau par rapport à la manivelle	Engrenages			
			A	B	C	D
51	50	Sens Inverse	24	30		
53	52	Sens Inverse	24	24	50	65
57	60	Même sens	60	30		
59	60	Même sens	40	60		
61	60	Sens inverse	40	60		
63	60	Sens inverse	60	30		
67	70	Même sens	80	40	60	70
69	70	Même sens	40	70		
71	70	Sens inverse	40	70		
73	72	Sens inverse	50	45	30	60
77	75	Sens inverse	30	45	80	50
79	80	Même sens	40	80		
81	80	Sens inverse	40	80		
83	80	Sens inverse	60	40		
87	90	Même sens	80	60		
89	90	Même sens	40	60	30	45

IX. Conditions de coupe**1. Vitesse de coupe:****A Définition**

C'est l'espace parcouru en mètres par l'extrémité d'une dent de la fraise en une minute. Si **d** est le diamètre de la fraise et **n** le

nombre de tours par minute, on a:

$$V = \pi \times d \times n.$$

πd : Espace parcouru en mètres pour un tour.

n : Vitesse de rotation en tours par minute.

B Facteurs dont dépend la vitesse de coupe

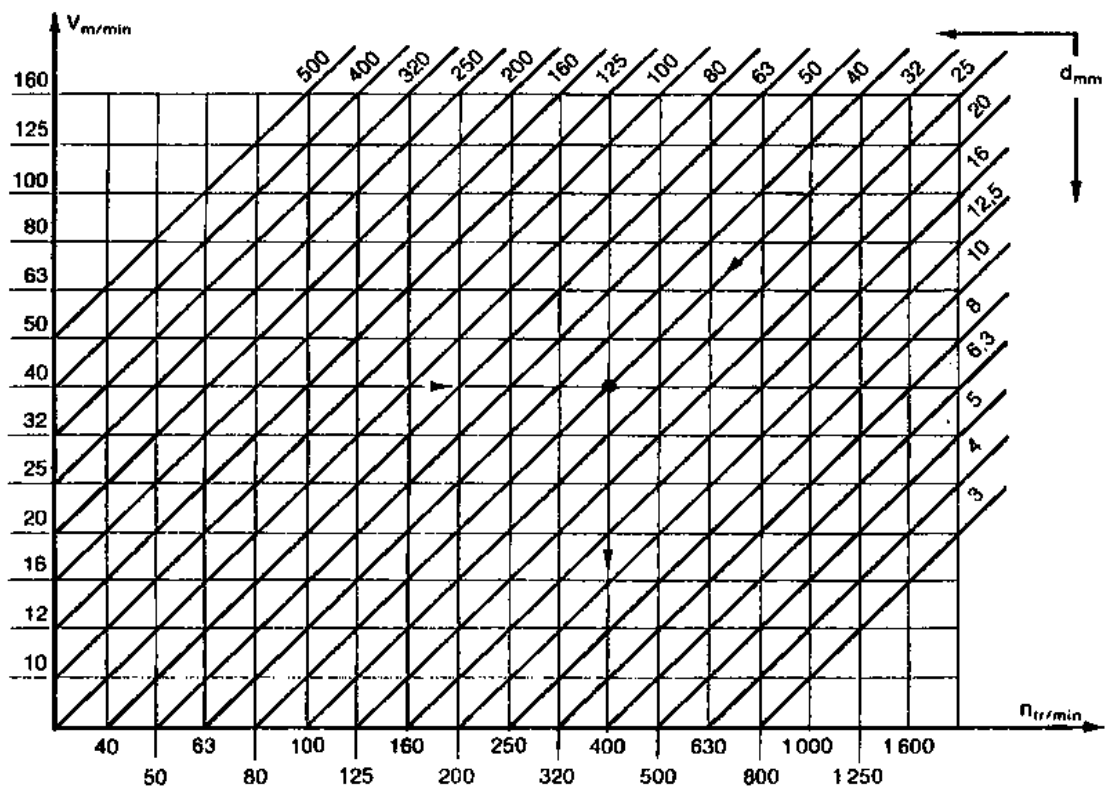
La vitesse de coupe a une influence capitale sur la durée de vie des outils. Elle varie notamment avec la matière à usiner, le matériau de l'outil, la nature de l'opération (ébauche ou finition), le type de fraise utilisé (appliquer un coefficient de réduction pour une fraise à profil constant, ou une fraise-scie par exemple), les conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié).

2. Détermination de la vitesse de rotation

La vitesse de coupe V étant donnée par des tableaux, il convient de déterminer la vitesse de rotation n .

* Par le calcul en appliquant la formule:

$$n = \frac{1000 V}{\pi d}$$



Figure

V : Vitesse de coupe en mètres par minute.

d : Diamètre de la fraise en millimètres.

Le diamètre des fraises étant exprimé en millimètres, la vitesse de coupe étant donnée en mètres par minute, on utilise le nombre 1000 dans cette formule pour la conversion des unités.

* Par lecture sur un abaque (voir le tableau). Lire: pour $d = 32$ et $V = 40$, $n = 400$ tr/min.

3. Avance:

L'avance s'exprime par le **déplacement de la pièce en millimètres** pour:

* Une dent, c'est l'avance par dent a_1 .

* Un tour, c'est l'avance par tour a .

* Une minute, c'est l'avance par minute A .

$$A = a_1 \times Z \times n.$$

Z: nombre de dents de la fraise et **n:** vitesse de rotation en tr/min,

Les valeurs de a_1 sont indiquées dans le tableau §5; elles dépendent principalement de la matière à usiner, du matériau de l'outil et du type de fraise utilisé.

COEFFICIENTS DE CORRECTION A APPORTER A L'AVANCE PAR DENT a_1 EN ÉBAUCHE	
Fraise 1 taille à surfacer: $K = 1$	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: $K = 0,4$
Finition: $a_1 = a_1/2$ (ébauche).	

APPLICATION:

Calculons A pour une opération d'ébauche sur pièce en bronze avec une fraise 2 tailles à queue $\phi 32$, en A.R.S. de $Z = 5$ dents. D'après le tableau, on trouve $a_1 = 0,1$ mm et $V = 40$ m/min, $K = 0,4$.

$a_1 = 0,1 \times 0,4 = 0,04$ mm. Sur l'abaque, on lit $n = 400$ tr/min.

D'où: $A = a_1 \times Z \times n = 0,04 \times 5 \times 400 = \mathbf{80 \text{ mm/min}}$.

4. Profondeur de passe

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

5. Temps de coupe

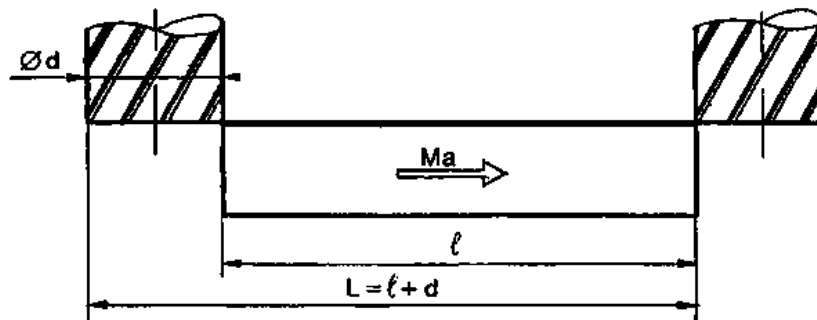
Si L représente la longueur de la passe en mm, le temps de coupe T_c correspondant pour l'effectuer est déterminé par la relation:

T_c : temps de coupe en minutes.
 A : avance en mm/min de la pièce.

$$T_c = \frac{L}{A}$$

EXEMPLE:

Calculer le temps de coupe pour une opération de surface avec une fraise 2 tailles à trou $\phi 63$ de $Z = 8$ dents; vitesse de coupe utilisée $V = 16$ -m/min; avance par dent $a_1 = 0,1$ mm; longueur de la pièce $l = 96$ mm.



Figure

Solution:

$$n = \frac{1000 V}{\pi d} = \frac{1000 \times 16}{3,14 \times 63} = \mathbf{80 \text{ tr / min}}$$

$A = a_1 \times Z \times n = 0,1 \times 8 \times 80 = \mathbf{64 \text{ mm/min}}$. $L = l + d = 96 + 63 = \mathbf{159 \text{ mm}}$.

Temps de coupe:

$$T_c = \frac{L}{A} = \frac{159}{64} = \mathbf{2 \text{ min } 30 \text{ s.}}$$

Fraisage de face	Outil A. R. S.			Outil carbure	
Matériaux usinés	Ébauche	Finition	a₁	V	a₁
Aciers Rm ≤ 70 hbar	22	26	0,15	90	0,2
Aciers Rm de 70 à 100 hbar	18	22	0,12	70	0,2
Aciers Rm 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



powered by greenstone3

