

26. CALCULS RELATIFS AUX TUYAUTERIES D'AIR COMPRIMÉ

L'abaque suivant permet d'obtenir indifféremment le débit, le diamètre du tuyau, la perte de charge, à condition de fixer la pression et deux des trois éléments cités.

Première application : Calcul du diamètre intérieur d'un tuyau d'air comprimé, de pression effective 5 bars, de 50 m de longueur, débit 2 Nm³ par minute, perte de charge maximale 100 millibars. (Nm³ signifie des mètres cubes normaux, c'est-à-dire d'air détendu à l'air libre.)

Solution : Calcul de la perte de charge pour 100 m de tuyau :

$$\frac{100 \times 100}{50} = 200 \text{ millibars}$$

Du point 5 sur l'échelle des pressions, tracer une ligne jusqu'au point 200 sur l'échelle des pertes de charges.

A partir du point d'intersection A de cette ligne et de la ligne de référence tracer une nouvelle ligne jusqu'au point 2 de l'échelle des débits.

Cette nouvelle ligne coupe l'échelle des diamètres des orifices au point 30 \Rightarrow diamètre du tuyau 30 mm.

Deuxième application : Quel serait le débit d'une tuyauterie d'air comprimé à la pression de 1 bar effectif, de diamètre 100 mm, de 50 m de longueur, la perte de charge maximale admissible étant de 40 millibars.

Solution : Calcul de la perte de charge pour 100 m de tuyau :

$$\frac{40 \times 100}{50} = 80 \text{ millibars}$$

Du point 1 pris sur l'échelle des pressions, tracer une ligne jusqu'au point 80 de l'échelle des pertes de charge.

La ligne de référence est coupée au point B.

De ce point B tracer une ligne jusqu'au point 100 pris sur l'échelle des diamètres, prolonger jusqu'à la ligne des débits.

On trouve environ 17 Nm³/mn.

Troisième application : Quelle serait la perte de charge d'une tuyauterie d'air comprimé à 10 bars effectifs ayant 12 mm de diamètre, 50 m de longueur et un débit de 1 Nm³/mn.

Solution :

Du point 1 pris sur l'échelle des débits, tracer une ligne joignant le point 12 sur l'échelle des orifices et la prolonger jusqu'à la ligne de référence.

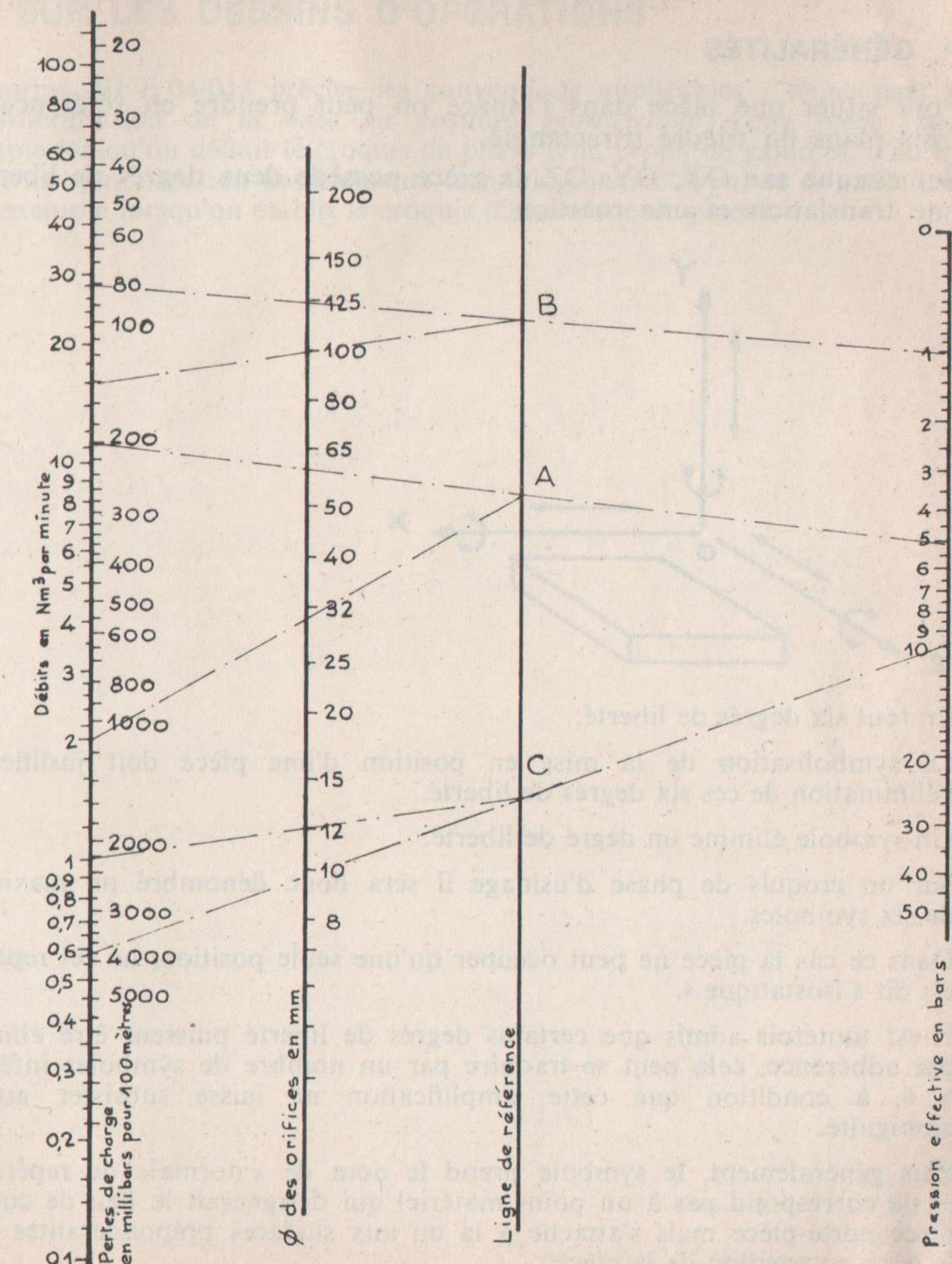
L'intersection est le point C.

Du point 10 de l'échelle de pression, joindre C et prolonger jusqu'à la ligne des pertes de charge. On lit 3 800 mbars.

Cette valeur étant donnée pour 100 m, pour 50 m on aura :

$$\frac{3800 \times 20}{100} = 1900 \text{ millibars}$$

CALCULS DES TUYAUTERIES D'AIR COMPRIMÉ

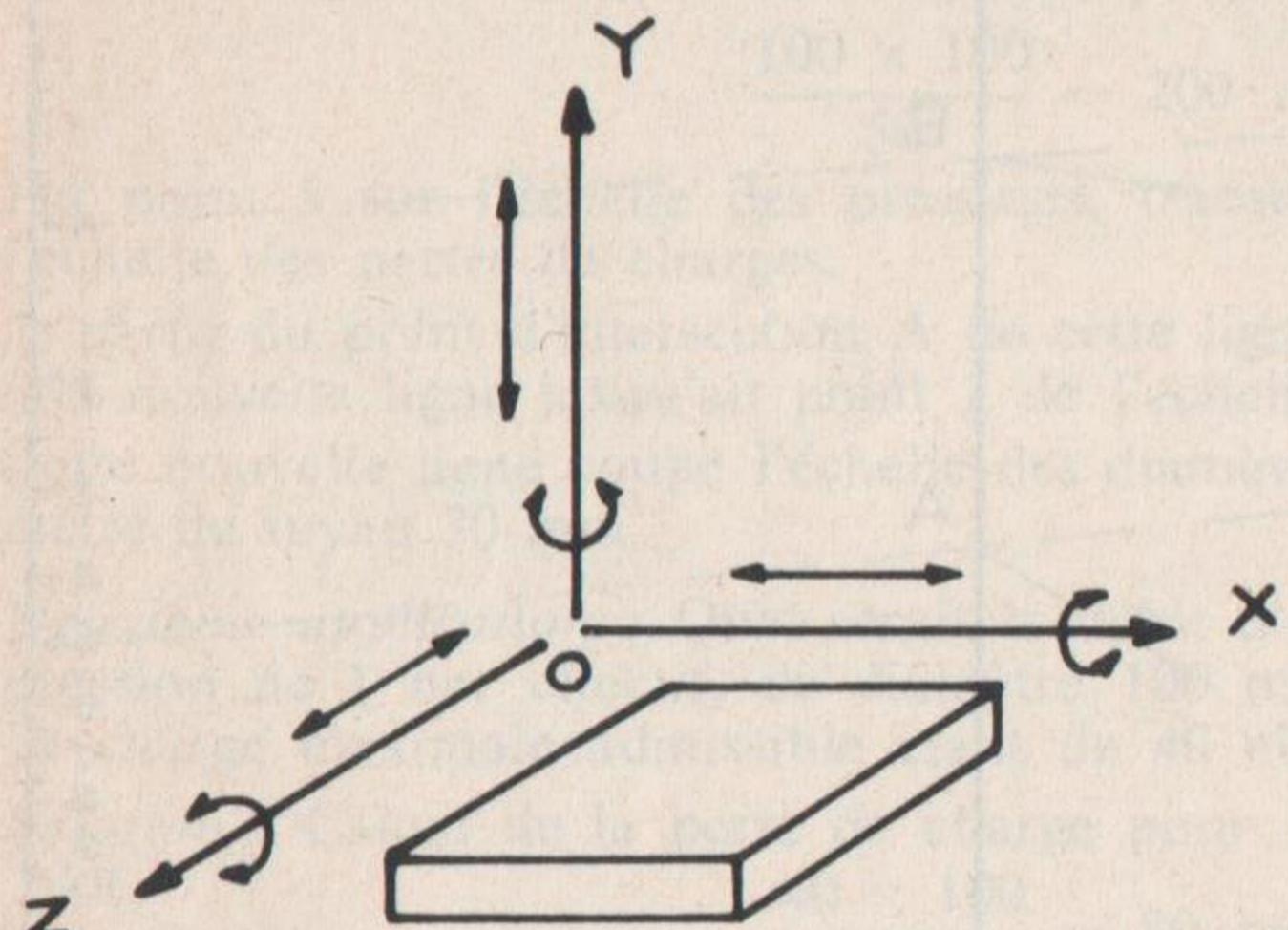


27. ISOSTATISME

A. GÉNÉRALITÉS

Pour situer une pièce dans l'espace on peut prendre en référence les trois plans du trièdre trirectangle.

Sur chaque axe OX, OY, OZ, la pièce possède deux degrés de liberté : une translation et une rotation.



En tout six degrés de liberté.

La symbolisation de la mise en position d'une pièce doit justifier de l'élimination de ces six degrés de liberté.

Un symbole élimine un degré de liberté.

Sur un croquis de phase d'usinage il sera donc dénombré un maximum de six symboles.

Dans ce cas la pièce ne peut occuper qu'une seule position, un tel repérage est dit « isostatique ».

Il est toutefois admis que certains degrés de liberté puissent être éliminés par adhérence, cela peut se traduire par un nombre de symboles inférieur à 6, à condition que cette simplification ne laisse subsister aucune ambiguïté.

Plus généralement, le symbole prend le nom de « normale de repérage » et ne correspond pas à un point matériel qui désignerait le lieu de contact pièce porte-pièce mais s'attache à la ou aux surfaces prépondérantes pour la mise en position de la pièce.

28. SYMBOLISATION DES PRISES DE PIÈCES SUR LES DESSINS D'OPÉRATIONS

La norme NFE 04-013 précise les conventions applicables : d'une part à la symbolisation de la *mise en position géométrique* d'une pièce (par exemple lorsqu'on définit le croquis de phase d'un projet de gamme), d'autre part à la symbolisation des éléments technologiques d'appui et de maintien (par exemple lorsqu'on établit le croquis d'une étude de phase).

1. SYMBOLISATION DE L'ÉLIMINATION DES DEGRÉS DE LIBERTÉ (d'après NFE 04-013)

1.1. Domaine d'application

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

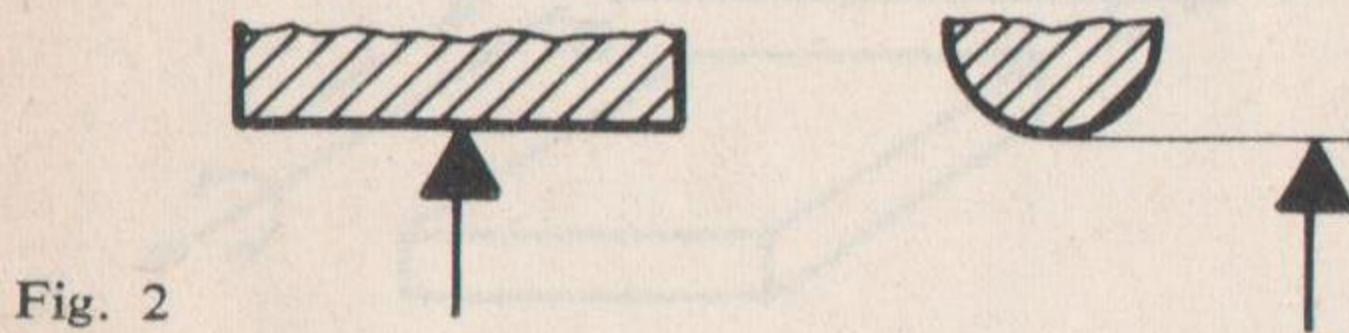
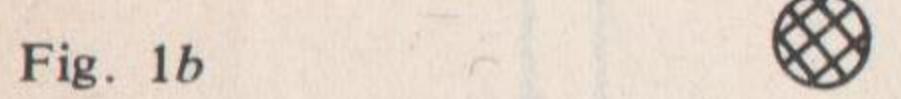
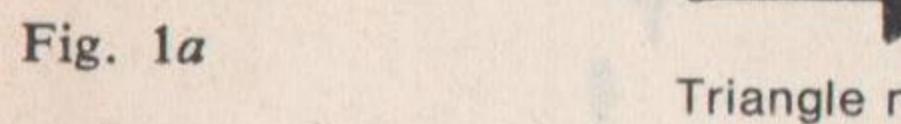


Fig. 2

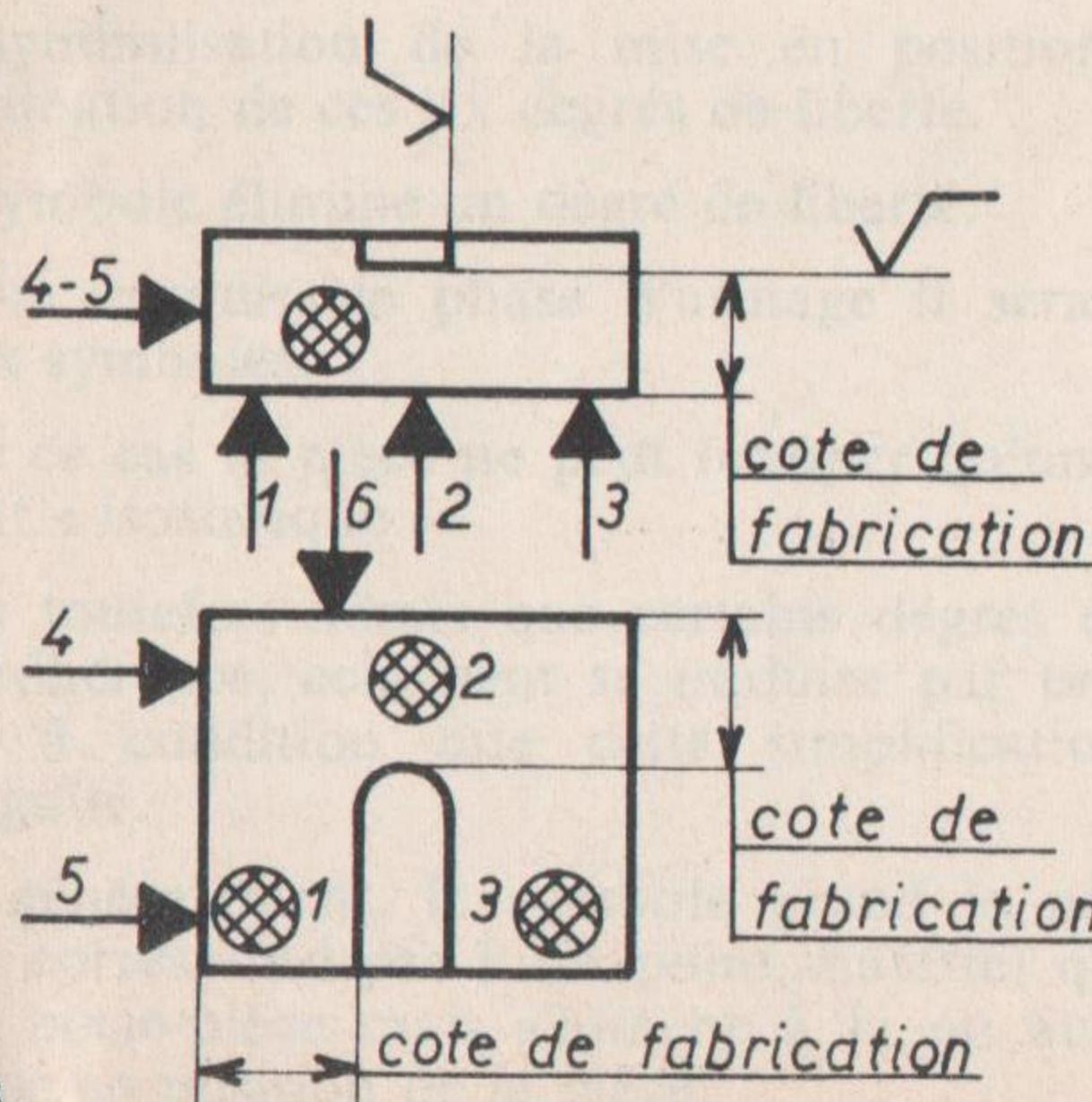


Fig. 3

1.2. Symbole de base

Le « symbole de base » est représenté ci-contre (fig. 1a). Si nécessaire, il peut être projeté sous forme d'une surface quadrillée délimitée par un trait fin (cercle) (fig. 1b).

1.3. Position du symbole

Le symbole de base est placé sur la surface choisie ou sur une ligne d'attache ; du côté libre de matière (fig. 2).

Le segment de droite est normal à l'appui considéré.

1.4. Principes d'utilisation

Il est recommandé (fig. 3) :

- de représenter les symboles dans les vues où leurs positions sont les plus explicites ;
- de les affecter pour les repérer dans chaque vue d'un indice de 1 à 6, disposé à côté du segment de droite du symbole ;
- la position et le nombre des symboles de base se déduisent de la cotation de fabrication.

Chaque surface concernée par la mise en position doit être à l'origine d'une cote de fabrication.

Dans certains cas, lorsqu'il n'y a pas plusieurs interprétations possibles, la représentation peut être simplifiée, en inscrivant le nombre de degrés de liberté éliminés à partir de la surface désignée, dans un carré ajouté aux symboles de base (fig. 6).

En aucun cas, les deux types de symboles (flèche seule ou flèche avec carré) ne doivent être utilisés simultanément sur le même document.

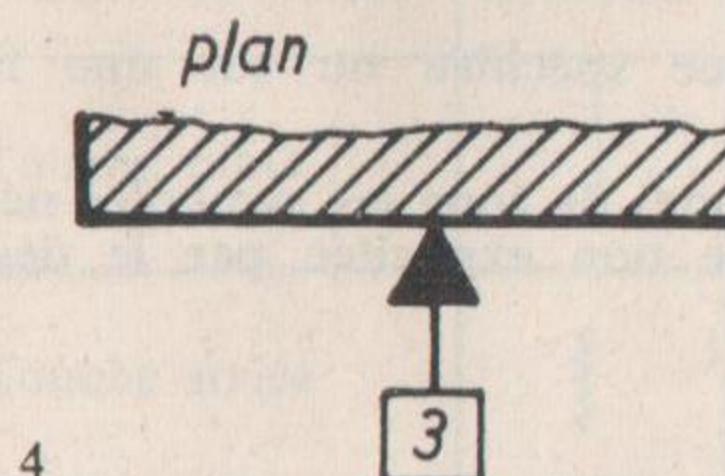


Fig. 4

Exemple (fig. 4)
Les trois degrés de liberté sont éliminés à partir du plan.

2. SYMBOLISATION DES ÉLÉMENTS TECHNOLOGIQUES D'APPUI ET DE MAINTIEN

2.1. Domaine d'application

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

La présente norme est destinée principalement :

- aux méthodes ;
- aux bureaux d'étude des équipements ;
- aux fournisseurs.

2.2. Principe d'établissement des symboles

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

- la fonction de l'élément technologique ;
- la nature du contact avec la surface ;
- la nature de la surface de contact de la pièce (brute ou usinée) ;
- le type de technologie de l'élément.

Composition d'un symbole

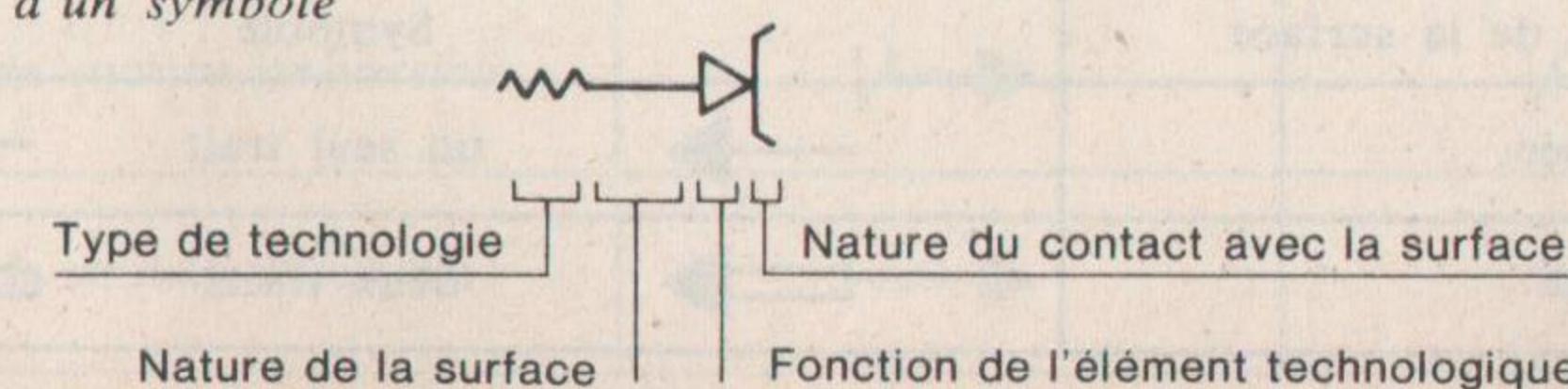
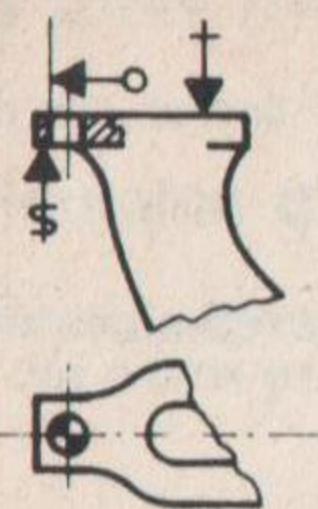


Fig. 5

2.3. Position du symbole



Le symbole est placé du côté libre de matière, sa direction est normale à la surface.

En représentation projetée, le symbole est placé à l'intérieur du contour apparent de la surface.

Il peut être placé sur la surface spécifiée ou sur une ligne d'attache.

Prévoir la cotation (position et zone) de tous les symboles nécessitant une localisation déterminée non explicitée par le dessin.

Fig. 6

2.4. Symboles élémentaires

2.4.1. Symboles représentant les fonctions des éléments technologiques

Tableau 1

Fonction	Symbol	Représentation projetée
Mise en position rigoureuse	surface spécifiée	appui
Départ de cotation	Triangle noir	Centreurs complet, dégagé
Définition d'un axe	ou toute autre forme	
Immobilisation de la pièce	surface spécifiée	
Opposition aux déformations ou aux vibrations	Triangle noir	ou toute autre forme
Prélocalisation	Triangle blanc	

2.4.2. Symboles indiquant la nature de la surface de contact de la pièce

Tableau 2

Nature de la surface	Symbol
Surface usinée	un seul trait
Surface brute	deux traits

2.4.3. Symboles indiquant la nature du contact avec la surface

Tableau 3

Nature du contact	Symbol	Nature du contact	Symbol	Nature du contact	Symbol
Touche plate]	Pointe fixe	>	Touche dégagée	[
Touche striée		Pointe tournante	>○	Cuvette	{
Touche bombée)	Palonnier	○[Vé	<

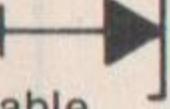
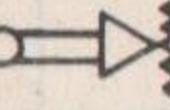
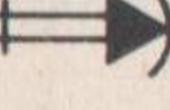
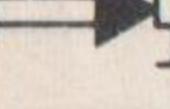
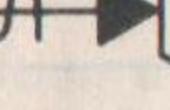
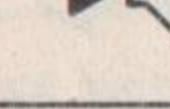
2.4.4. Symboles des types de technologie des éléments

Tableau 4

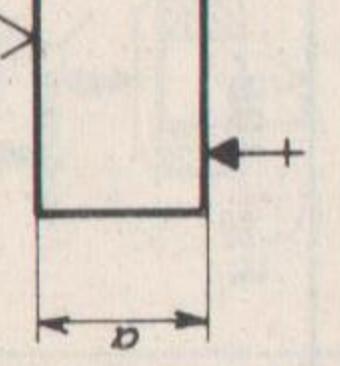
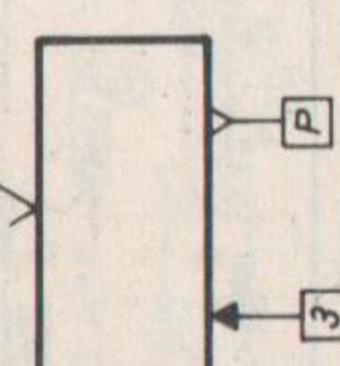
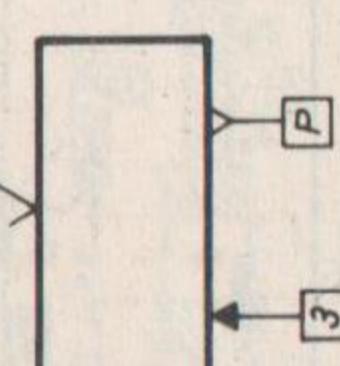
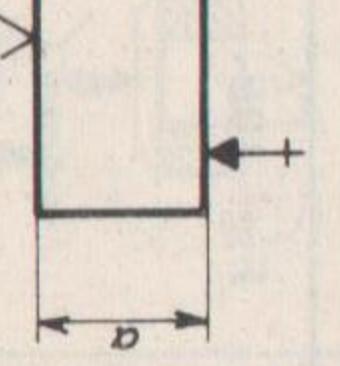
Symbol	Type technologique
Appui fixe	+→
Centrage fixe	○→
Système à serrage	↑○→
Système à serrage concentrique	○○→
Système de soutien irréversible	↙→
Système de soutien réversible	↔

2.5. Exemples de symboles composés

Tableau 5

Symbole	Signification
	Touche plate fixe de départ d'usinage en appui sur une surface usinée
	Touche plate éclipsable de départ d'usinage en appui sur une surface usinée
	Mors striés à serrage concentrique flottant utilisés comme entraîneurs sur une surface brute
	Touche bombée fixe de départ d'usinage sur une surface brute
	Touche dégagée fixe de départ d'usinage sur une surface brute
	Cuvette axiale utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée
	Pointe fixe axiale utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée
	Pointe tournante axiale de poupée mobile utilisée comme point de départ d'usinage sur une surface usinée
	Palonnier de bridage possédant des mors striés, sur une surface brute
	Vé axiale servant de point de départ d'usinage sur une surface usinée
Si nécessaire, le symbole composé peut être complété par une brève indication écrite (voir troisième partie)	

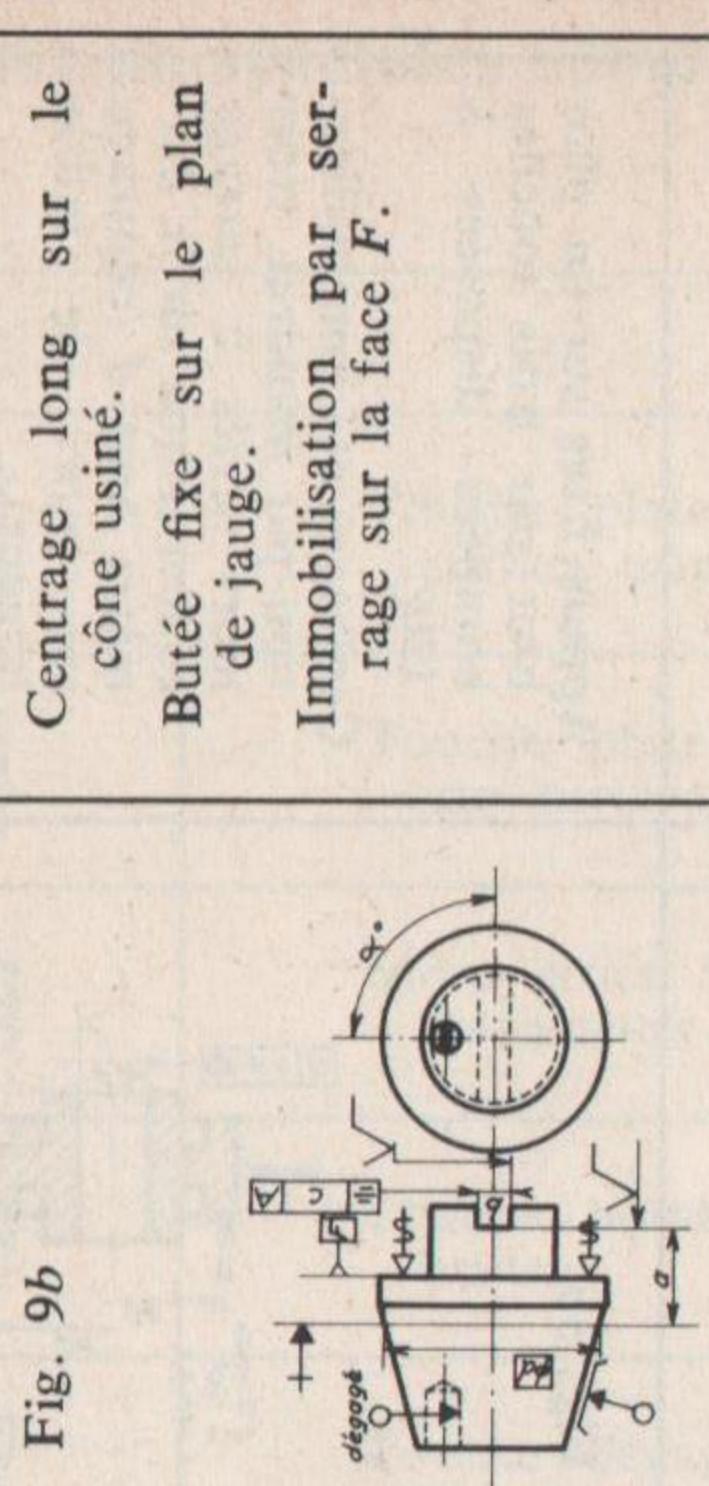
Exemples d'application

Commentaires	Symbolisation de l'élimination de libertés de position géométrique (m.)	Dessins de phase ou plans	Symbolisation des éléments technologiques d'appui et de maintien
Cale (parallélépipède) Dresser une surface plane.	Une cote de fabrication : a. Trois degrés de liberté éliminés à partir du plan P (nombre maximal possible à partir d'un plan).	Fig. 7a  Fig. 7b 	Appui plan fixe sur la surface usinée P. Immobilisation par accion magnétique.
Moyeu Aléser et dresser.	Deux cotes de fabrication : a, b et une tolérance : c. Trois degrés de liberté éliminés à partir du plan P (nombre maximal possible).	Fig. 8a  Fig. 8b 	Appuis fixes sur un plan brut par trois touches bombées disposées à 120°.
	Deux cotes de fabrication : a, b et une tolérance : c. Trois degrés de liberté éliminés à partir du plan P (nombre maximal possible). Deux degrés de liberté éliminés à partir du cylindre D (inférieur au nombre maximal possible, il faut préciser la position).		Centrage et immobilisation par mandrin, trois mors striés à serrage concentrique sur le diamètre brut d (centrage sur mors de faible largeur).

**Symbolisation de l'élimination
des degrés de liberté
(mise en position géométrique)**

**Symbolisation des éléments technologiques
d'appui et de maintien**

Commentaires	Dessins de phase ou plans	Dessins de phase ou plans	Commentaires
Entraîneur Rainurer Trois cotes de fabrication : <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d</i> et une tolérance : <i>c</i> . Cinq degrés à partir du cône (nombre maximal possible à partir d'un cône). Un degré de liberté éliminé à partir du trou <i>T</i> .	Fig. 9a 	Fig. 9b 	Centrage long sur le cône usiné. Butée fixe sur le plan de jauge. Immobilisation par serrage sur la face <i>F</i> .



Levier
Alésier.
Trois cotes de fabrication : *a*, *b*, *d* et deux tolérances : *c* et *e*.
Deux degrés de liberté éliminés à partir du plan *B*.
Un degré de liberté éliminé à partir du plan *P*.
Deux degrés de liberté éliminés à partir du cylindre *D*.

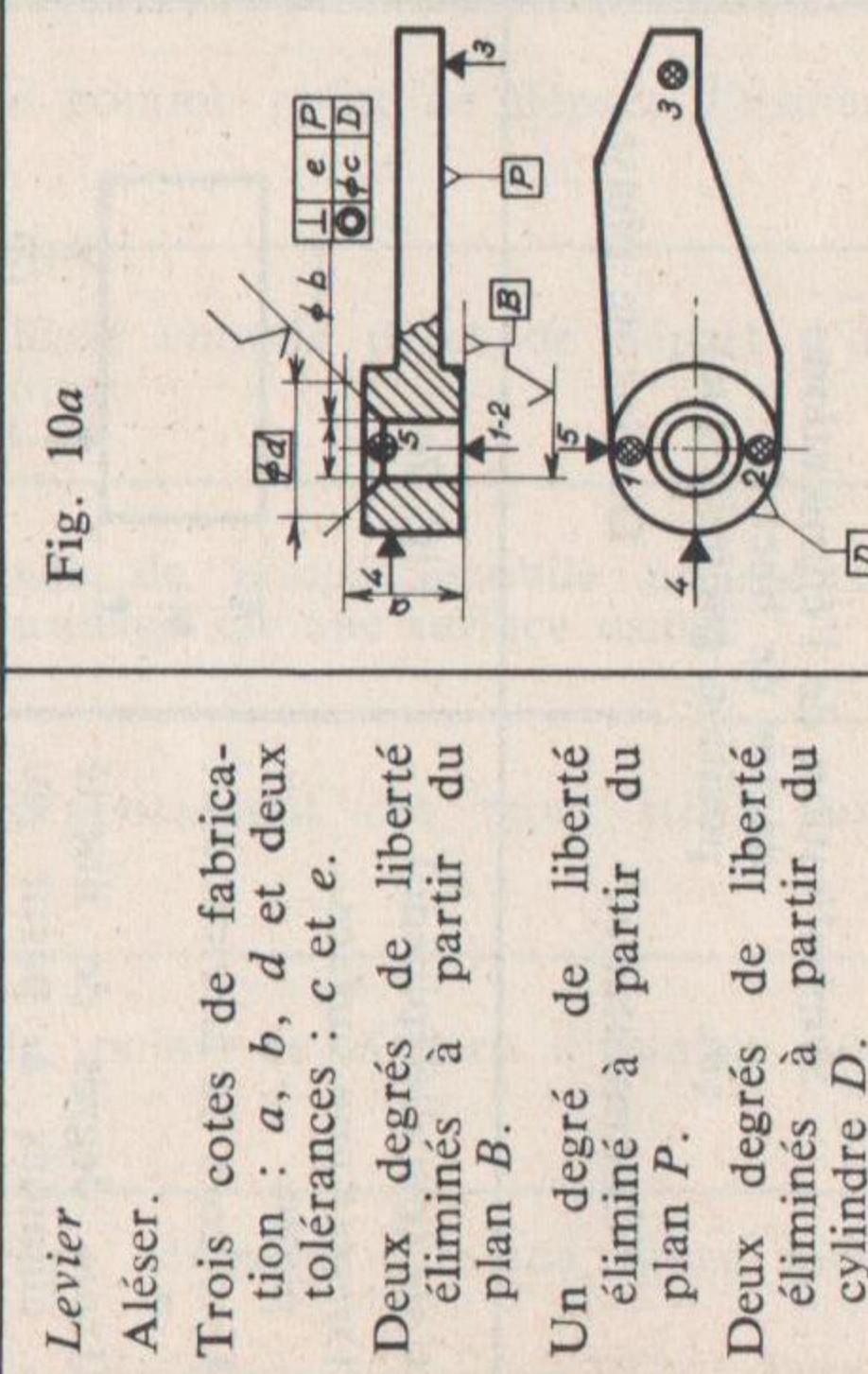


Fig. 10a

Fig. 10b

Dessins de phase ou plans
Appuis fixes sur faces brutes *B* par deux touches bombées et *P* par une touche bombée.
Centrage et immobilisation par cuvette sur le moyeu brut.

Butée sur la face brute du bras du levier par une touche bombée.
h est à définir sur la pièce et sur le montage.
La position de chacun des appuis peut être cotée : *n*, *m*, *o*.

**Symbolisation des éléments technologiques
d'appui et de maintien**

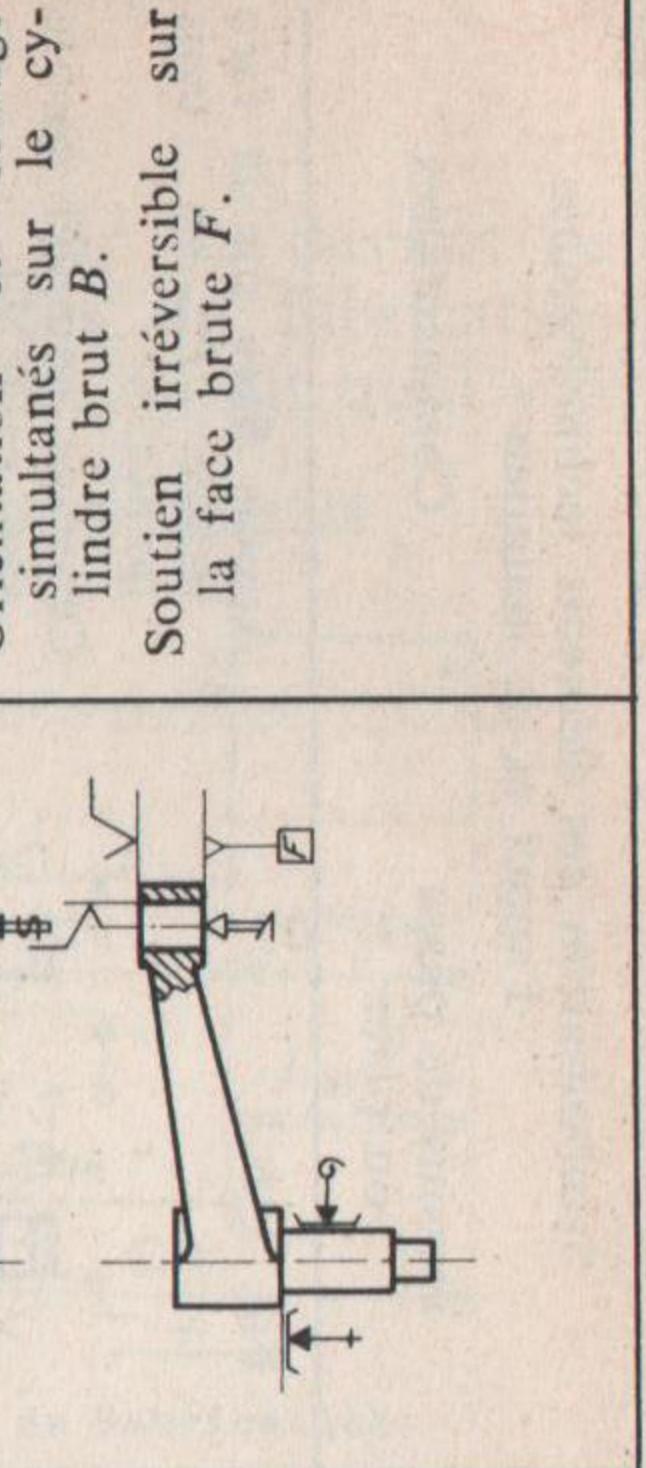
Commentaires	Dessins de phase ou plans	Dessins de phase ou plans	Commentaires
Bielle Percer, alésier deux trous. Dresser quatre faces. Cinq cotes de fabrication : <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> , <i>i</i> et quatre tolérances : <i>e</i> , <i>f</i> , <i>g</i> , <i>h</i> . Trois degrés de liberté éliminés à partir du plan <i>N</i> . Deux degrés de liberté éliminés à partir du cylindre <i>D</i> ₁ . Un degré de liberté éliminé à partir du cylindre <i>D</i> ₂ .	Fig. 11a 	Fig. 11b 	Appuis et serrages symétriques sur les plans <i>M</i> et <i>N</i> bruts par touches bombées. Centrage par cuvette éclipsable sur le cylindre brut <i>D</i> ₁ . Orientation par vé mobile réversible sur le cylindre brut <i>D</i> ₂ . La position et la dimension des surfaces de départ sont précisées sur le dessin.

**Symbolisation de l'élimination
des degrés de liberté
(mise en position géométrique)**

Commentaires	Dessins de phase ou plans	Dessins de phase ou plans	Commentaires
Barre Percer, alésier, dresser. Trois cotes de fabrication : <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> et une tolérance : <i>d</i> . Quatre degrés de liberté éliminés à partir du cylindre (tolérance sur <i>a</i> : $\pm 0,1$). Un degré de liberté éliminé à partir de la face <i>F</i> (tolérance sur <i>b</i> : $-8,6$). Un degré de liberté éliminé à partir de <i>B</i> (tolérance : 1).	Fig. 12a 	Fig. 12b 	Centrage long, serrage concentrique par pince sur un cylindre usiné. Appui fixe sur une face usinée par touche plate. Orientation et serrage simultanés sur le cylindre brut <i>B</i> . Soutien irréversible sur la face brute <i>F</i> .

**Symbolisation des éléments technologiques
d'appui et de maintien**

Commentaires	Dessins de phase ou plans	Dessins de phase ou plans	Commentaires
Entraîneur Rainurer Trois cotes de fabrication : <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d</i> et une tolérance : <i>c</i> . Cinq degrés à partir du cône (nombre maximal possible à partir d'un cône). Un degré de liberté éliminé à partir du trou <i>T</i> .	Fig. 9a 	Fig. 9b 	Centrage long sur le cône usiné. Butée fixe sur le plan de jauge. Immobilisation par serrage sur la face <i>F</i> .



Commentaires	Dessins de phase (mise en position géométrique)	Dessins de phase ou plans	Symbolisation des éléments technologiques d'appui et de maintien
Pivot Percer, aléser, dresser. Sept cotes de fabrication : a, b, c, d, e, f et g . Trois degrés de liberté éliminés à partir du plan P . Deux degrés de liberté éliminés à partir du trou T_1 . Un degré de liberté éliminé à partir du trou T_2 .	Fig. 13a	Fig. 13b	Appuis fixes sur la face usinée P en trois points. Centrage complet sur le trou usiné T_1 . Centrage dégagé sur le trou usiné T_2 . Précentralage sur le cylindre k . Serrage dans l'axe (par rondelle fendue).

29. TRANSFERT DE COTES

Rappels :

Les cotes dites fonctionnelles sont celles qui figurent sur les dessins de définition. Si pour des raisons particulières les services de fabrication adoptent une cotation autre que la cotation fonctionnelle, on dit qu'il y a *transfert de cotes*.

Exemple :

Soit à fabriquer en série l'axe ci-contre : 500 pièces.

1. Le Bureau des méthodes envisage de réaliser consécutivement les surfaces F_1 et F_2 .

Une chaîne de cote permet de représenter ce transfert dont la condition est la cote remplacée, soit ici la cote A .

La tolérance sur la cote supprimée est répartie entre les cotes qui la remplacent.

Ainsi nous respectons la règle générale :

La tolérance sur la condition résultante est égale à la somme des tolérances des cotes qui composent la chaîne des cotes.

Vérification

$$A_{\max} = -B_{\min} + C_{\max} \\ = 24,98 + 45,02 = 20,04.$$

$$A_{\min} = -C_{\min} + B_{\max} \\ = -44,98 + 25,02 = -19,96.$$

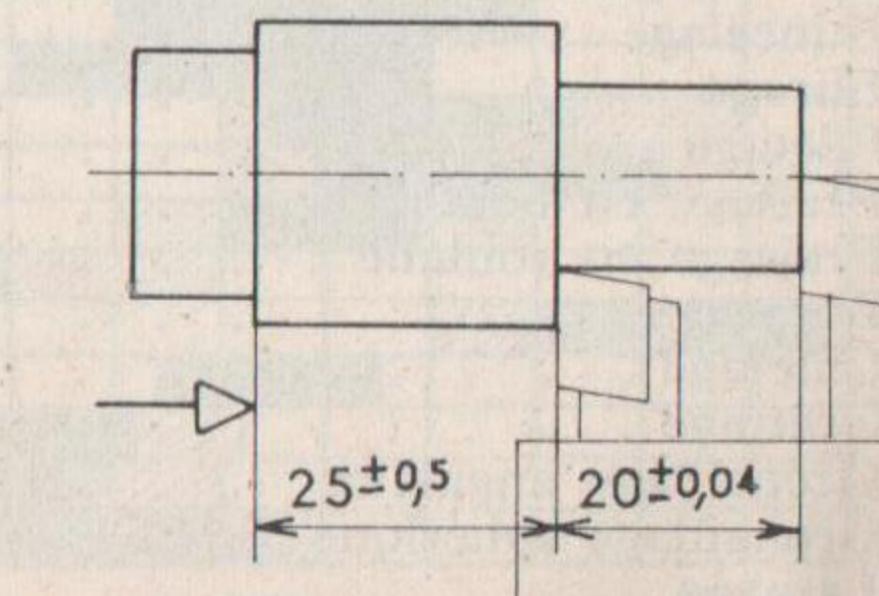
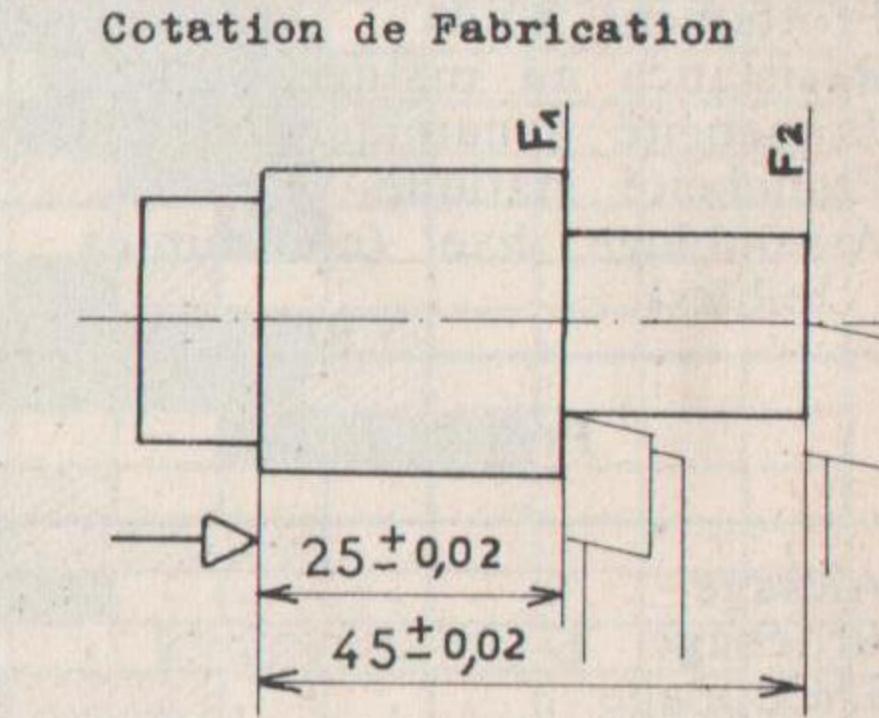
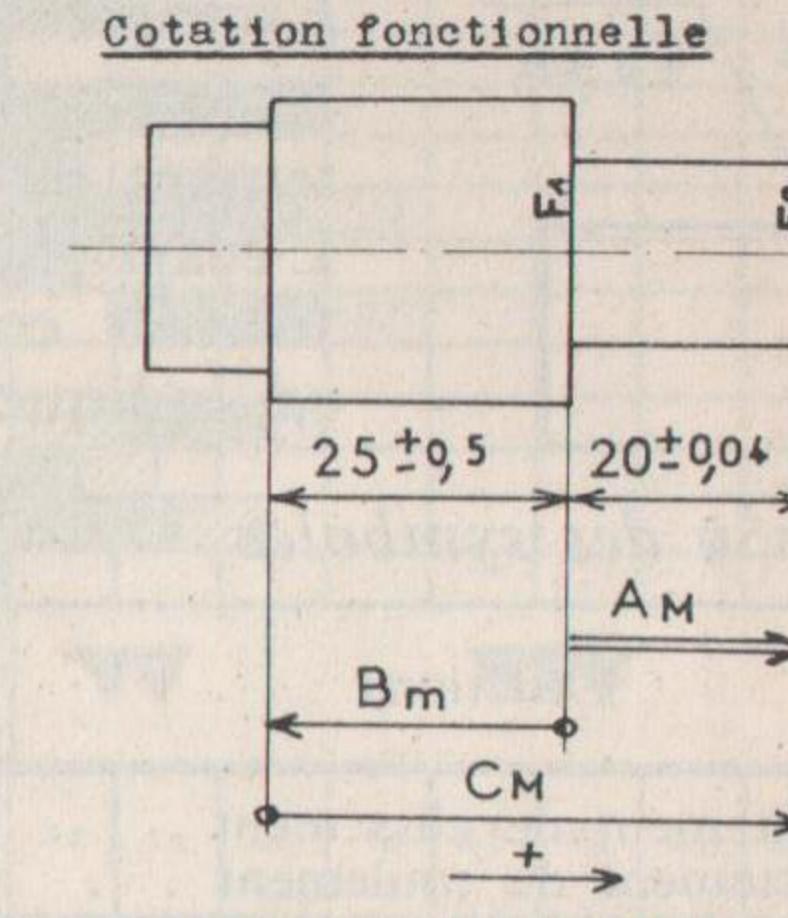
Remarque :

La cotation de fabrication a considérablement réduit les tolérances et en particulier sur la cote 25.

2. Il était possible d'éviter le transfert en associant deux outils prérégulés sur un même porte-outil.

Les cotes A et B sont réalisées directement : A = cote outil (à régler).

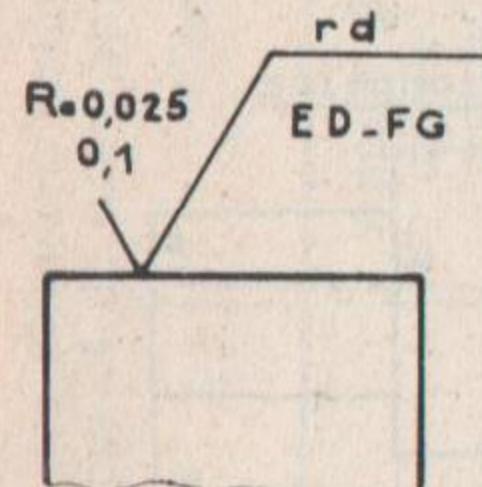
B = cote machine de position du porte-outil.



30. ÉTATS DE SURFACE

Les critères d'état de surfaces sont définis par les normes : NF E 04-011, NF E 05-015, NF E 05-016.

Les informations lues sur un dessin concernent au moins la rugosité de la surface et la fonction.



Exemple :

ED-FG : Surface d'étanchéité dynamique et de frottement de glissement.

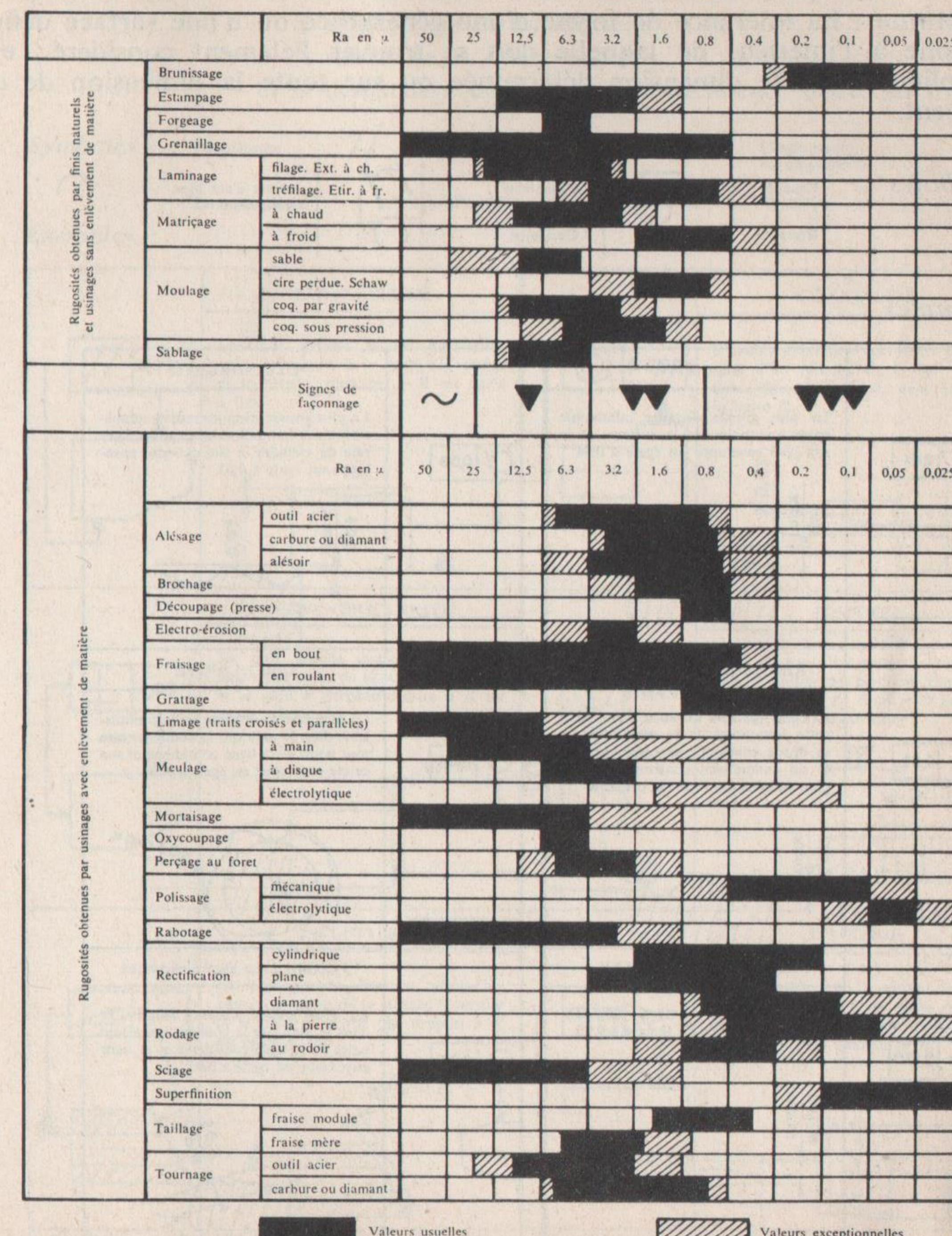
L'écart moyen arithmétique de rugosité R_a doit se trouver compris entre 0,025 et 0,1 μ .

rd indique le procédé d'élaboration (rodage).

Tableau des symboles

Fonctions	Symboles	Fonctions	Symboles
Frottement de glissement . . .	FG	Assemblage fixe avec contraintes	AC
Frottement de roulement . . .	FR	Adhérence (collage)	AD
Frottement fluide	FF	Dépôt électrolytique	DE
Résistance au matage	RM	Mesure	ME
Etanchéité dynamique	ED	Revêtement (peinture)	RE
Etanchéité statique	ES	Résistance aux efforts alternés	EA
Assemblage fixe (contraintes faibles)	AF	Outils coupants (arête)	OC
Procédés	Symboles	Procédés	Symboles
Alésage	al	Laminage à chaud	lac
Brochage	br	Laminage à froid	laf
Découpage	de	Matriçage	ma
Dressage	dr	Meulage	me
Electro-érosion	éé	Moulage coquille	moc
Electro-formage	éf	Moulage sable	mos
Electro-polissage	ep	Perçage	pe
Estampage	es	Pierrage	pi
Etincelage	ei	Polissage	po
Etirage	et	Rabotage	rb
Filetage	fl	Rectification cylindrique	rcc
Fraisage en bout	frb	Rectification plane	rcp
Fraisage en roulant	frr	Rodage	rd
Forgeage	fo	Sablage humide	sah
Galetage	ga	Sablage à sec	sas
Grattage	gr	Sciage	sc
Grenaillage angulaire	gna	Superfinition	sf
Grenaillage sphérique	gns	Tournage	to
Lamage	lm		

TECHNIQUES DE FABRICATION EN FONCTION DE L'ÉTAT DE SURFACE



31. TOLÉRANCES DE FORME (NF E 04-121)

Définition : La tolérance de forme d'une génératrice ou d'une surface définit la zone à l'intérieur de laquelle doit se trouver l'élément considéré ; elle s'applique sur une dimension déterminée ou sur toute la dimension de cet élément.

Symboles :	Planéité		Cylindricité	
	Rectitude		Circularité	

Exemples

PLANÉITÉ	CYLINDRICITÉ
<p></p> <p>La plus grande distance admissible entre tout point de la surface et de son plan enveloppe est égale à 0,04</p>	<p></p> <p>La plus grande distance radiale admissible entre tout point de la surface latérale du cylindre et son cylindre enveloppe est égale à 0,03.</p>
RECTITUDE D'UNE LIGNE	CIRCULARITÉ
<p></p> <p>La plus grande distance admissible entre tout point de la génératrice et sa droite enveloppe est égale à 0,02. G est entièrement contenue dans un plan passant par l'axe du cylindre</p>	<p></p> <p>La plus grande distance radiale admissible dans le plan qui la contient entre tout point de la ligne considérée et son cercle enveloppe est égale à 0,03</p>
RECTITUDE D'UN AXE	FORME d'une ligne quelconque
<p></p> <p>L'axe doit être contenu dans un cylindre enveloppe de Ø égal à 0,05</p>	<p></p> <p>La plus grande distance admissible dans le plan qui la contient entre tout point de la ligne considérée et sa ligne enveloppe est égale à 0,05</p>

32. TOLÉRANCES DE POSITION (NF E 04-121)

Désignation : Les tolérances de position des surfaces sont conçues sur le même principe que les tolérances de forme. Leur représentation comprend :

- le symbole de la tolérance ;
- la valeur de la tolérance ;
- la désignation de la surface de référence (lettre au triangle)

Symboles :	Parallélisme		Inclinaison		Concentricité ou coaxialité	
	Perpendicularité		Position		Symétrie	

Exemples :

PARALLÉLISME	COAXIALITÉ
<p></p> <p>La plus grande valeur admissible entre tout point de la surface à vérifier et le plan P parallèle à R est égale à 0,03</p>	<p></p> <p>L'axe du cylindre d doit rester à l'intérieur d'un cylindre de Ø égal à 0,03 dont l'axe est confondu avec l'axe du cylindre D</p>
PERPÉNDICULARITÉ	POSITION
<p></p> <p>La plus grande distance admissible entre tout point de la surface à vérifier et le plan P perpendiculaire à R est égale à 0,05</p>	<p></p> <p>L'axe du trou doit rester à l'intérieur d'un cylindre de position théorique idéale X et Y dont le Ø est égal à la tolérance de position</p>
INCLINAISON	SYMÉTRIE
<p></p> <p>La plus grande distance admissible entre tout point de la surface à vérifier et le plan P incliné par rapport à R est égale à 0,06</p>	<p></p> <p>Le plan médian de la rainure doit rester compris entre deux plans distants de 0,1 et disposés symétriquement par rapport au plan médian de R</p>

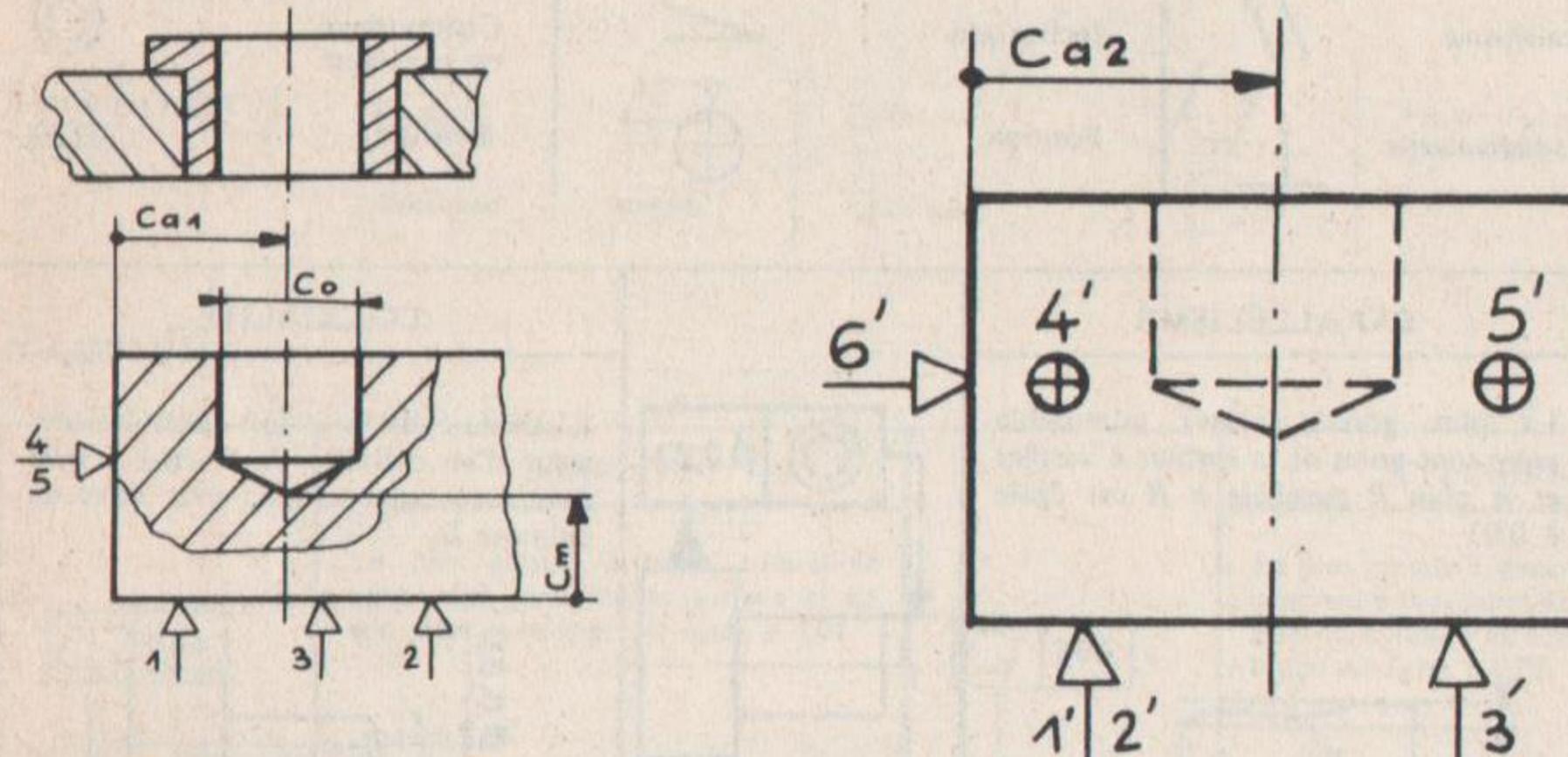
R = Référence ; P = Plan auxiliaire touchant sans la couper la surface à vérifier.

A. DÉFINITION DES COTES MACHINE, COTES OUTIL, COTES APPAREIL, COTES DE RÉGLAGE

Exemple :

Perçage d'un trou au foret sur une pièce fixée en montage d'usinage (usinage en série).

Croquis de phase partiel



Co : cote outil

La cote est obtenue par l'outil, ici le foret.

Ca : cote appareil

La cote est obtenue par le montage (c'est-à-dire l'appareil) puisque l'outil est mis en position par le canon de perçage.

Ca_1 : cote appareil par rapport au référentiel défini par 4 et 5.

Ca_2 : cote appareil par rapport au référentiel défini par 6.

Cm : cote machine

La cote est obtenue par utilisation du système d'arrêt de descente de broche, l'outil doit s'arrêter à une distance définie du référentiel « 1, 2, 3 ».

La précision obtenue dépend de la qualité du mécanisme.

Cote de réglage

Elle tient compte des dispersions de la machine, c'est-à-dire des défauts géométriques, des jeux, etc. qui se traduisent par des cotes différentes obtenues pendant la durée qui sépare deux réglages d'outil lors de l'usinage d'une série de pièces. L'intervalle de tolérance de la cote de réglage est inférieur à l' IT de la cote machine inscrite sur le dessin.

$$IT \text{ cote de réglage} = IT \text{ Cm} - \text{dispersion globale.}$$

33. LE SCIAGE

A. DENTURES RECOMMANDÉES

1. Scie à main

	Epaisseur en mm à couper			
	1 à 3	3 à 6	6 à 25	25 et +
Nombre de dents au cm	12	10	8	6

Cadence de coupe : 40 à 50 coups par minute.

2. Machine alternative

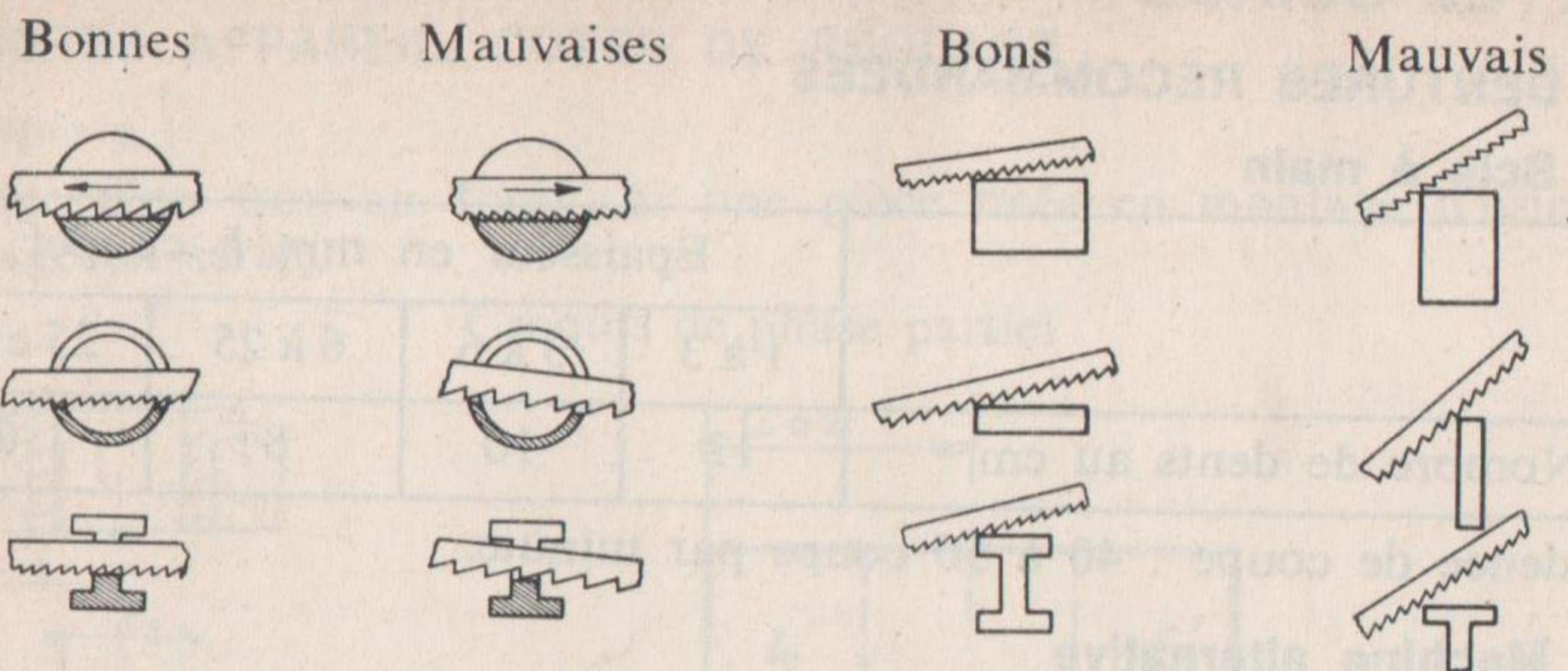
Matière	Scies en acier rapide		
	Nombre de dents sur 100 mm	Charge en kg	Coups par minute
Aluminium	16-24	30	135
Bronze doux	16-24	30	135
Bronze dur	24-40	30	120
Bronze manganeux	24-40	30	90
Acier en barres	16-24	60	135
Acier de construction	16-40	75	135
Acier forgé	16-24	60	90-120
Tubes d'acier	40-56	60	120
Acier nickel	24-40	75	90
Acier inoxydable	24-40	60	60- 90
Aciers alliés	24-40	60	90-120
Acier à outil	24-40	60	90-120
Acier rapide	24-40	60	90
Rails	24-40	60	135
Tube de cuivre	40	60	120
Barre de cuivre	16-24	60	120
Fonte	16-40	60	120-135
Métal Monel	24-40	60	60- 90

3. Incidents de travail

Coupe déviée. — Voir : épaisseur de la lame, alignement, trop forte charge, usure de la lame, point dur.

Rupture de la lame. — Avance trop forte, attaque sur angle aigu, lame trop faible, lame neuve engagée dans une coupe amorcée.

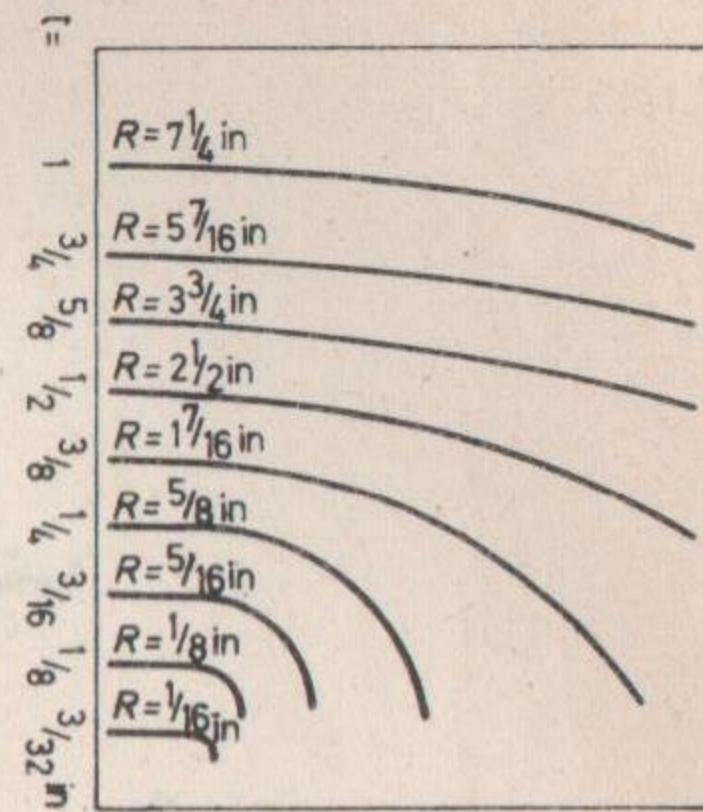
B. DENTURES ET PROCÉDÉS D'ATTAQUES



1. Scies rubans

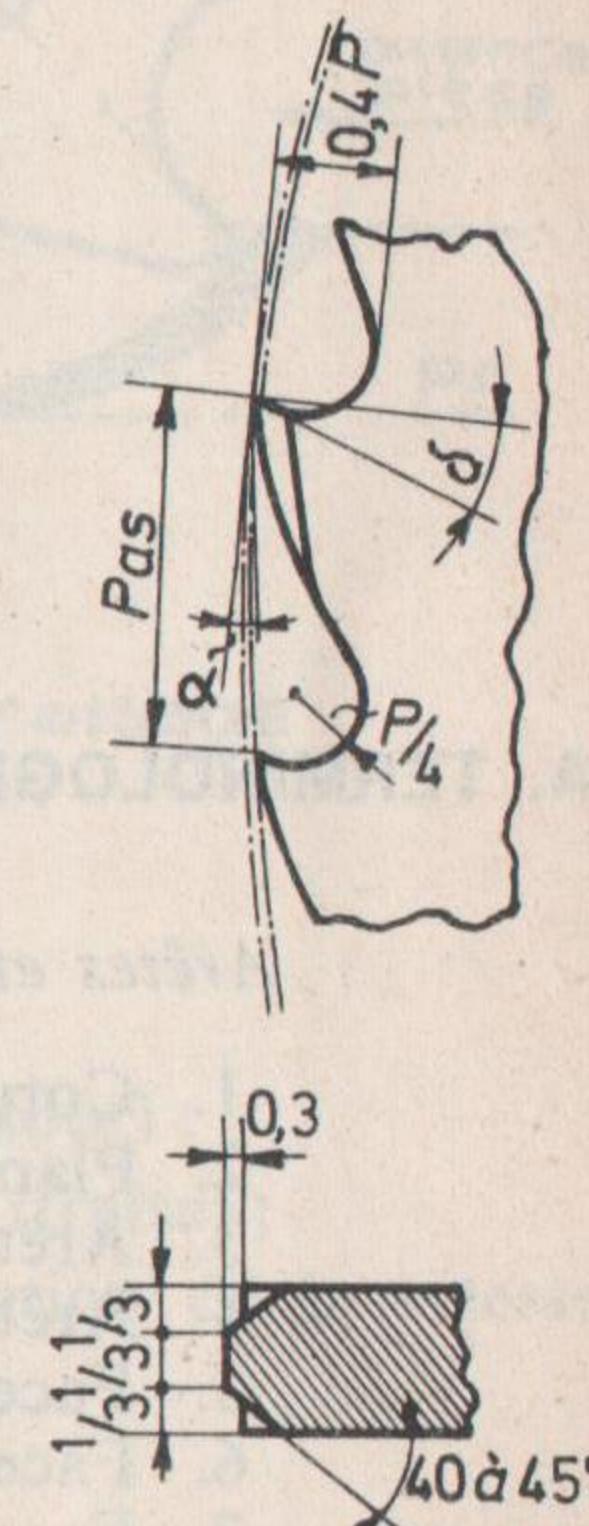
Matière	Epaisseur à scier			Vitesse de coupe pour		
	1,5-6,5 mm	6,5-25 mm	25-75 mm	1,5-6,5 mm	6,5-25 mm	25-75 mm
Aciers :	dents/	dents/	dents/			
Chrome-Vanadium	1 in	1 in	1 in			
Chrome	18	14	12	52-30	30-22	22-15
Chrome-Nickel	24	14	10	30-22	22-15	15
Nickel	18	14	12	37-30	30-22	22-15
Décolletage	18	14	10	52-37	37-30	30-22
Carbone	24	14	10	75-60	60-52	52-45
Zinc	14	10	6	45	45	45
Antifriction	14	10	6	45	45	45
Aluminium	18	10	6	450	450-360	360-225
Duralumin	18	10	6-2	450	450-340	370-225
Bronze d'aluminium	18	12	10	150-90	90-67	67-45
Bronze phosphoreux	18	14	10	150-90	90-60	60-45
Laiton	18	14	8	480-225	225-105	105-90
Cuivre demi-dur	18	10	6	320-210	210-150	150-60
Fonte malléable	18	12	8	60-52	52-45	45-37
Fonte acierée	18	14	12	60	60-45	45-22
Fonte grise ordinaire	18	14	10	60-45	45-30	30-22
Acier rapide	24	14	12	45-30	30-22	22-15

Rayon minimum avec scie-ruban de largeur l



2. Scies circulaires à segments

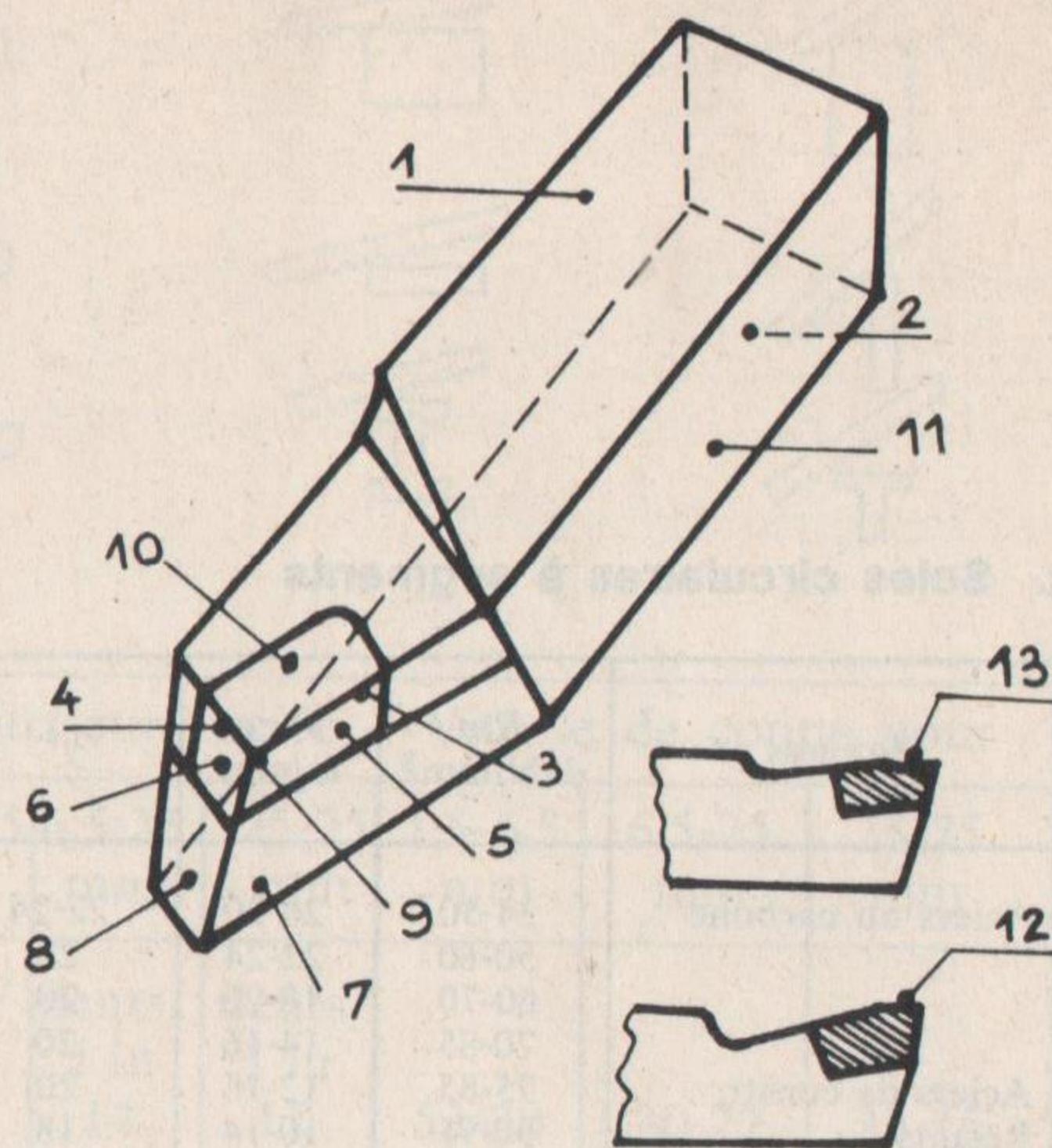
Matières	Rm daN/mm ²	V en m/min	γ°	α°
Aciers au carbone .	34-50	26-30	22-24	7
	50-60	22-24	22	7
	60-70	18-20	20	6
	70-85	14-16	20	5
Aciers de constr. .	75-85	12-16	20	5-6
Recuits	90-95	10-14	18	5-6
Idem traités	90-105	9-12	15-17	5
Acier coulé	100-120	8-10	8-12	5
	40-50	18-20	20	7
	50-60	14-16	20	7
	+ de 60	8-10	15	6
Acier inoxydable . .	70-105	7-15	8-15	5-6
Fonte grise	15-22	16-20	10-15	5
	22-30	12-16	8-12	5
Aluminium	—	300-1 000	28	12-15
Cuivre	—	100-200	25	12-17
Laiton	—	150-300	22	12-18
Bronze	doux	100	20	10-15
	dur	20-30	16-18	4-5



Pas de la denture

Diamètre en mm	10/40	40/80	80/130	130/200	200/300	300/400	Profils moyens et forts	Profils légers tubes
Pas en mm	8/12	12/20	20/26	24/30	28/32	30/42	14/20	6/12

34. PRÉSENTATION DES OUTILS



A. TERMINOLOGIE ISO

Arêtes et surfaces

1. Corps d'outil.
2. Plan de base.
3. Arête principale.
4. Arête secondaire.
5. Face de dépouille principale.
6. Face de dépouille secondaire.
7. Face de dépouille du corps relative à 5.
8. Face de dépouille du corps relative à 6.
9. Pointe de l'outil.
10. Face de coupe.
11. Flanc du corps.
12. Chanfrein de coupe.
13. Brise copeau

B. DÉFINITION DES ANGLES DES OUTILS COUPANTS

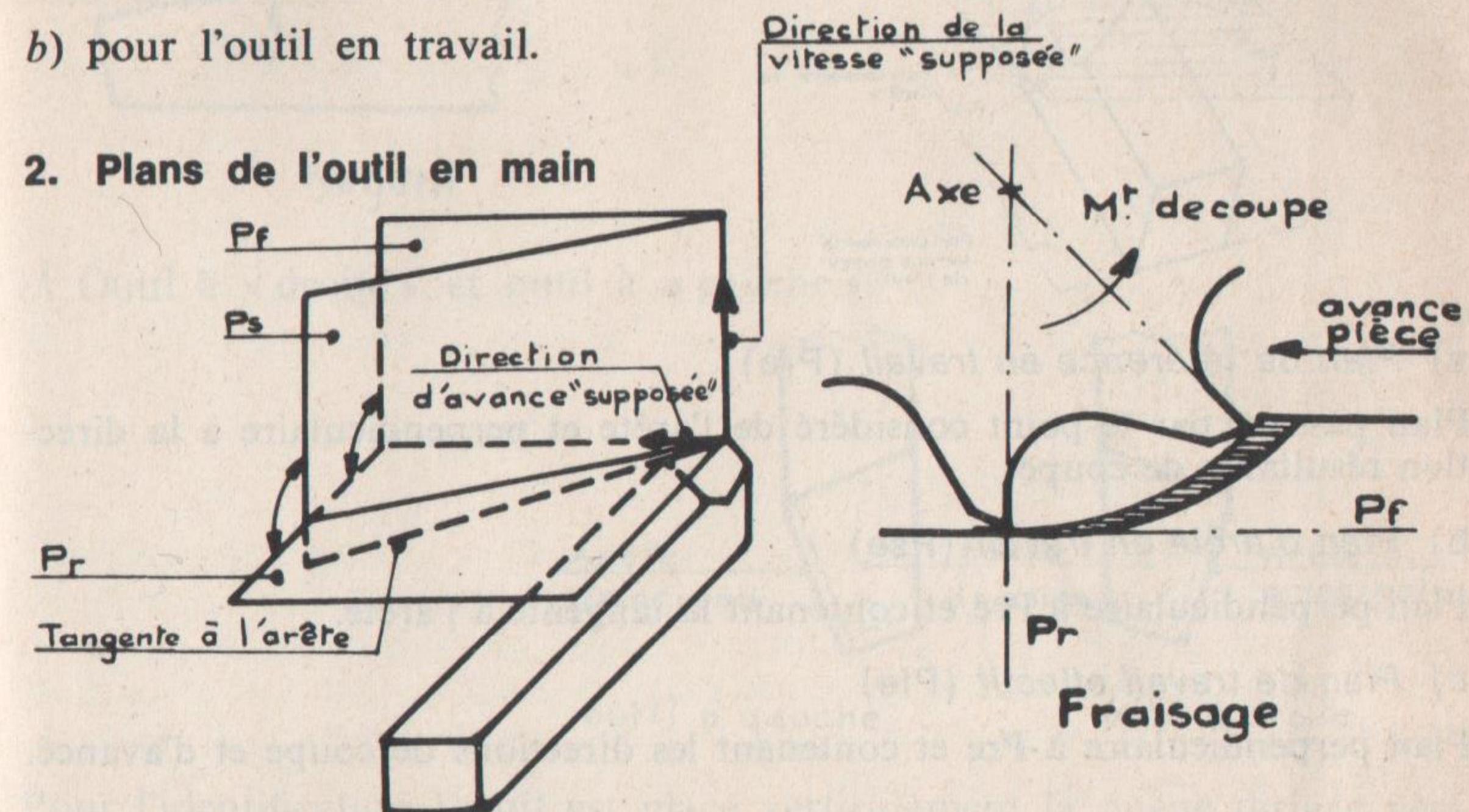
(d'après NF E 66-301 - NF E 66-502 et ISO 3002/1)

1. Plans de l'outil

Il existe deux systèmes de plans :

- a) pour l'outil en main ;
- b) pour l'outil en travail.

2. Plans de l'outil en main



a) Plan de référence de l'outil (Pr)

Plan passant par le point considéré de l'arête :

- parallèle au plan de base pour un outil simple (tour) ;
- contenant l'axe de l'outil pour un outil tournant (fraise) ;
- plus généralement plan perpendiculaire à la direction de la vitesse de coupe supposée.

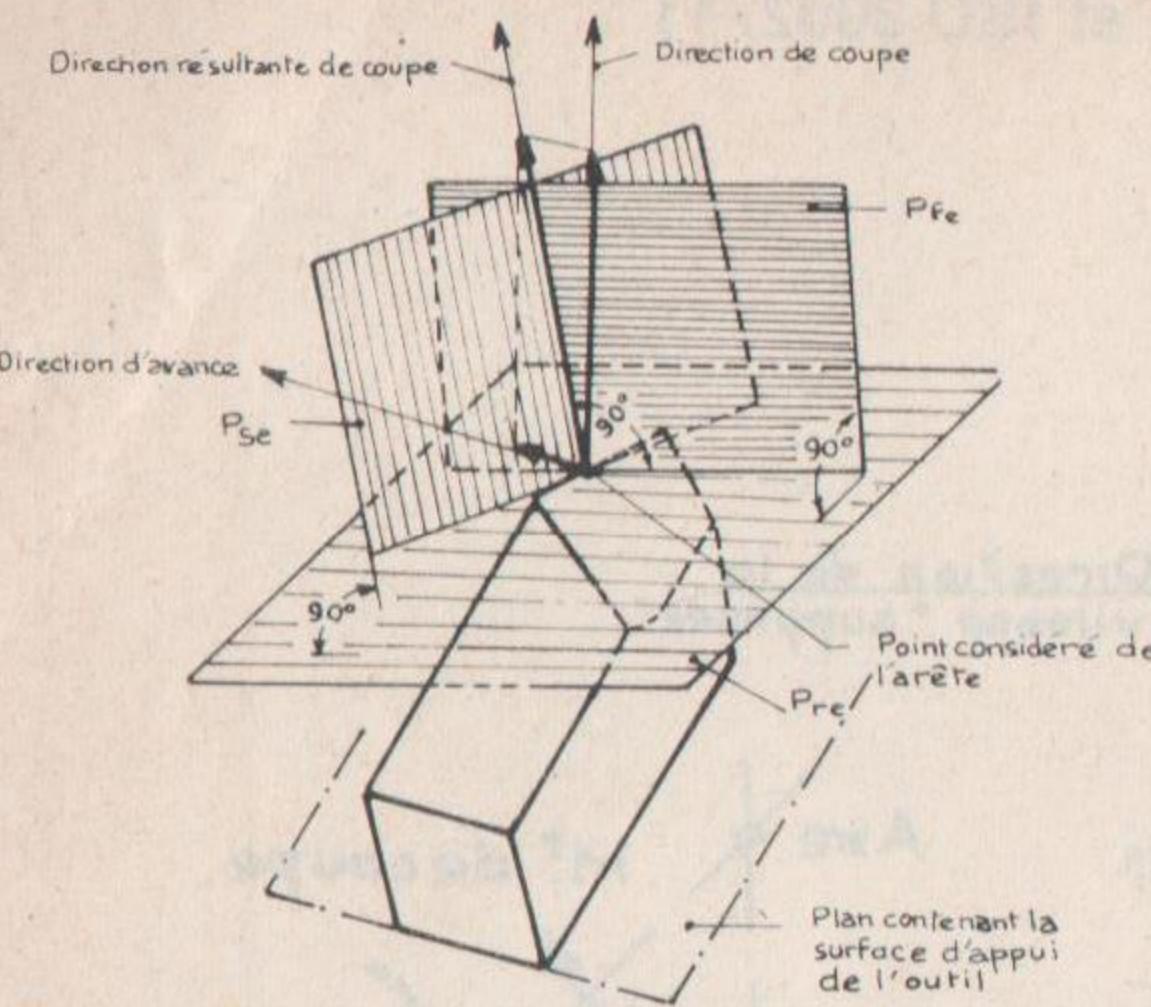
b) Plan d'arête de l'outil (Ps)

Plan perpendiculaire au plan de référence Pr au point considéré de l'arête et contenant la tangente à l'arête en ce point.

c) Plan de travail conventionnel (Pf)

Plan perpendiculaire au plan de référence Pr au point considéré de l'arête et parallèle à la direction de l'avance supposée de l'outil.

3. Plans dans le système de l'outil en travail



a) Plan de référence en travail (Pre)

Plan passant par le point considéré de l'arête et perpendiculaire à la direction résultante de coupe.

b) Plan d'arête en travail (Pse)

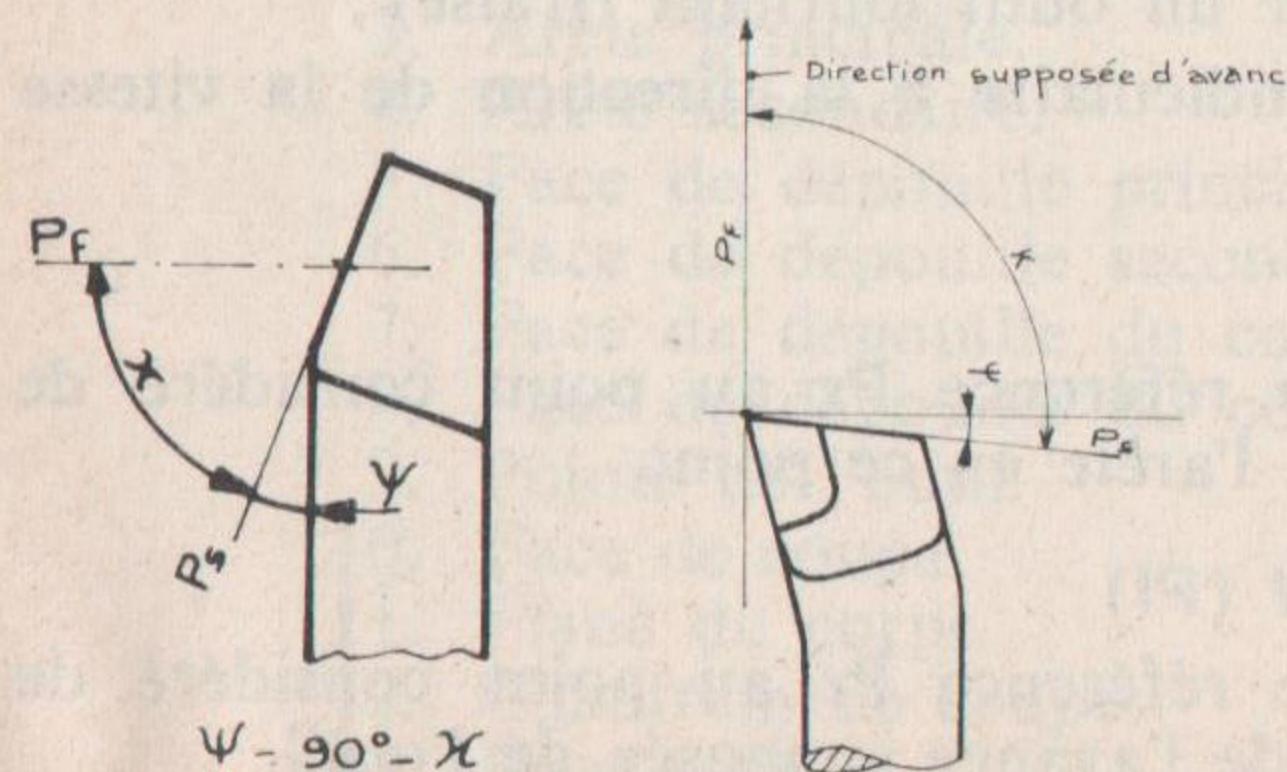
Plan perpendiculaire à Pre et contenant la tangente à l'arête.

c) Plan de travail effectif (Pfe)

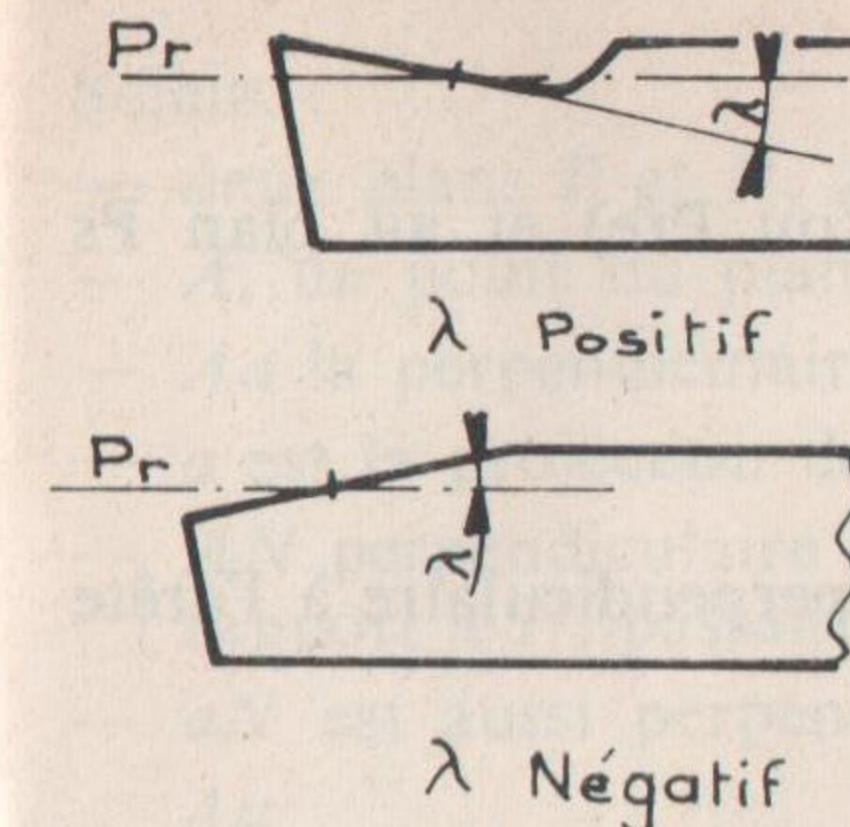
Plan perpendiculaire à Pre et contenant les directions de coupe et d'avance.

4. Angles de l'arête

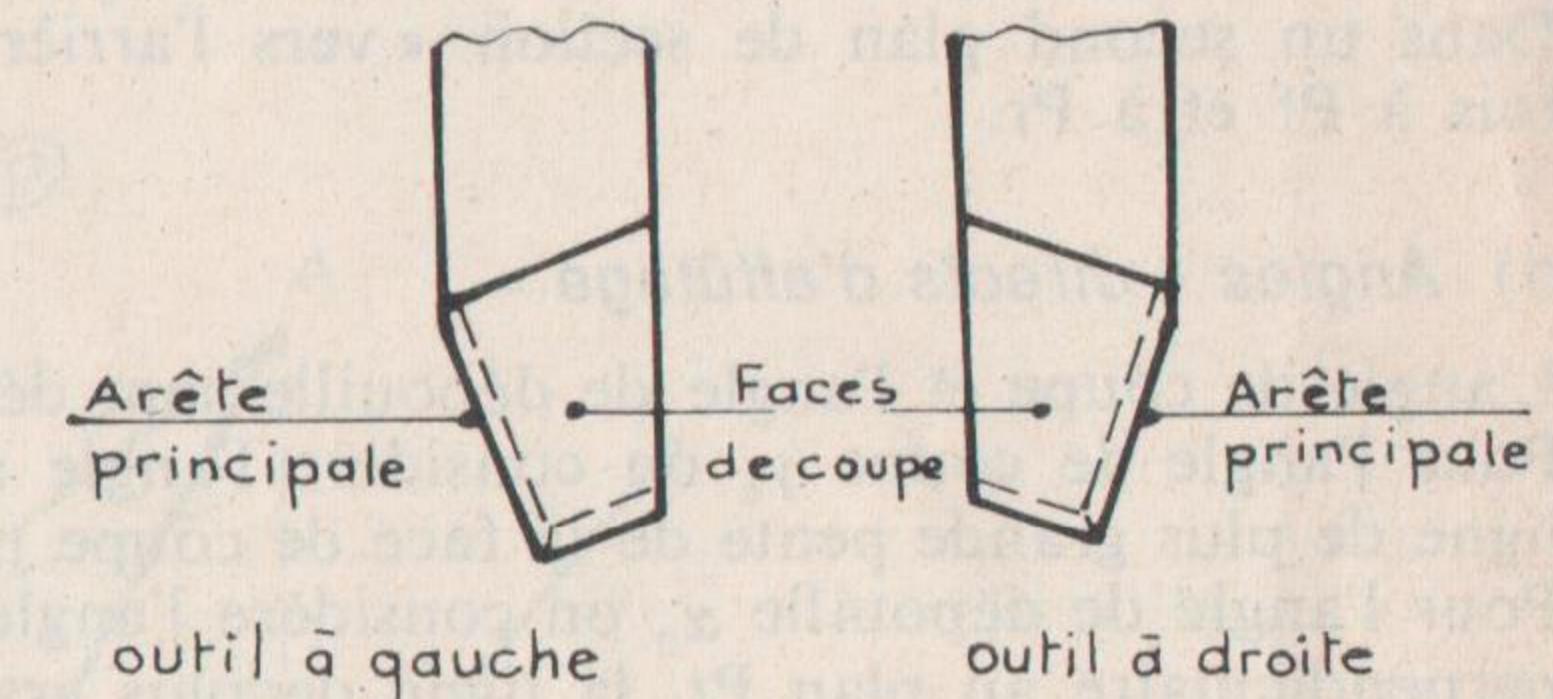
a) Direction d'arête de l'outil $|\kappa|$ ou direction d'arête en travail $|\kappa_e|$.



b) Inclinaison d'arête de l'outil λ ou inclinaison d'arête en travail λ_e .



c) Outil à « droite » et outil à « gauche ».

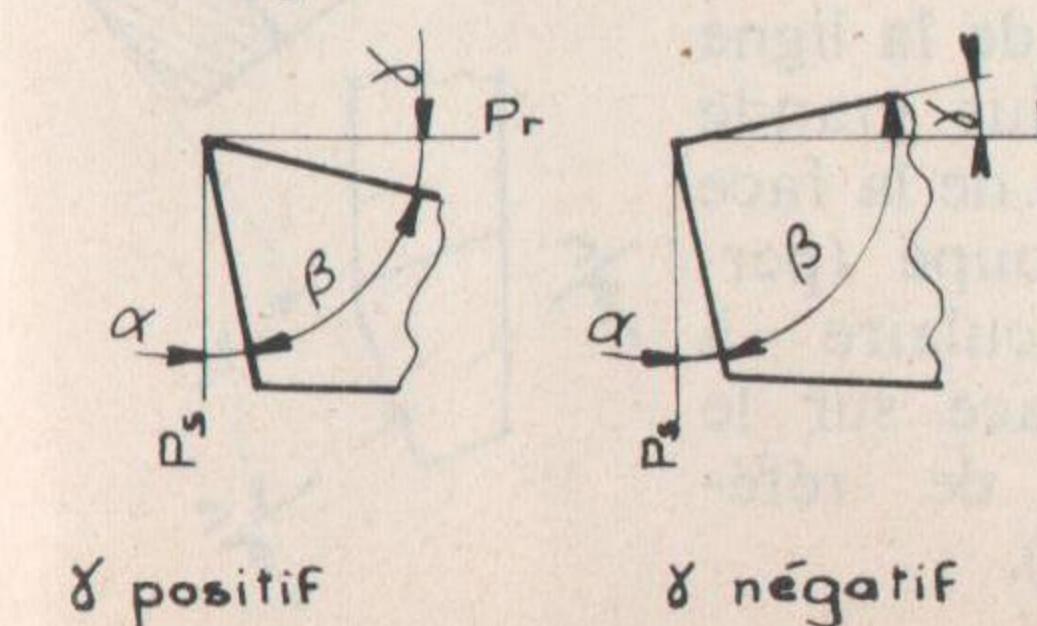


Pour l'identification l'outil est placé verticalement la queue dirigée vers le haut, la face de coupe faisant face à l'observateur.

Si l'arête principale est située à droite l'outil est dit « à droite ».

Il est dit « à gauche » dans le cas contraire.

5. Angles des faces



α : angle de débouille.
 β : angle de taillant.
 γ : angle de coupe.

Ces angles peuvent être représentés dans l'un des quatre plans de section suivants :

a) Angles « orthogonaux »

Dans un plan perpendiculaire à la fois à Pr (ou Pre) et au plan Ps (ou Pse) $\gamma_0 \beta_0 \alpha_0$.

b) Angles « normaux »

Dans un plan de section « normal », c'est-à-dire perpendiculaire à l'arête $\gamma_n \beta_n \alpha_n$.

c) Angles « latéraux et vers l'arrière »

Dans un premier plan de section « latéral », constitué par Pf.

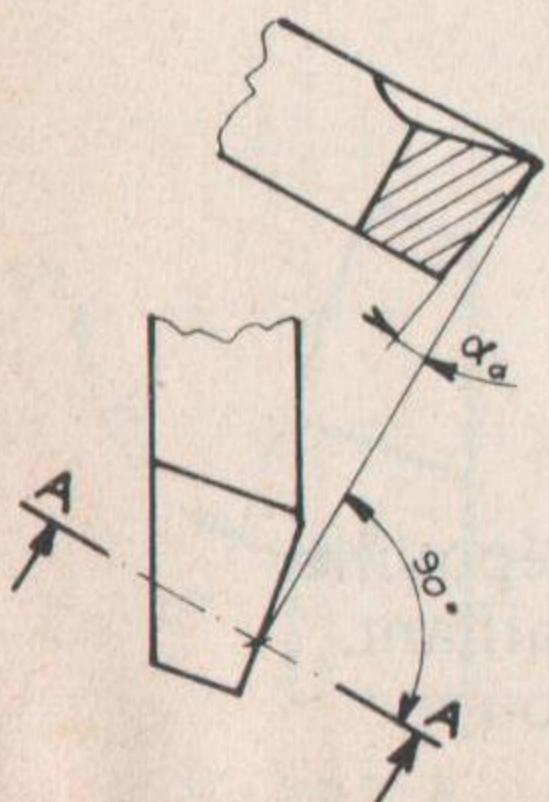
Dans un second plan de section « vers l'arrière » perpendiculaire à la fois à Pf et à Pr.

d) Angles « directs d'affûtage »

L'angle de coupe et l'angle de dépouille sont définis chacun séparément. Pour l'angle de coupe γ_c on considère l'angle aigu que fait avec Pr la ligne de plus grande pente de la face de coupe par rapport à ce plan.

Pour l'angle de dépouille α_a on considère l'angle aigu que fait, avec une perpendiculaire au plan Pr, la ligne de plus grande pente de la face de dépouille par rapport à ce plan.

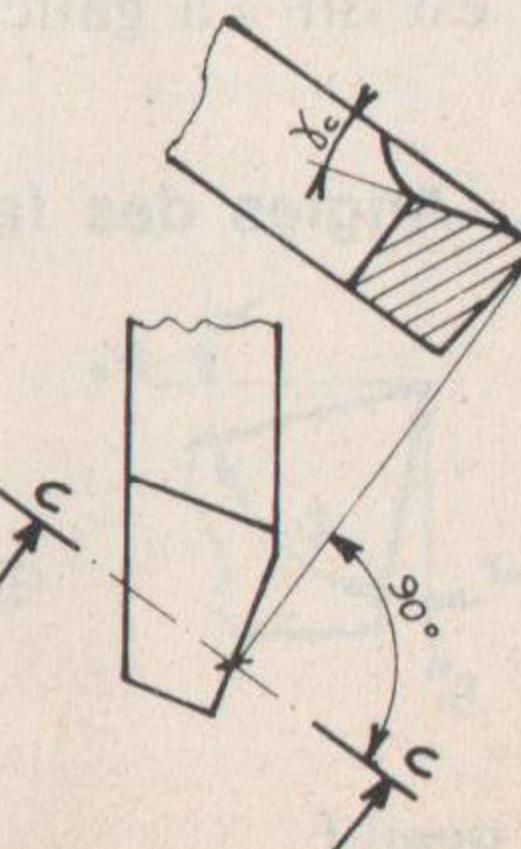
COUPE AA



AA

Plan de la ligne de plus grande pente de la face de dépouille (perpendiculaire à sa trace sur le plan de référence).

COUPE CC



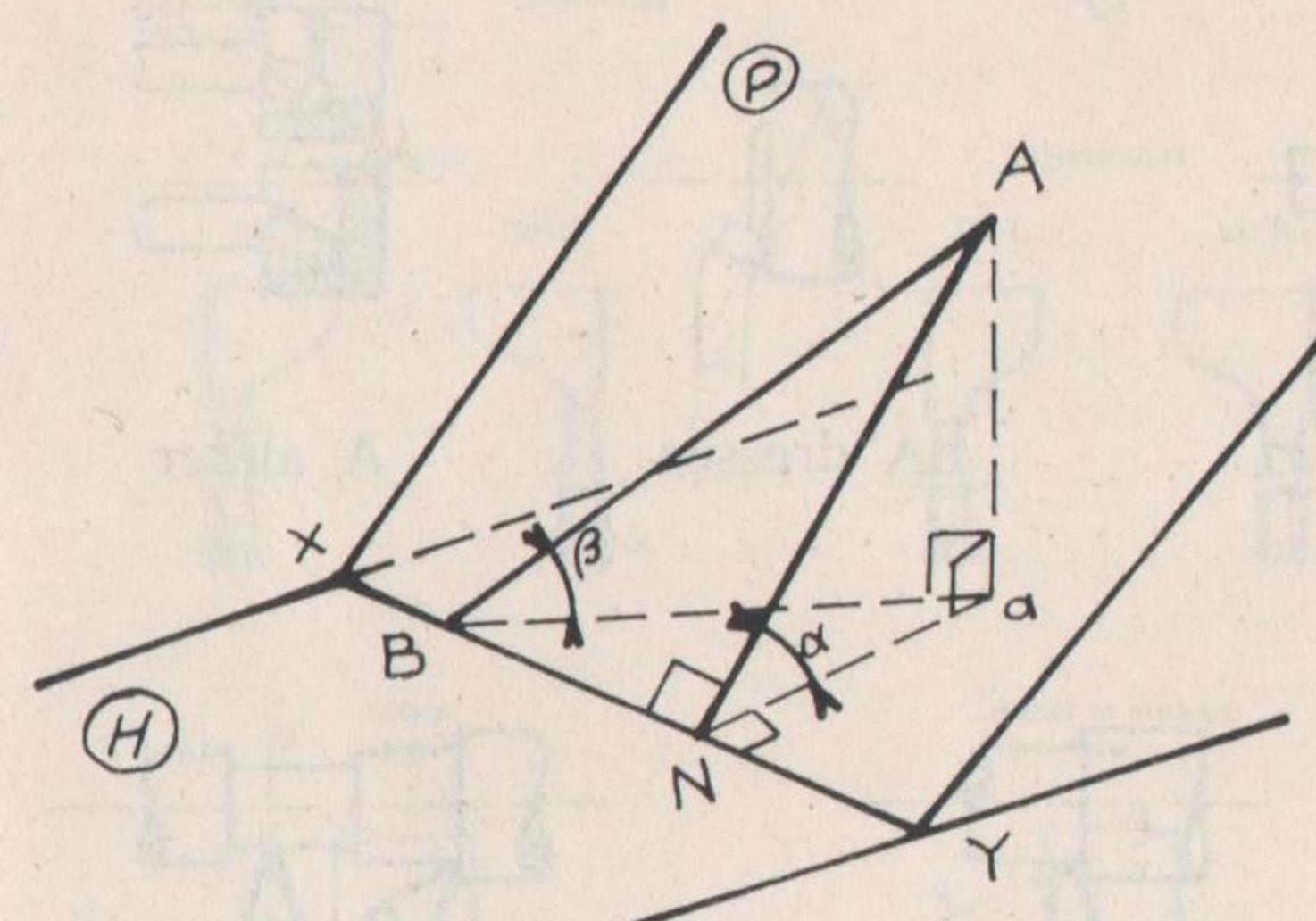
CC

Plan de la ligne de plus grande pente de la face de coupe (perpendiculaire à sa trace sur le plan de référence).

Définition de la ligne de plus grande pente

Soient :

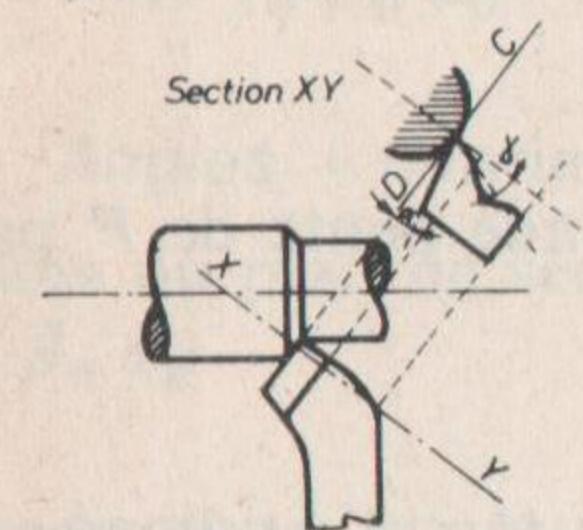
- deux plans P et H , XY leur intersection ;
- A , un point du plan P ;
- Aa la perpendiculaire au plan H passant par A ;
- a est la projection de A sur H ;
- AN perpendiculaire à XY est la ligne de plus grande pente de P par rapport à H , passant par A ;
- aN est aussi perpendiculaire à XY , $aN < aB$;
- $\frac{Aa}{aN}$ est la pente du plan P par rapport au plan H : c'est la pente de la ligne de plus grande pente.



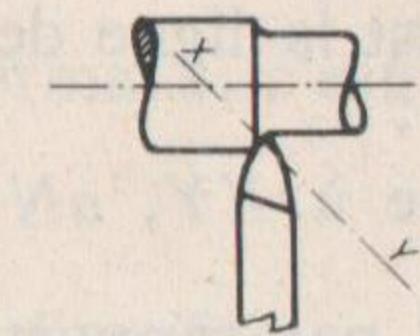
C. PROFILS DES OUTILS

1. Outils en acier rapide

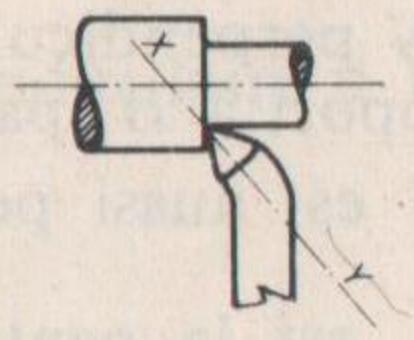
a) Outils monoblocs



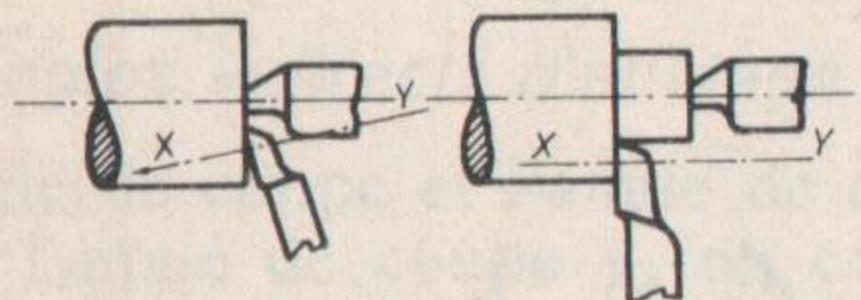
Chariotage. Ebauche



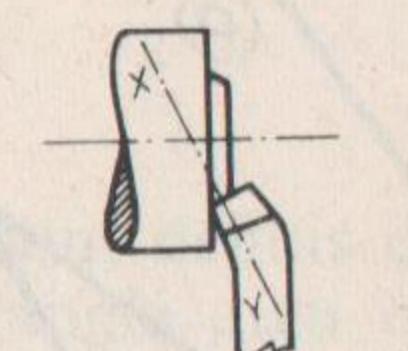
Finition



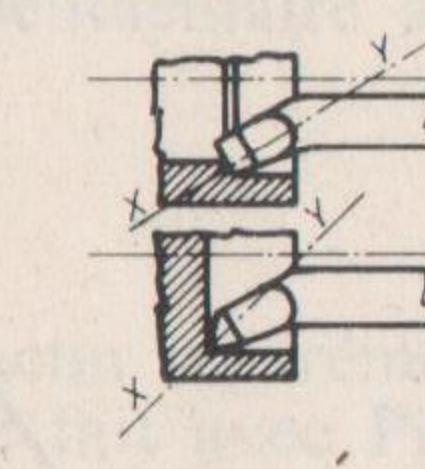
Outil à dresser et raccorder



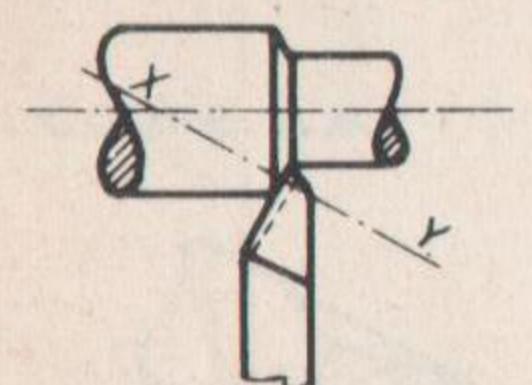
Outil couteau



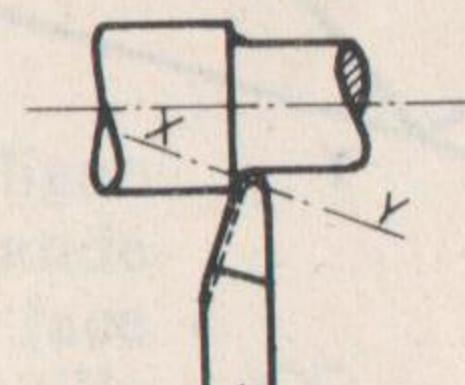
A dresser



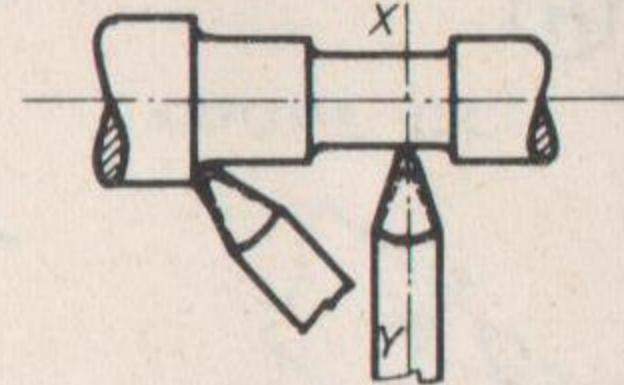
A aléser



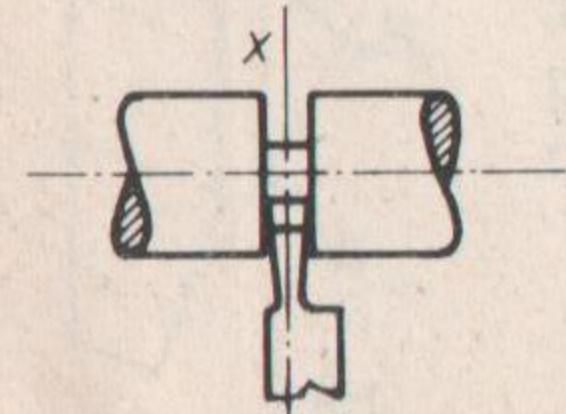
Ebauche



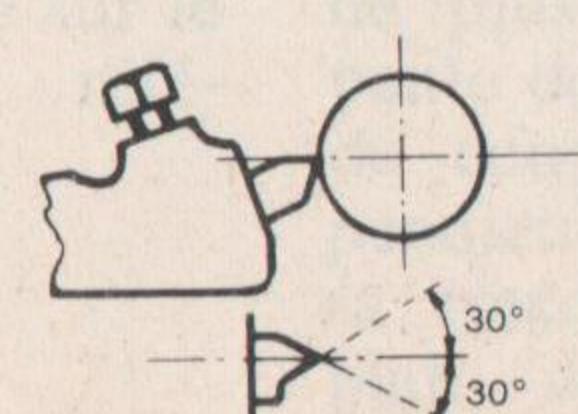
Finition



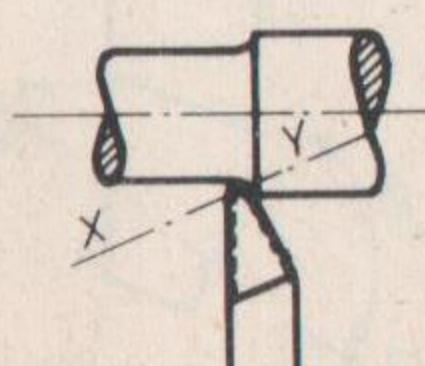
A bec rond



A saigner



A fileter



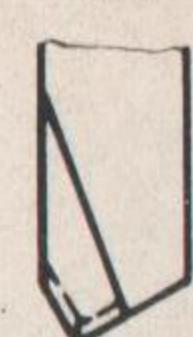
A gauche

2. Outils de tour à mise en acier rapide

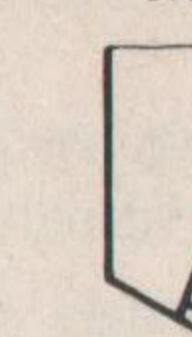
(NF E 66-361 à 66-373)

Droits à charioter

301 L

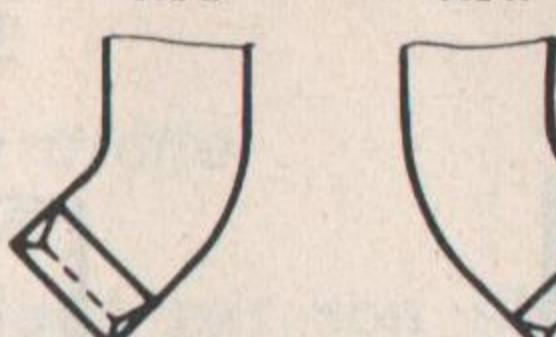


301 R

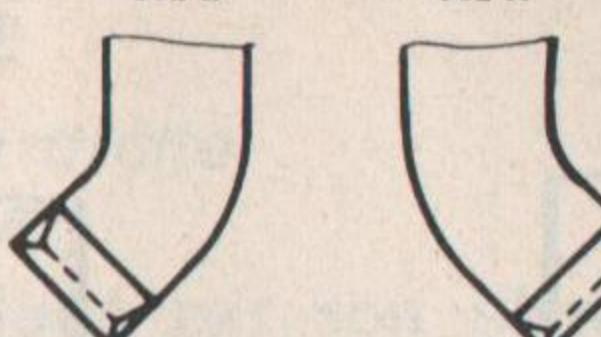


Coudés à charioter

302 L

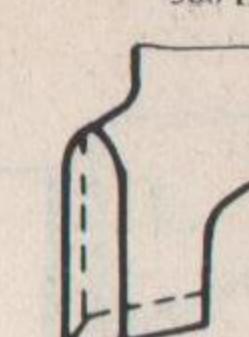


302 R

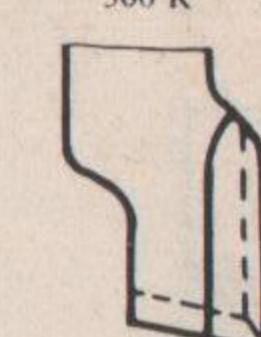


Couteau

306 L

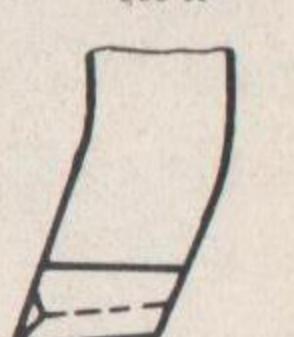


306 R

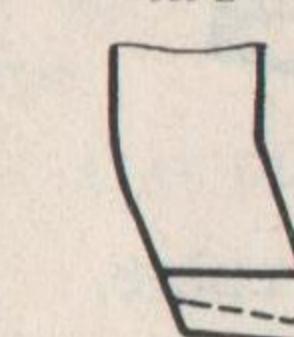


Dresser d'angle

303 R

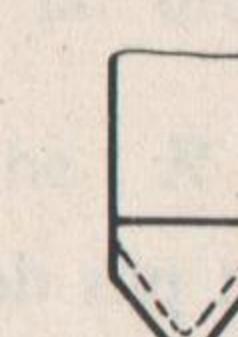


303 L



Retoucher

351



Pelle

304



Saigner

307 L

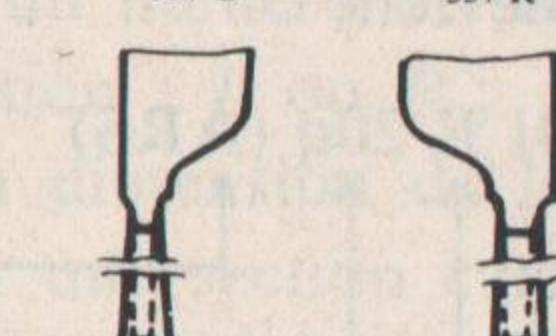


307 R

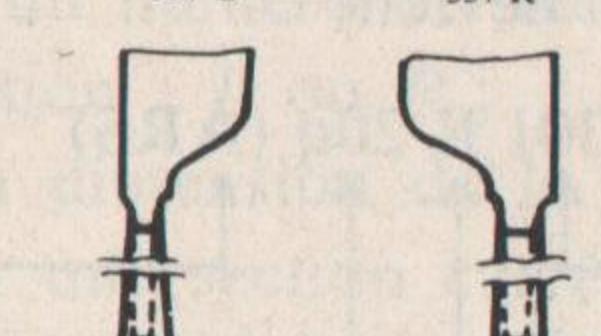


Tronçonner

357 L

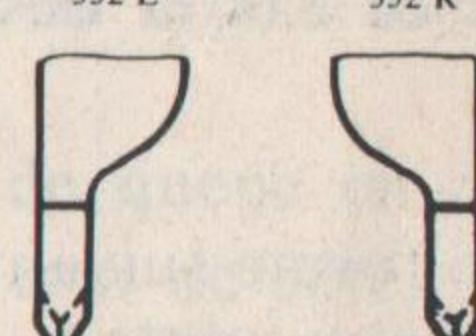


357 R



Fileter extérieurement

352 L



352 R

Aléser

308



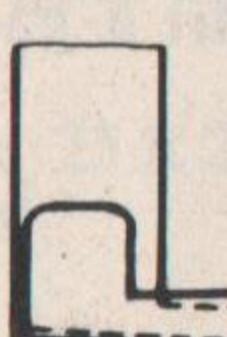
Aléser et dresser

309



Chambrer

354



Fileter intérieurement

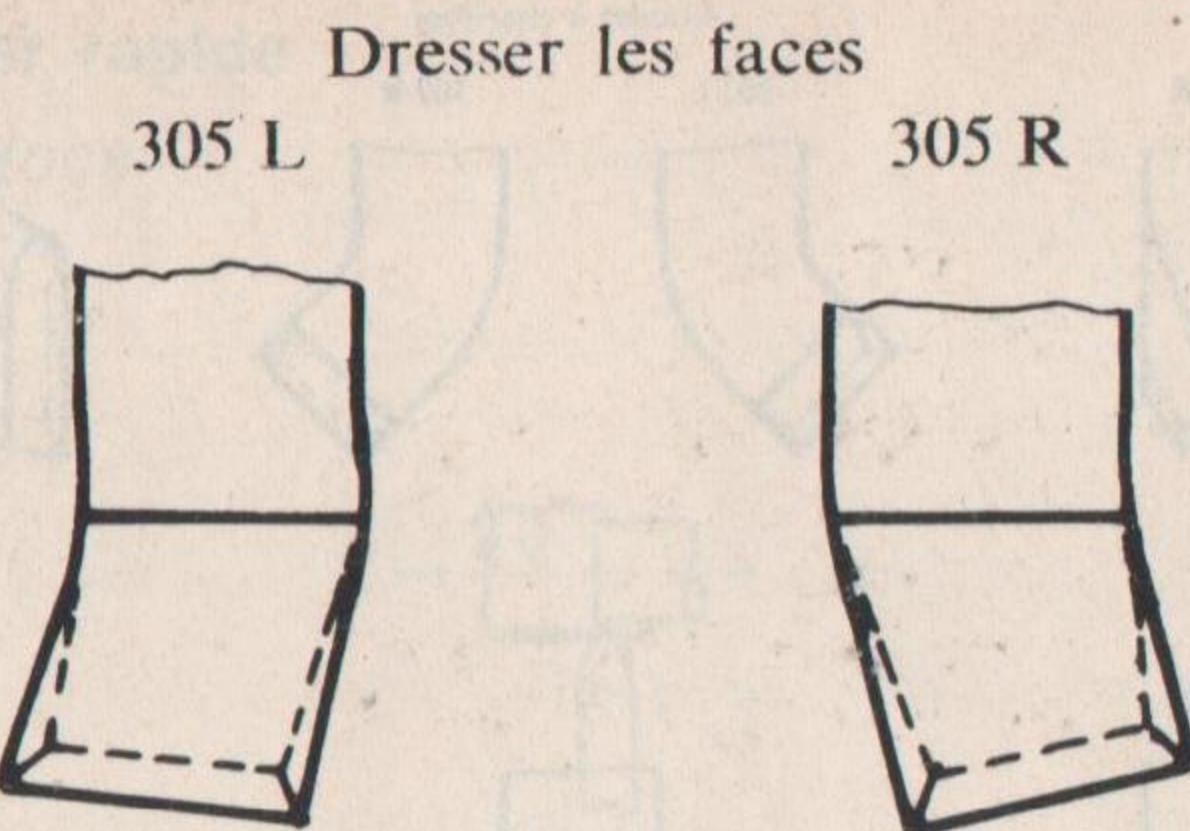
353



Exemple de désignation normalisée : Outil à mise en acier rapide, droit à charioter, à droite, section carrée de 20 mm, angle de coupe 20° : Outil droit à charioter

*Outil droit à charioter
R 20 q-20° (NF E 66-361).*

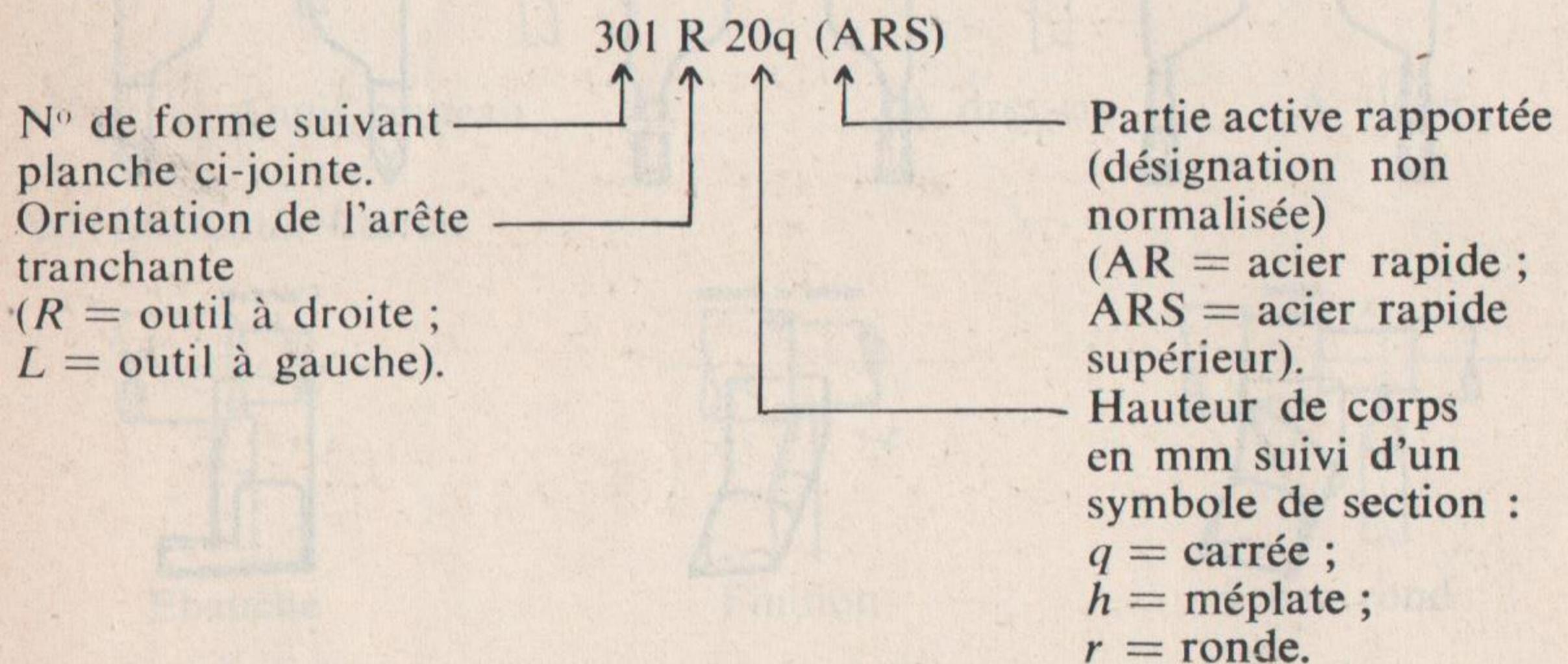
Outils de tour à mise en acier rapide (suite)



Les normes françaises ne prévoient pas de numéro repère.

Les numéros qui figurent sur les outils concernent uniquement la norme ISO.

Dans ce cas la désignation devient :



2. Outils de tour à plaquettes en carbures métalliques

Recommandations de l'ISO

R 243

R 504

DÉSIGNATION

a) Définition de l'outil à droite et de l'outil à gauche

L'outil est supposé appliqué par son plan de base sur un tableau vertical, la face d'attaque en avant et au bas.

L'outil sera dit à droite quand son arête tranchante est dirigée vers la droite de l'observateur.

Symboles : L = outil à gauche ; R = outil à droite.



b) Désignation internationale

La désignation comprendra :

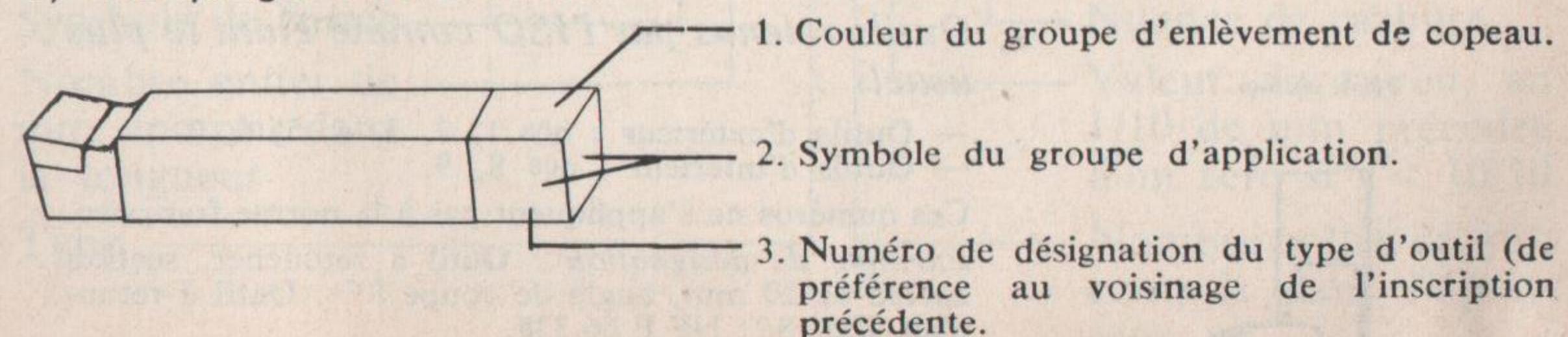
- la marque ISO suivie du numéro de désignation du type d'outil ;
- le symbole de désignation : L ou R ;
- la symbolisation de la dimension de la section de queue en mm :

Exemples : 2525 pour une section carrée de 25 mm de côté,
2516 pour une section rectangulaire de 25 mm de hauteur et de 16 mm de largeur,
25 pour une section ronde de 25 mm de diamètre ;

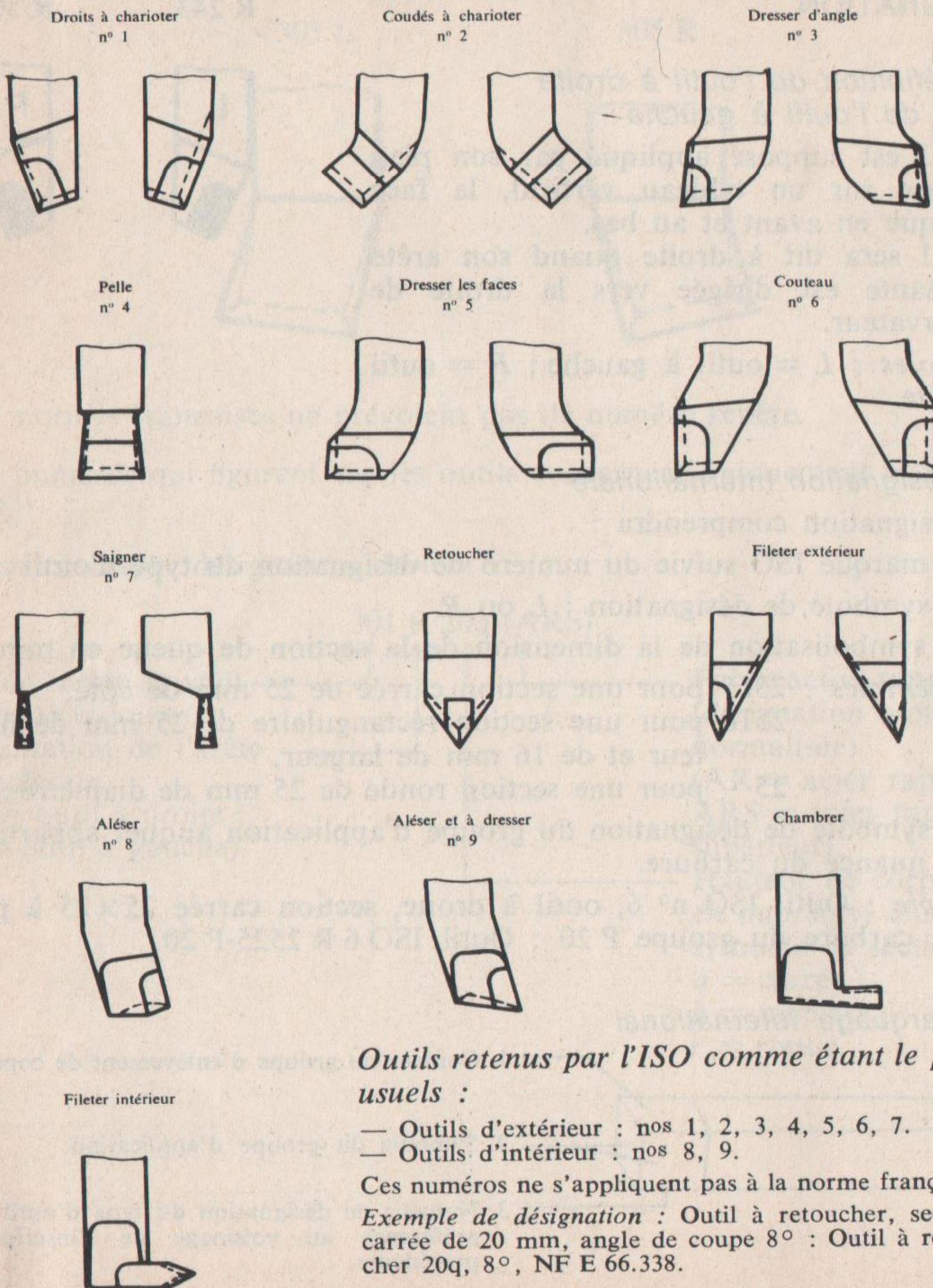
- le symbole de désignation du groupe d'application auquel appartient la nuance du carbure.

Exemple : Outil ISO n° 6, outil à droite, section carrée 25×25 à plaque carbure du groupe P 20 : Outil ISO 6 R 2525-P 20.

c) Marquage international



Outils de tour à plaquettes en carbure métallique (suite)
 (NF E 66-331 à 66-343)



Outils retenus par l'ISO comme étant le plus usuels :

- Outils d'extérieur : nos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
- Outils d'intérieur : nos 8, 9.

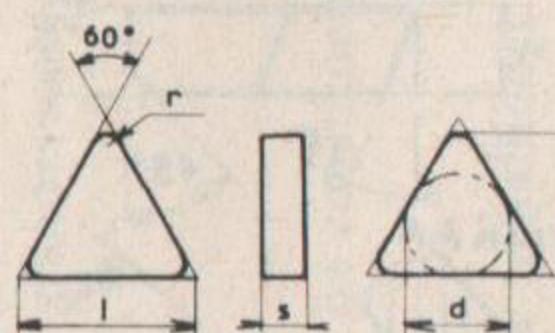
Ces numéros ne s'appliquent pas à la norme française.
Exemple de désignation : Outil à retoucher, section carrée de 20 mm, angle de coupe 8° : Outil à retoucher 20q, 8° , NF E 66.338.

4. Plaquettes amovibles en carbures métalliques

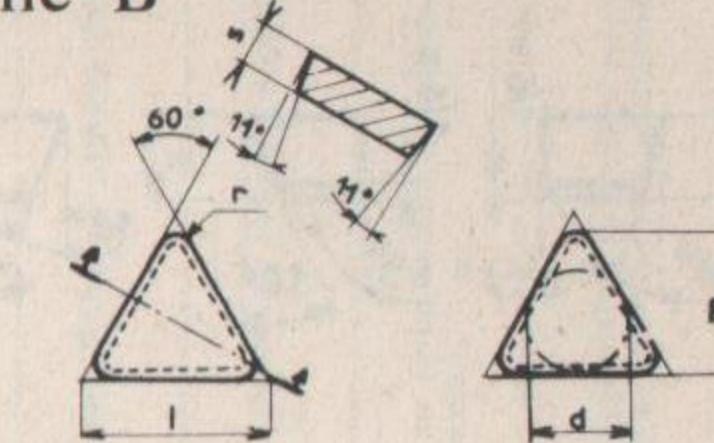
(NF E 66-307)

a) *Differentes formes*

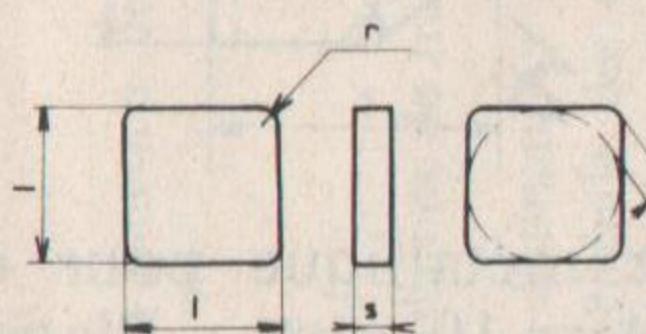
Forme A



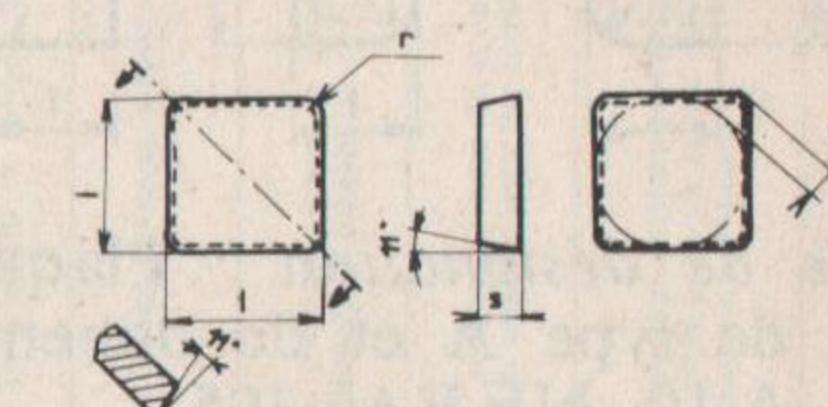
Forme B



Forme C



Forme D



Plaquettes sans dépouille latérale.
 Constitution d'outils à coupe négative.
 Plaquettes réversibles.

Plaquettes avec dépouille latérale.
 Constitution d'outils à coupe positive.
 Plaquettes non réversibles.

b) *Désignation d'une plaquette*

Il existe deux types d'exécution des plaquettes :

- type U : « rectifié économique » ;
- type G : « rectifié précision ».

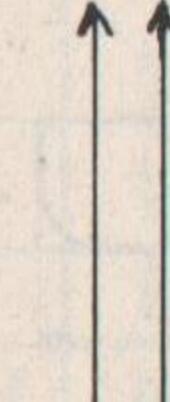
Exemple de désignation :

Plaquette amovible C 15, U 416, P 10 (NF E 66-307)

Symbol de forme



Nombre entier de mm, compris dans la longueur



Nuance de carbure

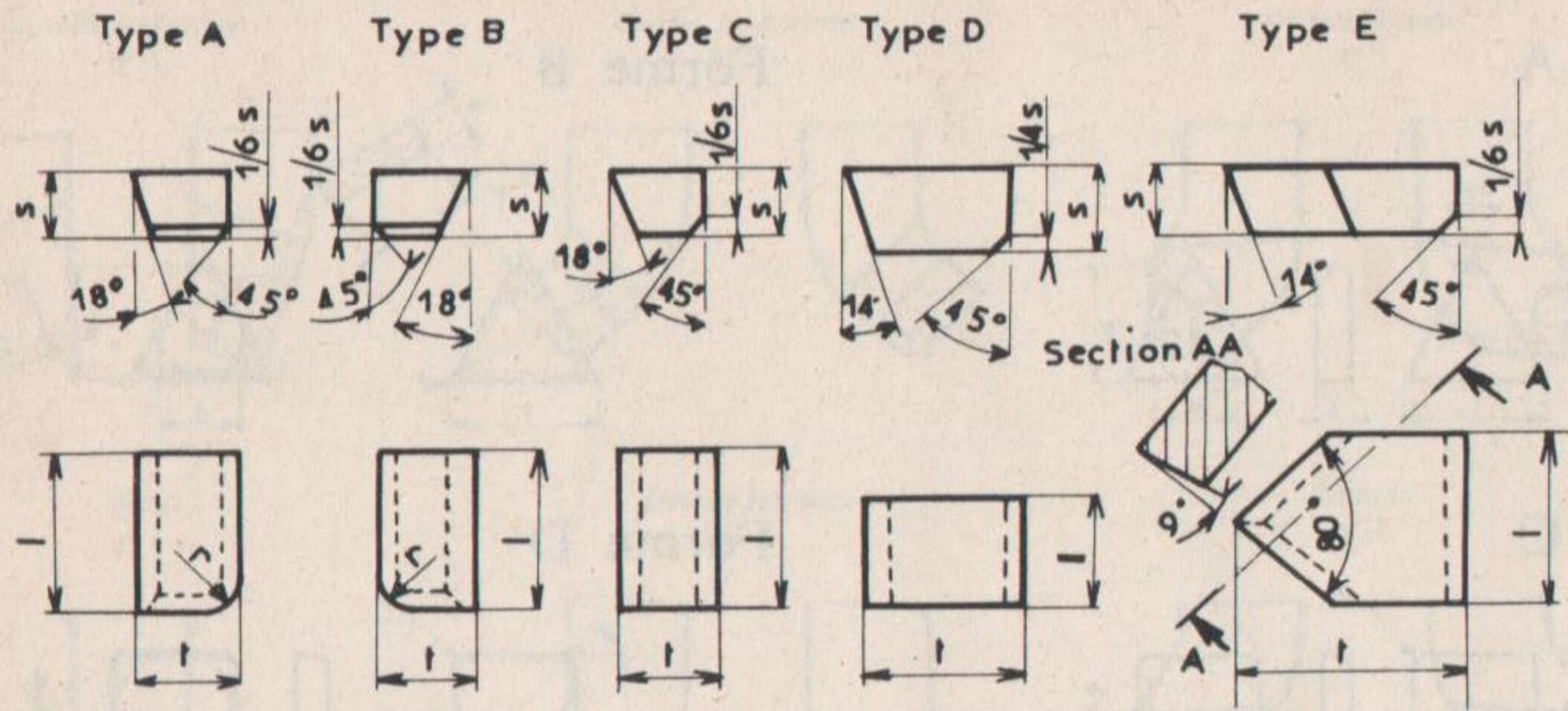
Valeur du rayon, en $1/10$ de mm précédée d'un zéro si $r < 10/10$

Type

Nombre entier de mm compris dans l'épaisseur

5. Plaquettes en carbure métallique pour outils de tour

(NFE 66-305, NFE 66-306)



Exemple de désignation : Plaque en carbure métallique pour outil de tour de type A et de dimension nominale 1 = 10 mm : Plaque carbure A 10, NFE 66-305.

Utilisation :

Plaque A

Plaquettes A et B

Plaque C

Plaque D

Plaque E

Outil à aléser et outil à aléser et dresser.

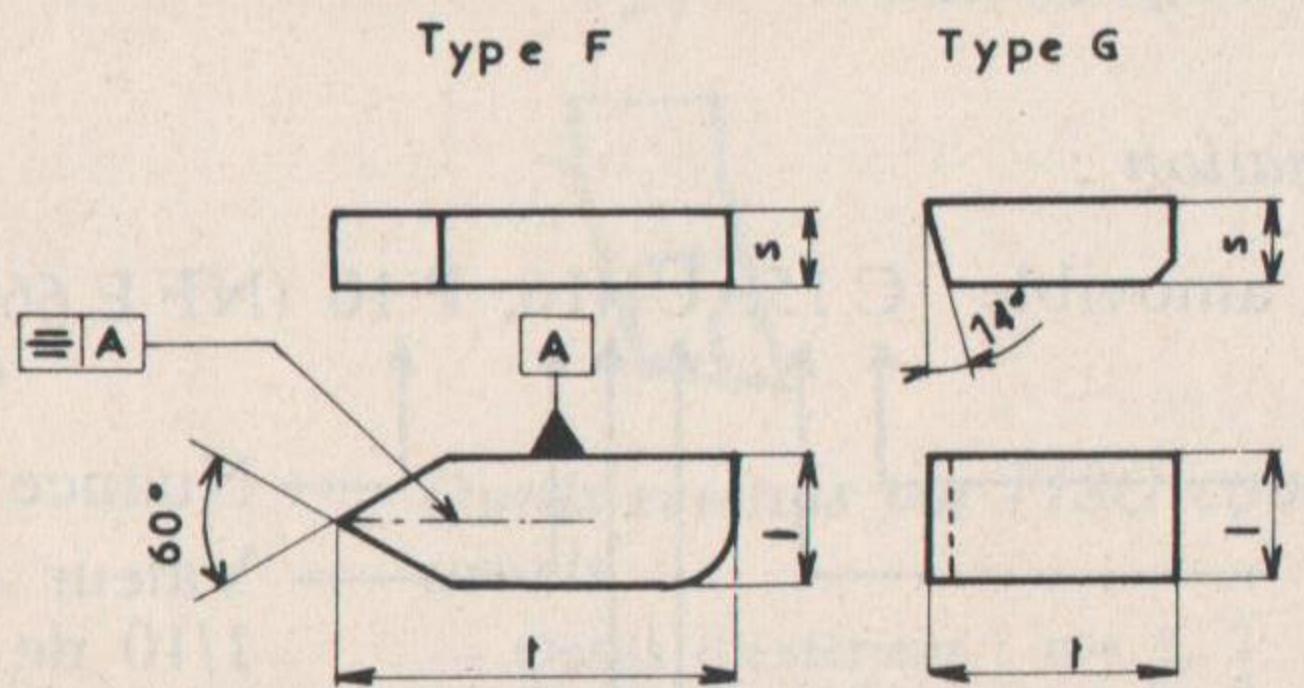
Outil à charioter, outil à dresser les faces.

Outil à dresser d'angle, outil couteau.

Outil pelle et outil coudé à charioter.

Outil à saigner.

Outil à retoucher.



Utilisation :

Plaque F

Plaque G

Outil à fileter extérieur, outil à fileter intérieur.

Outil à chambrer.

6. Classification des carbures métalliques

a) Groupes principaux d'enlèvement de copeaux

Trois groupes principaux d'enlèvement de copeaux ont été définis en fonction des trois grandes catégories de matières à usiner.

b) Groupes d'application

Subdivision des groupes principaux.
Ils définissent seulement l'étendue du domaine d'utilisation et les conditions de travail.

Remarque : Les lettres P, M, K sont destinées à une classification générale des carbures métalliques. Elles n'ont aucune signification par elles-mêmes. On ne doit pas les employer séparément ni conjointement avec une autre lettre.

Sym.	Matières à usiner	Utilisation et conditions de travail	
P 01	Aacier, acier moulé	Alésage et tournage de finition. Grande vitesse de coupe. Petite section de copeaux. Précision des cotés et de la qualité de surface. Travail sans vibration.	
P 10	Aacier, acier moulé	Tournage, coplage, filetage, fraîssage, grande vitesse de coupe. Section de copeaux petite ou moyenne.	
P 20	Aacier, acier moulé, fonte malléable à copeaux longs	Tournage, coplage, fraîssage, vitesse de coupe moyenne ou petite. Section de copeaux moyenne. Rabotage à petite section de copeaux.	
P 30	Aacier, acier moulé, fonte malléable à copeaux longs	Tournage, fraîssage, rabotage, vitesse de coupe moyenne ou petite. Section de copeaux grande moyenne ou grande et usinages dans des conditions défavorables.	
P 40	Aacier, acier moulé avec inclusions de sable ou retassures	Tournage, fraîssage, rabotage, mortaisage, faible vitesse de coupe, section de copeaux grande avec possibilité de grand angle de coupe. Pour usinages dans des conditions défavorables et travaux sur machines automatiques.	
P 50	Aacier, acier moulé de résistance moyenne ou faible avec inclusion de sable ou retassures	Opérations exigeant une bonne ténacité des carbures métalliques. Tournage, rabotage, mortaisage, petite vitesse de coupe, grande section de copeaux avec possibilité de grand angle de coupe pour usinage dans conditions défavorables et travaux sur machines automatiques.	

Métal ferreux à copeaux longs

Sym.	Matières à usiner	Groupes d'application	
		Utilisation et conditions de travail	Couleurs
M 10	Acier, acier moulé, acier au manganèse, fonte grise, fonte alliée grise	Tournage, vitesse de coupe moyenne ou grande, section de copeaux petite ou moyenne.	Sens croissant des caractéristiques du carburé
M 20	Acier, acier moulé, acier austénique, acier au manganèse, fonte	Tournage, fraîrage, vitesse de coupe moyenne ; section de copeaux moyenne.	Vitesses - Avances - Résistance à l'usure - Tenacité
M 30	Acier, acier moulé, acier austénique, fonte grise, alliage réfractaire	Tournage, fraîrage, rabotage, vitesse de coupe moyenne ; section de copeaux moyenne ou grande.	Vitesses - Avances - Résistance à l'usure - Tenacité
M 40	Acier doux de décollatage, acier de faible résistance ; métaux non ferreux, alliages légers	Tournage, façonnage, tronçonnage particulièrement sur machine automatique.	Vitesses - Avances - Résistance à l'usure - Tenacité
K 01	Fonte grise de dureté élevée, mouillage en coquille de dureté de plus de 85 Shore, alliages d'aluminium à haute teneur en silicium ; acier trempé ; matières plastiques très abrasives ; carton dur ; céramiques	Tournage, tournage de finition ; alésage ; fraisage ; grattage.	Vitesses - Avances - Résistance à l'usure - Tenacité
K 10	Fonte grise de plus de 220 Brinell, fonte malléable à copeaux durs ; aciers trempés ; alliages d'aluminium au silicium, alliages de cuivre ; matières plastiques ; verre ; caoutchouc durci ; carton dur ; pierre, porcelaine	Tournage ; fraisage ; perçage ; alésage ; brochage ; grattage.	Métaux ferrueux à copeaux courts - Métaux non ferrueux et courts - Métaux plastiques non métalliques
K 20	Fonte grise jusqu'à 220 Brinell ; métaux non ferreux ; cuivre ; laiton ; aluminium.	Tournage ; fraisage ; rabotage ; mortaisage ; pour usage dans des conditions défavorables avec possibilité de grand angle de coupe.	Métaux ferrueux à copeaux courts - Métaux non ferrueux et courts - Métaux plastiques non métalliques
K 30	Fonte grise de faible dureté ; acier de faible résistance ; bois comprimé	Tournage ; fraisage ; rabotage ; mortaisage ; pour usage dans des conditions défavorables avec possibilité de grand angle de coupe.	Métaux ferrueux à copeaux courts - Métaux non ferrueux et courts - Métaux plastiques non métalliques
K 40	Bois naturel tendre ou dur, métaux non ferreux		

35 A. TABLEAU DES VALEURS MOYENNES DES ANGLES α , γ

Matières usinées	Outils en :			
	acier rapide	carbure métallique	α	γ
Acier	$R_m = 50 \text{ daN/mm}^2$	8°	30°	5°
	$R_m = 70 \text{ daN/mm}^2$	6°	25°	5°
	$R_m = 90 \text{ daN/mm}^2$	6°	20°	5°
	$R_m = 110 \text{ daN/mm}^2$	6°	10°	5°
	$R_m = 160 \text{ daN/mm}^2$	5°	5°	4°
	Allié	5°	15°	4°
	Trempé	—	—	4°
	Coulé	6°	20°	5°
	Fonte grise	6°	10°	5°
	Fonte malléable	6°	15°	5°
Fonte dure	6°	5°	4°	2°
Aluminium	10°	35°	8°	20°
Cuivre dur	9°	30°	8°	20°
Laiton	8°	0°	5°	0°
Bronze ordinaire	8°	20°	6°	15°
Bronze phosphoreux	8°	10°	5°	5°

B. OUTILS DE COUPE EN CÉRAMIQUE

Nécessitent des machines très robustes (exempts de vibrations) et possédant des vitesses de rotation suffisamment élevées.

Vitesses de coupe

Acier 65-70 daN/mm ²	350 m/min
Acier Ni-Cr, recuit	400 m/min
Acier Ni-Cr, $R_m = 150$ daN/mm ²	100 m/min

Angles des outils à charioter

Angles des faces	Angle de dépouille : $\alpha = 5^\circ$.
	Angle de coupe : $\gamma = 5^\circ$, avec
	pour l'acier, un liséré de 1 mm à 0° ;
	pour la fonte, un liséré de 1 mm à -7° .
Angles de l'arête	Angle de pointe : $\varepsilon = 130^\circ$.
	Angle de direction d'arête : $ \kappa = 45^\circ$.

Obliquité d'arête $\lambda = -5^\circ$.

C. RAYONS DE POINTE DES OUTILS DE TOUR ET DE RABOTAGE MONOBLOCS OU À PLAQUETTES EN CARBURES MÉTALLIQUES

(d'après NF E 66-510 et ISO 3286)

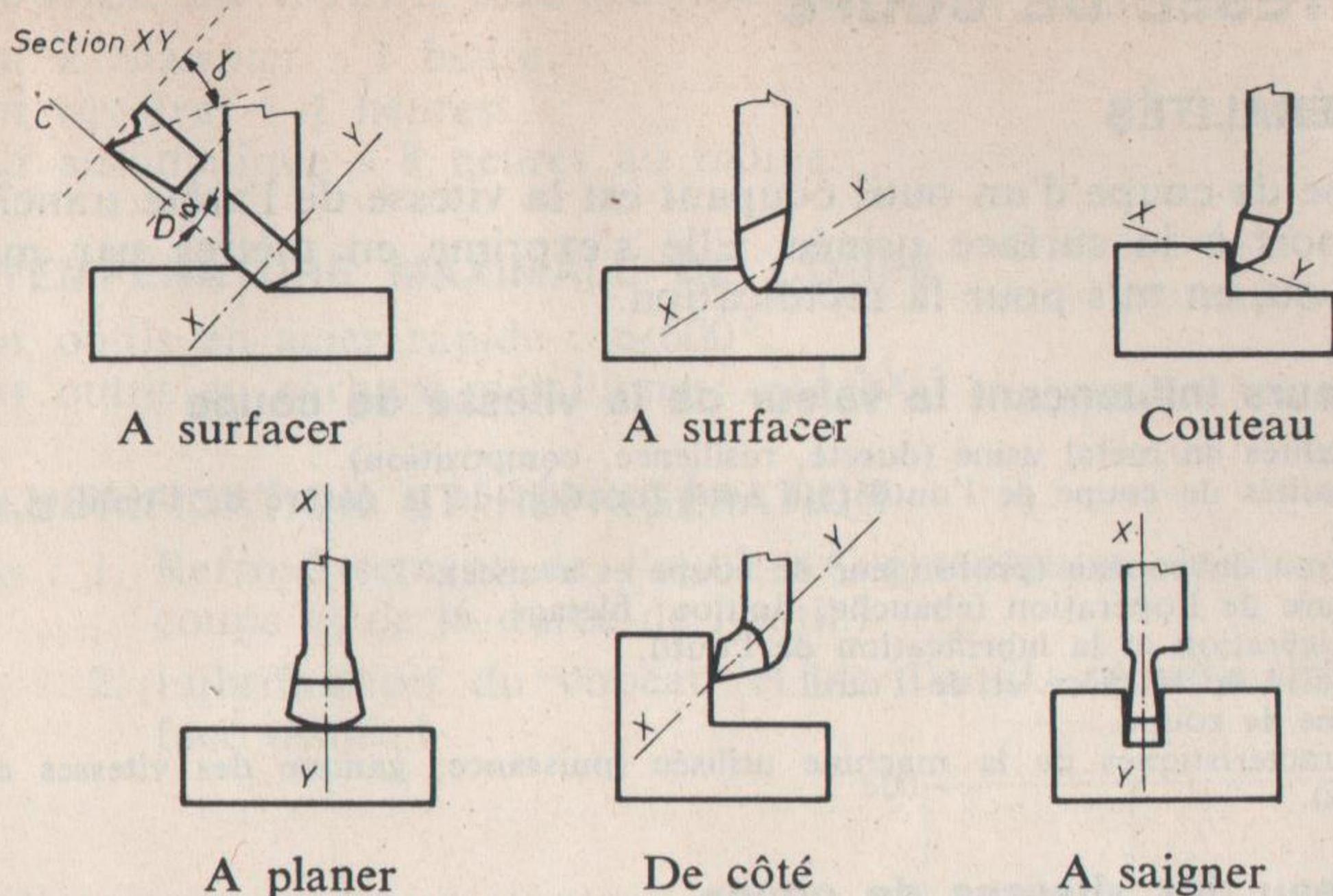
Le rayon de pointe est désigné par r_e dans le fascicule de documentation NF E 66-502 « Géométrie de la partie active des outils coupants - Notions générales - Systèmes de référence, angles de l'outil et angles en travail ».

DIMENSIONS

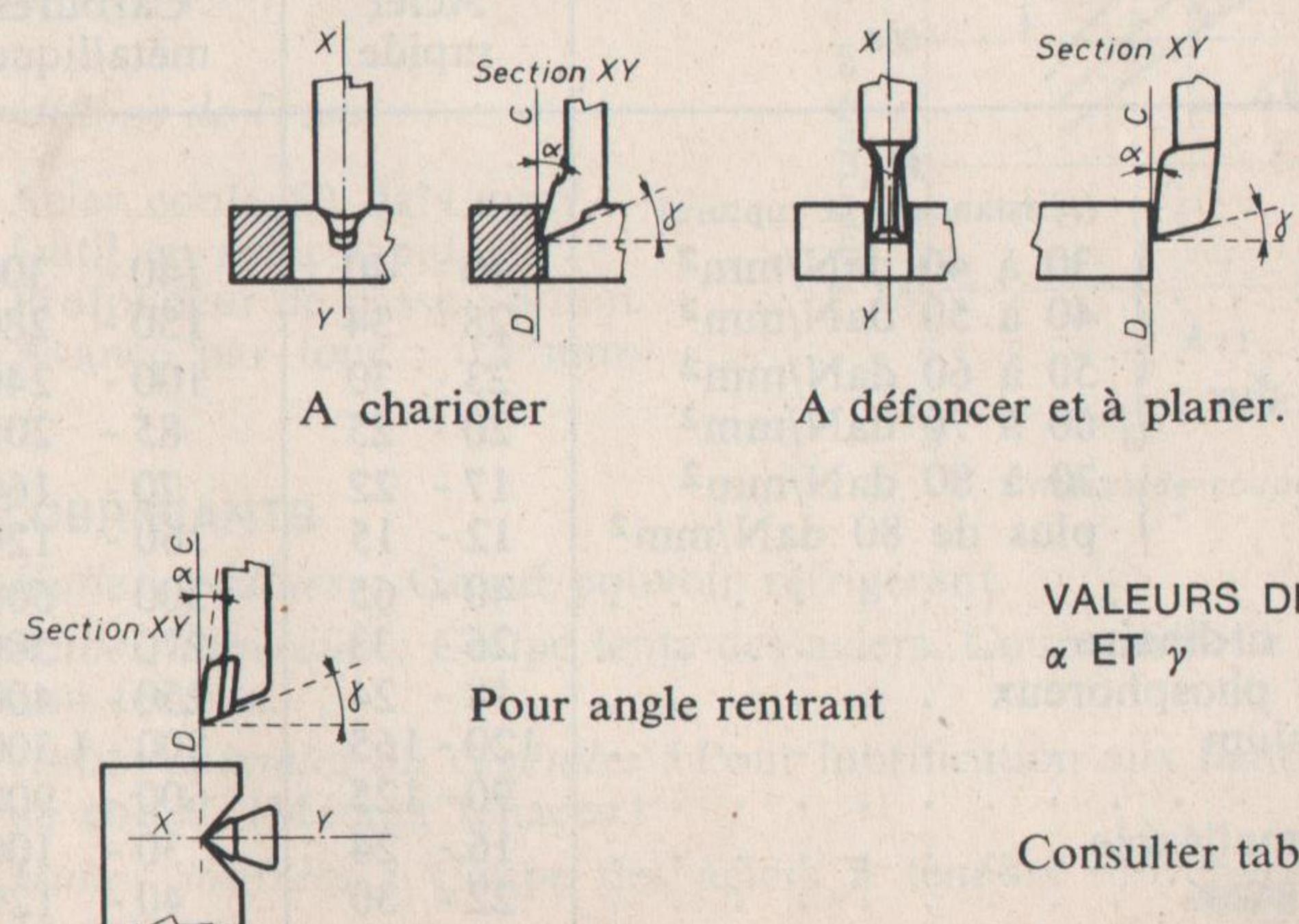
Rayon de pointe $\pm 0,1$							
0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5 (a)	3,2

(a) Pour les plaquettes amovibles, utiliser le rayon de 2,4 mm au lieu de 2,5 mm.

1. Rabotage



2. Mortaisage



VALEURS DES ANGLES
 α ET γ

Consulter tableau p. 209.

36. VITESSE DE COUPE

A. GÉNÉRALITÉS

La vitesse de coupe d'un outil coupant est la vitesse de l'arête tranchante par rapport à la surface usinée. Elle s'exprime en mètres par minute (m/min) ou, en m/s pour la rectification.

1. Facteurs influençant la valeur de la vitesse de coupe

1. Les qualités du métal usiné (dureté, résilience, composition).
2. Les qualités de coupe de l'outil (qui sont fonction de la nature de l'outil et de sa forme).
3. La section du copeau (profondeur de coupe et avance).
4. La nature de l'opération (ébauche, finition, filetage...).
5. La réfrigération et la lubrification de l'outil.
6. La rigidité de la pièce et de l'outil.
7. La durée de coupe.
8. Les caractéristiques de la machine utilisée (puissance, gamme des vitesses et des avances).

2. Tableau des vitesses de coupe

Matières à usiner	Outils en :		
	Acier rapide	Carbures métalliques	
Aciers :			
(résistance à la rupture) R_m			
doux . . . {	30 à 40 daN/mm ²	30 - 40	140 - 300
	40 à 50 daN/mm ²	28 - 34	130 - 280
demi-dur . . . {	50 à 60 daN/mm ²	23 - 30	100 - 240
	60 à 70 daN/mm ²	20 - 25	85 - 200
dur {	70 à 80 daN/mm ²	17 - 22	70 - 160
	plus de 80 daN/mm ²	12 - 15	60 - 120
Laiton	40 - 65	300 - 600	
Bronze ordinaire	26 - 33	270 - 500	
Bronze phosphoreux	18 - 24	250 - 400	
Aluminium	120 - 165	800 - 1 300	
Cuivre	90 - 125	600 - 900	
Fonte malléable	16 - 24	30 - 100	
Fonte grise	22 - 30	40 - 120	

B. DURÉE DE COUPE DES OUTILS DE TOUR

Tour à charioter : 1 heure.

Tour révolver : 4 heures.

Tour automatique : 8 heures au moins.

C. TEMPÉRATURE MAXIMALE DE COUPE

Pour outils en acier rapide : $\approx 600^\circ$.

Pour outils en carbure métallique : $\approx 1\ 000^\circ$.

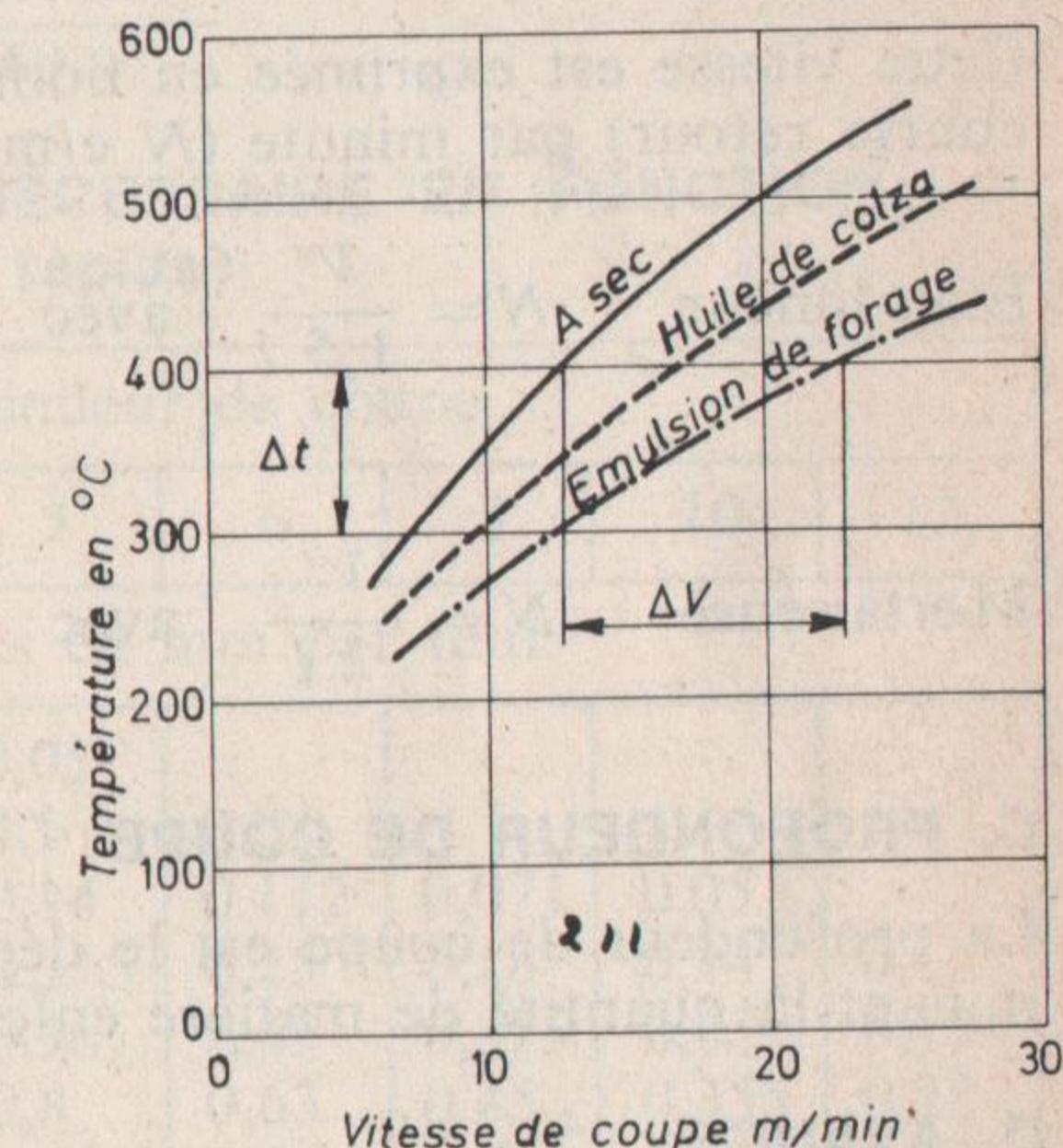
D. LUBRIFICATION ET RÉFRIGÉRATION

- Buts :*
1. Refroidissement de l'outil. (Augmentation de la vitesse de coupe et de la durée de l'outil.)
 2. Lubrification du copeau et de l'outil. (Amélioration de la face usinée.)

Le diagramme ci-contre montre l'augmentation possible de la vitesse de coupe par l'emploi d'un lubrifiant.

Conditions de l'essai :

- Acier coulé 50 daN/mm².
- Outil en acier rapide.
- Profondeur de passe : 6 mm
- Avance par tour : 0,5 mm.



E. LUBRIFIANTS

1. *Huiles solubles* : Grand pouvoir réfrigérant.
2. *Huiles minérales* : Coupe lente des aciers. Coupe difficile des métaux non ferreux.
3. *Huiles animales ou végétales* : Pour lubrification aux hautes pressions de coupe. (Métaux tenaces.)
4. *Huiles soufrées* : Coupe des aciers à teneurs moyennes et élevées en carbone.

37. VITESSE DE ROTATION. PROFONDEUR DE COUPE. AVANCE

A. VITESSE DE ROTATION

La vitesse de rotation d'une broche est le nombre de tours qu'elle effectue par minute (N tr/min).

La valeur nominale de cette vitesse est celle qui est inscrite sur la plaque de la machine et qui est utilisée pour le calcul des temps d'usinage.

$$N = \frac{V}{\pi d} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} N = \text{nombre de tours par minute} \\ V = \text{vitesse de coupe en m/min} \\ d = \text{diamètre de la pièce (ou de l'outil) en m} \end{cases}$$

B. VITESSE DE TRANSLATION (machine à mouvement de coupe rectiligne alternatif)

Cette vitesse est exprimée en nombre de coups (une course aller + une course retour) par minute (N c/min).

Etau-limeur $N = \frac{V'}{1,5 l}$ avec $\begin{cases} N = \text{nombre de coups par minute} \\ V' = \frac{1}{2} \text{ à } \frac{2}{3} \text{ de } V \\ l = \text{longueur de la course en m} \end{cases}$

Mortaiseuse $N = \frac{V'}{2 l}$ avec $\begin{cases} N = \text{nombre de coups par minute} \\ V' = \frac{1}{2} \text{ à } \frac{2}{3} \text{ de } V \\ l = \text{longueur de la course en m} \\ l = \text{longueur à usiner + entrée et sortie d'outil} \end{cases}$

C. PROFONDEUR DE COUPE

La profondeur de coupe est le déplacement (par passe) de l'outil déterminant la quantité de matière enlevée sur la pièce (p en mm).

D. AVANCE

L'avance est la distance séparant les positions correspondantes occupées respectivement, soit par l'outil, soit par la pièce, après une révolution complète de l'un d'eux (a en mm/tr).

E. SECTION DU COPEAU

La section du copeau, exprimée en mm^2 , est le produit de a et p

$$S = a \times p.$$

F. CHOIX DE V , a ET p POUR LE DÉGROSSISSEMENT

Outils en acier rapide. Choisir la section $S = a \times p$ la plus forte possible, compatible avec la rigidité de l'ensemble outil-pièce. Choisir V compatible avec la puissance de la machine et le genre d'outil.

Outils en carbure métallique. Choisir la vitesse de coupe V optimale et choisir $S \text{ mm}^2$ compatible avec la puissance de la machine et la rigidité de l'ensemble outil-pièce.

G. PUISSSANCE ABSORBÉE PAR LA COUPE

La puissance absorbée par la coupe est proportionnelle : à la résistance, à la rupture de la matière usinée, à un coefficient dépendant de la composition de la matière, à la section du copeau, à la vitesse de coupe ; inversement proportionnelle au rendement mécanique de la machine.

$$P_w = \frac{R \cdot k \cdot S \cdot V}{60 \eta}$$

H. TABLEAU DE LA PUISSANCE NÉCESSAIRE EN FONCTION DE a ET DE p (outils en acier rapide)

	Puis- sance néces- saire en kW	Profondeur de coupe							
		2	3	4	5	6	8	10	12
Avances en mm par tour									
Acier	0,37	0,18	0,125	0,08	0,05				
	0,55	0,25	0,18	0,125	0,1	0,08			
	0,75	0,355	0,25	0,18	0,14	0,112	0,071	0,05	
	1,5	1	0,63	0,45	0,315	0,25	0,18	0,14	0,1
	2,25	1,6	1,12	0,71	0,56	0,45	0,315	0,25	0,18
	3		1,8	1,12	0,8	0,63	0,45	0,355	0,28
	3,75		2,24	1,6	1,25	0,90	0,63	0,50	0,40
	4,5		2,8	2	1,6	1,25	0,9	0,63	0,50
Fonte-bronze	0,37	0,63	0,315	0,25	0,18	0,14	0,112		
	0,55	0,90	0,56	0,4	0,385	0,25	0,16	0,125	
	0,75	1,25	0,80	0,56	0,45	0,355	0,25	0,20	
	1,5		1,80	1,25	1	0,80	0,56	0,40	0,315
	2,25		2,80	2	1,6	1,25	0,9	0,63	0,50
	3			2,80	2,24	1,8	1,25	1	0,71

I. TEMPS D'USINAGE

Le temps calculé ci-après est le temps de travail de l'outil pour une passe.

$$Au tour : \quad t = \frac{L}{a \times N} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} t = \text{temps d'usinage en minutes} \\ L = \text{longueur de la passe en mm} \\ a = \text{avance par tour en mm} \\ N = \text{nombre de tours par minute} \end{cases}$$

$$A l'étau-limeur : \quad t = \frac{l}{a \times N} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} t = \text{temps d'usinage en minutes} \\ l = \text{largeur de la passe en mm} \\ a = \text{avance par coup en mm} \\ N = \text{nombre de coups par minute} \end{cases}$$

Exemple. — Soit à raboter une plaque en acier de $R_m = 70 \text{ daN/mm}^2$.

Longueur de la pièce : 100 mm.

Largeur de la pièce : 80 mm.

Avance par coup : 0,4 mm.

Vitesse de coupe : $V = 21 \text{ m/min}$ (voir tableau p. 212)

$$\text{Calcul de } N : \quad N = \frac{V'}{1,5L} \quad V' = \frac{2}{3}V, \text{ soit } 14 \text{ m/min} \quad L = 100+20, \text{ soit } 120 \text{ mm}$$

$$= \frac{14}{1,5 \times 120}$$

$$= 77 \text{ coups/min}$$

Choisir dans la gamme des nombres de coups/min de la machine, celui qui est égal ou immédiatement inférieur à 77 coups/min. Soit par exemple 71 coups/min.

$$Temps d'usinage : \quad t = \frac{l}{a \times N}$$

$$= \frac{80}{0,4 \times 71}$$

$$= 2,81 \text{ min}$$

37. TOURNAGE CONIQUE

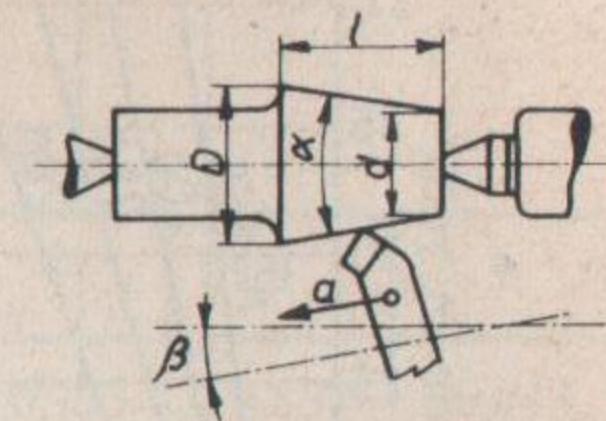
A. PAR INCLINAISON DU PETIT CHARIOT

- a) Placer l'arête tranchante de l'outil exactement « au centre ».
- b) L'axe de déplacement du petit chariot est parallèle à la face usinée.
- c) Angle d'inclinaison du petit chariot.

$$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

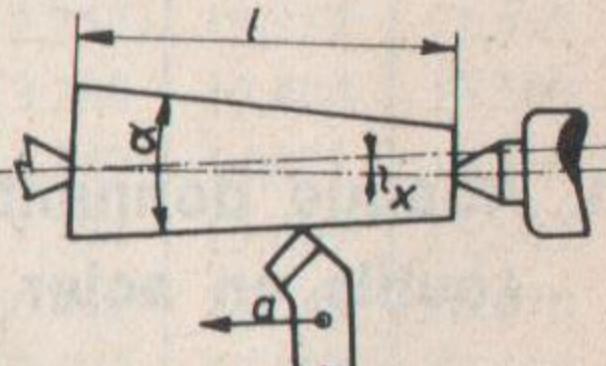
$$\text{ou : } \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{D-d}{2l}$$

$$\text{Pour } \beta < \text{ à } 15^\circ : \beta^0 = \frac{D-d}{l} \times 28,65.$$



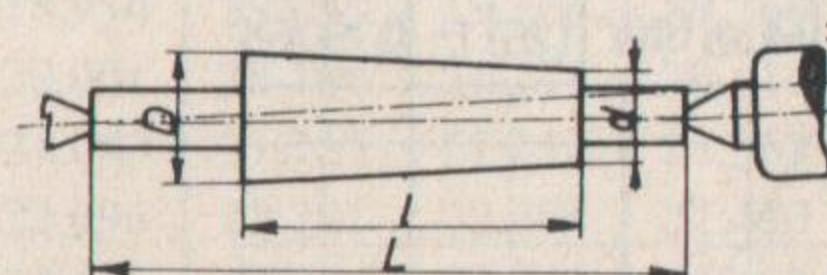
B. PAR DÉPLACEMENT DE LA CONTRE-POINTE

- a) *Idem a₁*.
- b) Dresser les faces de bout avant excentrage de la contre-pointe.
- c) Valeur de x = excentrage.



$$A. - \quad x = l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$B. - \quad x = \frac{(D-d) \times L}{2l}$$



C. AU MOYEN DE LA RÈGLE

- a) *Idem a₁*.
- b) Angle d'inclinaison de la règle :

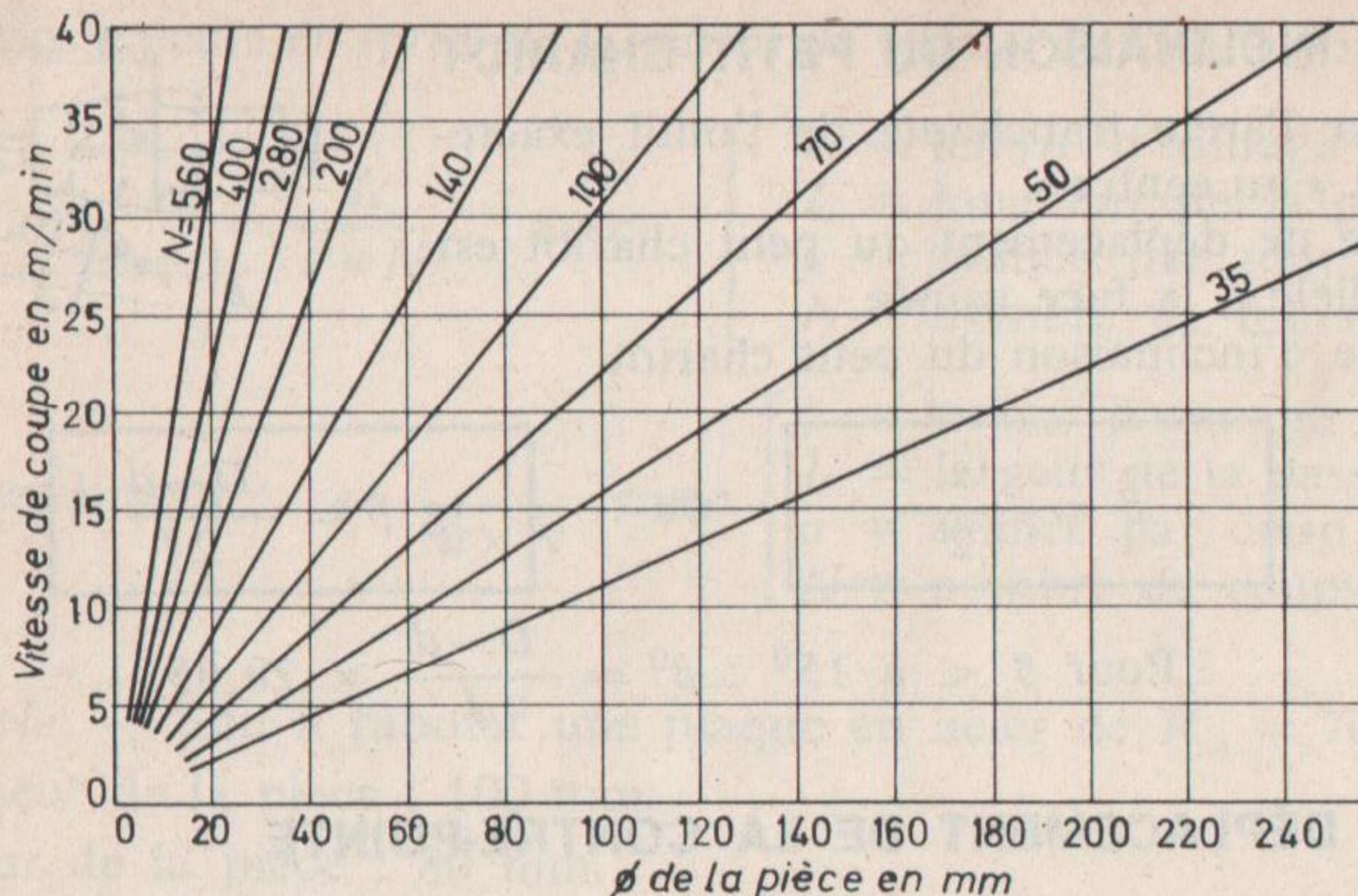
$$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{ou : } \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{D-d}{2l}$$

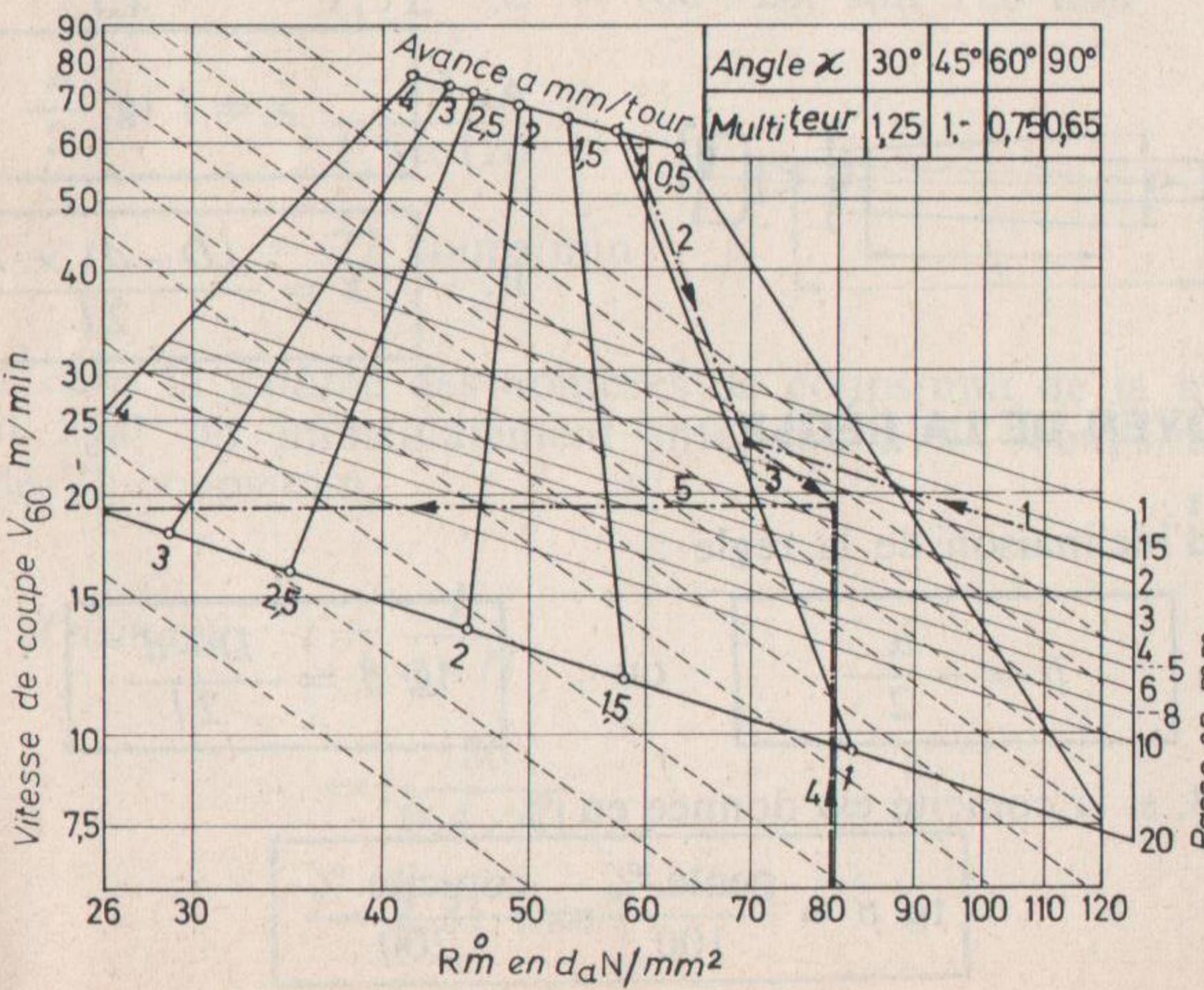
Pour 1 et 3, si la conicité est donnée en %

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\text{pente \%}}{100} = \frac{\text{conicité \%}}{200}$$

D. ABAQUE DONNANT N EN FONCTION DE V ET d



1. Abaque donnant V_{60} en fonction de R_m , a et p (outils en acier rapide)



E. VITESSES ANGULAIRES (ω) EN FONCTION DU NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE (N)

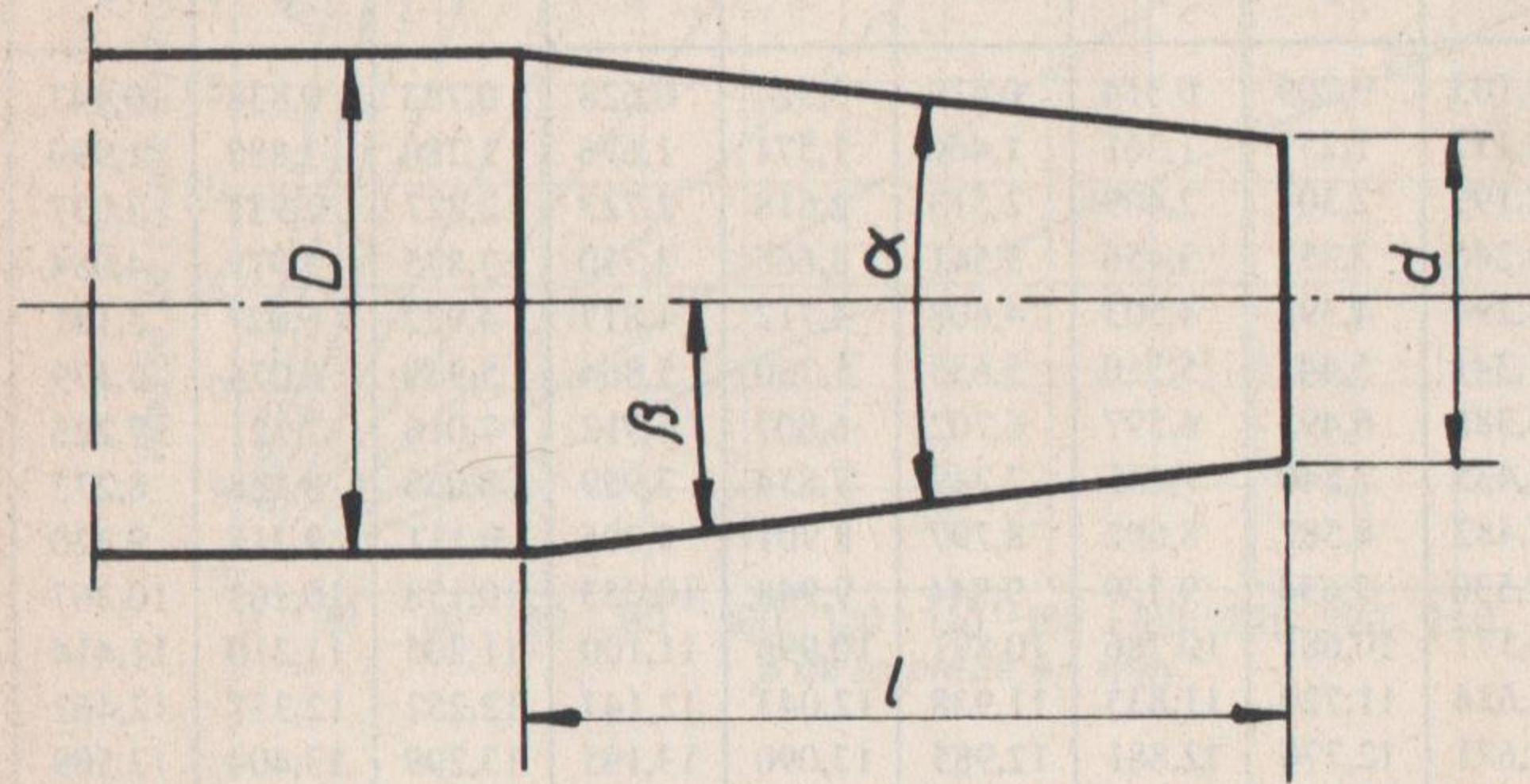
$$\left(\omega = \frac{2\pi N}{60} \right) \text{ en radians.}$$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,105	0,209	0,314	0,419	0,524	0,628	0,733	0,838	0,943
10	1,047	1,152	1,257	1,361	1,466	1,571	1,676	1,780	1,885	1,990
20	2,094	2,199	2,304	2,409	2,513	2,618	2,723	2,827	2,932	3,037
30	3,142	3,246	3,351	3,456	3,561	3,665	3,770	3,875	3,979	4,084
40	4,189	4,294	4,398	4,503	4,608	4,712	4,817	4,922	5,027	5,131
50	5,236	5,341	5,445	5,550	5,655	5,760	5,864	5,969	6,074	6,179
60	6,283	6,388	6,493	6,597	6,702	6,807	6,912	7,016	7,121	7,226
70	7,330	7,435	7,540	7,645	7,749	7,854	7,959	8,063	8,168	8,273
80	8,378	8,482	8,587	8,692	8,797	8,901	9,006	9,111	9,215	9,320
90	9,425	9,530	9,634	9,739	9,844	9,948	10,053	10,158	10,263	10,367
100	10,472	10,577	10,681	10,786	10,891	10,996	11,100	11,205	11,310	11,414
110	11,519	11,624	11,729	11,833	11,938	12,043	12,147	12,252	12,357	12,462
120	12,566	12,671	12,776	12,881	12,985	13,090	13,195	13,299	13,404	13,509
130	13,614	13,718	13,823	13,928	14,032	14,137	14,242	14,347	14,451	14,556
140	14,661	14,765	14,870	14,975	15,080	15,184	15,289	15,394	15,499	15,603
150	15,708	15,813	15,917	16,022	16,127	16,232	16,336	16,441	16,546	16,650
160	16,755	16,860	16,965	17,069	17,174	17,279	17,383	17,488	17,593	17,698
170	17,802	17,907	18,012	18,117	18,221	18,326	18,431	18,535	18,640	18,745
180	18,850	18,954	19,059	19,164	19,268	19,373	19,478	19,583	19,687	19,792
190	19,897	20,001	20,106	20,211	20,316	20,420	20,525	20,630	20,735	20,839
200	20,944	21,049	21,153	21,258	21,363	21,468	21,572	21,677	21,782	21,886
210	21,991	22,096	22,201	22,305	22,410	22,515	22,619	22,724	22,829	22,934
220	23,038	23,143	23,248	23,353	23,457	23,562	23,667	23,771	23,876	23,981
230	24,086	24,190	24,295	24,400	24,504	24,609	24,714	24,819	24,923	25,028
240	25,133	25,237	25,342	25,447	25,552	25,656	25,761	25,866	25,970	26,075
250	26,180	26,285	26,389	26,494	26,599	26,704	26,808	26,913	27,018	27,122
260	27,227	27,332	27,437	27,541	27,646	27,751	27,855	27,960	28,065	28,170
270	28,274	28,379	28,484	28,588	28,693	28,798	28,903	29,007	29,112	29,217
280	29,322	29,426	29,531	29,636	29,740	29,845	29,950	30,055	30,159	30,264
290	30,369	30,473	30,578	30,683	30,788	30,892	30,977	31,102	31,206	31,311
300	31,416	31,521	31,625	31,730	31,835	31,940	32,044	32,149	32,254	32,358
310	32,463	32,568	32,673	32,777	32,882	32,987	33,091	33,196	33,301	33,406
320	33,510	33,615	33,720	33,824	33,929	34,034	34,139	34,243	34,348	34,453
330	34,558	34,662	34,767	34,872	34,976	35,081	35,186	35,291	35,395	35,500
340	35,605	35,709	35,814	35,919	36,024	36,128	36,233	36,338	36,442	36,547
350	36,652	36,757	36,861	36,966	37,071	37,176	37,280	37,385	37,490	37,594

38. ÉLÉMENTS DE MACHINES

A. LES CÔNES

1. Cotations des cônes



D Diamètre de la grande base. l Hauteur du tronc de cône ou
 d Diamètre de la petite base. distance entre les bases.

α angle au sommet du cône ou angle du cône formé par deux génératrices diamétralement opposées.

β demi-angle au sommet $\beta = \frac{\alpha}{2}$ formé par une génératrice et l'axe du cône. C'est le plus utilisé dans les calculs d'atelier.

c conicité = rapport entre la différence des diamètres des bases et la hauteur.

$$c = \frac{D - d}{l}$$

ou $c = 2 \tan \beta$

$$\tan \beta = \frac{D - d}{2l}$$

ou $\tan \beta = \frac{c}{2}$

$$D = d + (c \times l)$$

$$d = D - (c \times l)$$

$$l = \frac{D - d}{2 \tan \beta}$$

$$D = d + (2l \times \tan \beta)$$

$$d = D - (2l \times \tan \beta)$$

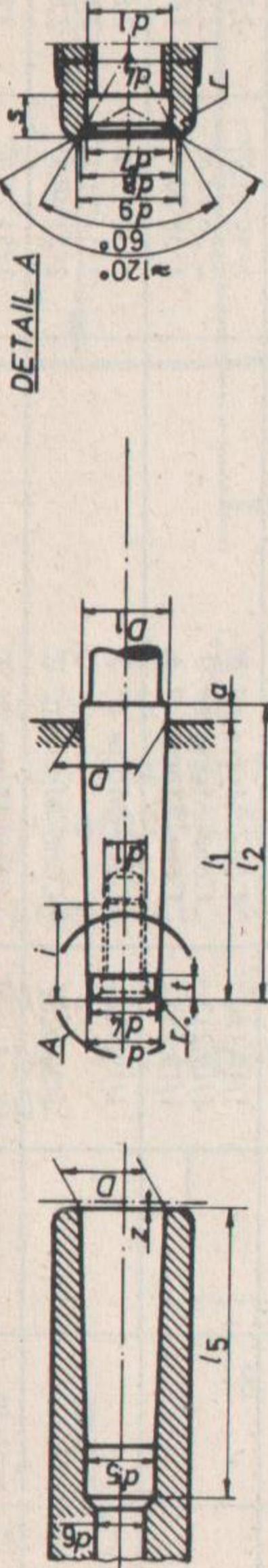
$$l = \frac{D - d}{2 \tan \beta}$$

2. Conicité

α°	C	α°	C	Valeurs calculées	
				Angle de cône α	Conicité
120°				—	1/0,288 675
90°				—	1/0,500 000
(75°)				—	1/0,651 615
60°				—	1/0,866 025
45°				—	1/1,207 107
30°				—	1/1,866 025
18°30'				18°55'28,7"	1/3,070 367
8°40'				16°35'39,4"	1/6,598 44
7°				14°15' 0,1"	1/8,174 93
ISO/R 110				18,924 642°	
ISO/R 111				16,594 286°	
ISO/R 112				14,250 031°	
11°25'16,3"				11,421 186°	
9°31'38,2"				9,527 283°	
8°10'16,4"				8,171 234°	
7° 9' 9,6"				7,152 668°	
5°43'29,3"				5,724 810°	
4°46'18,8"				4,771 887°	
3°49' 5,9"				3,818 305°	
3°34'47,4"				3,579 821°	
3° 0'52,4"				3,014 554°	
2°59'11,7"				2,986 590°	
2°58'53,8"				2,981 618°	
2°58'30,4"				2,975 117°	
Cône Morse n° 6				2,875 401°	
Cône Morse n° 0				2°51'51,1"	
Cône Morse n° 4				2°51'40,8"	
1/19,180				2°52'31,4"	
1/19,212				2°51'51,1"	
1/19,254				2°51'40,8"	
1/19,922				2°51'26,9"	
1/20,020				1°54'34,9"	
				1° 8'45,2"	
Cône Morse n° 3				2,857 483°	
Cône Morse n° 2				1,909 682°	
Cône Morse n° 1				1,145 877°	
1/100				34'22,6"	
1/200				17'11,3"	
1/500				6'52,5"	

B. CONES MÉTRIQUES ET CONES MORSE A CONICITÉ VOISINE DE 5 %

1. Cônes d'outils sans tenon



Dimensions en mm

Désignation n°	Conicité	Cône femelle						Cône mâle													
		D de base	d_5	d_6	l_5 min.	$z^{(4)}$	D	$D_1^{(1)}$	$d^{(1)(2)}$	$d_1^{(5)}$	d_4 max.	l_1	$l_2^{(2)}$	a	i	r	t	d_7	d_8	d_9	s
Cône métrique 5 %	4 1:20=0,05	4	3,0	—	25	0,5	4	4,1	2,9	—	2,5	23	25	2	—	—	2	—	—	—	—
Cône Morse	6	6	4,6	—	34	0,5	6	6,2	4,4	—	4	32	35	3	—	—	3	—	—	—	—
Cône métrique 5 %	0 1:19,212=0,052 05	9,045	6,7	—	52	1	9,045	9,2	6,4	—	6	50	53	3	—	1	4	—	—	—	—
Cône Morse	1 1:20,047=0,049 88	12,065	9,7	7	56	1	12,065	12,2	9,4	$M\ 6$	9	53,5	57	3,5	16	1,2	5	—	—	—	—
Cône Morse	2 1:20,020=0,049 95	17,780	14,9	11,5	67	1	17,780	18,0	14,6	$M\ 10$	14	64	69	5	24	1,6	5	—	—	—	—
Cône Morse	3 1:19,922=0,050 20	23,825	20,2	14	84	1	23,825	24,1	19,8	$M\ 12$	19	81	86	5	28	2	7	12,5	14	15	6
Cône Morse	4 1:19,254=0,051 94	31,267	26,5	18	107	1,5	31,267	31,6	25,9	$M\ 16$	25	102,5	109	6,5	32	2,5	9	17	19	20	9
Cône métrique 5 %	5 1:19,002=0,052 63	44,399	38,2	23	135	1,5	44,399	44,7	37,6	$M\ 20$	35,7	129,5	136	6,5	40	3	10	21	26	30	10
Cône métrique 5 %	6 1:19,180=0,052 14	63,348	54,6	27	188	2	63,348	63,8	53,9	$M\ 24$	51	182	190	8	50	4	16	25	31	36	12
Cône métrique 5 %	80 1:20=0,05	80	71,5	33	202	2	80	80,4	70,2	$M\ 30$	67	196	204	8	65	5	24	31	38	45	14
Cône métrique 5 %	100 1:20=0,05	100	90	39	240	2	100	100,5	88,4	$M\ 36$	85	232	242	10	80	5	30	37	45	52	16
Cône métrique 5 %	120 1:20=0,05	120	108,5	39	276	2	120	120,6	106,6	$M\ 36$	102	268	280	12	80	6	36	37	45	52	16
Cône métrique 5 %	160 200	160	145,5	52	350	3	160	160,8	143,0	$M\ 48$	138	340	356	16	100	8	48	50	60	68	20
Cône métrique 5 %	200	200	182,5	52	424	3	200	201,0	179,4	$M\ 48$	174	412	432	20	100	10	60	50	60	68	20

(1) Les valeurs de D_1 et d arrondies au 0,1 mm après calcul, ne sont qu'approximatives et données seulement à titre indicatif.

(2) Les valeurs indiquées pour d et l_2 correspondent au cas où l_1 a la valeur maximale figurant au tableau.

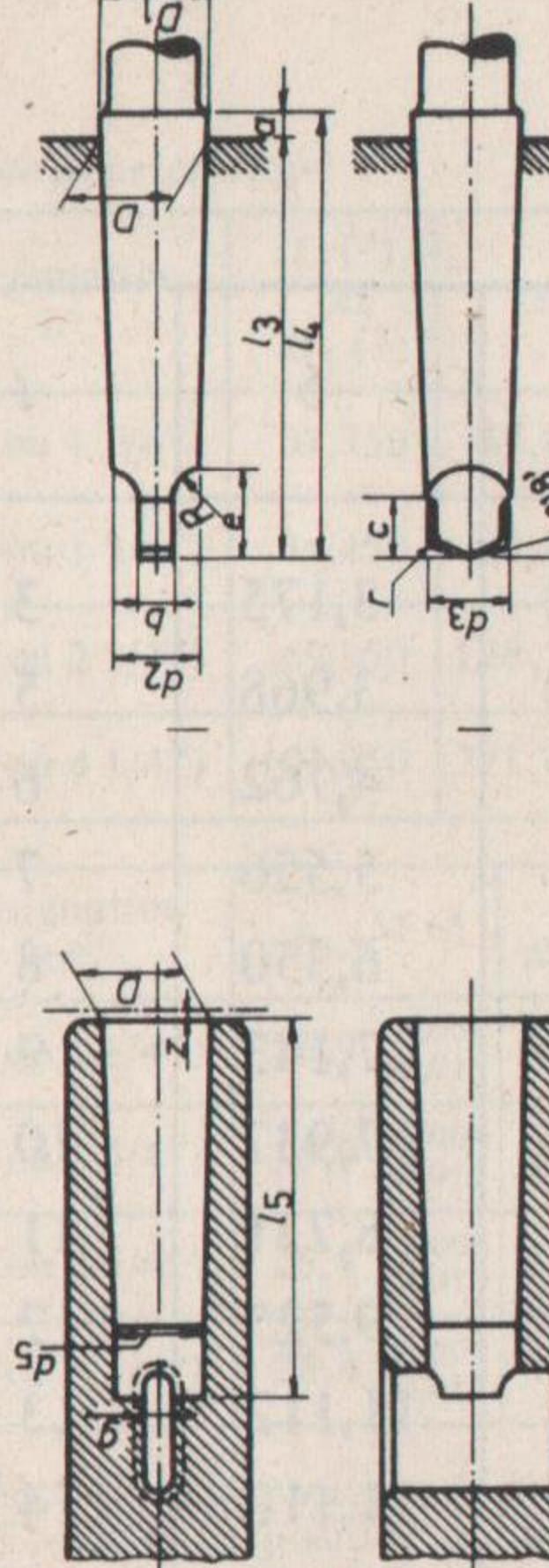
(3) Les dimensions d_7 , d_8 , d_9 et s n'ont pas été fixées sur le plan international. Elles sont données à titre indicatif.

(4) Ecart maximal admissible, vers l'extérieur seulement, de la position du plan portant la dimension de base D , par rapport à la position nominale de ce plan (coincidant avec la face avant).

(5) Pour les cônes Morse le filetage métrique M peut être remplacé, sur spécification expresse, par un filetage UNC de diamètres 1/4, 3/8, 1/2, 5/8 et 1 in respectivement pour les cônes nos 1 à 6.

Dans tous les cas il convient de marquer sur la pièce le symbole (M ou UNC) correspondant au filetage réalisé.

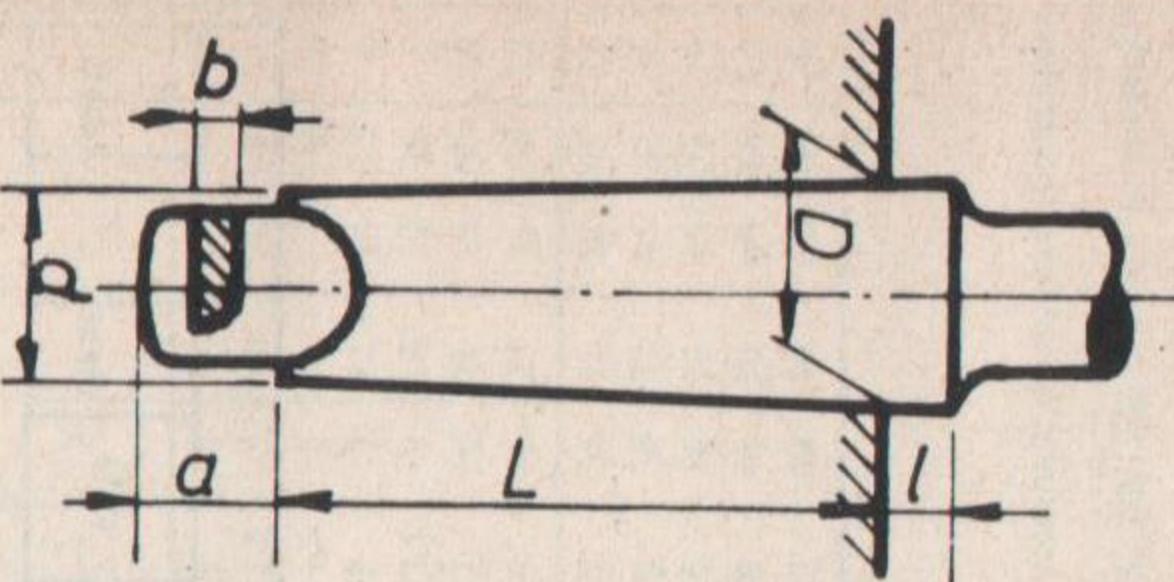
2. Cônes d'outils avec tenons



Dimensions en mm

Désignation n°	Conicité	Cône femelle						Cône mâle														
		D de base	d_5	d_6	l_5 min.	l_6	g	$A\ 13$	h	$z^{(3)}$	D	$D_1^{(1)}$	$d_2^{(1)(2)}$	d_3 max.	l_3 tol: 0-0,8	$l_4^{(2)}$ max.	a	b	$h\ 13$	$c^{(4)}$ max.	e	R max.
Cône métrique 5 %	4 1:20=0,05	4	3,0	25	21	2,2	8	0,5														
Cône métrique 5 %	6	6	4,6	34	29	3,2	12	0,5														
Cône Morse	0 1:19,212=0,052 05	9,045	6,7	52	49	3,9	15	1	9,045	9,2	6,1	6	56,5	59,5	3	3,9	6,5	10,5	1	4	4	
Cône Morse	1 1:20,047=0,049 88	12,065	9,7	56	52	5,2	19	1	12,065	12,2	9,0	8,7	62	65,5	3,5	5,2	8,5	13,5	1,2	5	5	
Cône Morse	2 1:20,020=0,049 95	17,780	14,9	67	62	6,3	22	1	17,780	18,0	14,0	13,5	75	80	5	6,3	10	16	1,6	6	6	
Cône Morse	3 1:19,922=0,050 20	23,825	20,2	84	78	7,9	27	1	23,825	24,1	19,1	18,5	94	99	5	7,9	13	20	2	7	7	
Cône Morse	4 1:19,254=0,051 94	31,267	26,5	107	98	11,9	32	1,5	31,267	31,6	25,2	24,5	117,5	124	6,5	11,9	16	24	2,5	8	8	
Cône Morse	5 1:19,002=0,052 63	44,399	38,2	135	125	15,9	38	1,5	44,399	44,7	36,5	35,7	149,5	156	6,5	15,9	19	29	3	10	10	
Cône métrique 5 %	6 1:19,180=0,052 14	63,348	54,6	188	177	19	47	2	63,348	63,8	52,4	51	210	218	8	19,0	27	40	4	13	13	
Cône métrique 5 %	80	80	71,5	202	186	26	52	2	80	80,4	69	67	220	228	8	26	24	48	5	24	5	
Cône métrique 5 %	100 1:20=0,05	100	90	240	220	32	60	2	100	100,5	87	85	260	270	10	32	28	58	5	30	5	
Cône métrique 5 %	120 1:20=0,05	120	108,5	276	254	38	70	3	120	120,6	105	102	300	312	12	38	32	68				

3. Cônes Brown et Sharpe



$$\alpha = \frac{D - d}{L} = \frac{1}{24}$$

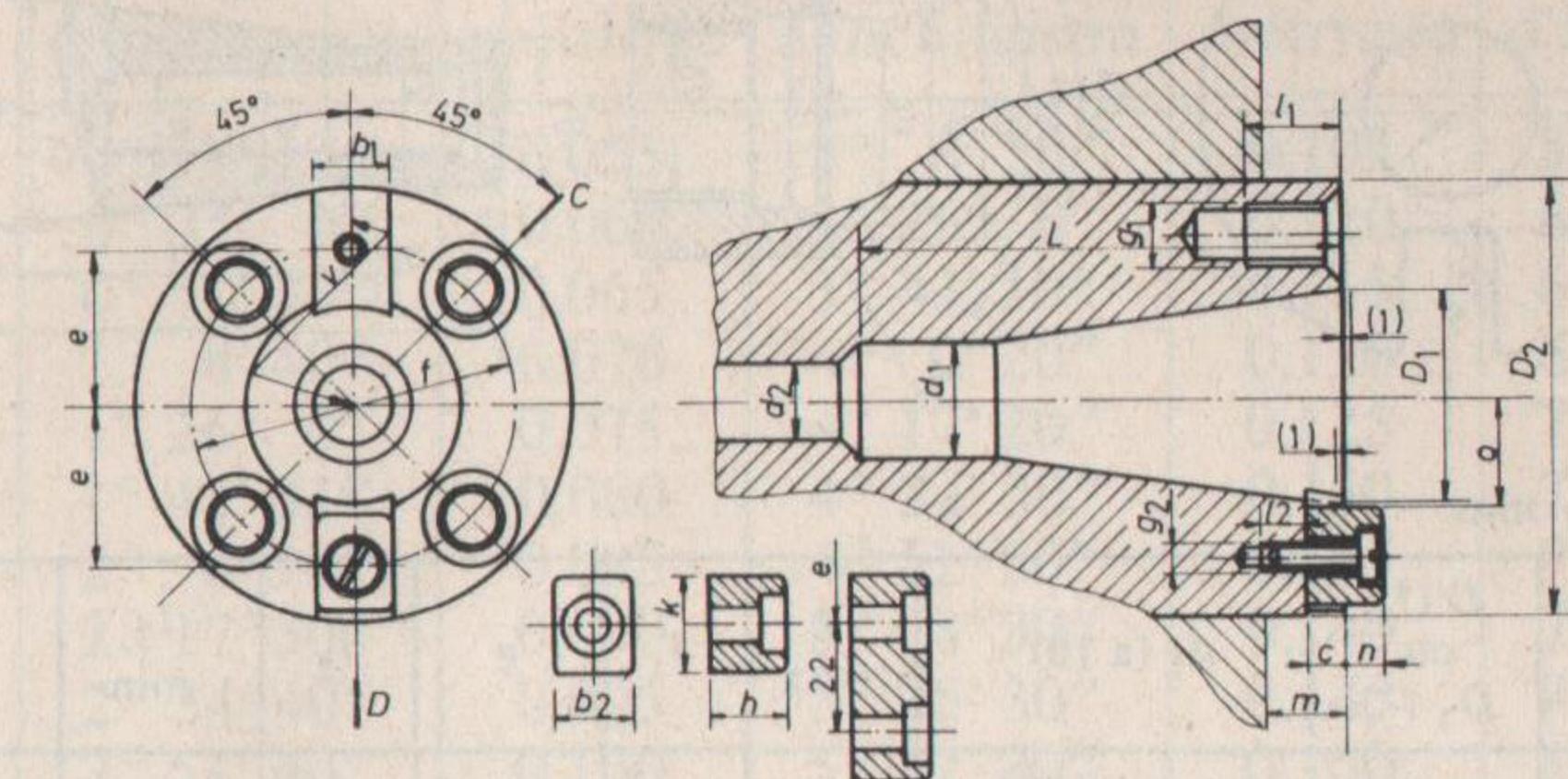
sauf n° 10

$$\alpha = \frac{D - d}{L} = \frac{1}{23,2513}$$

N°	D	d	L	a	b	l
1	6,072	5,080	23,812	4,762	3,175	3
2	7,606	6,350	30,162	6,350	3,968	5
3	9,777	7,925	44,449	7,937	4,762	6
4	10,212	8,890	31,749	8,731	5,556	7
5	13,232	11,430	44,449	9,525	6,350	8
6	15,213	12,700	60,324	11,112	7,143	9
7	18,415	15,240	76,199	11,906	7,937	10
8	22,820	19,050	90,486	12,699	8,731	11
9	27,093	22,860	101,600	14,287	9,525	12
10	31,993	26,530	126,998	16,668	11,112	13
11	38,894	31,750	171,450	16,668	11,112	14
12	45,640	38,099	180,971	19,049	12,609	15

C. CÔNES À CONICITÉ 7/24 (POUR NEZ DE MACHINE À FRAISER)

1. Broche



Dimensions en mm

Désignation n°	D ⁽³⁾ ou D ₁ ⁽³⁾	D ₂ (h 5)	d ₁ (H 12)	d ₂ min	L min	g ₁	l ₁ min	f (js 12)	m min
30 (ou 1 1/4")	31,750	69,832 _{-0,013} ⁰	17,4 ₀ ^{+0,180}	17	73	M 10	16	54,0 _{± 0,150} ⁰	12,5
40 (ou 1 3/4")	44,450	88,882 _{-0,015} ⁰	25,3 ₀ ^{+0,210}	17	100	M 12	20	66,7 _{± 0,150} ⁰	16
50 (ou 2 3/4")	69,850	128,570 _{-0,018} ⁰	39,6 ₀ ^{+0,250}	27	140	M 16	25	101,6 _{± 0,175} ⁰	19
60 (ou 4 1/4")	107,950	221,440 _{-0,020} ⁰	60,2 ₀ ^{+0,300}	35	220	M 20	30	177,8 _{± 0,200} ⁰	38

Désignation n°	b ₁ (M 6)	c min	v ⁽⁴⁾	g ₂	l ₂ min	e	b ₂ (h 5)	h max	k max	n max	o min
30 (ou 1 1/4")	15,9 _{-0,015} ^{-0,004}	8	0 _{± 0,03} ⁰	M 6	9	25,0 _{± 0,125} ⁰	15,9 _{-0,008} ⁰	16	16,5	8	16,5
40 (ou 1 3/4")	15,9 _{-0,015} ^{-0,004}	8	0 _{± 0,03} ⁰	M 6	9	33,0 _{± 0,125} ⁰	15,9 _{-0,008} ⁰	16	19,5	8	23
50 (ou 2 3/4")	25,4 _{-0,017} ^{-0,004}	12,5	0 _{± 0,04} ⁰	M 12	18	49,5 _{± 0,125} ⁰	25,4 _{-0,009} ⁰	25	26,5	12,5	36
60 (ou 4 1/4")	25,4 _{-0,017} ^{-0,004}	12,5	0 _{± 0,04} ⁰	M 12	18	73,0 _{± 0,150} ⁰	25,4 _{-0,009} ⁰	25	45,5	12,5	61

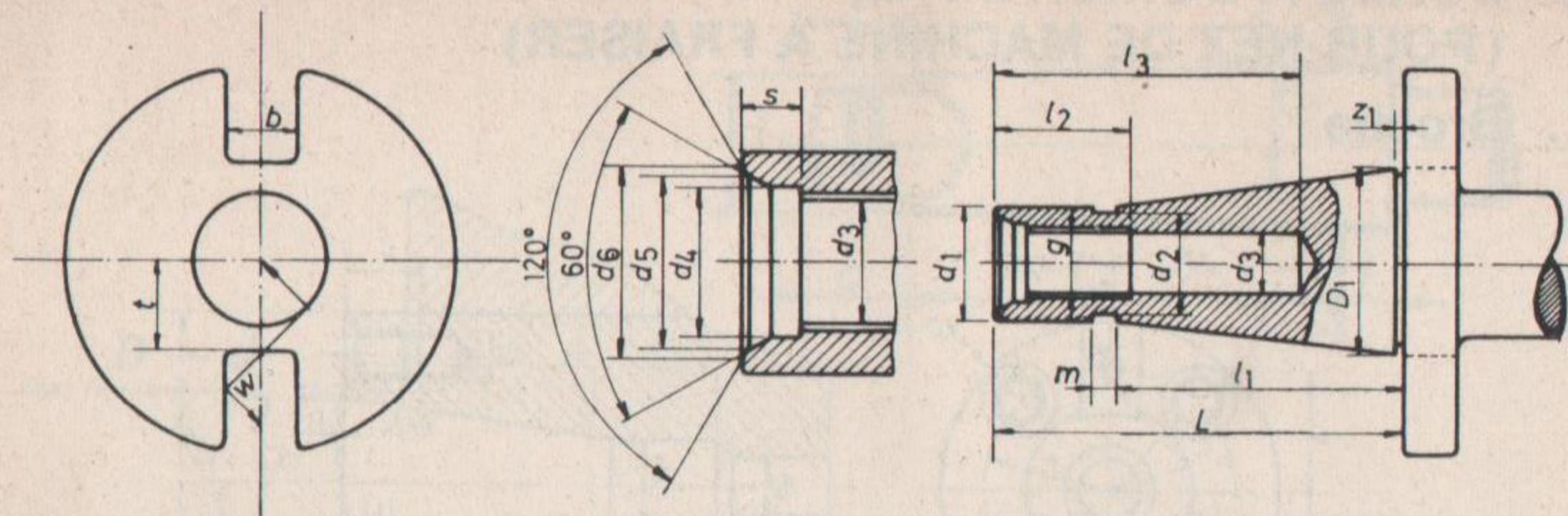
⁽¹⁾ Ecarts de la position de la cote D par rapport à la face avant : +1 mm et -1 mm.

⁽²⁾ Ecarts de la position de la cote D₁ par rapport à la face avant : +0,4 mm et -0,4 mm.

⁽³⁾ Dimensions de base.

⁽⁴⁾ La cote v représente le maximum de distance admissible entre le centre de la face de la broche et l'axe de chacune des rainures (tolérance de coaxialité des rainures).

2. Cône



Dimensions en mm

Désignation n°	$D^{(1)}$ ou $D_1^{(1)}$	d_1 (a 10)	L_{\max}	l_1	g	l_2	l_3 min	d_2	m
30 (ou 1 1/4")	31,750	17,4 $-0,290$ $-0,360$	70	50	M 12	24	50	16,5	3
40 (ou 1 3/4")	44,450	25,3 $-0,300$ $-0,384$	95	67	M 16	30	70	24	5
50 (ou 2 3/4")	69,850	39,6 $-0,310$ $-0,410$	130	105	M 24	45	90	38	8
60 (ou 4 1/4")	107,950	60,2 $-0,340$ $-0,460$	210	165	M 30	56	110 (5)	58	10

Désignation n°	d_3	$z^{(2)}$ ou $z_1^{(2)}$	b (H 12)	t_{\max}	$w^{(3)}$	$d_4^{(4)}$	$d_5^{(4)}$ max	$d_6^{(4)}$ max	$s^{(4)}$
30 (ou 1 1/4")	10	1,6	16,1 $+0,180$ 0	16,2	$0 \pm 0,06$	12,5	15	16	6
40 (ou 1 3/4")	13,75	1,6	16,1 $+0,180$ 0	22,5	$0 \pm 0,06$	17	20	23	7
50 (ou 2 3/4")	20,75	3,2	25,7 $+0,210$ 0	35,3	$0 \pm 0,10$	25	30	35	11
60 (ou 4 1/4")	26	3,2	25,7 $+0,210$ 0	60	$0 \pm 0,10$	31	36	42	12

(1) Dimensions de base.

(2) La cote z ou z_1 représente, à la fois, la largeur de la gorge de dégagement et la position du diamètre nominal D ou D_1 par rapport à la face du plateau. Dans le premier cas, elle n'est qu'approximative ; dans le second cas, elle est susceptible d'une tolérance de $\pm 0,4$ mm pour z_1 et de 0, -1 mm pour z .

(3) La cote w représente le maximum de distance admissible entre le centre de la face de la broche et l'axe de chacune des rainures (tolérance de coaxialité des rainures).

(4) Dimensions données à titre indicatif.

(5) La valeur de 110 pour « l_3 » pourra exceptionnellement être augmentée à 160 lors de l'emploi de douilles de réduction.

D. TRANSFORMATION DES PENTES MÉTRIQUES EN DEGRÉS D'INCLINAISON

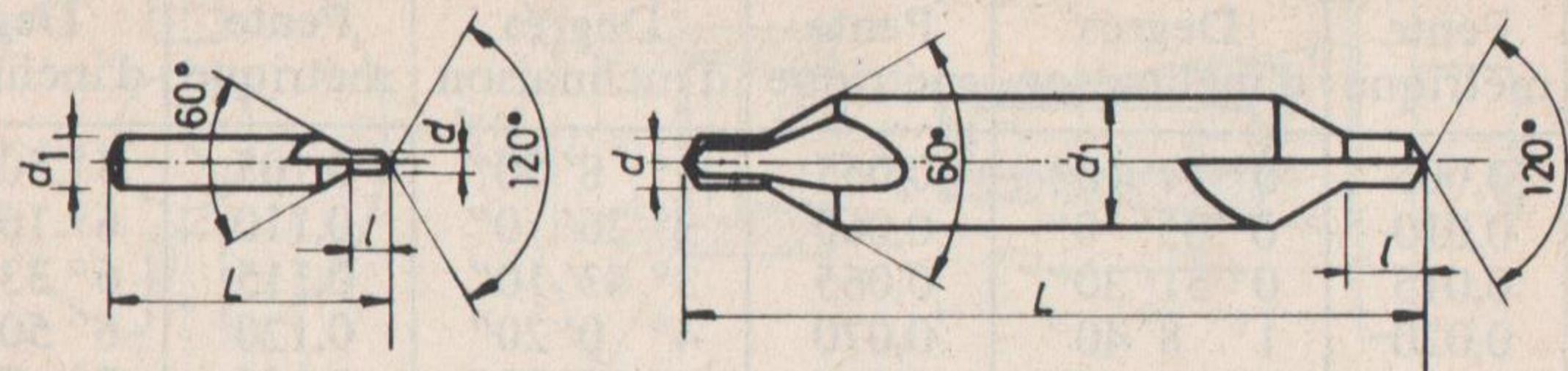
Pente métrique	Degrés d'inclinaison	Pente métrique	Degrés d'inclinaison	Pente métrique	Degrés d'inclinaison
0,005	0° 17' 10"	0,055	3° 8' 50"	0,105	5° 50' 30"
0,010	0° 35' 0"	0,060	3° 26' 0"	0,110	6° 16' 30"
0,015	0° 51' 30"	0,065	3° 43' 10"	0,115	6° 33' 40"
0,020	1° 8' 40"	0,070	4° 0' 20"	0,120	6° 50' 30"
0,025	1° 26' 0"	0,075	4° 17' 20"	0,125	7° 7' 30"
0,030	1° 43' 01"	0,080	4° 34' 30"	0,130	7° 24' 20"
0,035	2° 0' 20"	0,085	4° 51' 30"	0,135	7° 41' 20"
0,040	2° 17' 30"	0,090	5° 8' 30"	0,140	7° 58' 10"
0,045	2° 34' 40"	0,095	5° 25' 30"	0,145	8° 15' 5"
0,050	2° 51' 40"	0,100	5° 42' 30"	0,150	8° 31' 50"

E. TRANSFORMATION DES DEGRÉS D'INCLINAISON EN PENTES MÉTRIQUES

Degrés d'inclinaison	Pente métrique	Degrés d'inclinaison	Pente métrique	Degrés d'inclinaison	Pente métrique
0° 15'	0,004 36	11°	0,194 38	28°	0,531 71
0° 30'	0,008 73	12°	0,212 56	29°	0,554 31
0° 45'	0,013 09	13°	0,230 87	30°	0,577 35
0° 60'	0,017 46	14°	0,249 33	31°	0,600 86
1° 30'	0,026 18	15°	0,267 95	32°	0,624 87
2°	0,034 92	16°	0,286 75	33°	0,649 41
2° 30'	0,043 66	17°	0,305 73	34°	0,674 51
3°	0,052 41	18°	0,324 92	35°	0,700 21
3° 30'	0,061 16	19°	0,344 33	36°	0,726 54
4°	0,069 93	20°	0,363 97	37°	0,753 55
4° 30'	0,078 70	21°	0,383 86	38°	0,781 20
5°	0,087 49	22°	0,404 03	39°	0,809 78
6°	0,105 10	23°	0,424 47	40°	0,839 10
7°	0,122 78	24°	0,445 23	41°	0,869 29
8°	0,140 54	25°	0,466 31	42°	0,900 40
9°	0,158 38	26°	0,487 73	43°	0,932 62
10°	0,176 33	27°		44°	0,965 69
				45°	1,000 00

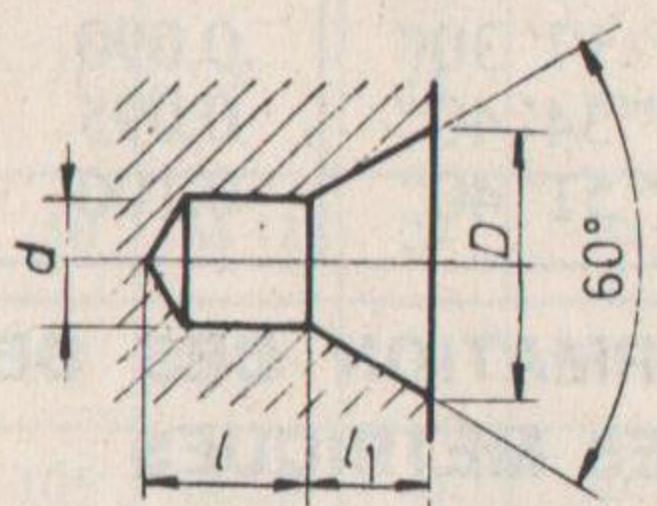
F. FORETS À CENTRER (TYPE A)

Foret à centrer simple ($d \leq 0,8$ mm).



G. CENTRES D'USINAGE

Foret à centrer double ($d \geq 1$ mm).

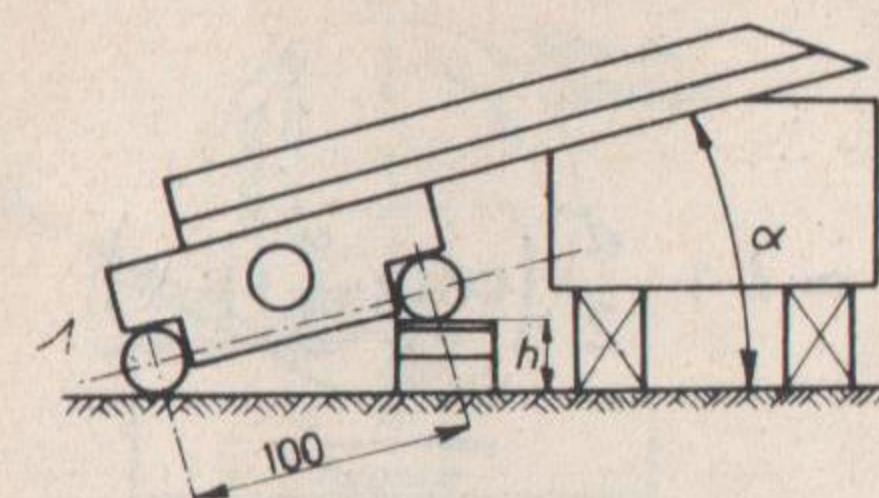


Dimensions en mm

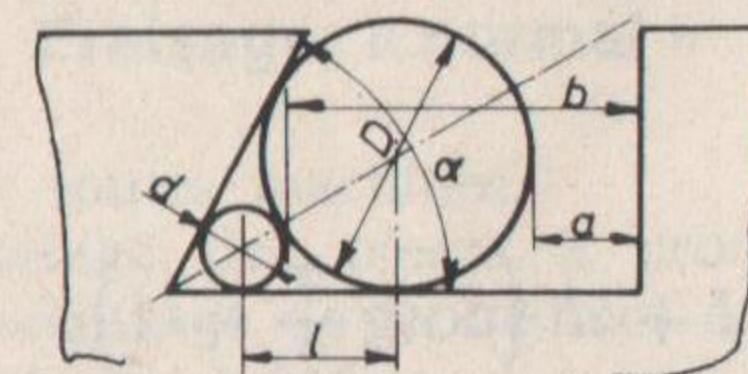
d k 12	d_1 h 9	L	l	d	γ	D	l_1 nomi-nal		
(0,5) *			1,0	0,8	(0,5) *	0,8	1,06	0,48	
(0,63) *		21	19	1,2	0,9	(0,63) *	0,9	1,32	0,60
(0,8) *	3,15			1,5	1,1	(0,8) *	1,1	1,70	0,78
1,0				1,9	1,3	1,0	1,3	2,12	0,97
(1,25) *		33,5	29,5	2,2	1,6	(1,25) *	1,6	2,65	1,21
1,6	4,0	37,5	33,5	2,8	2,0	1,6	2,0	3,35	1,52
2,0	5,0	42	38	3,3	2,5	2,0	2,5	4,25	1,95
2,5	6,3	47	43	4,1	3,1	2,5	3,1	5,30	2,42
3,15	8,0	52	48	4,9	3,9	3,15	3,9	6,70	3,07
4,0	10,0	59	53	6,2	5,0	4,0	5,0	8,50	3,90
(5,0) *	12,5	66	60	7,5	6,3	(5,0) *	6,3	10,60	4,85
6,3	16,0	74	68	9,2	8,0	6,3	8,0	13,20	5,98
(8,0) *	20,0	83	77	11,5	10,1	(8,0) *	10,1	17,00	7,79
10,0	25,0	103	97	12,8	10,0		12,8	21,20	9,70

40. CONTRÔLES ET MESURES

A. MESURE DES ANGLES



$$h = 100 \sin \alpha$$

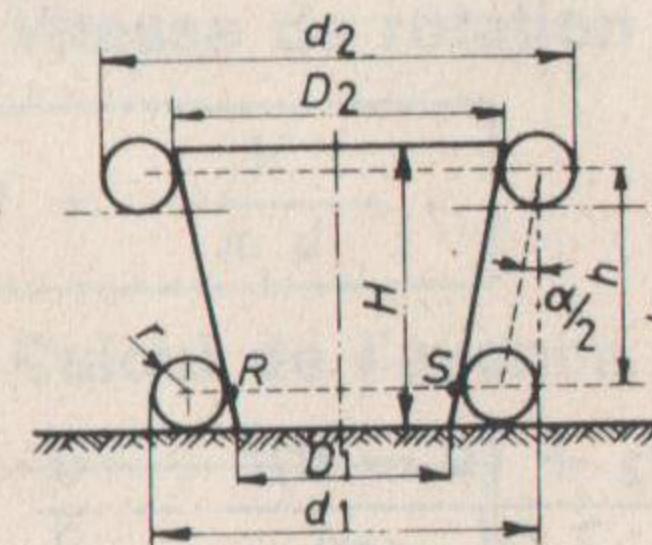


$$l = b - \left[a + \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2} \right) \right]$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2l}$$

B. MESURE DES CÔNES

Extérieur



$$RS = y = d_1 - 2r \left(1 + \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} \right)$$

$$D_1 = y - 2r \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$D_2 = D_1 + 2H \tan \frac{\alpha}{2}$$

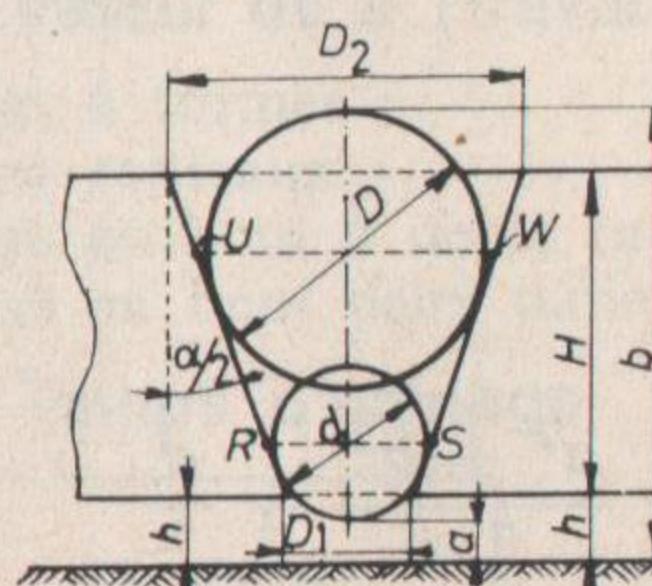
$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2[b - a - (R + r)]}$$

$$RS = \frac{d}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad UW = \frac{D}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$D_1 = \frac{d}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 2 \left(\frac{d}{2} + a - h \right) \tan \frac{\alpha}{2}$$

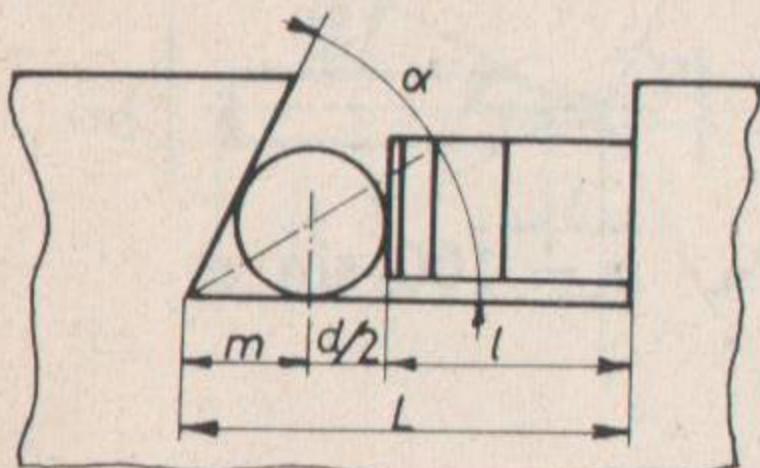
$$D_2 = D_1 + 2H \tan \frac{\alpha}{2}$$

Intérieur

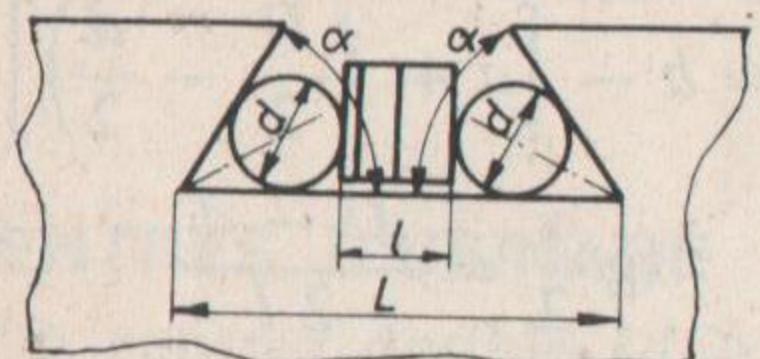


C. MESURES DES COTES INACCESSIBLES

Exemples



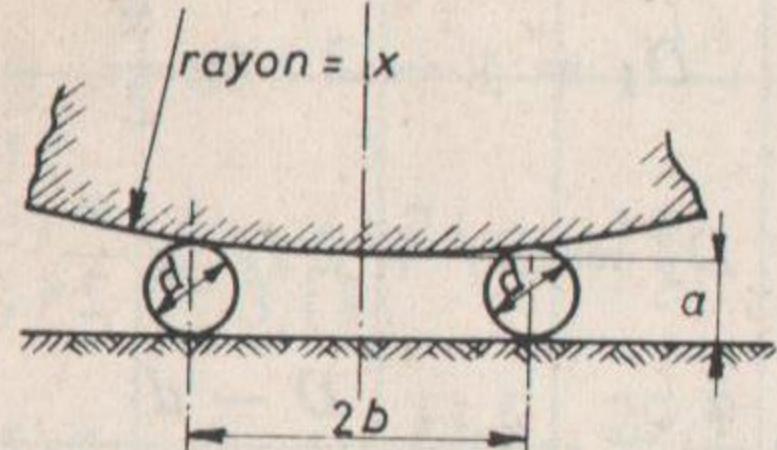
$$L = l + \frac{d}{2} \left(\cotg \frac{\alpha}{2} + 1 \right)$$



$$L = l + d \left(\cotg \frac{\alpha}{2} + 1 \right)$$

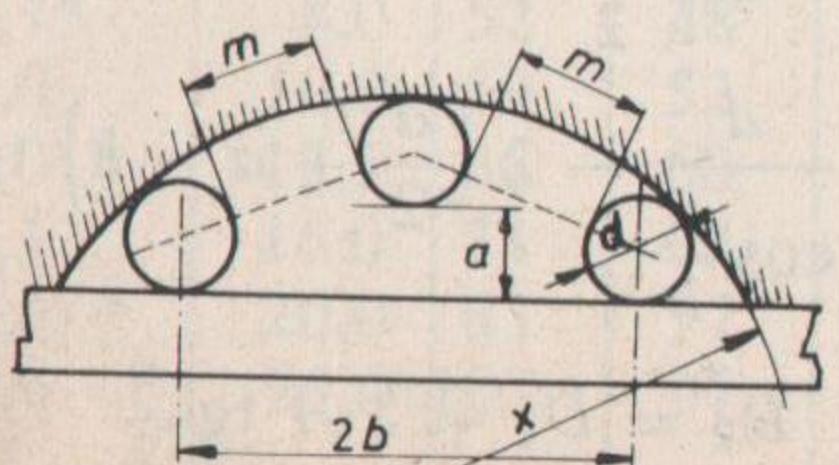
D. MESURE DES GRANDS RAYONS

Extérieur



$$x = \frac{b_2 + (d - a)^2}{2(d - a)} - \frac{d}{2}$$

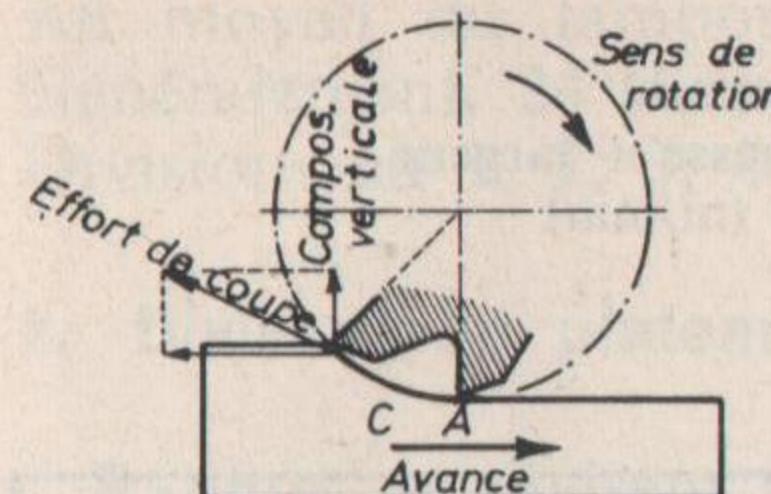
Intérieur



$$x = \frac{a^2 + b^2}{2a} + \frac{d}{2}$$

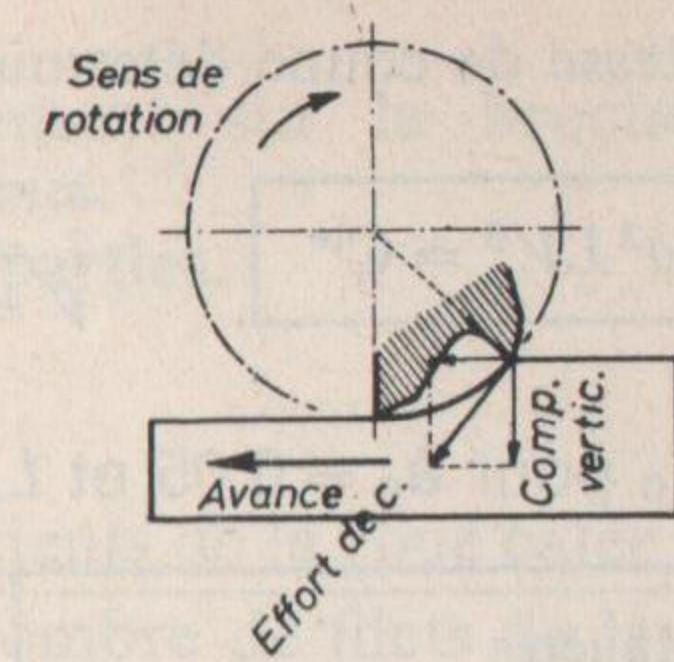
41. LE FRAISAGE

A. PRINCIPES



1. Fraisage « normal »

Sur toutes machines.
Fraisage des pièces à croûtes dures.
Ecrouissage de la matière et usure des dents de A à C.
Composante verticale tend à soulever la pièce (broutage).



2. Fraisage « en avalant »

Nécessite un rattrapage de jeux à la vis.
Fraisage des pièces minces, des rainures.
Composante verticale « colle » la pièce sur la table.

B. VITESSES, AVANCES ET TEMPS D'USINAGE

1. Vitesse de rotation de la broche

$$N = \frac{V}{\pi d}$$

N = nombre de tours par minute.
 V = vitesse de coupe choisie en m/min.
 d = diamètre de la fraise en m.

2. Calcul de l'avance par minute A

$$A = a \cdot n \cdot N$$

A = avance en mm/min.
 a = avance par dent.
 n = nombre de dents de la fraise.
 N = nombre de tours par minute.

3. Valeur de a (travaux de mécanique générale)

Fraises à formes :	$a = 0,02$.
Fraises rouleaux :	$a = 0,05$ à $0,2$.
Fraises en bout à dents rapportées :	$a = 0,05$ à $0,4$.
Fraises en bout deux tailles :	$a = 0,02$ à $0,1$.

4. Temps d'usinage

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

t = temps d'usinage en minute.
 L = longueur de passe en mm.
 A = avance en mm/min.