

LTI M. DELAFOSSE	CHAPITRE 3 : LE PERÇAGE	Classe : Terminale
Année scolaire : 20....-20....		EFFECTIF : Elèves

I. GENERALITES

Le perçage est un procédé de fabrication qui permet la réalisation de trou cylindrique par un outil à tranchants multiples appelé foret.

La qualité de la surface obtenue par un foret hélicoïdal est médiocre : (qualité 9 à 11) et nécessite généralement une finition par alésage.

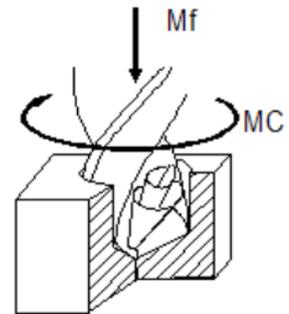
Les mouvements nécessaires pour le perçage sont :

- ❖ Le mouvement de coupe M_c

Mouvement de rotation continu généralement donné à l'outil.

- ❖ Le mouvement d'avance M_a ou M_f

Une translation axiale de l'outil.



II. LES MACHINES DE PERÇAGE

Les machines de perçage les plus couramment utilisées sont :

.....
.....
.....
.....
.....

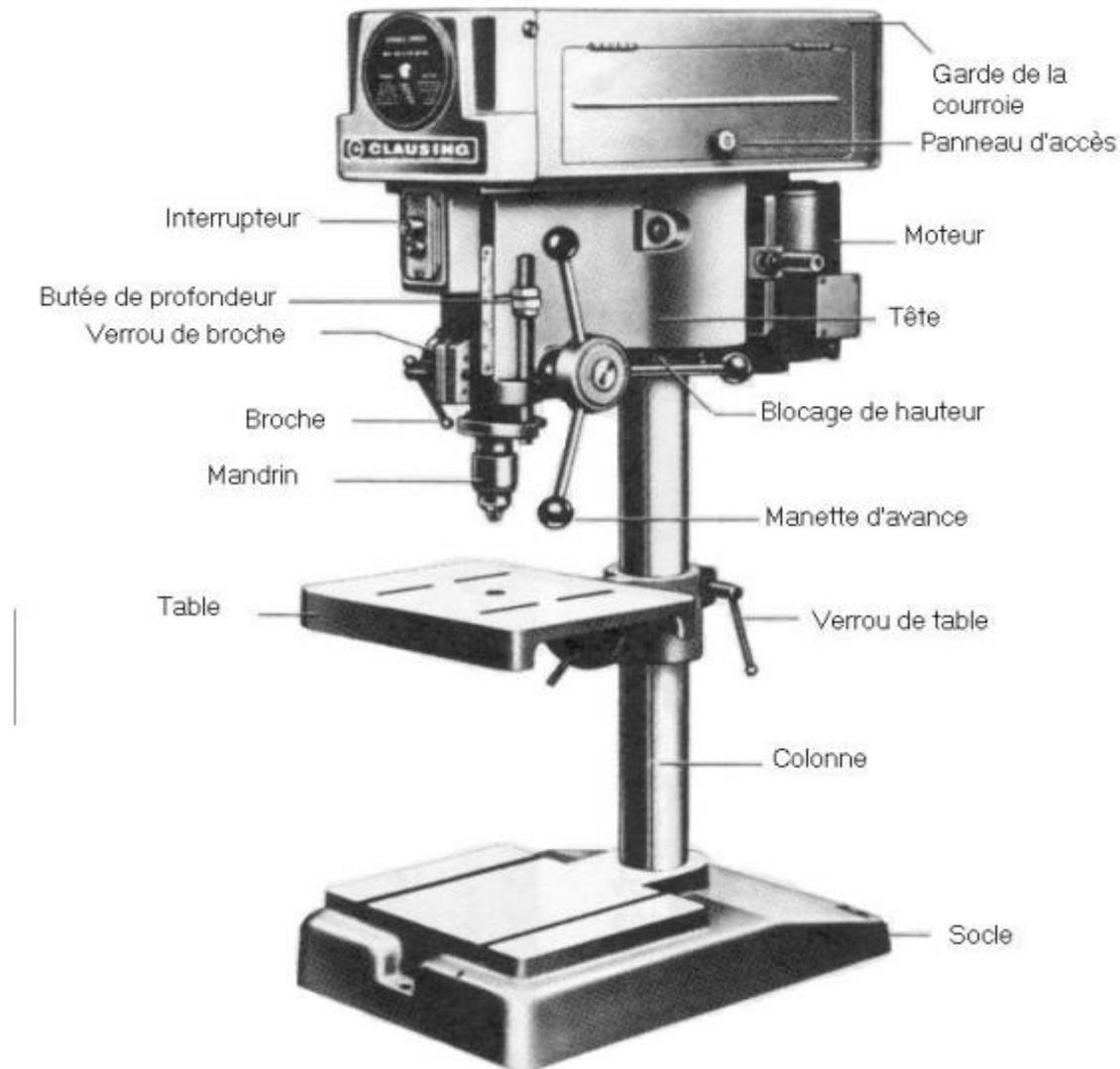
1. La perceuse sensitive

La perceuse sensitive est généralement fixée sur une table (perceuse d'établi) et comprend :

- l'ensemble formant bâti : table porte-pièce et colonne ou fût pouvant éventuellement tourner sur son axe ;
- l'ensemble moteur et tête porte-outil, parfois coulissant verticalement (monte et baisse) sur la colonne. Cette tête est constituée par le porte-broche ou fourreau coulissant (M_a) sans tourner, la broche tournant (M_c) dans le fourreau, le mandrin porte-outil axé en bout de broche.

La machine est utilisée pour les travaux d'outillage de faible capacité, pour effectuer de petits trous sur des pièces de petites dimensions facile à tenir à la main.

- Ø maxi de perçage = 15mm
- Avance manuelle
- Utilisée en TU, PS et MS



2. La perceuse à colonne

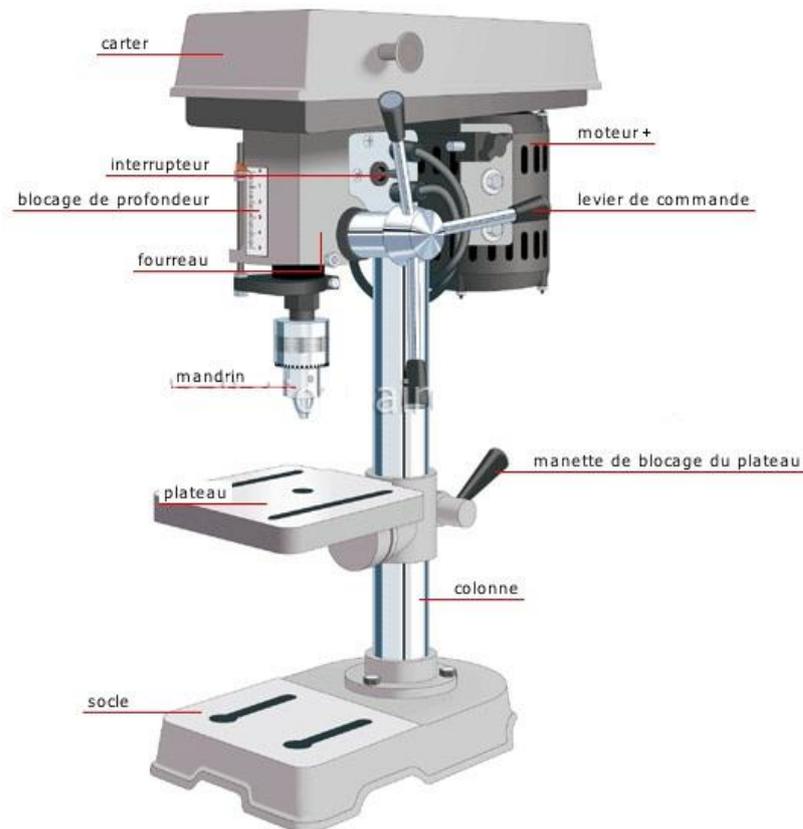
Il existe des machines à bâti cylindrique (dites à colonne) ou prismatique (dites à montant) dressé verticalement sur une large semelle scellée sur le sol de l'atelier. Les organes porte-pièce et porte-outil sont fixés sur ce bâti avec possibilité de réglage par translation axiale (monte et baisse).

Cette machine se distingue de la précédente par son dispositif de commande automatique des avances de la broche (Ma).

TECHNOLOGIE GENERALE

Elle est de même conception qu'une perceuse sensitive. Elle est utilisée pour le perçage des pièces de moyennes et grandes dimensions et peuvent peser plusieurs dizaine de kilogrammes.

- \varnothing de perçage = 15 à 40 mm
- Avance manuelle ou automatique
- Utilisée en PS et MS

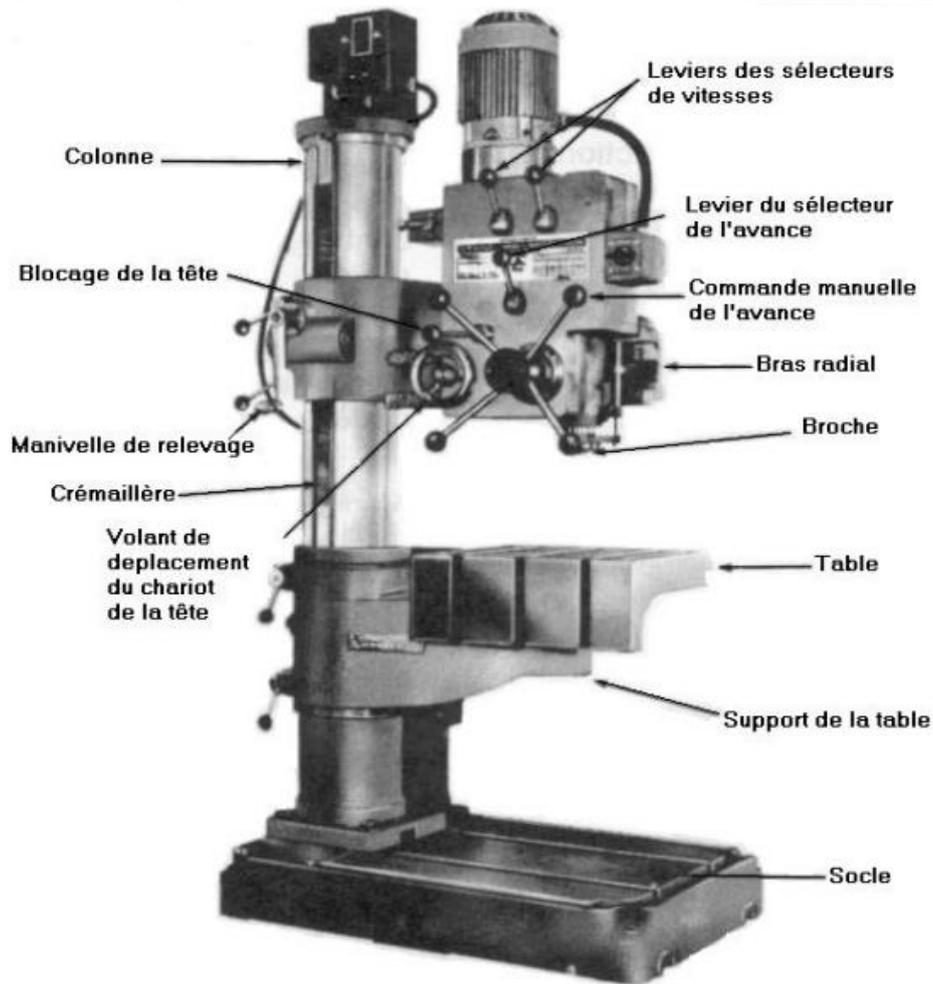


3. La perceuse radiale

Le chariot porte-outil (*ensemble moteur - boîte des vitesses - boîte des avances - broche*) peut coulisser sur un bras radial lui-même mobile en rotation horizontale, autour du fût, et en translation verticale, le long du fût. Cette mobilité latérale du chariot porte-foret permet d'atteindre toutes les positions de trous situés à l'intérieur d'une aire annulaire de rayons R_1 et R_2 . (Amplitude de coulissement du chariot = $R_1 - R_2$).

Elle est adaptée pour les pièces lourdes et volumineuses.

- \varnothing maxi de perçage = 50 mm
- Rayon de perçage : 1500 mm
- Avance manuelle ou automatique.
- Utilisée en TU, PS et MS



4. La perceuse à broches multiples

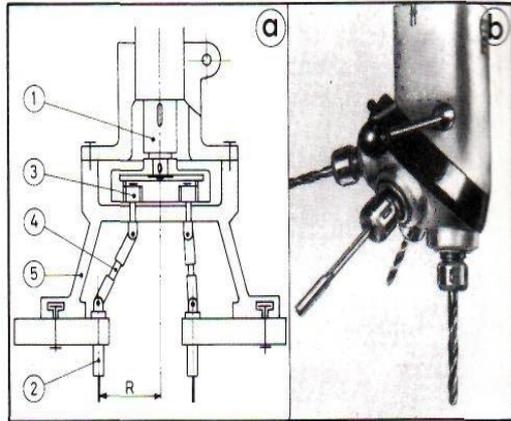
Machine comportant un socle unique et, souvent, un seul moteur actionnant de 2 à 8 broches etc... disposées parallèlement. L'avance est souvent manuelle mais il existe des machines où elle est mécanique. Plusieurs trous sont percés simultanément dans une même pièce.

Elle est employée pour les pièces de petites dimensions comportant des perçages lamages, taraudages etc...

- \varnothing de perçage = 6 à 25 mm
- Utilisée en PS et MS
- La pièce est placée successivement sous chacune des broches pour une opération déterminée

Tête revolver de perçage – adaptable sur la broche d'une perceuse à colonne, elle permet d'effectuer quatre opérations différentes sur la pièce qui reste fixe.

Des machines spéciales multibroches peuvent aussi être constituées avec des unités de perçage montées sur un bâti et dont les broches peuvent ainsi avoir des orientations différentes.

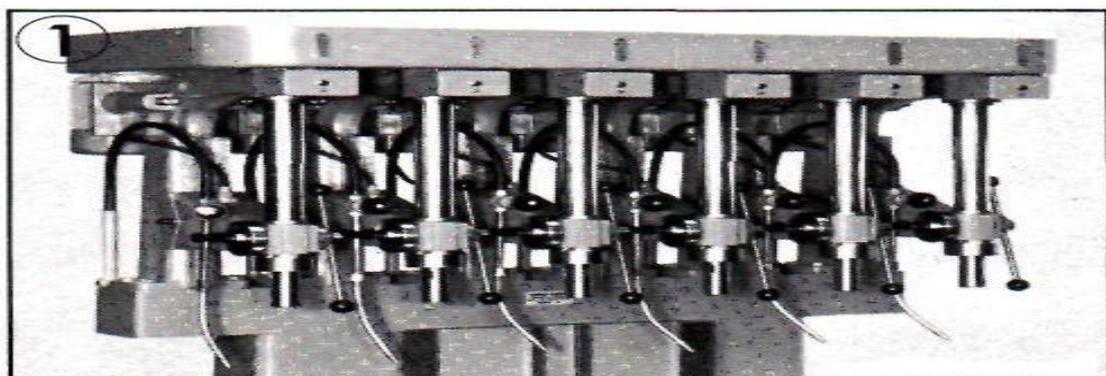


5. La perceuse multibroche

C'est une préfiguration simplifiée de l'usinage en transfert. La pièce, généralement abloquée dans un montage spécial est déplacée sous les broches successives, chaque broche effectuant une fraction du travail seulement. Elle permet de faire différentes opérations de perçage de diamètres différents, successivement, sur un même trou.

L'entraxe des broches est fixe ou réglable. Les diamètres des trous doivent être voisins (même V_c).

- Nombres de sorties de broche : 16 à 48
- Utilisée en GS et TGS
- Tous les trous à percer sont sur la même face.



6. La perceuse à commande numérique

Machine utilisée pour percer des pièces avec un grand nombre de trous avec des diamètres différents et des entraxes irréguliers.

- \varnothing maxi de perçage = 25 mm
- Avance automatique.
- Utilisée en PS et MS répétitive.



7. Les unités de perçage

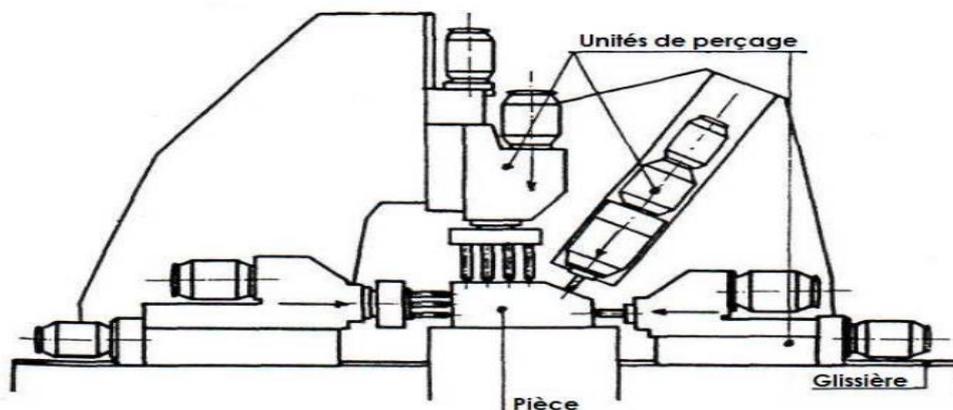
Les têtes de perçage ou unités de perçage autonomes possèdent leurs propres moyens moteurs de rotation et d'avance du foret. Elles sont utilisées isolément sur un bâti ou plus généralement par groupage en arrangements quelconques selon les exigences de l'usinage à réaliser en grande série.

Ce genre de matériel a été adopté pour la première fois en France par RENAULT. Le succès remporté alors par cette firme influa sur l'évolution des techniques d'usinage et même sur la conception des pièces mécaniques.

Elles sont destinées aux travaux de grande série.

Machine spéciale à broches multiples ou il y a des unités de perçage autonomes.

- Travaux de perçage, lamage, taraudage et même fraisage ou tournage.
- Utilisée en MS et GS.



Groupement sur bâti en acier soudé de plusieurs unités.

III. LES OUTILS DE PERÇAGE

1. Caractéristiques des forets

Les forets sont caractérisés par :

❖ Le corps

Deux goujures (rainures) hélicoïdales déterminent les faces d'attaque de l'outil, en même temps elles doivent être lisses pour permettre une meilleure évacuation des copeaux.

Les forets ont le plus souvent, deux lèvres de guidage ou listels qui centrent l'outil dans le trou pendant le perçage. On mesure le diamètre du foret sur ces listels rectifiés. Ce diamètre est légèrement plus important près de la pointe (conicité 0,01%) pour éviter le coincement de l'outil dans le trou. La longueur (L) du corps de l'outil varie de quelques millimètres à 8, 10 ou 15 fois le diamètre. Il n'y a pas de difficulté de perçage tant que L est inférieur à 3 jusqu'à 4 fois le diamètre.

❖ La pointe (bec de l'outil)

C'est la partie active de l'outil (l'outil, travaille par ses arêtes coupantes qui forment deux copeaux symétriques). Les listels n'ont pas d'action de coupe. Les deux faces de dépouille sont les seules qui reçoivent un affûtage dont le contrôle s'exerce sur :

- ✓ les angles de dépouille
- ✓ l'angle de pointe
- ✓ les deux arêtes coupantes (même longueur et même inclinaison sur l'axe).

Les deux arêtes coupantes sont raccordées sur la pointe du foret par une arête frontale (arête de pointe de longueur fixée par l'épaisseur de l'âme du foret). L'âme étant la partie centrale pleine qui sépare les deux goujures hélicoïdales.

❖ La queue

La queue est cylindrique pour les forets de diamètre inférieur à 12 mm et conique pour les autres (cône morse). Le montage de l'outil (par la queue) peut être direct ou indirect.

❖ Matériaux

Les forets sont fabriqués le plus souvent en acier rapide (ARS) ou en carbure métallique

❖ Angles caractéristiques d'un foret

Les angles caractéristiques du foret sont l'angle de pointe (a) et l'angle d'inclinaison de l'hélice (b). Ces angles varient sensiblement suivant la matière à percer.

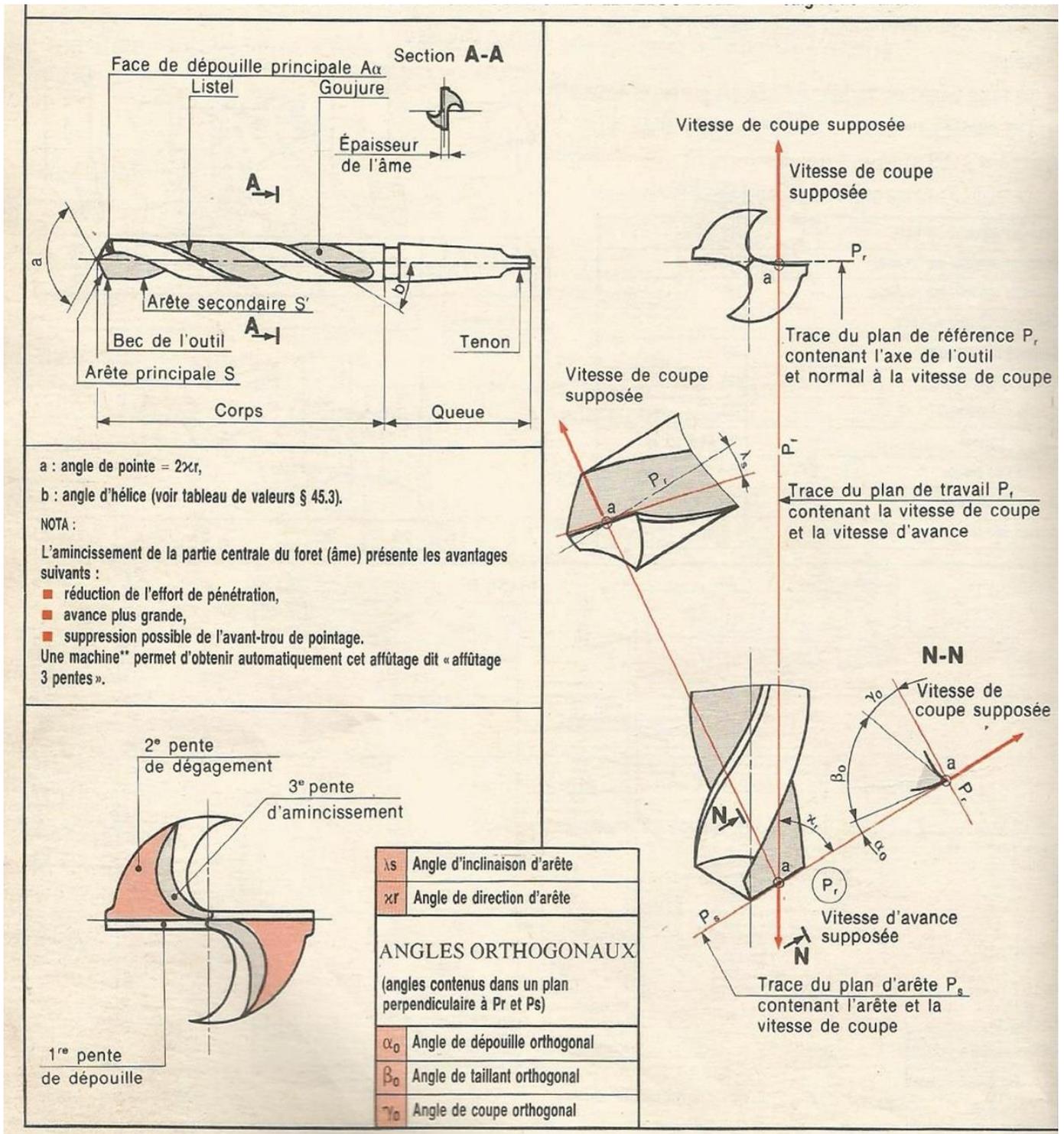
Si l'angle de pointe est trop grand, la pénétration est difficile et on obtient une pression considérable de l'arête de pointe

TECHNOLOGIE GENERALE

Si l'angle de pointe trop faible pénétration facile, on obtient une pénétration facile mais la pointe peu résistante à la rupture et au réchauffement.

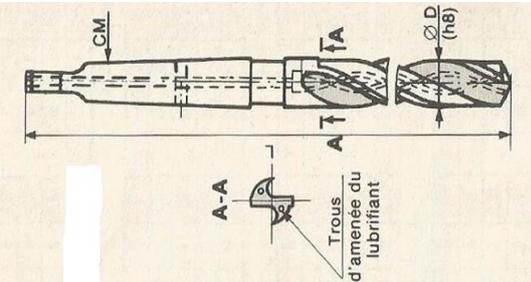
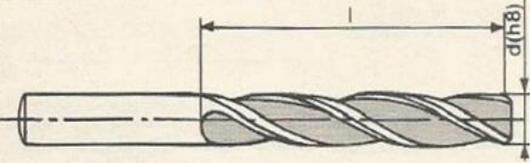
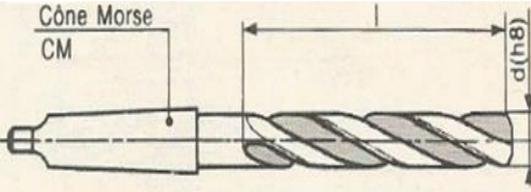
❖ Mode d'action du foret

Lors du perçage, les efforts s'appliquent sur les arêtes coupantes. Si ces divers efforts sont égaux, il n'aura pas de défaut de perçage. Par contre si une des forces est plus grande : des flexions, flambages auront lieu sur le foret entraînant un perçage incorrect du trou.



TECHNOLOGIE GENERALE

2. Les différents types de forets

Outils	Désignation	Caractéristique
	Foret à queue cylindrique de diamètre $\varnothing d$	Nécessite l'utilisation d'un mandrin à mâchoire à serrer sur le foret
	Foret à queue conique de diamètre $\varnothing d$	Nécessite un mandrin conique correspondant au cône morse sur le foret
	Foret trou d'huile à queue cylindrique de diamètre $\varnothing d$	Les trous permettent d'amener du lubrifiant sous pression directement jusqu'à la pointe. Il en résulte un refroidissement correct et un refoulement du copeau.
	Foret-aléreur à queue cylindrique de diamètre $\varnothing d$	Il est utilisé : <ul style="list-style-type: none"> - En demi-finition ou finition pour les alésages à partir du perçage - Pour aléser les trous bruts avec fortes surépaisseur
	Foret-aléreur à queue conique de diamètre $\varnothing d$	Il est utilisé : <ul style="list-style-type: none"> - En demi finition ou finition pour les alésage à partir du perçage - Pour aléser les trous bruts avec fortes surépaisseur
	Foret étagé	L'exécution de perçage étagé peut être obtenue par une série d'opération à l'aide de forets.
		Rigide et courte il est utilisé pour le centrage et

TECHNOLOGIE GENERALE

	<p>Foret à centrer de diamètre $\varnothing d$, type A</p>	<p>la conservation du temps, des qualités géométriques de la surface conique.</p>
	<p>Foret à centrer de diamètre $\varnothing d$, type B</p>	<p>Rigide et courte il est utilisé pour le centrage et la conservation du temps, des qualités géométriques de la surface conique avec des chanfreins de protection</p>
	<p>Foret à centrer de diamètre $\varnothing d$, type R</p>	<p>Rigide et courte il est réservé pour des travaux de haute précision.</p>

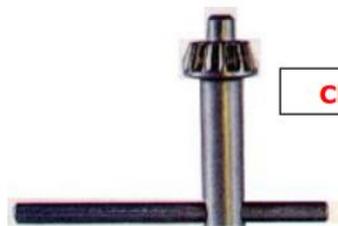
IV. MONTAGE ET DEMONTAGE DES FORETS

1. Quelques accessoires

Mandrin à mâchoire



Mandrin

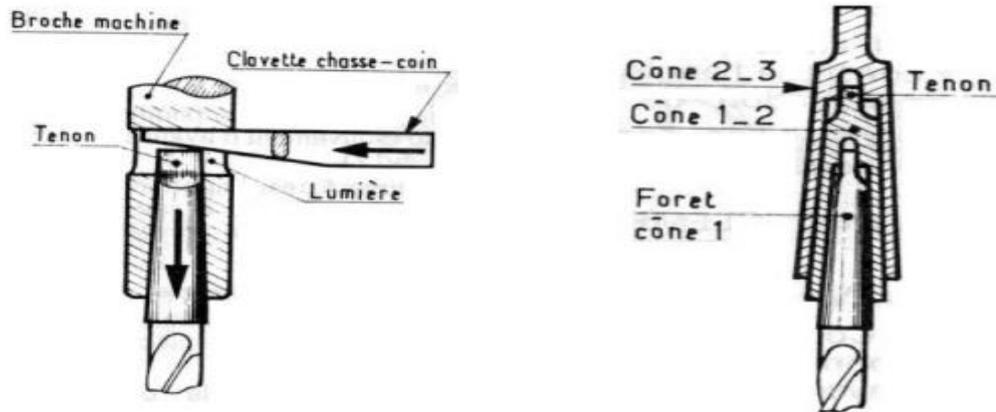


Clé à mandrin



Cône morse

Douille de réduction



Douille de réduction cône morse



Il permet de réduire un cône Morse dans une taille immédiatement supérieure.

Allonge porte-foret



Il permet le montage des forets de dimension supérieure à celle la broche.

Chasse cône simple S'utilise avec un marteau



Il permet d'extraire les cônes morses par la simple action du bras de levier à l'aide d'un marteau.

Chasse cone semi-automatique



Il permet d'extraire les cônes morses par la simple action du bras de levier.

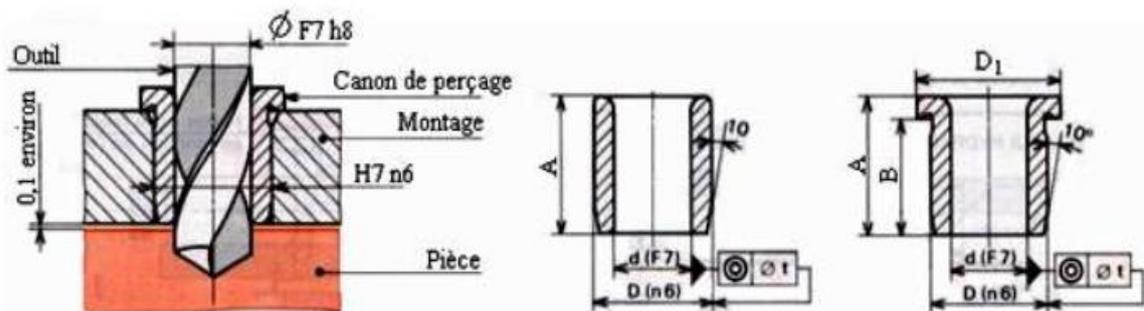
2. Les guidages des fortes

Les outils sont généralement guidés par des canons de perçage. Ces guides ou canons sont des bagues cylindriques destinées à :

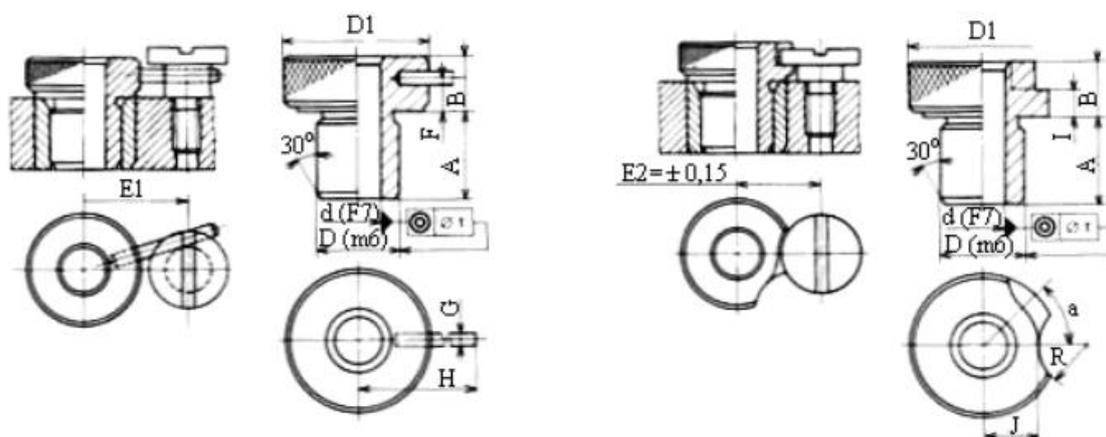
- mettre en position, par rapport à la pièce, un outil de perçage ou d'alésage etc. (évite le traçage, le pointage ou le trou de centre).
- maintenir cette position pendant le travail de l'outil (quelques soient les efforts de coupe, l'état de surface du plan d'attaque)

Les canons de perçage sont des éléments normalisés, ils sont liés au montage d'une façon permanente (canons fixes) ou démontable (canons amovibles). Ils assurent une fabrication de qualité dimensionnelle constante, d'où la nécessité d'un usinage de haute précision du montage. Ces éléments soumis à l'usure par frottement sont en acier dur trempé (C60) ou en acier de nitruration (40 CrAlMo 6-6) ou en acier cémenté et trempé (C10 ; 10 NiCr 6 etc.).

❖ Canon fixe



❖ Canon amovible



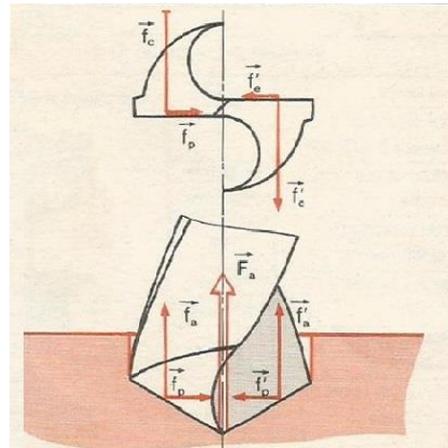
V. PUISSANCE ABSORBEE

1. Effort de coupe

La résultante des efforts de coupe s'exerçant sur une arête admet trois composantes :

- ✓ f_c : effort tangentiel de coupe
- ✓ f_a : effort d'avance
- ✓ f_p : effort de pénétration

Si le foret est parfaitement affuté et si le matériau de la pièce est homogène, on a :



$$f_c = f'_c; \quad f_a = f'_a; \quad f_p = f'_p$$

Les composantes f_p et f'_p sont égales et de sens contraires. Donc ils s'annulent.

La résultante des efforts des efforts d'avance $F_a = 2 f_a$ est portée sur l'axe du foret.

Les forces f_c et f'_c constituent un couple résistant au forage.

L'avance fournie par les abaques de perçage est pour les deux dents du foret.

$$a \text{ réel pour une dent} = a/2$$

On a donc les résultats suivants :

$$F_c \cong \frac{K_c \cdot a \cdot d}{4}$$

F_c : Effort de coupe en newtons (N)

a : avance en mm

D : diamètre du foret ou diamètre de perçage en mm

K_c : Pression spécifique de coupe en N/mm^2

NB : Pour le cas d'un avant trou, le diamètre de perçage D est remplacé par $(D - d)$ ou d représente le diamètre de l'avant trou.

L'amincissement de l'âme du foret (affutage du type 3 pente) réduit notamment l'effort de pénétration :

- 75% environ pour les aciers
- 50% environ pour les alliages légers.

2. Puissance nécessaire à la coupe

La puissance nécessaire à la coupe est donnée par :

$$P_c \cong \frac{K_c \cdot a \cdot D \cdot V}{4 \times 60}$$

P : puissance nécessaire à la coupe en watts (W),

a : avance en mm/tr,

D : diamètre du foret en mm, ou diamètre de perçage.

V : vitesse de coupe en m/mn

K_c : Pression spécifique de coupe en N/mm²

La puissance absorbée par la machine est donnée par : $P_a = \frac{P_c}{\eta}$

η : Rendement de la machine.

K_c en N/mm² (pour outil ARS à 120°)						
<i>Matière</i>	<i>h=</i> <i>0,04</i>	<i>h=</i> <i>0,06</i>	<i>h=</i> <i>0,1</i>	<i>h=</i> <i>0,16</i>	<i>h=</i> <i>0,25</i>	<i>h=</i> <i>0,4</i>
<i>E35 (SA60)</i>	3400	2950	2600	2250	1970	1710
<i>C35 C45 (XC38-XC48)</i>	3550	3050	2640	2270	1950	1680
<i>C65 (XC65)</i>	3000	2710	2450	2200	2000	1800
<i>Acier inox</i>	2400	2300	2100	1960	1820	1680
<i>Fonte Ft20</i>	2650	2320	2010	1760	1530	1340
<i>Fonte GS</i>	2810	2500	2160	1890	1650	1450
<i>Alu</i>	1170	1040	900	790	680	610

TECHNOLOGIE GENERALE

TABLEAU COMPARATIF DES PRINCIPALES PERSEUSES

Type de perceuse	Caractéristiques	Capacité	Cadence				
			TU	PS	MS	GS	TGS
Perceuse sensitive	Bâti cylindrique Axe de la broche vertical	Pièces de petites dimensions	x	x	x		
Perceuse à colonne	Bâti cylindrique ou prismatique Axe de la broche vertical	Pièces de moyennes et grandes dimensions Avance automatique		x	x		
Perceuse radiale	Bâti cylindrique Possibilité de coulisser le chariot sur un bras mobile en rotation	Pièces lourdes et volumineuse	x	x	x		
Perceuse à B.M	Bâti cylindrique Axe de broches verticales ou quelconques	Pièces de petites dimensions comportant des perçages lamages, taraudages		x	x		
Perceuse M.B	Bâti cylindrique Axe de broches verticales	Pièces subissant des opérations de perçage de diamètres différents				x	x
Perceuse à C.N	Bâti cylindrique Axe de broches verticales	Pièces ayant un grand nombre de trou de diamètres différents Avance automatique		x	x		
Unités de perçage	+sieurs unités de perçage regroupées sur un même bâti	Travaux de perçage, lamage, taraudage et même fraisage ou tournage.			x	x	