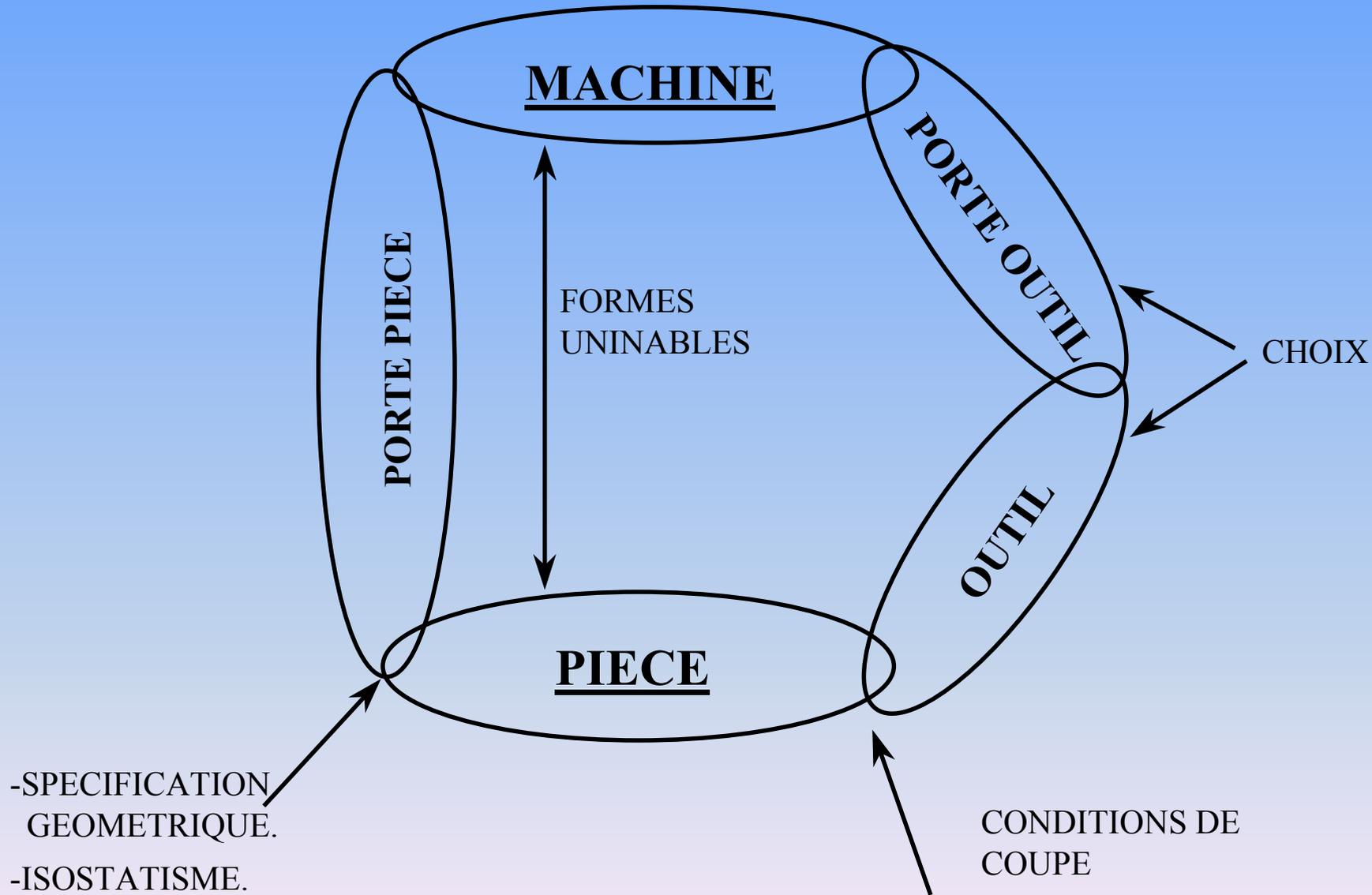
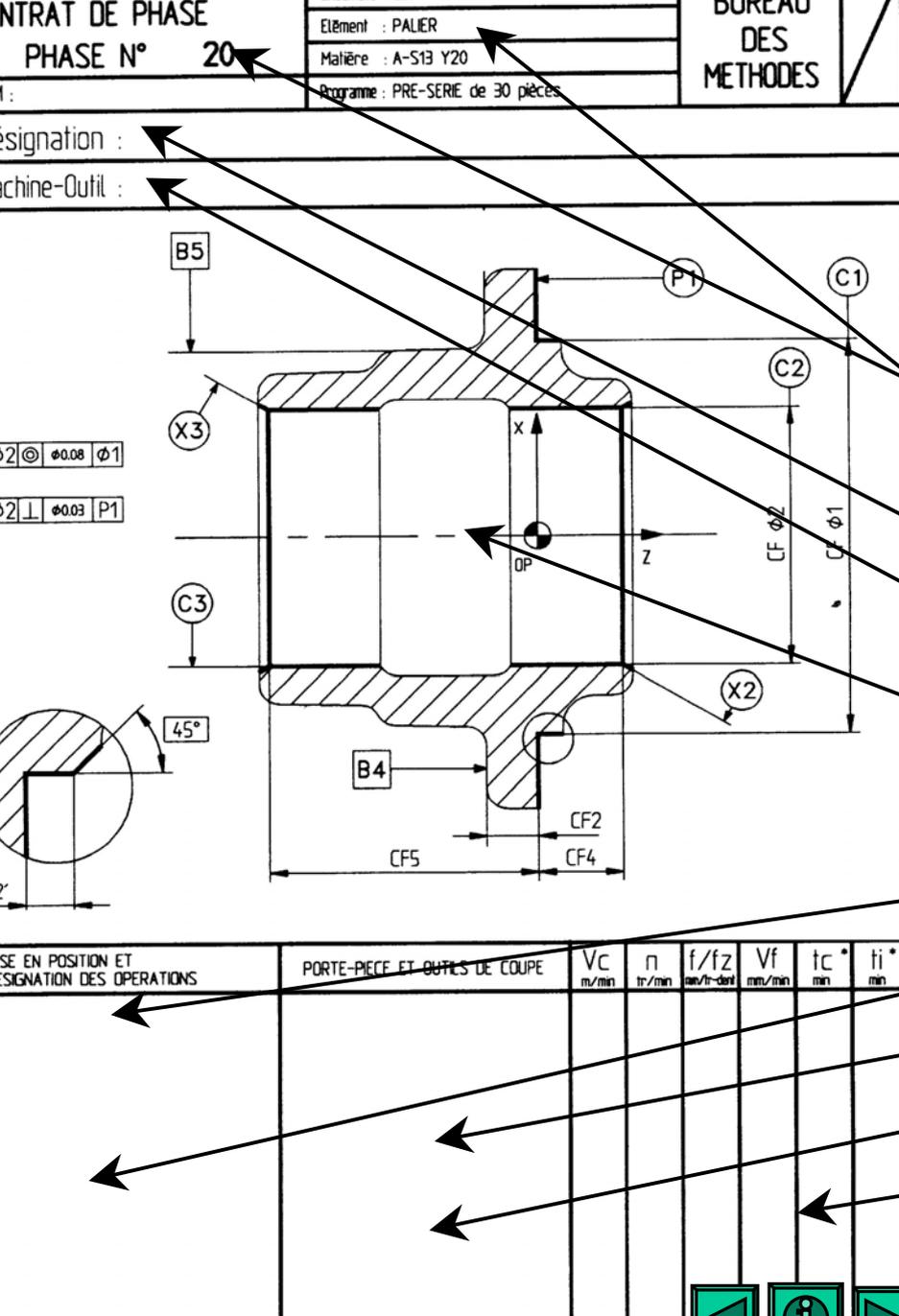


***BASES
DE LA
FABRICATION***





- Document (contrat) entre le BM et l'atelier.

- Renseignements figurant:

- Numéro de phase.
- Référence de pièce
- Désignation de phase
- Machine outil
- Croquis de phase
- référentiel de mise en position
- Opération d'usinage
- Outillage de coupe
- Porte pièce
- Conditions de coupe

DEMANDEZ LE PROGRAMME !

1/ Les moyens de fabrication.

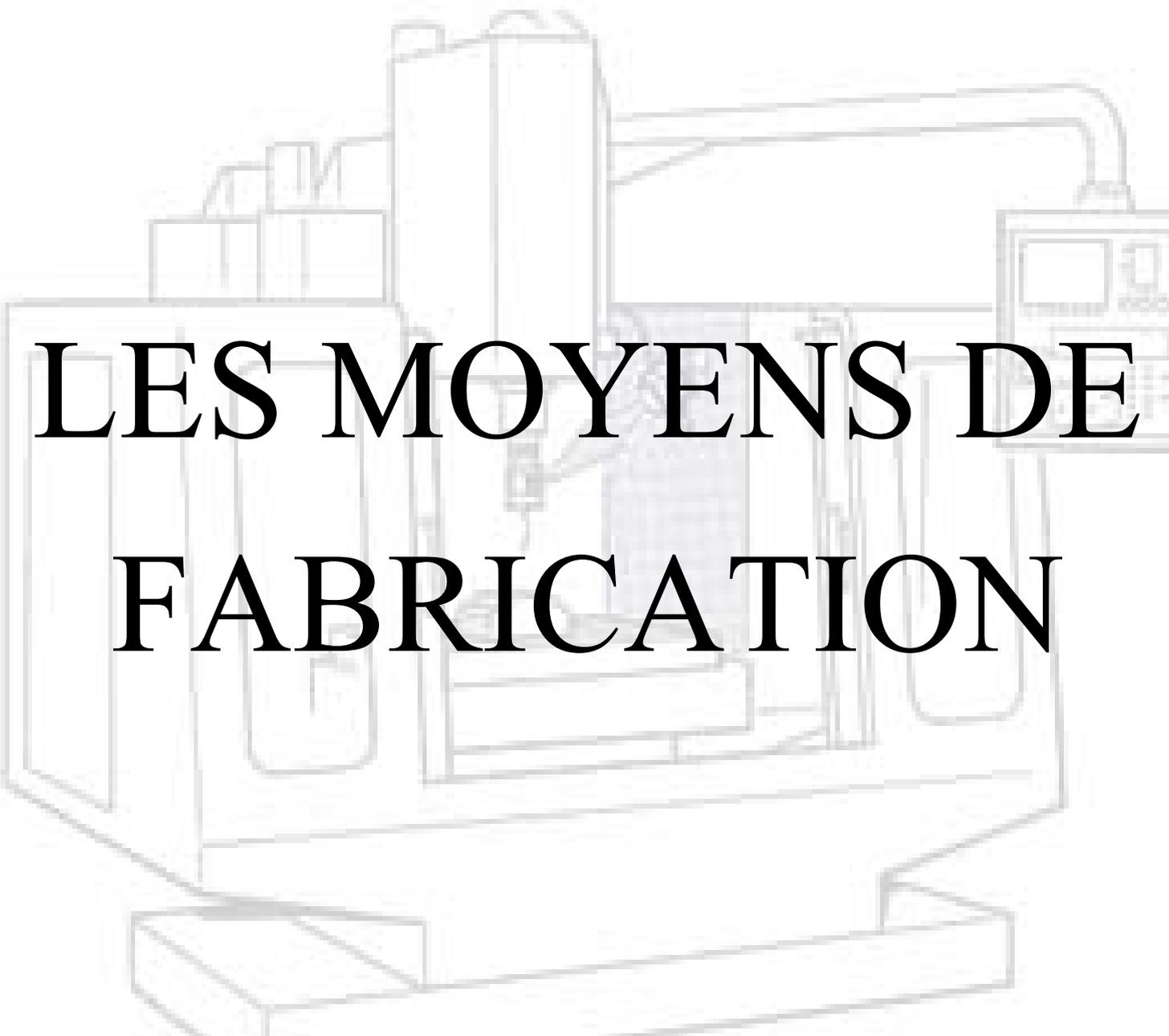
2/ Les outils et porte-outils.

3/ La coupe.

4/ Le posage isostatique des pièces.

5/ Les porte-pièces.

6/ Le contrôle.



LES MOYENS DE FABRICATION



CONTRAT DE PHASE
PHASE N° 20

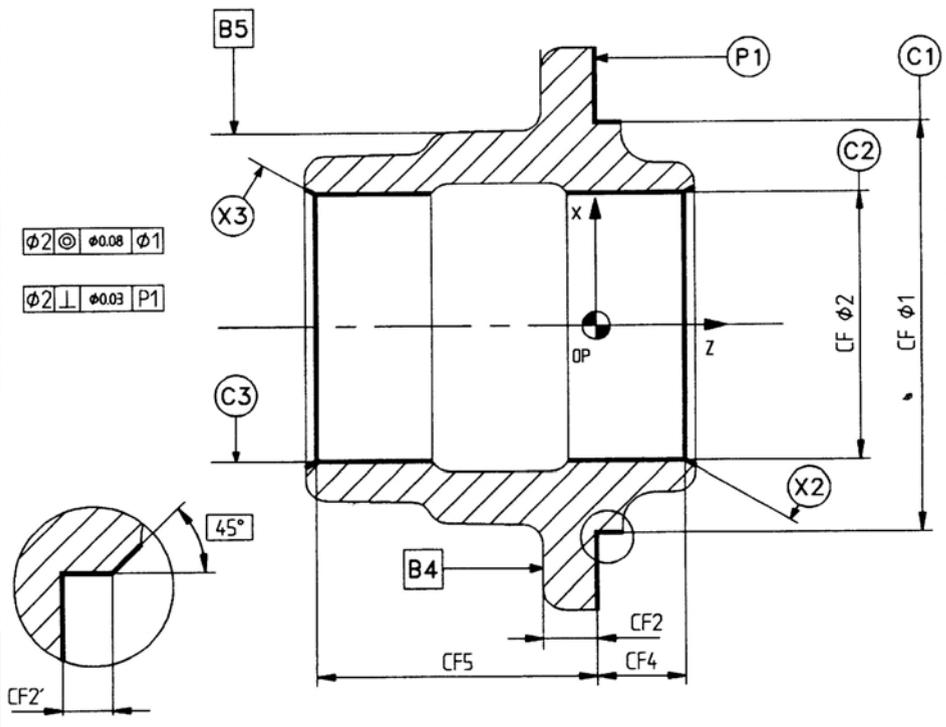
Elément : PALIER
Matière : A-S13 Y20
Pré-série : PRE-SERIE de 30 pièces

BUREAU
DES
METHODES

NOM :
Prés

machine-outil ?

Machine-outil



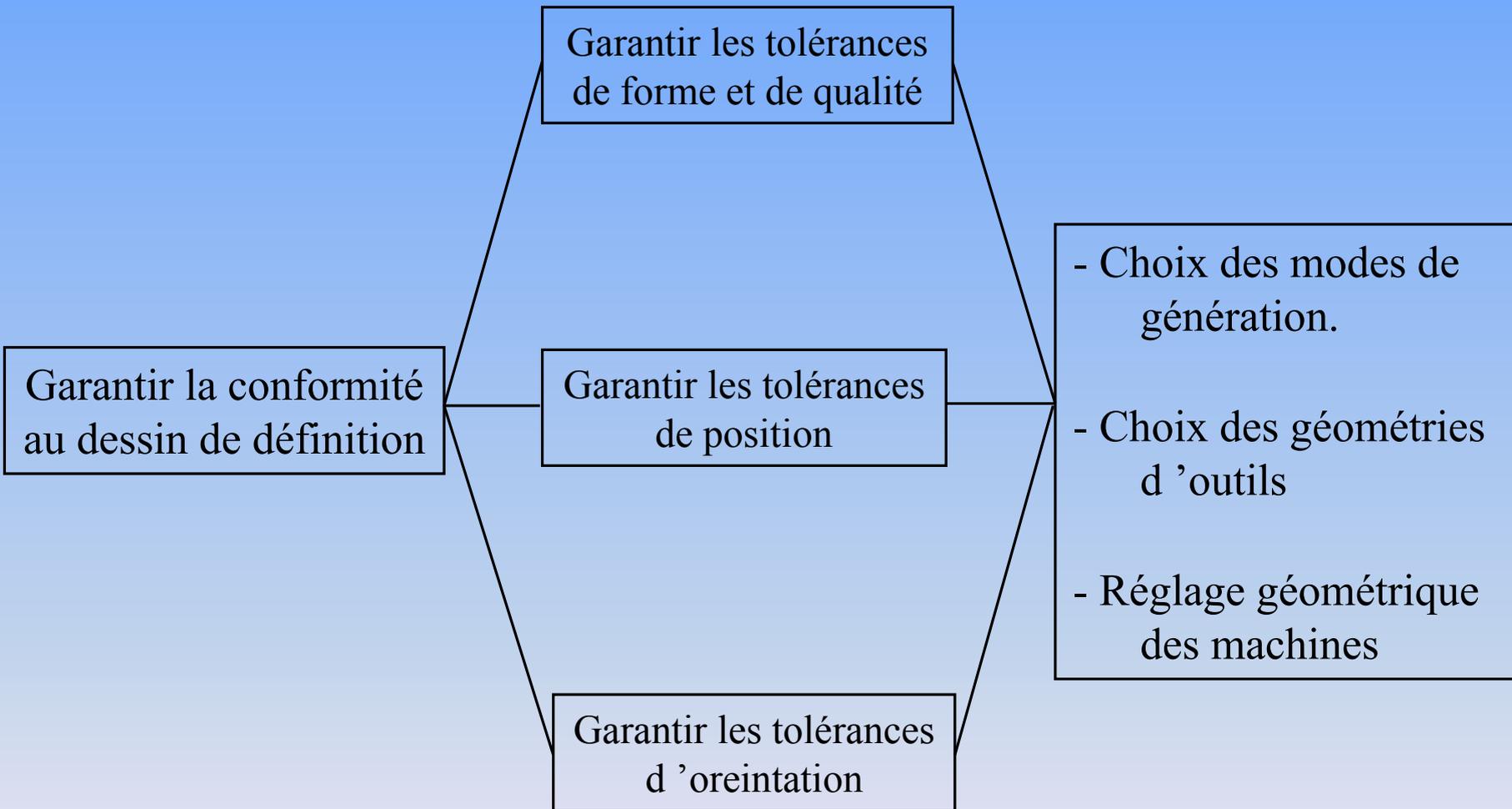
MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	PORTE-PIECE ET OUTILS DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	tc* min	ti* min
---	--------------------------------	-------------	-------------	--------------------	--------------	------------	------------

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



GENERALITES





Les lignes formatrices

```
graph LR; A[Les lignes formatrices] --- B[Génératrice (G)]; A --- C[Directrice (D)]; B --- D["- Elle est mobile."]; C --- E["- Elle est fixe."]; C --- F["- Elle donne la direction du mouvement."];
```

Génératrice
(G)

- Elle est mobile.

Directrice
(D)

- Elle est fixe.

- Elle donne la direction du mouvement.

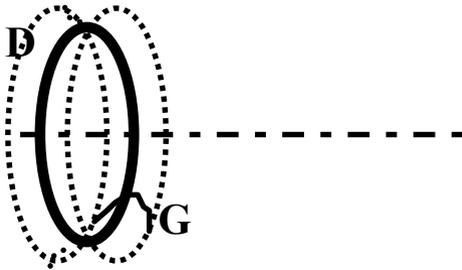
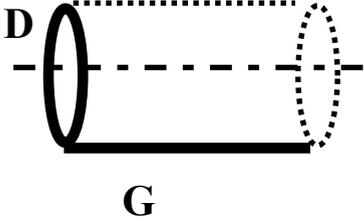
DESCRIPTION CINEMATIQUE

DIRECTRICE (D)

TOURNAGE

La **directrice** est:
- de forme **circulaire**.
- matérialisée par le **mouvement de coupe**

Modèle de génération



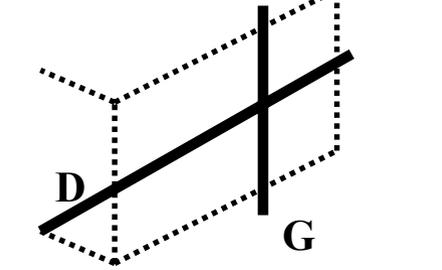
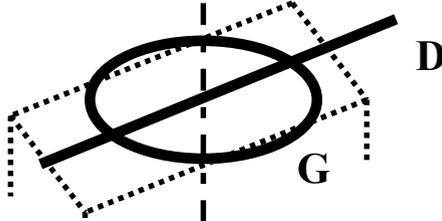
E
N
V
E
L
O
P
P
E

F
O
R
M
E

FRAISAGE

la **directrice** est généralement:
- de forme **rectiligne**.
- matérialisée par le **mouvement d'avance**

Modèle de génération



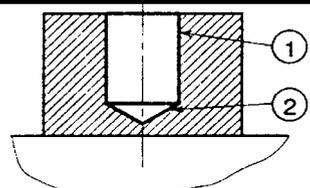
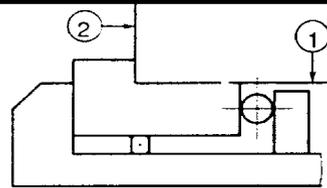
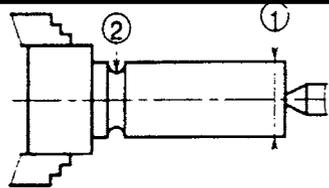
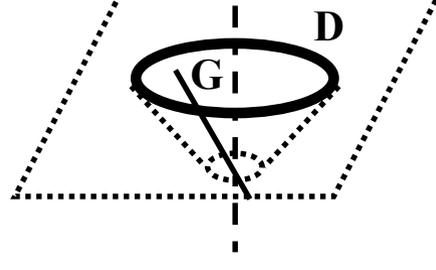
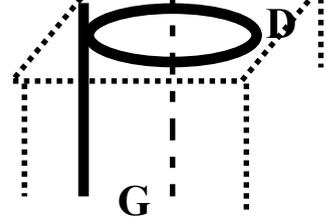
E
N
V
E
L
O
P
P
E

F
O
R
M
E

PERCAGE

la **directrice** est:
- de forme **circulaire**.
- matérialisée par le **mouvement de coupe**

Modèle de génération

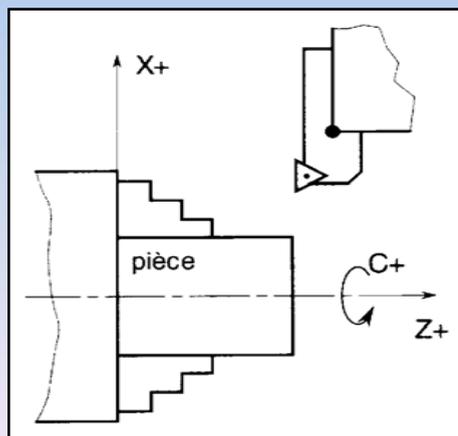
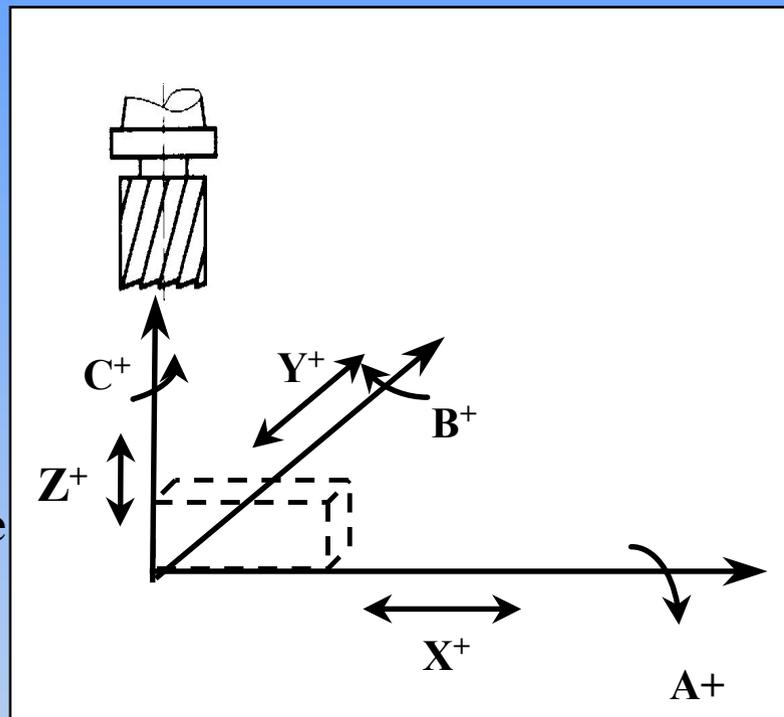


Exercice

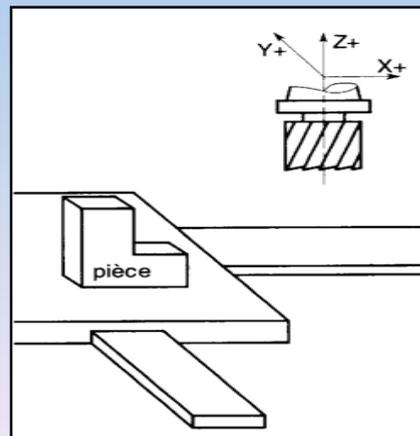
AXES NORMALISES DES M.O.

Axes primaires:

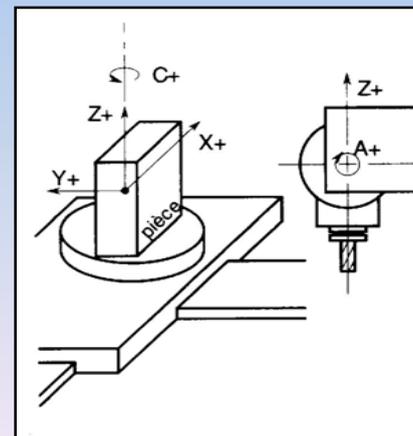
- Sens **positif** = mvt qui **accroît la matière**.
- (o;x,y,z) trièdre direct.
- Origine est arbitraire.
- Axe **Z**= **axe de la broche**.
- Axe **X**= déplacement de **plus grande amplitude**
- Lorsque elles existent, les **rotations autour des axes de translation X, Y et Z**, sont nommées respectivement **A, B et C**



En tournage



En fraisage vertical

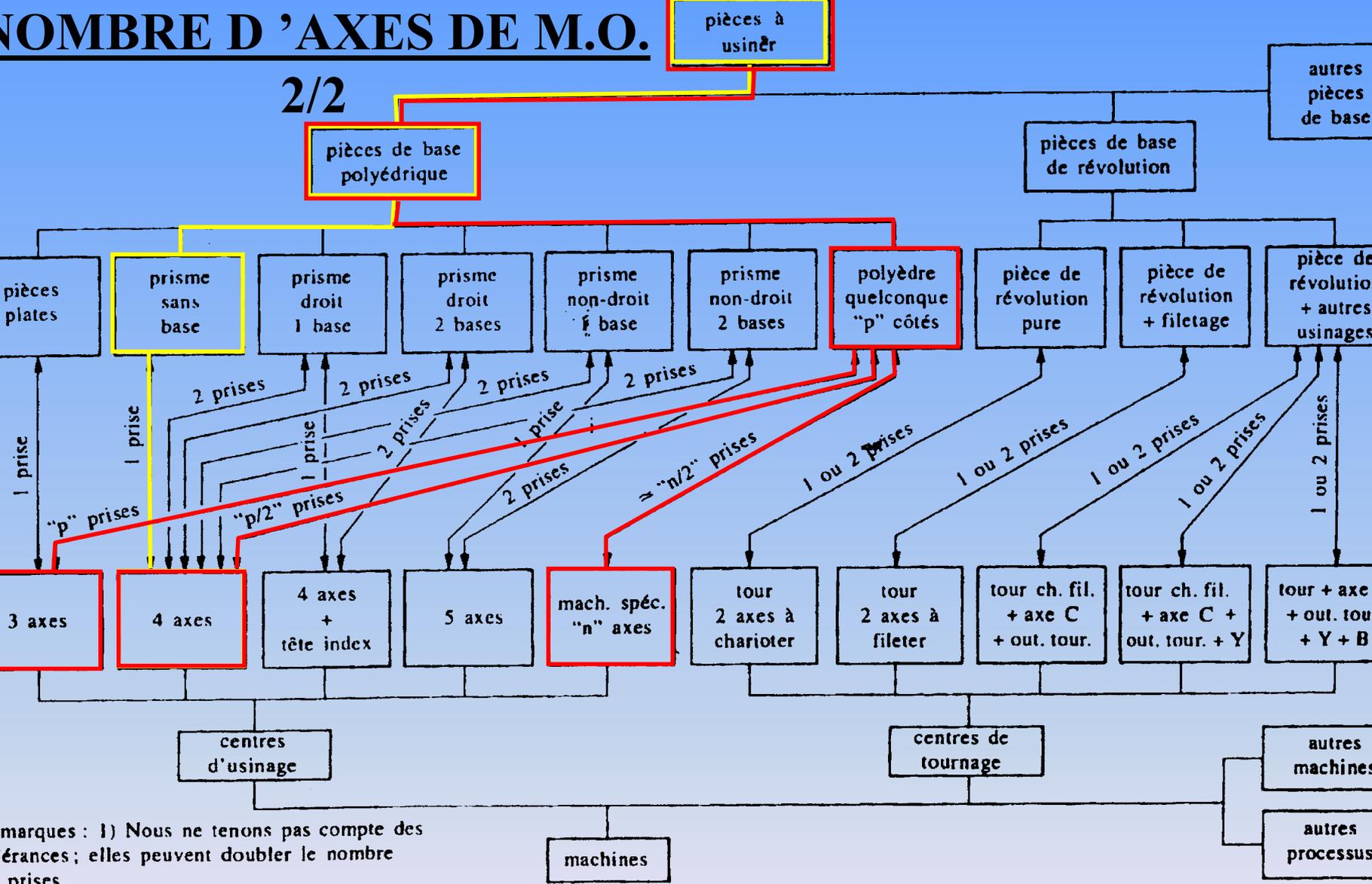


En fraisage 5 axes



NOMBRE D'AXES DE M.O.

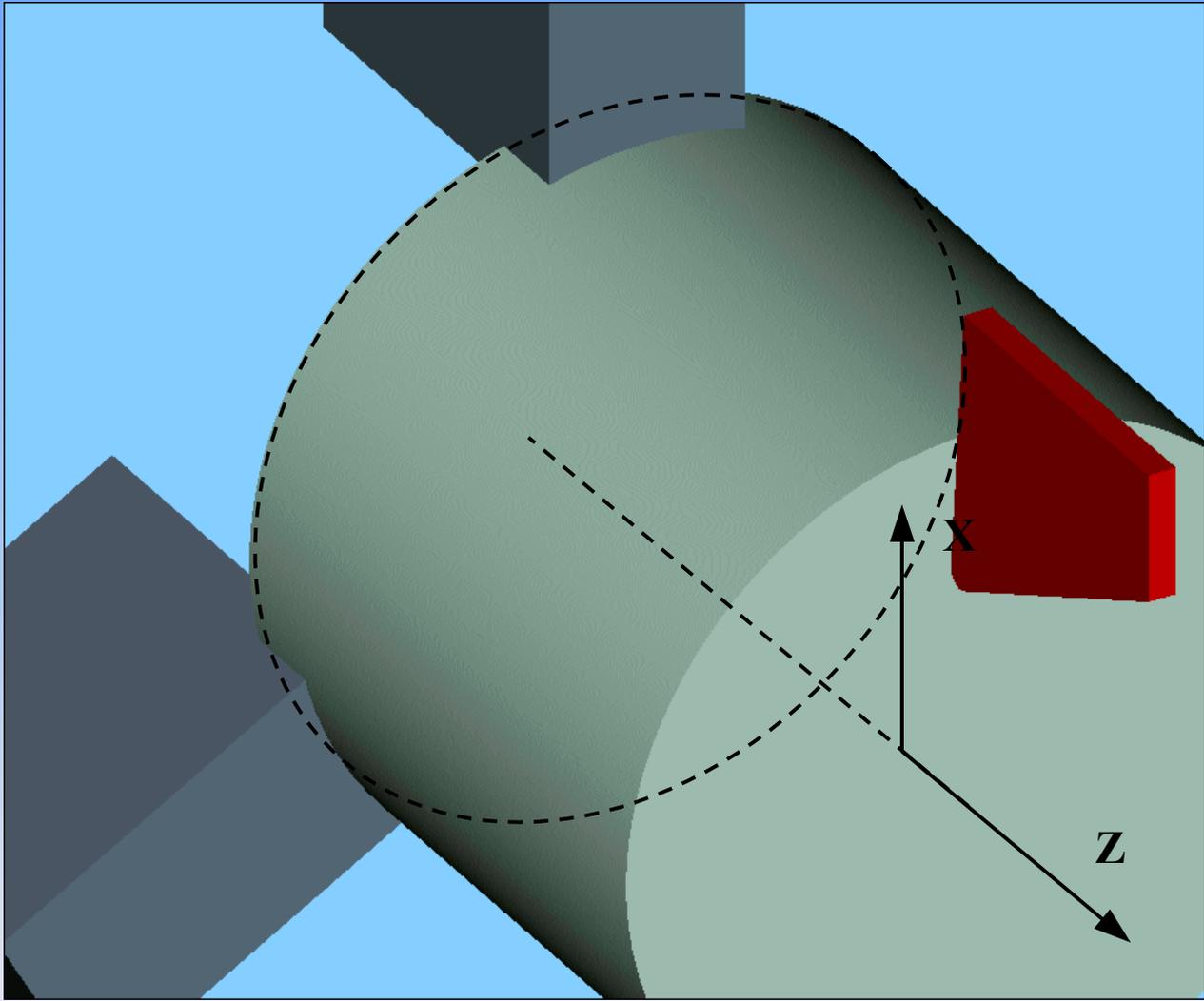
2/2

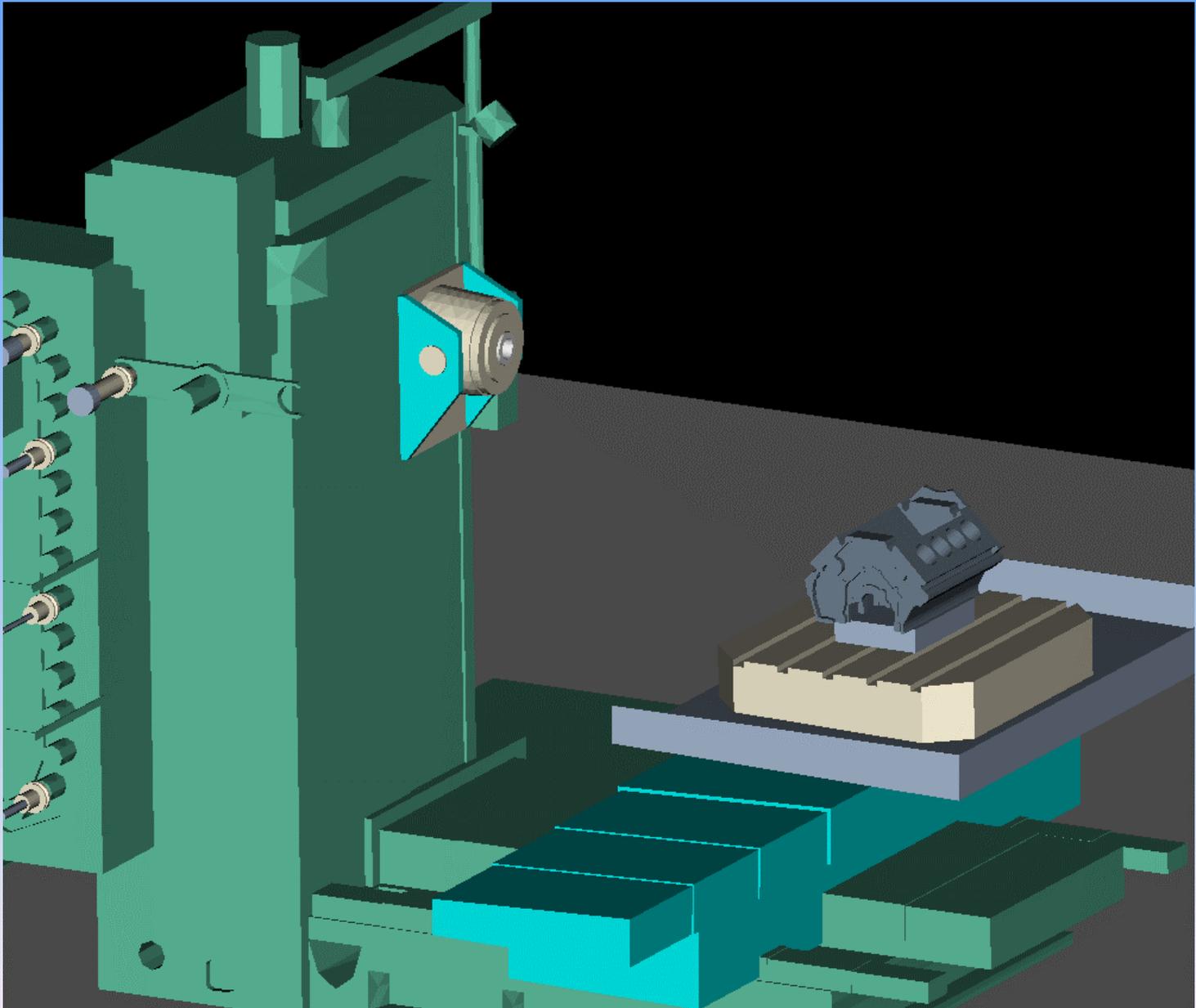


remarques : 1) Nous ne tenons pas compte des évidances; elles peuvent doubler le nombre de prises.
 2) Nous n'indiquons pas ci-dessus toutes les liaisons. Nous n'avons mentionné que les plus intéressantes.

Fig. 6.1 Tableau de correspondance des morphologies types (machines et pièces)







LE PERCAGE



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Changement de vitesse de coupe par courroie

Levier de descente de broche

Mandrin porte outil

M_c

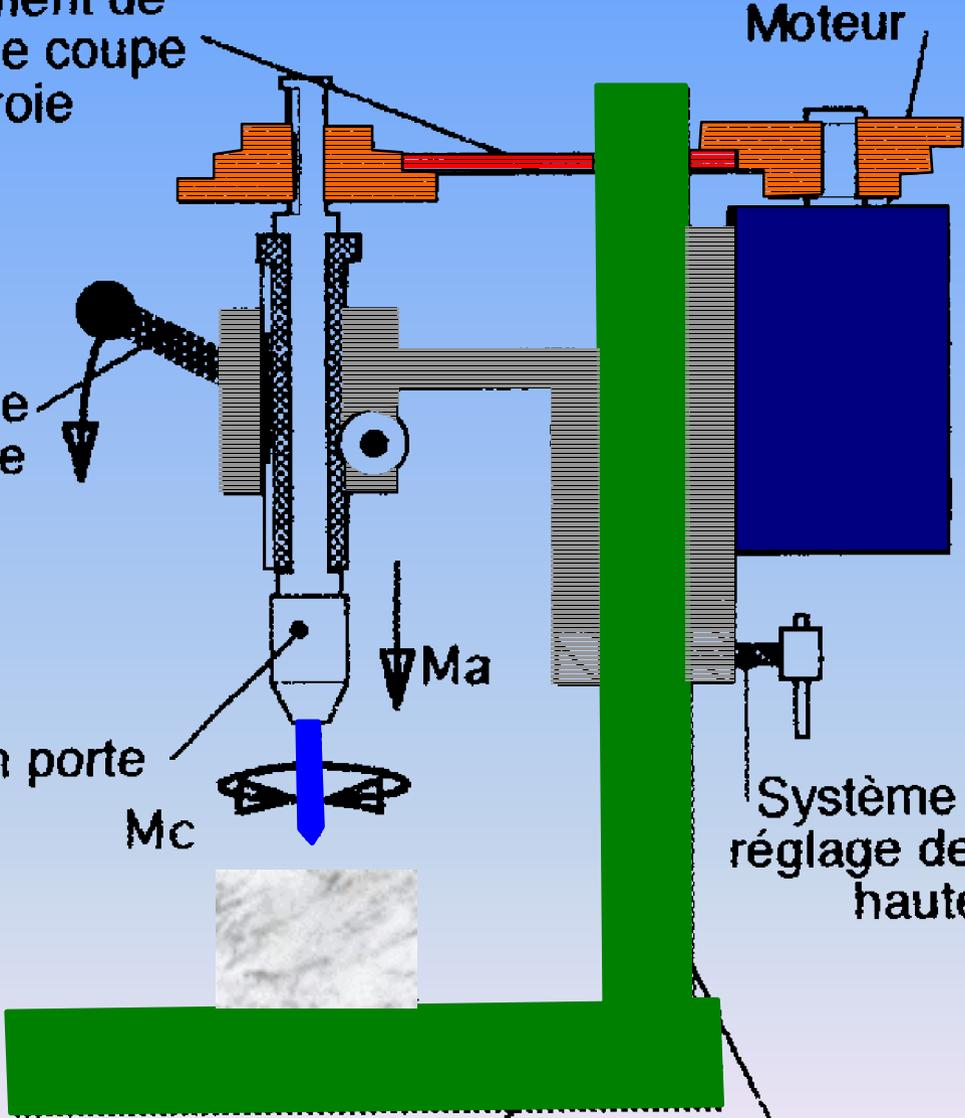
M_a

Moteur

Système de réglage de la hauteur

Bâti, table de perceuse

Colonne



OPERATIONS CLASSIQUES

Opérations usuelles

Trou

~~Forme~~ Enveloppe

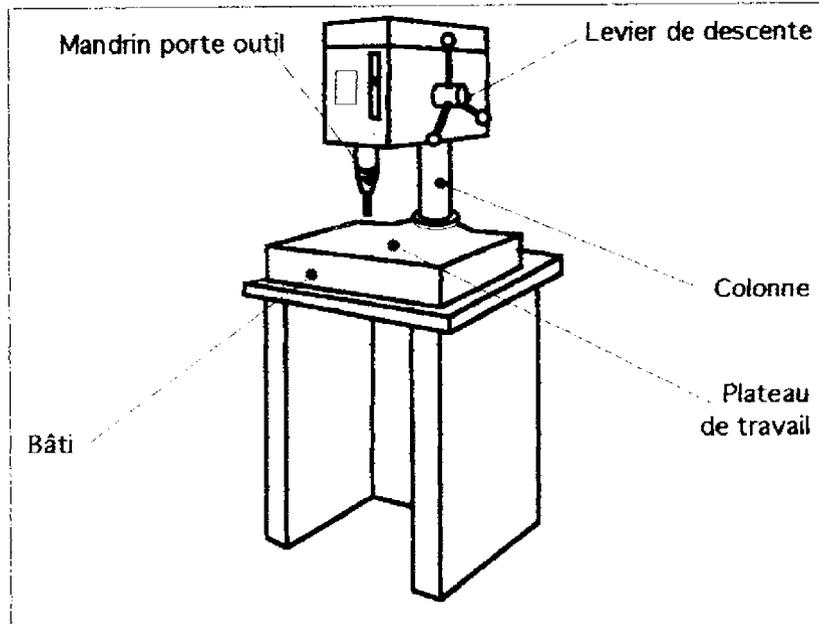
Alésage

Forme Enveloppe

Trou laine

Forme Enveloppe

Perceuse à colonne



Opérations usuelles

Trous

Utilisation d'un montage

~~Forme~~ Enveloppe

Taraudage

Forme Enveloppe

Chanfrein

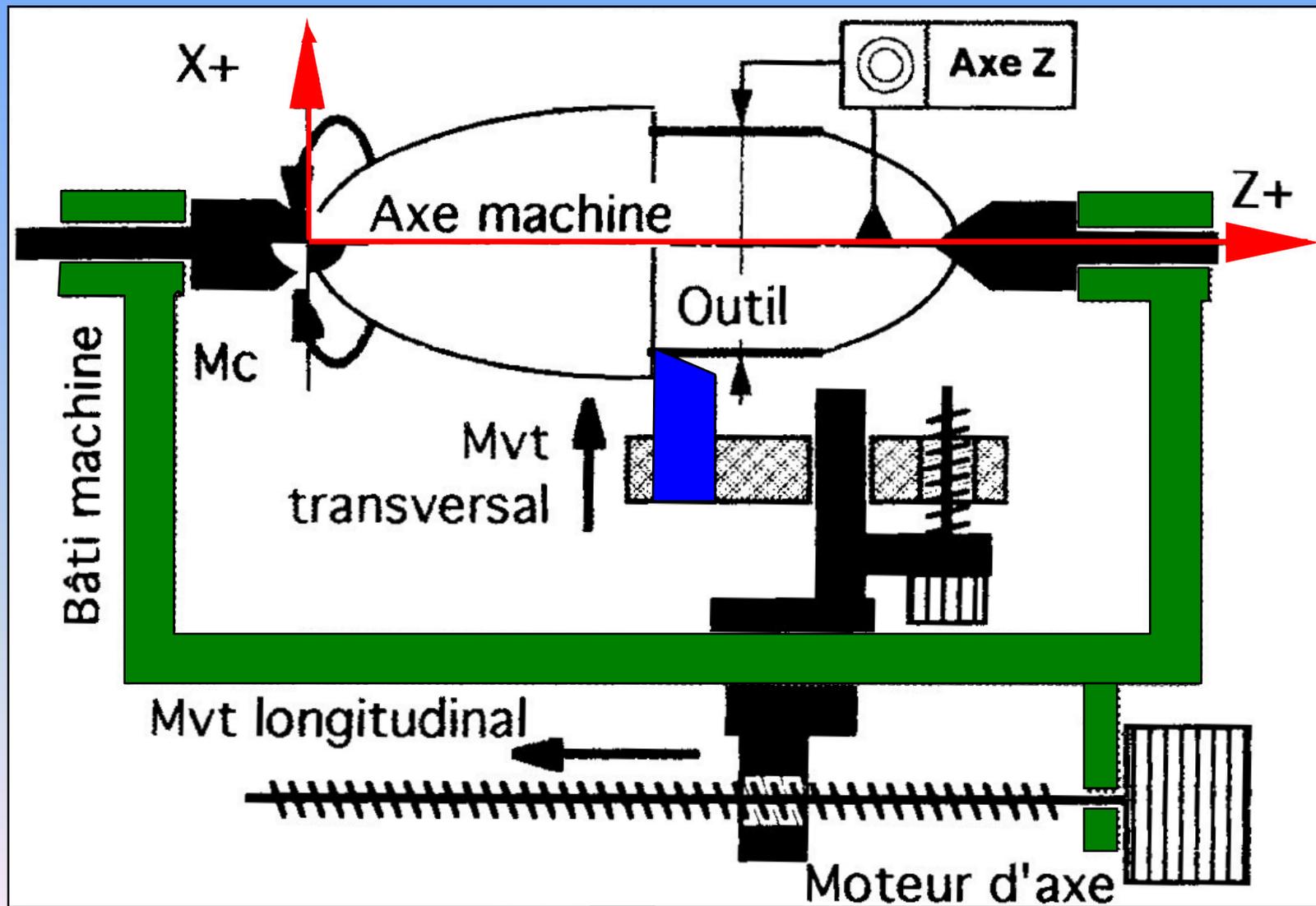
Forme ~~Enveloppe~~

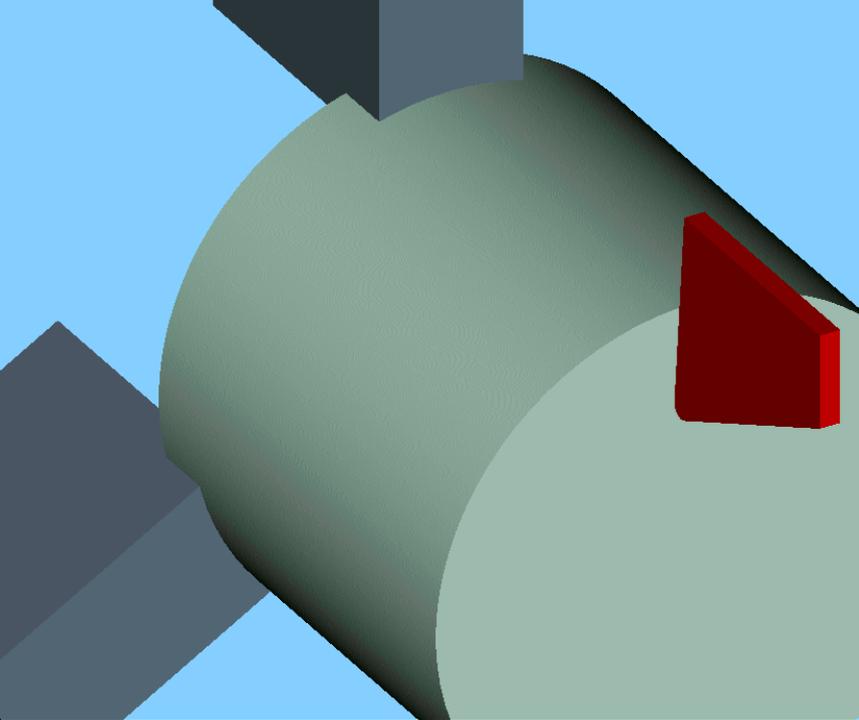


LE TOURNAGE

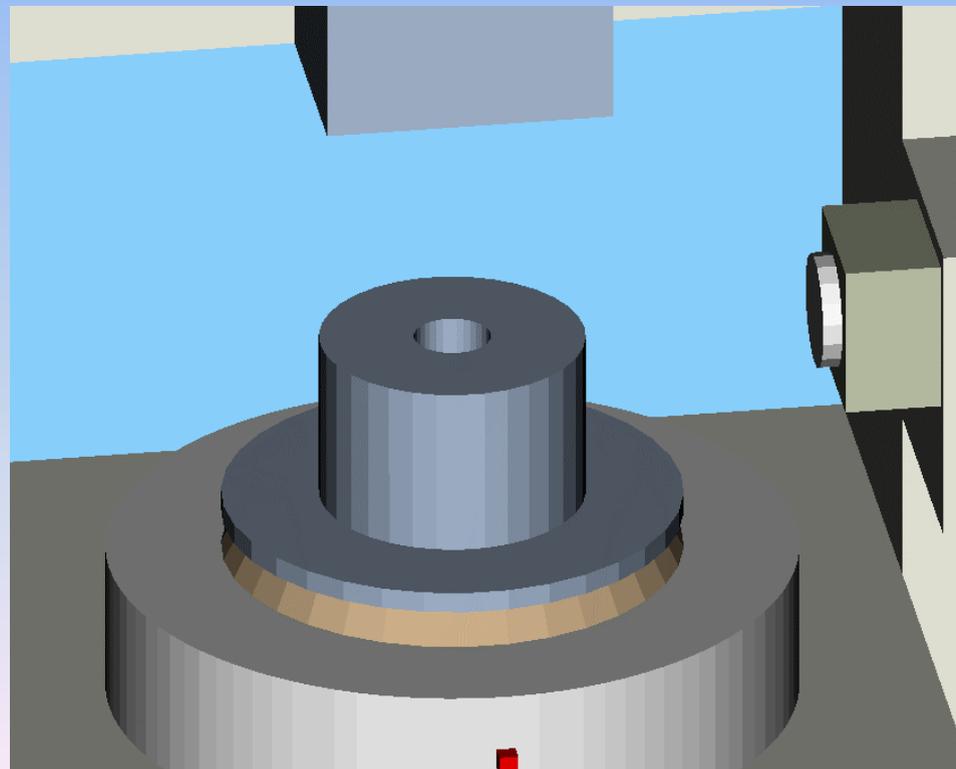


PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT





Broche horizontale

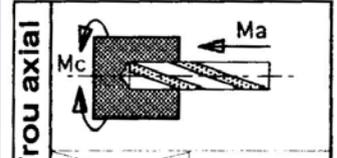
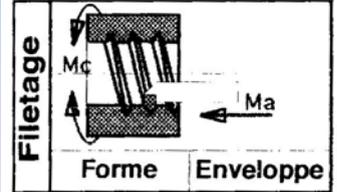
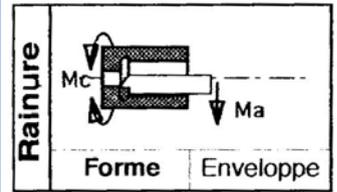
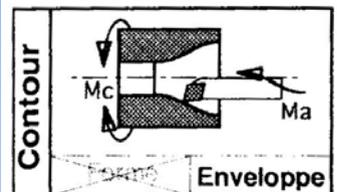
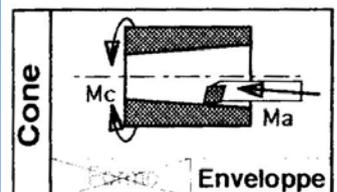
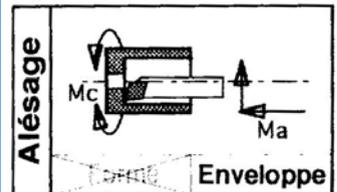


Broche verticale

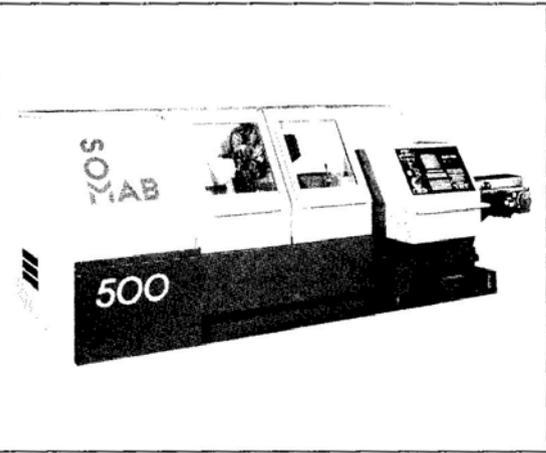
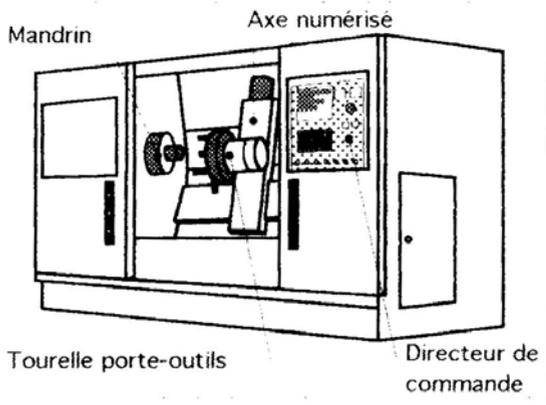


OPÉRATIONS CLASSIQUES

Opérations intérieures



Tour à commande numérique



Tour à commande numérique, banc en granit reconstitué, tourelle 8 outils et axe supplémentaire C.

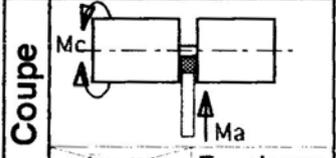
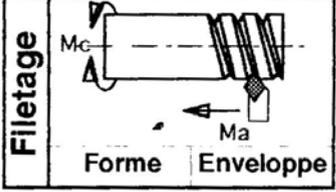
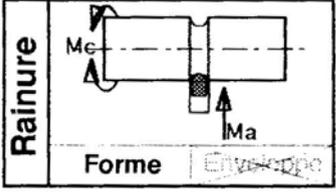
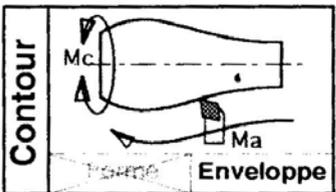
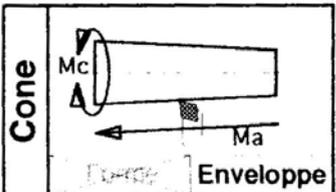
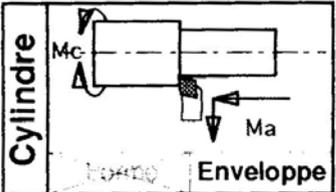
Caractéristiques de cette machine : voir la fiche "machine" en fin de chapitre

Schémas de principe des usinages

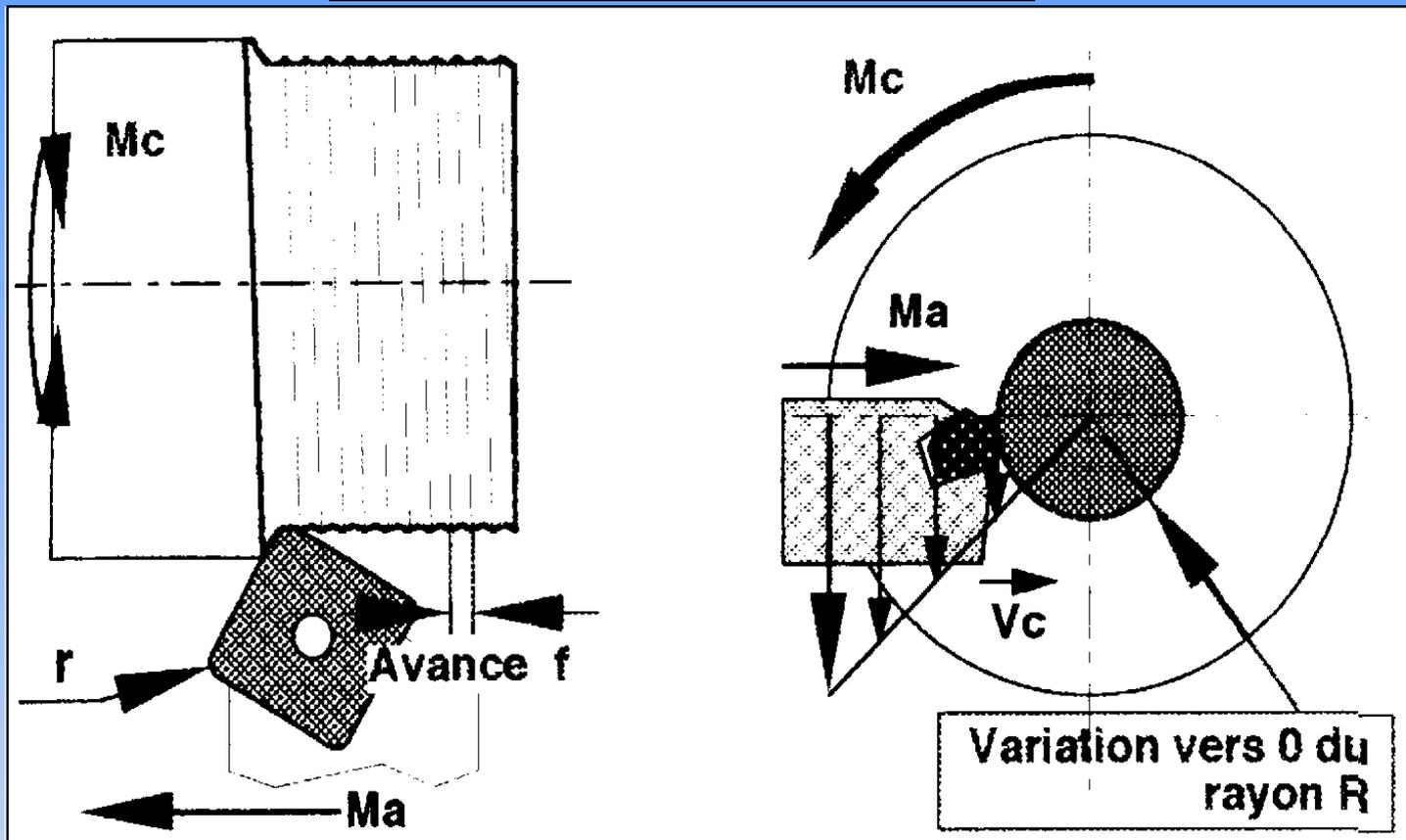
Principe de l'usinage

Principe de l'axe d'usinage

Opérations extérieures

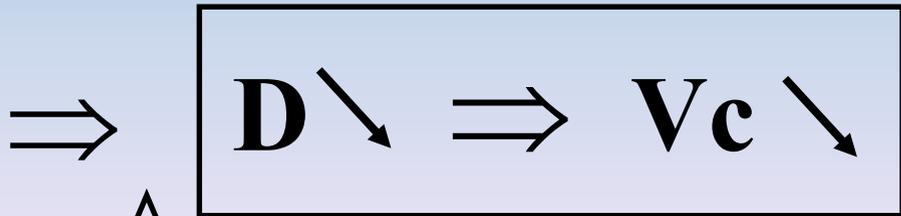


VITESSE DE COUPE





$$N = \frac{1000V_c}{\pi D}$$
$$V_c = \frac{\pi D N}{60}$$



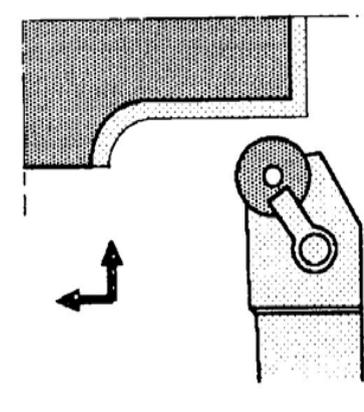
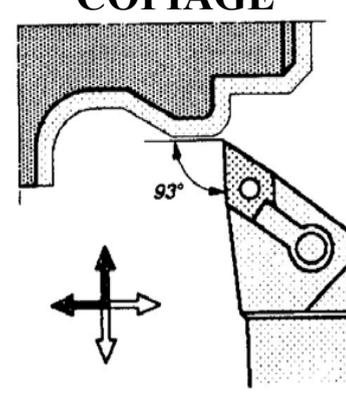
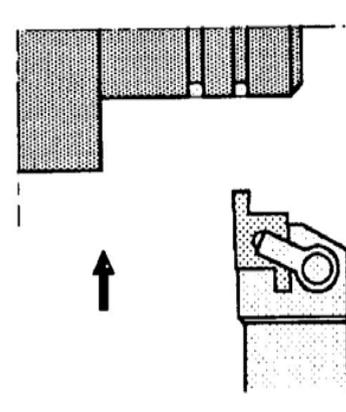
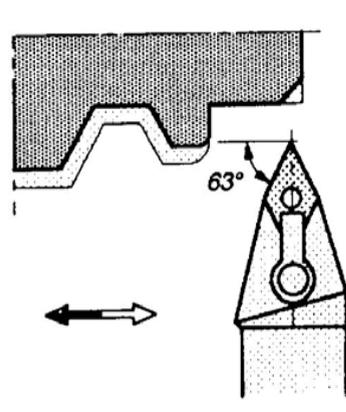
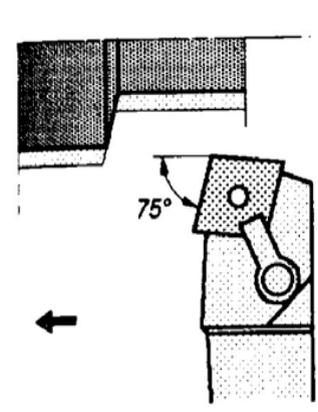
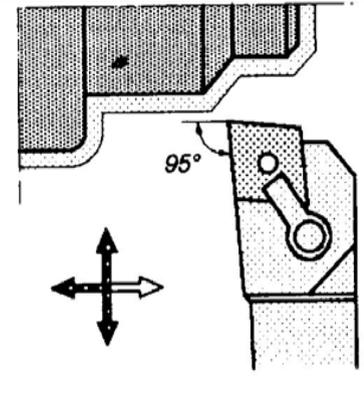
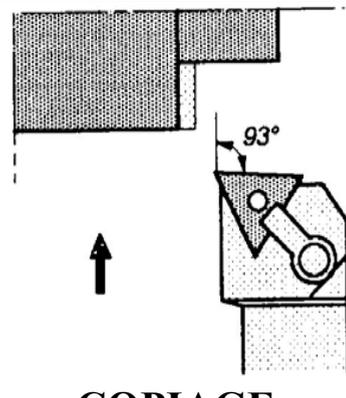
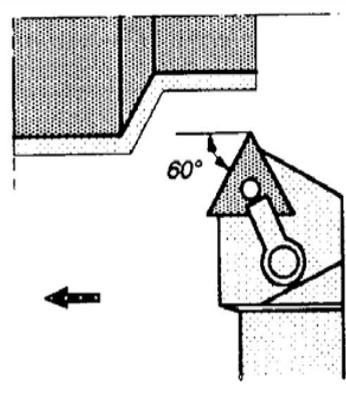
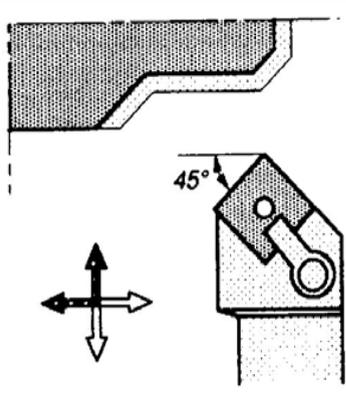
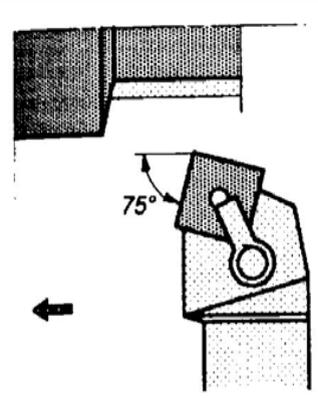
Vitesse de coupe variable en dressage



EXEMPLES D'USINAGE

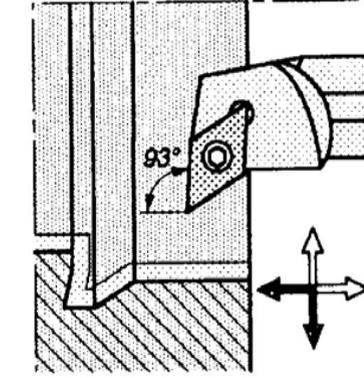
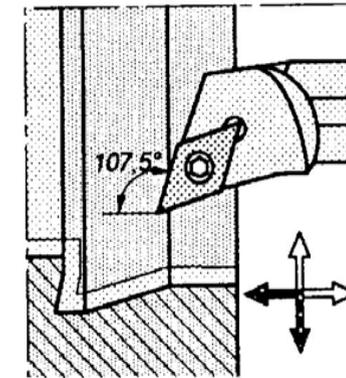
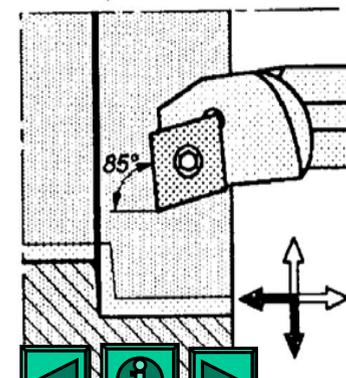
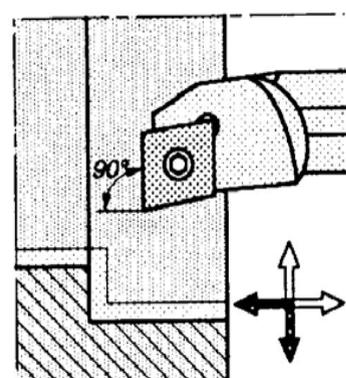
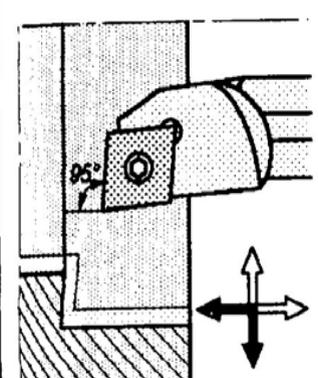
CHARIOTAGE

DRESSAGE

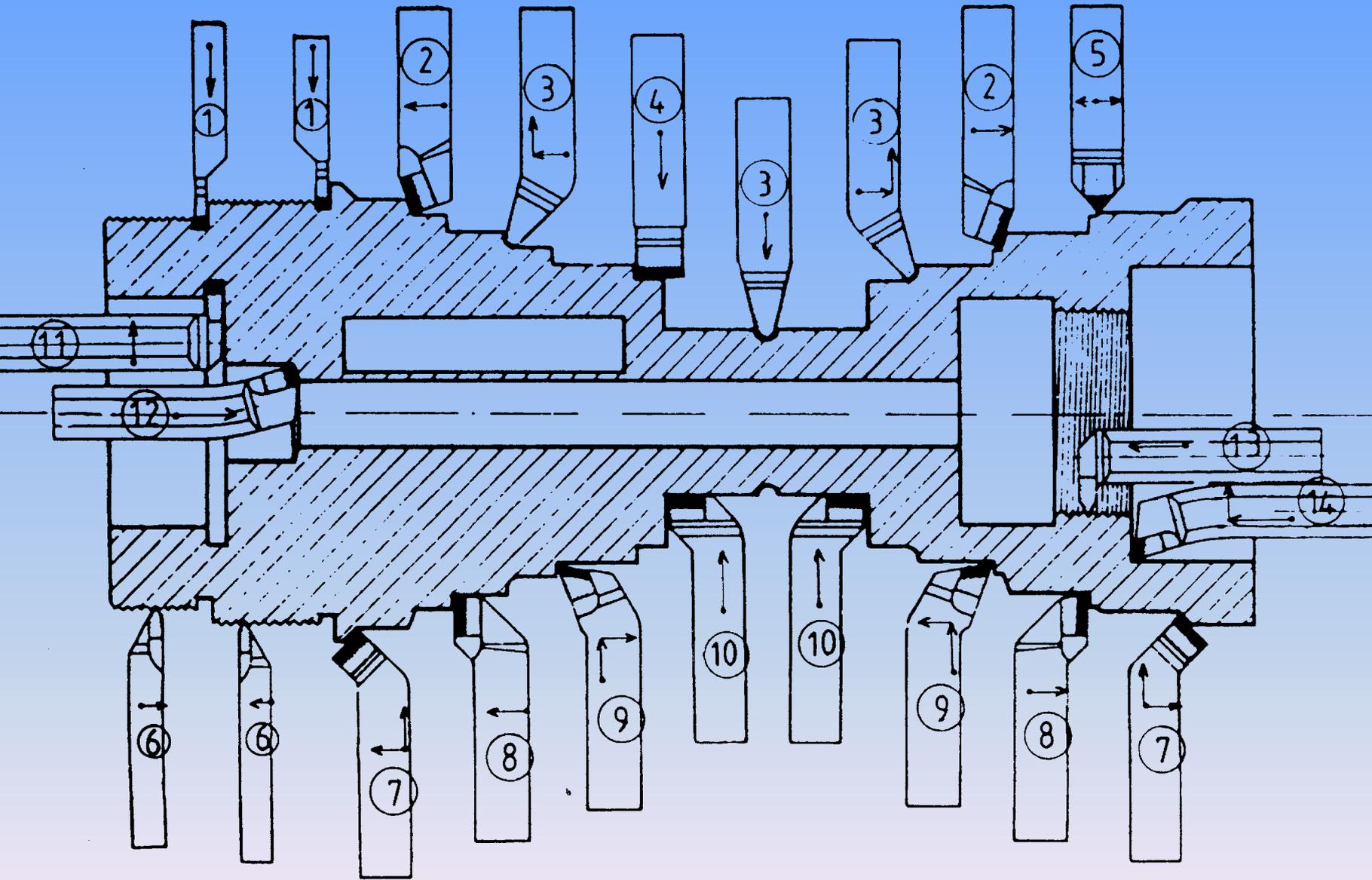


COPIAGE

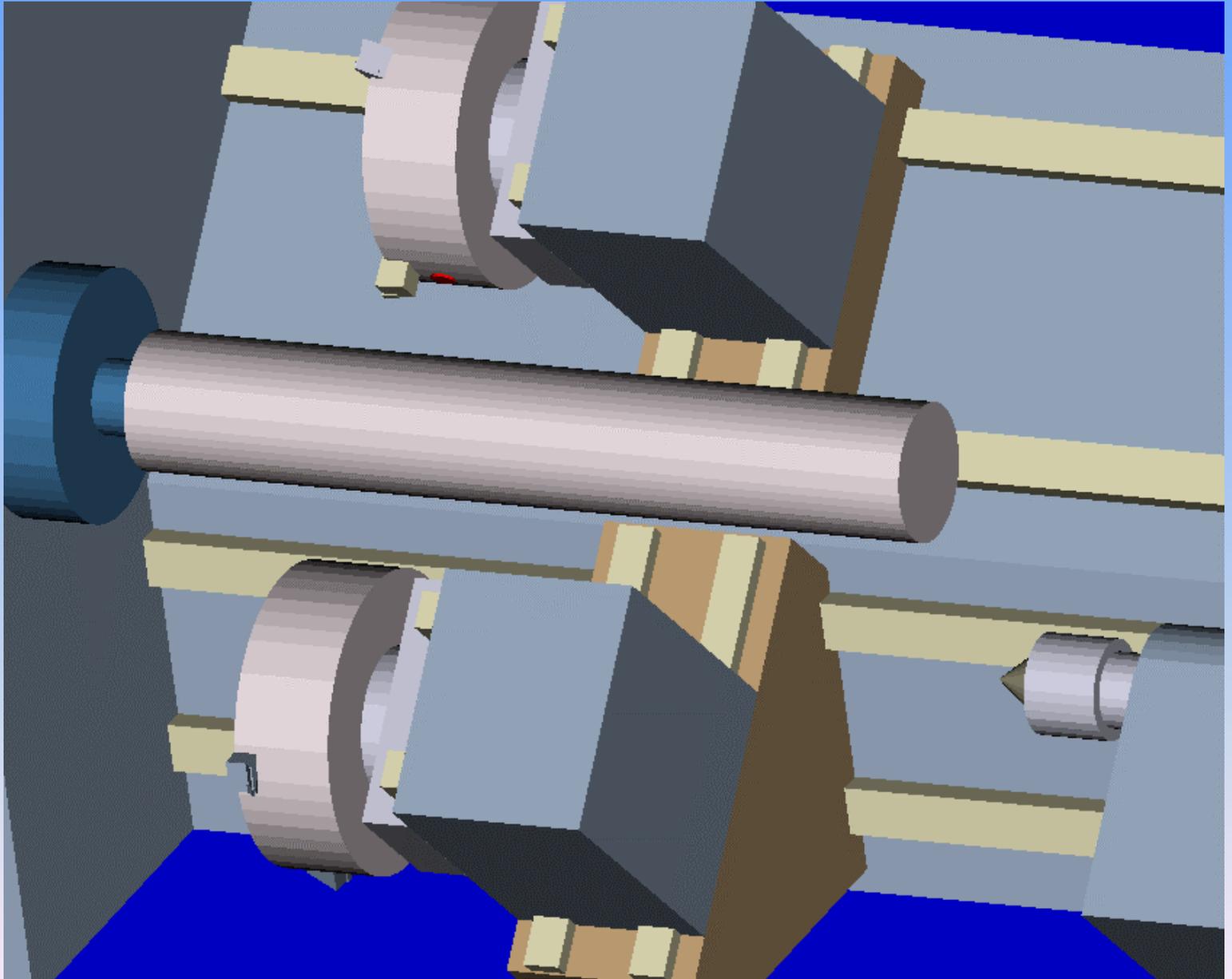
Formes intérieures (liaison avec vis centrale)



OUTILS DE TOURNAGE



L'AVENIR

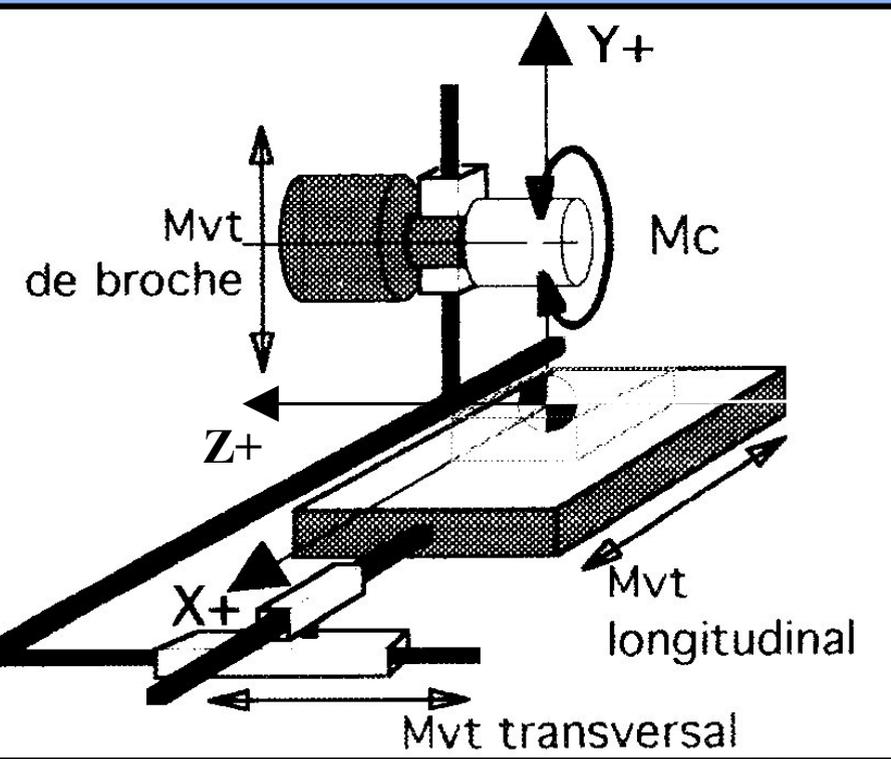


LE FRAISAGE

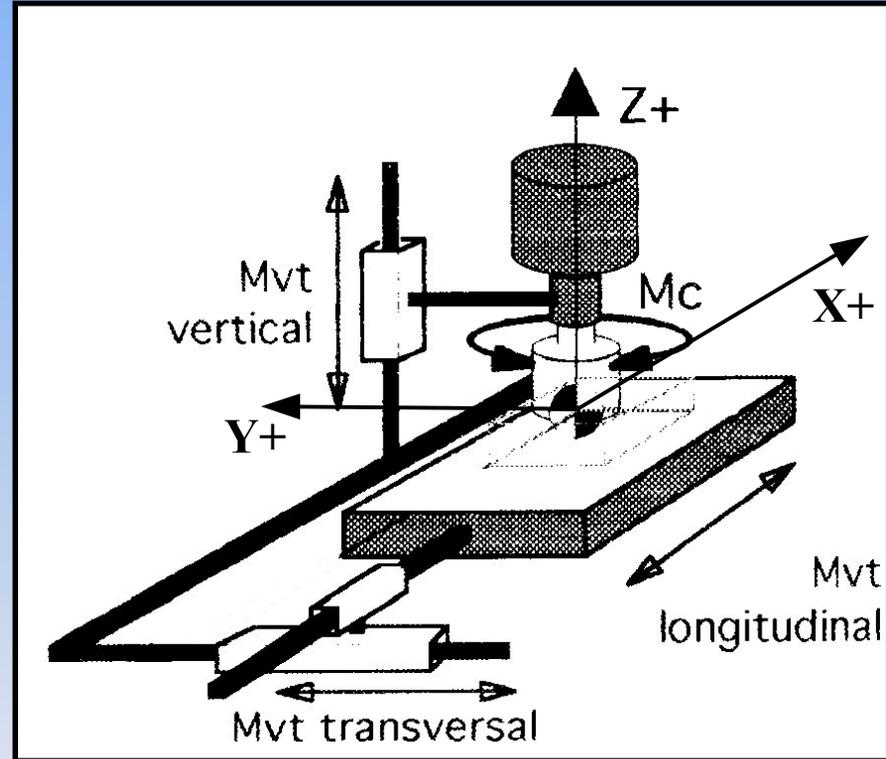


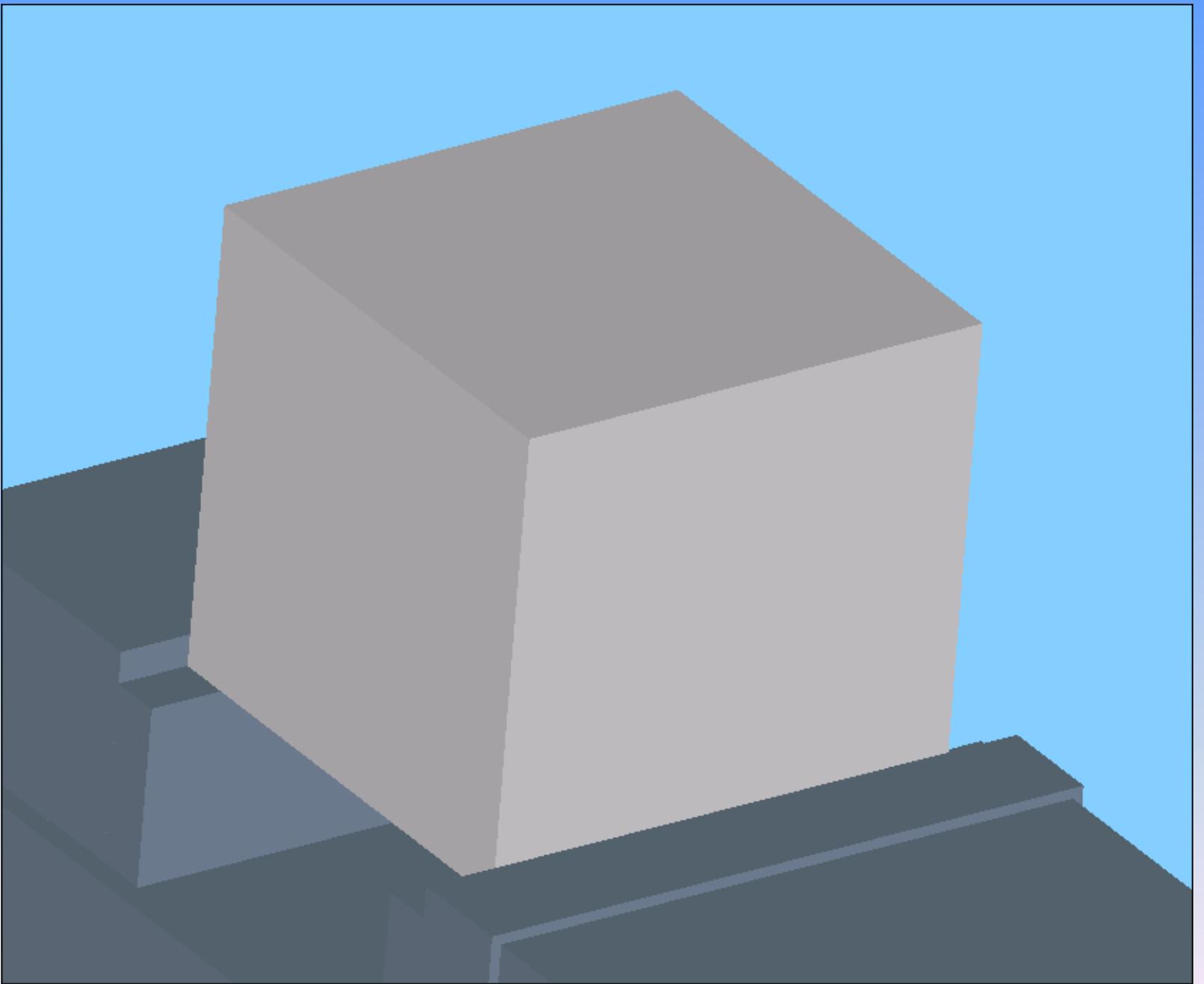
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

FRAISEUSE HORIZONTALE



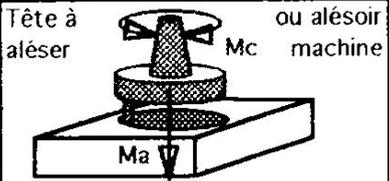
FRAISEUSE VERTICALE





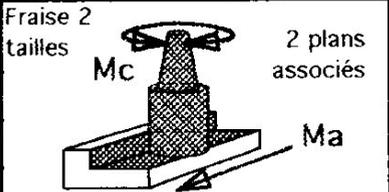
Opérations usuelles

Alésage



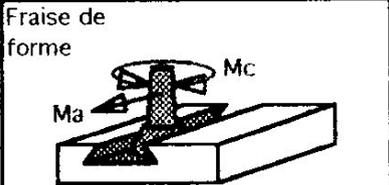
FormeEnveloppe

Plan(s)



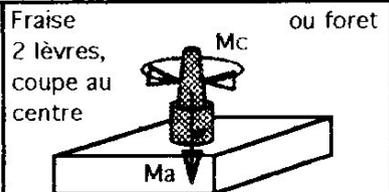
FormeEnveloppe

Rainure



FormeEnveloppe

Trou

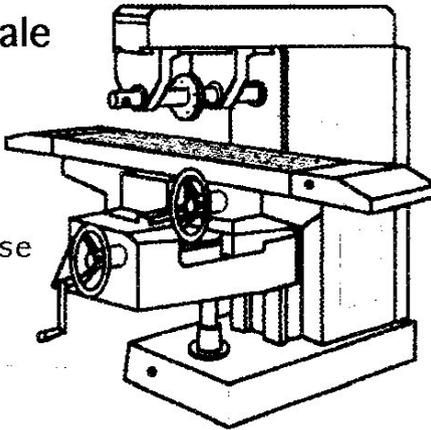


FormeEnveloppe

Fraiseuse universelle

Configuration horizontale

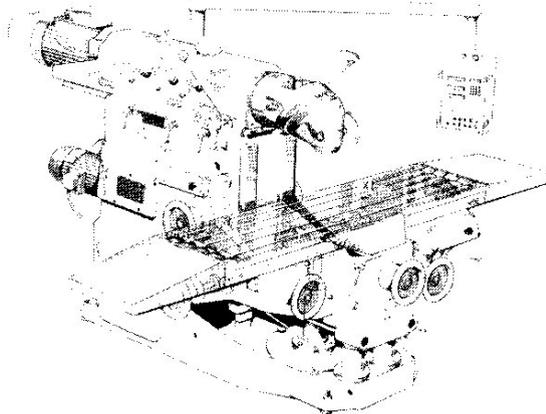
Axe porte-fraise
Bâti



Fraise
Table

Machine sans porte-pièce (étau), ni carters de protection.

Configuration verticale

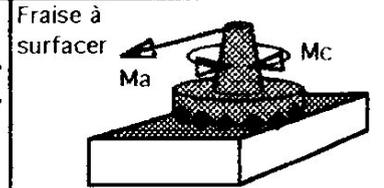


Opérations usuelles

Cylindre

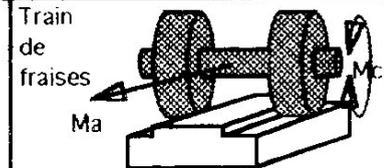
Possible, mais non utilisé en production

Plan(s)



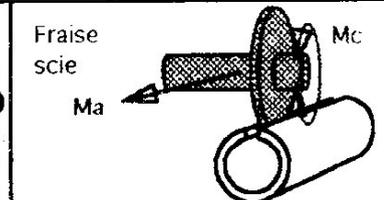
FormeEnveloppe

Tenon



FormeEnveloppe

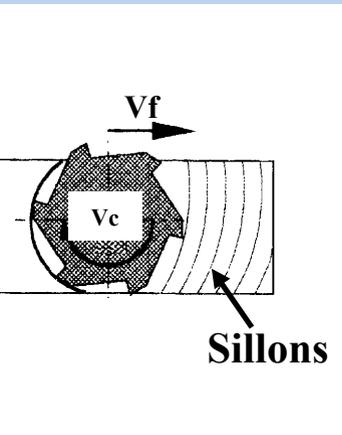
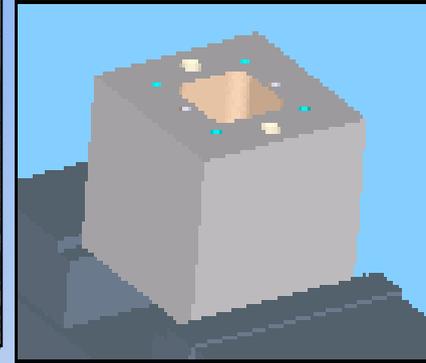
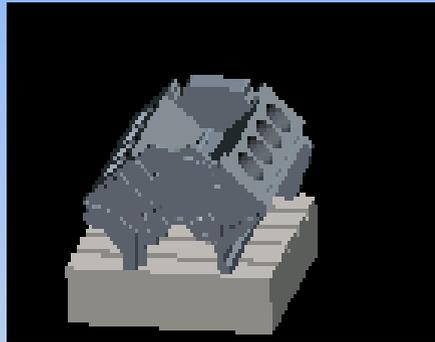
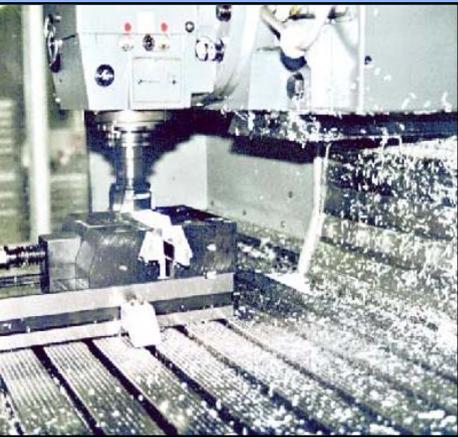
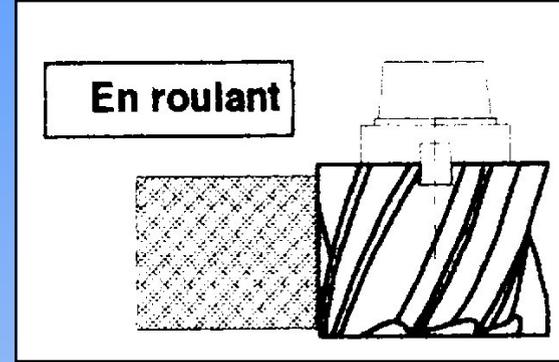
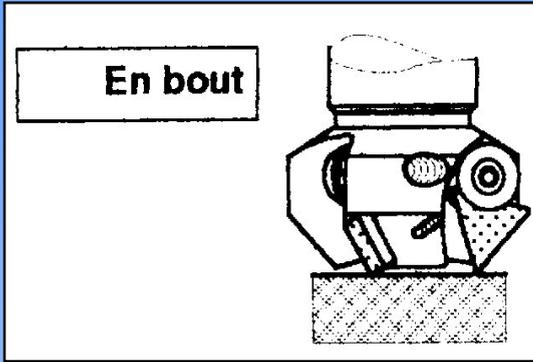
Sciage



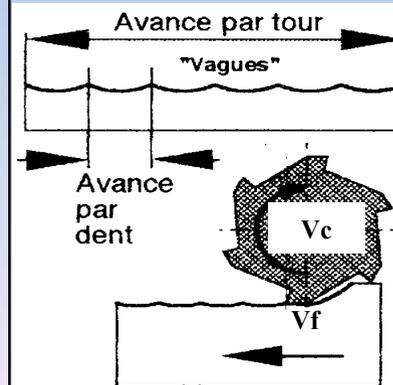
FormeEnveloppe



TYPES DE FRAISAGE



- Travail d'enveloppe.
- Risque de défaut de forme du au **dépinçage** de la broche (surface creuse)
- Risque de rayures sur la surface si une dent dépasse.



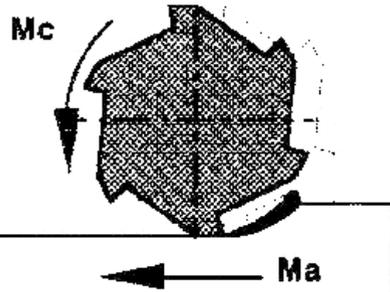
- Travail de forme.
- Défaut d'ondulation du à :
 - . flexion de la fraise.
 - . faux rond de la fraise.
 - . Imperfection d'affûtage.
- « Vagues » dues au passage des dents.



USINAGE EN AVALANT/OPOSITION

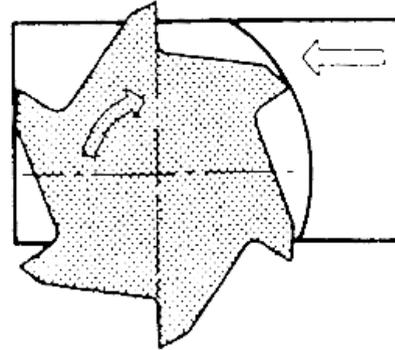
EN OPPOSITION

EN ROULANT



Epaisseur d'attaque du copeau faible, risque d'écrouissage. Pièce décollée de son support.

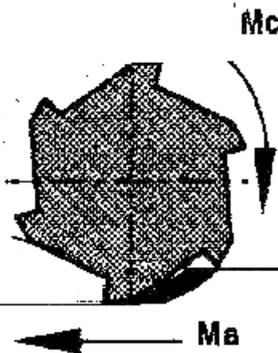
EN BOUT



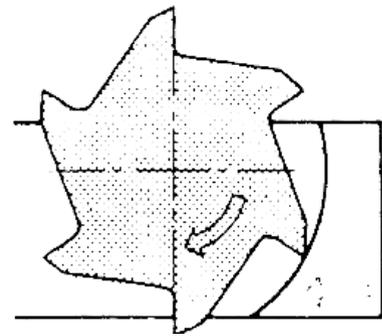
OBLIGATOIRE SUR MACHINE CONVENTIONNELLE

Rattrapage de jeu dangereux

EN AVALANT



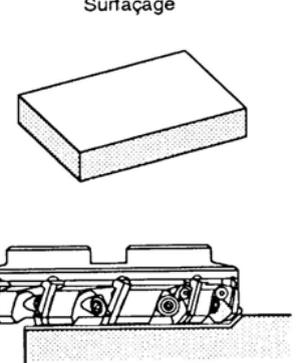
Epaisseur d'attaque du copeau maximum. Pièce plaquée sur son support



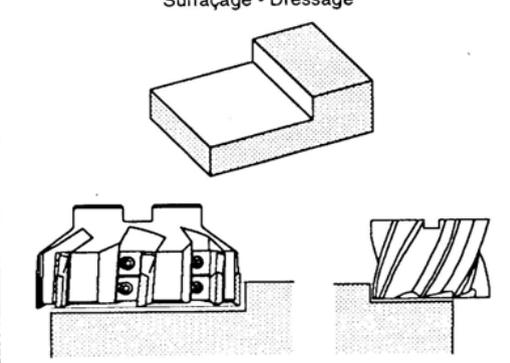
UNIQUEMENT SUR MACHINE NUMERIQUE



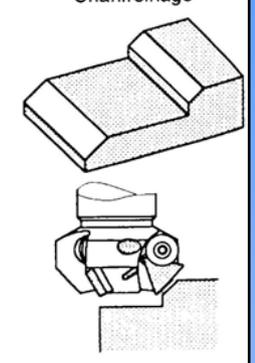
OUTILS DE FRAISAGE



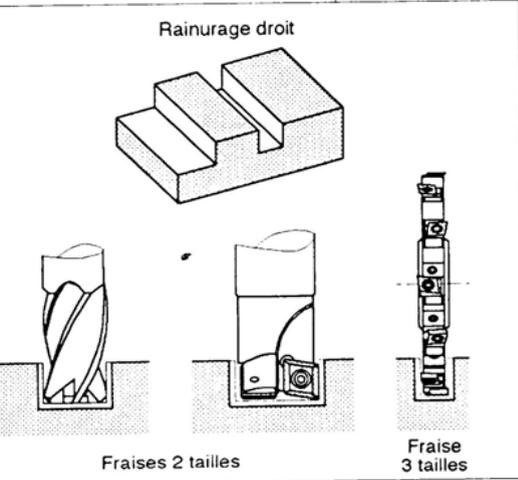
Fraise à surfacer



Fraises 2 tailles



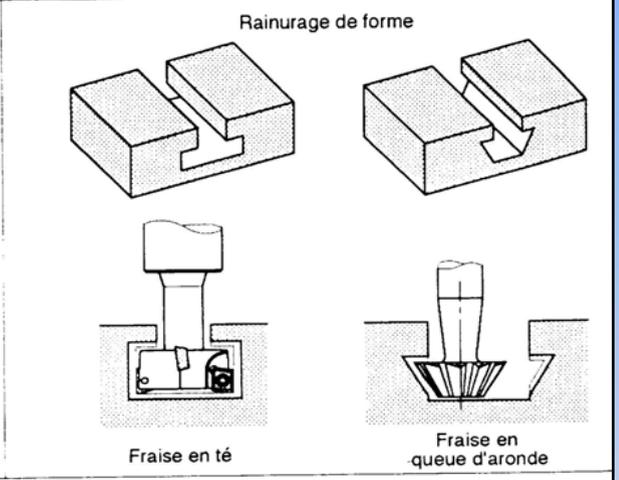
Fraise à chanfreiner



Rainurage droit

Fraises 2 tailles

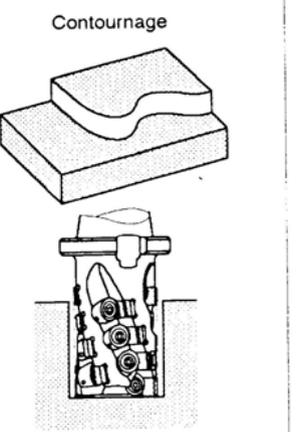
Fraise 3 tailles



Rainurage de forme

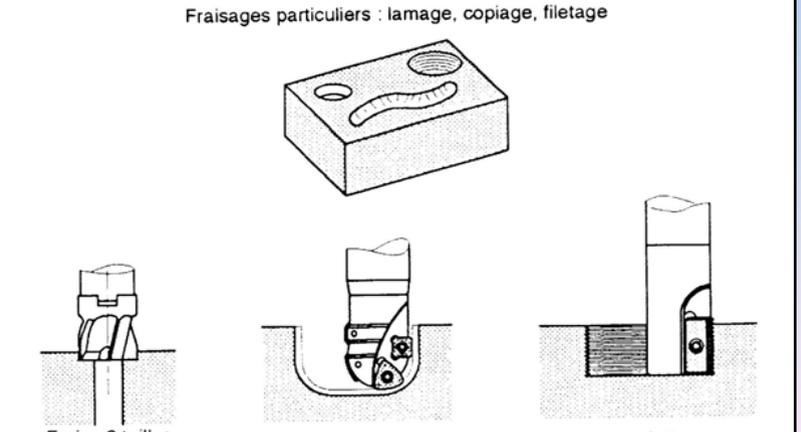
Fraise en té

Fraise en queue d'aronde



Contournage

Fraise 2 tailles

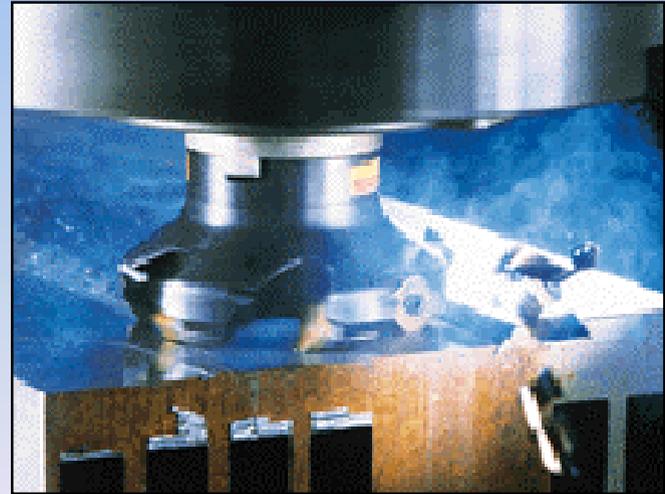
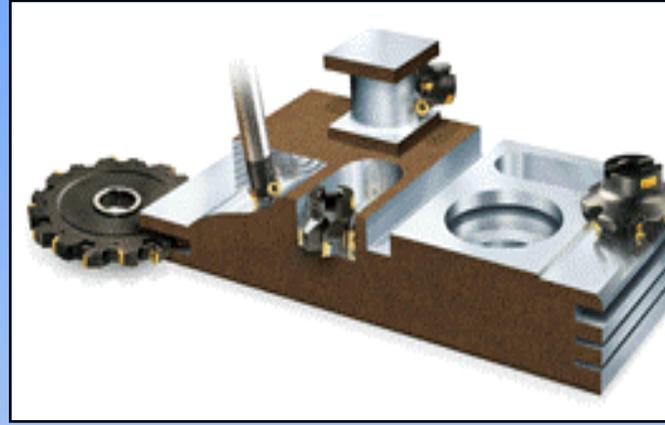


Fraisages particuliers : lamage, copiage, filetage

Fraise 2 tailles coupe au centre

Fraise de copiage

Fraise à fileter



LES MOYENS NON CONVENTIONNELS

Il existe de nombreux type de moyens de fabrication.

Moyens mécaniques

- coupe des métaux.
 - tournage.
 - fraisage.
 - perçage.
 - brochage.
 - sciage
- abrasion des métaux:
 - rectification.
 - rodage.
 - meulage.
- mise en forme:
 - pliage.
 - cintrage

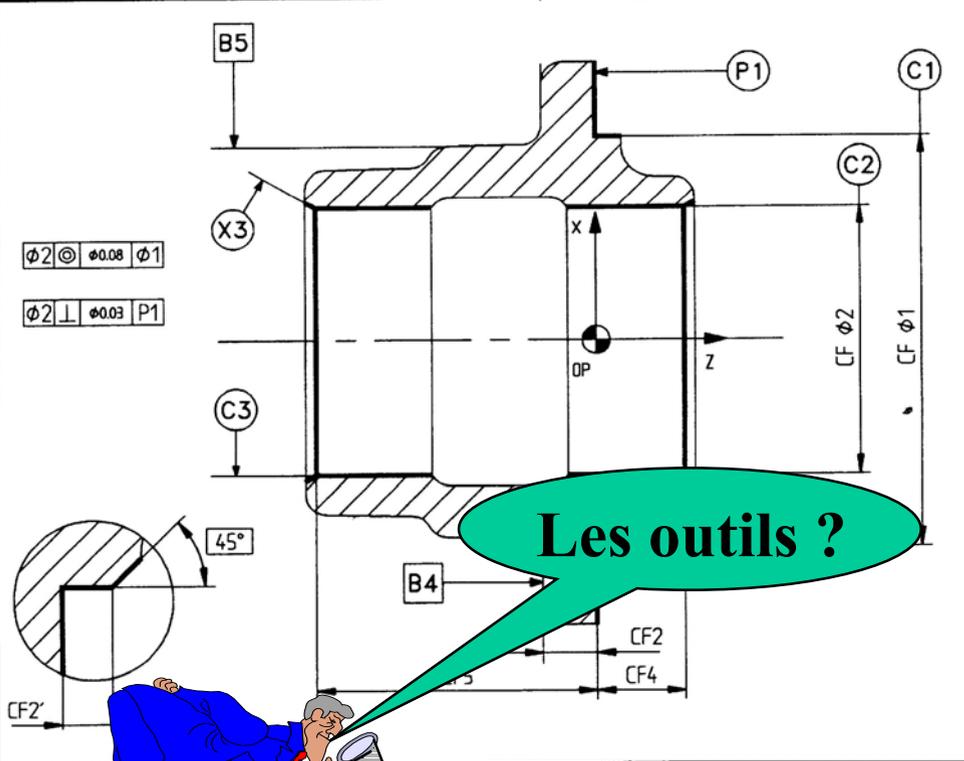
Moyens thermiques

- découpe de métaux:
 - arc électrique.
 - laser.
 - jet d 'eau.
- enlèvement de matière:
 - électro-érosion.
 - Usinage grande vitesse.



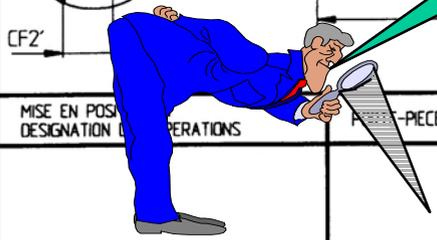
Désignation :

Machine-Outil :



MISE EN POS DESIGNATION	OPERATIONS	PIECE ET OUTILS DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	tc* min	ti* min
----------------------------	------------	--------------------------	-------------	-------------	--------------------	--------------	------------	------------

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



Les outils ?





LES OUTILS ET PORTE-OUTILS

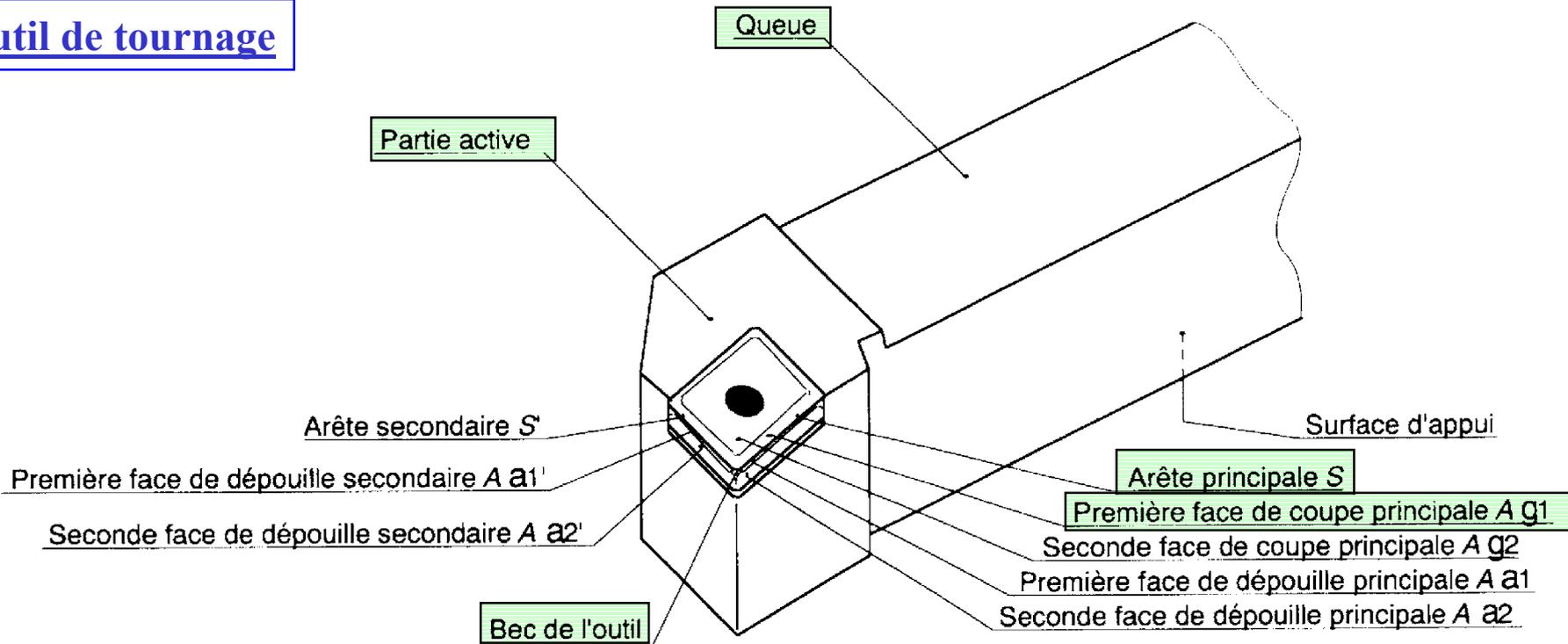


LES OUTILS



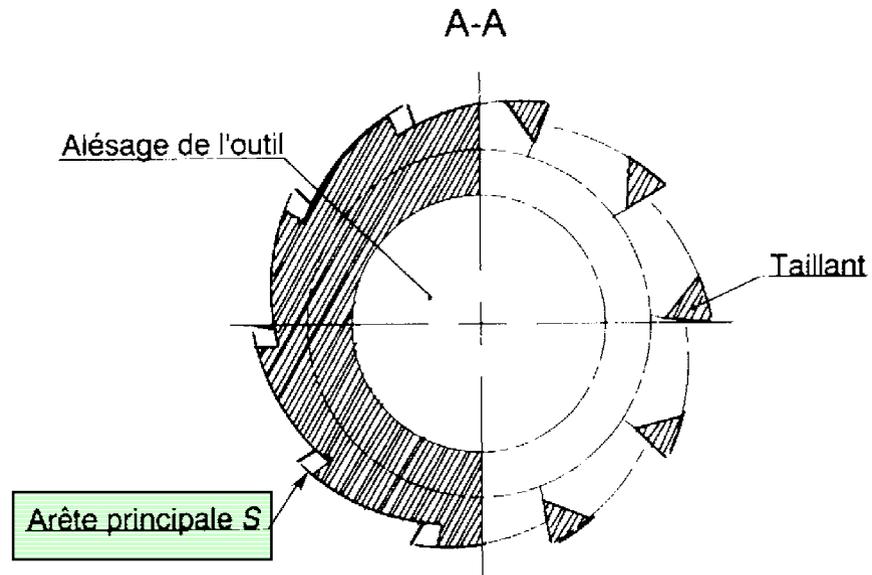
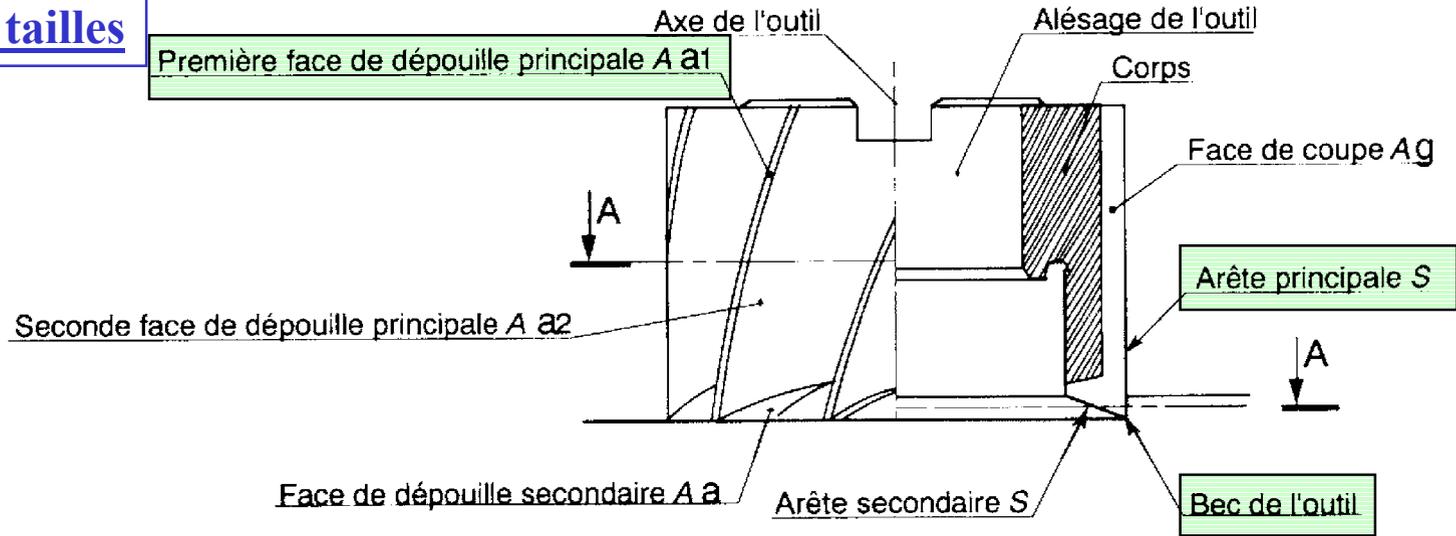
MORPHOLOGIE D 'UN OUTIL DE TOURNAGE

Outil de tournage



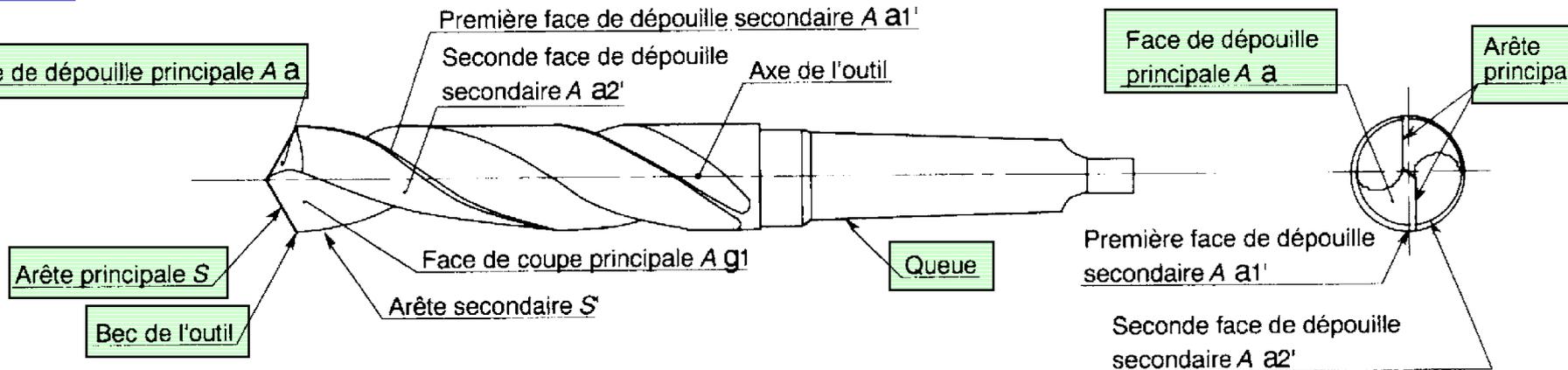
MORPHOLOGIE D'UN OUTIL DE FRAISAGE

raise deux tailles

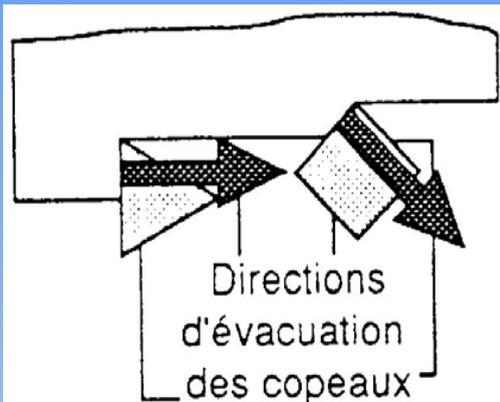


MORPHOLOGIE D 'UN OUTIL DE PERCAGE

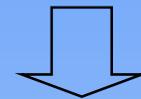
Foret



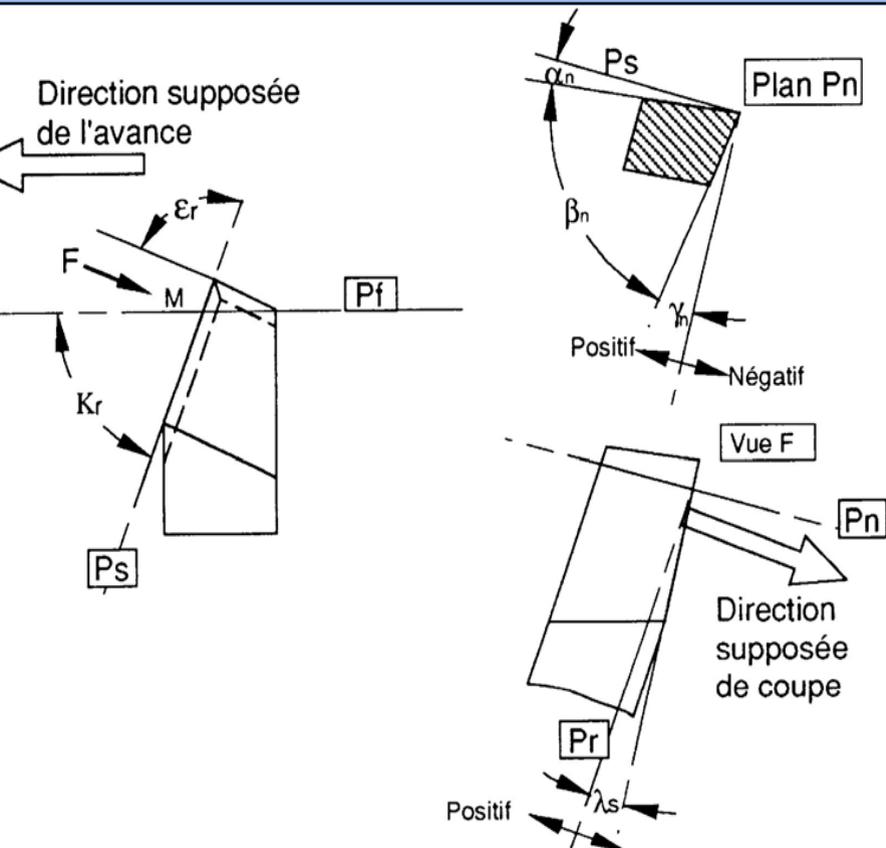
LES ANGLES D'OUTILS



Le comportement de la matière usinée varie selon la géométrie de l'outil



Nécessité de définir une norme pour la géométrie des outils (producteur / outilleur)



Pr: plan de référence. Perpendiculaire, au pt considéré, à la direction de V_c .

Pf: Plan de travail. Perpendiculaire à P_r au pt considéré et contient V_f .

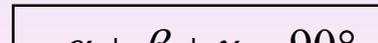
Ps: Plan d'arête. Perpendiculaire à P_r et contient l'arête de coupe.

Pn: Plan normal à l'arête. Perpendiculaire à l'arête au pt considéré.

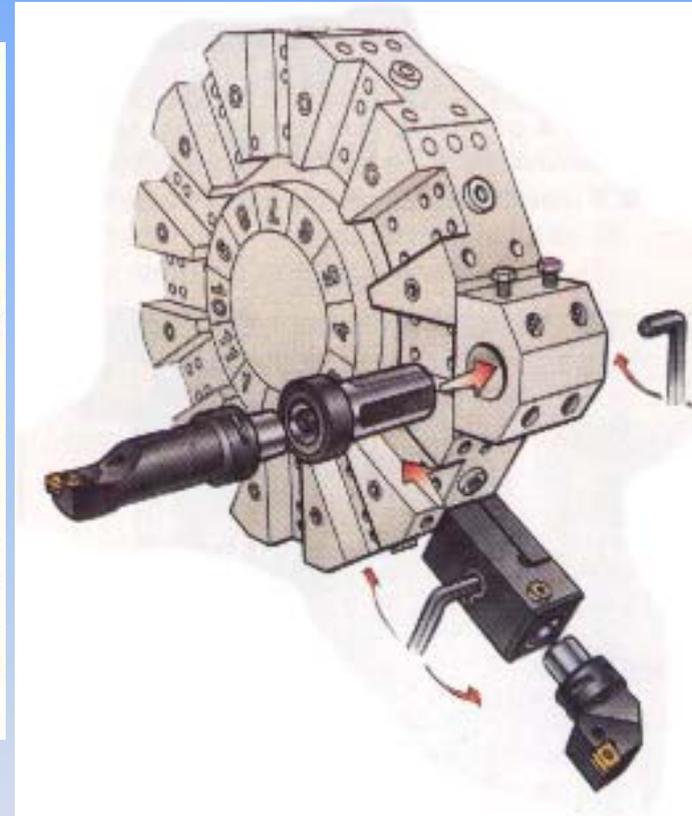
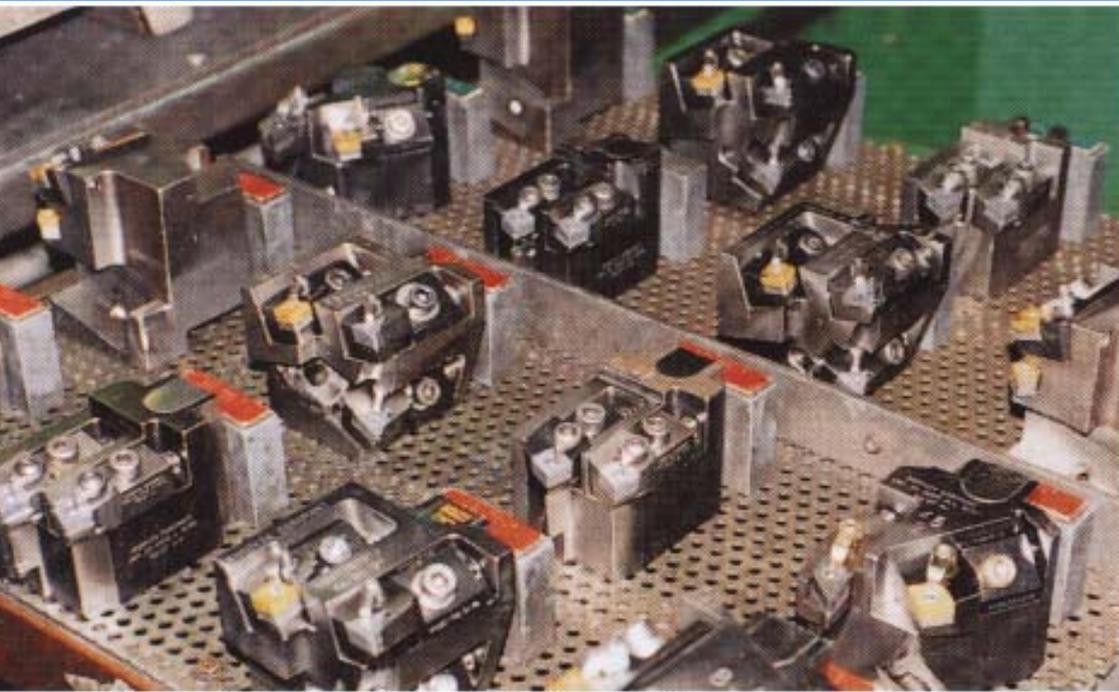
Kr: Angle de direction d'arête. Angle aigu, mesuré dans P_r entre P_f et P_s .

λ_s : Angle d'inclinaison d'arête. Angle aigu, mesuré dans P_s , entre l'arête et P_r

α , β , γ : Angle de dépouille, de taillant et de coupe de l'outil.







Préreglage des outils en temps masqués



Gain de temps + Gain de précision

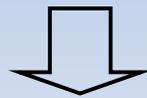


LES PLAQUETTES





Il existe des centaines de sortes de plaquettes



CLASSIFICATION



PLAQUETTES

Tolérances
Epaisseur de plaquette

C N M G 09 03 08 - PF

M

1. Forme de plaquette
2. Angle de dépouille de la plaquette
5. Taille de plaquette = longueur d'arête de coupe

PORTE-PLAQUETTES

Extérieur

P C L N R 16 16 H 09

Intérieur

S 25 T S C L C R 09

Type de barre
S = monobloc
Diamètre de barre
Type de porte-plaquette

Taille d'accouplement
Coromant Capto®

1. FORME DE PLAQUETTE

80° 55° 35° 80°

C D R S T V W

2. ANGLE DE DÉPOUILLE

0° 7° 5°

N C B

4. TYPE DE PLAQUETTE

A G T

5. TAILLE DE PLAQUETTE = LONGUEUR D'ARÊTE DE COUPE

l mm: 06—25 07—15 08—12 09—25 06—22 11—16 06—08

7. RAYON DE BEC

04 $r_E = 0,4$
08 $r_E = 0,8$
12 $r_E = 1,2$
16 $r_E = 1,6$
24 $r_E = 2,4$

Rayons de bec recommandés en priorité:

	T-MAX P	T-MAX U
FINITION	08	04
SEMI-FINITION	08	08
EBAUCHE	12	08

8. GÉOMÉTRIE — SYMBOLE PROPRE AU FABRICANT

Le code ISO est constitué de neuf symboles, dont les deux derniers ne s'utilisent que si nécessaire. Le fabricant peut y ajouter deux symboles supplémentaires, par exemple:

PF = ISO P Finition
-MR = ISO M Ebauche

B. SYSTEME DE FIXATION

C par bride
D Bridage rigide (RC)
M par bride et trou central
P par trou central
S par vis centrale

D. SENS DE COUPE

R à droite
L à gauche
N droite et gauche

E. HAUTEUR DE MANCHE

F. LARGEUR DE MANCHE

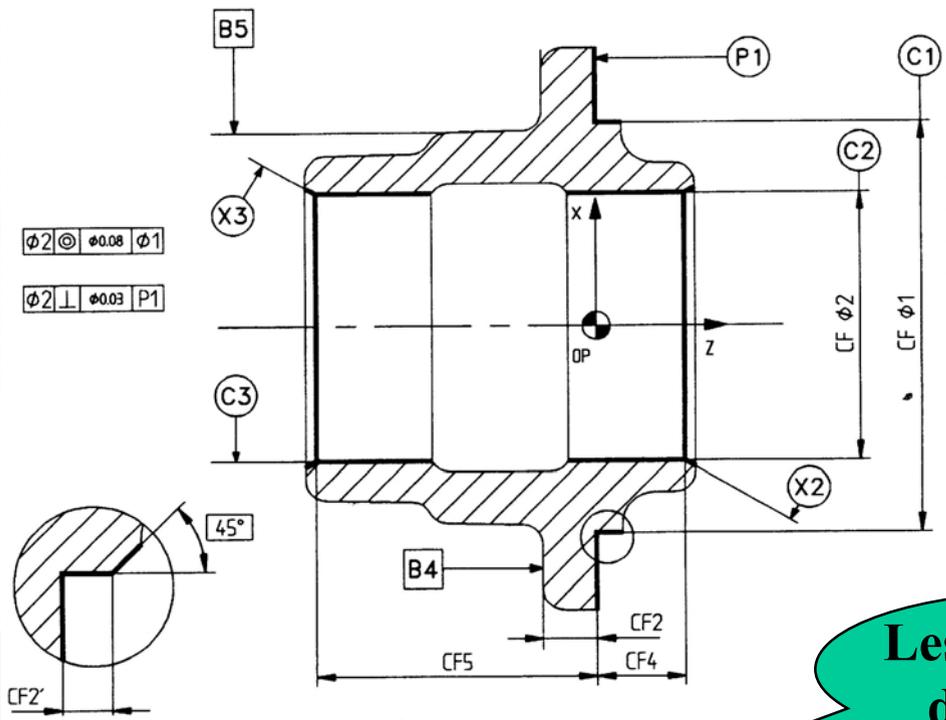
G. LONGUEUR D'OUTIL

Longueur d'outil = l_1 en mm

H = 100	S = 250
K = 125	T = 300
M = 150	U = 350
P = 170	V = 400
Q = 180	W = 450
R = 200	Y = 500

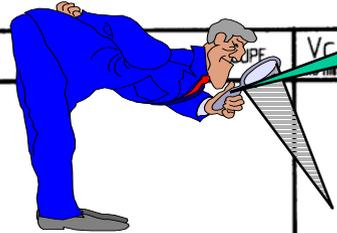
Désignation :

Machine-Outil :



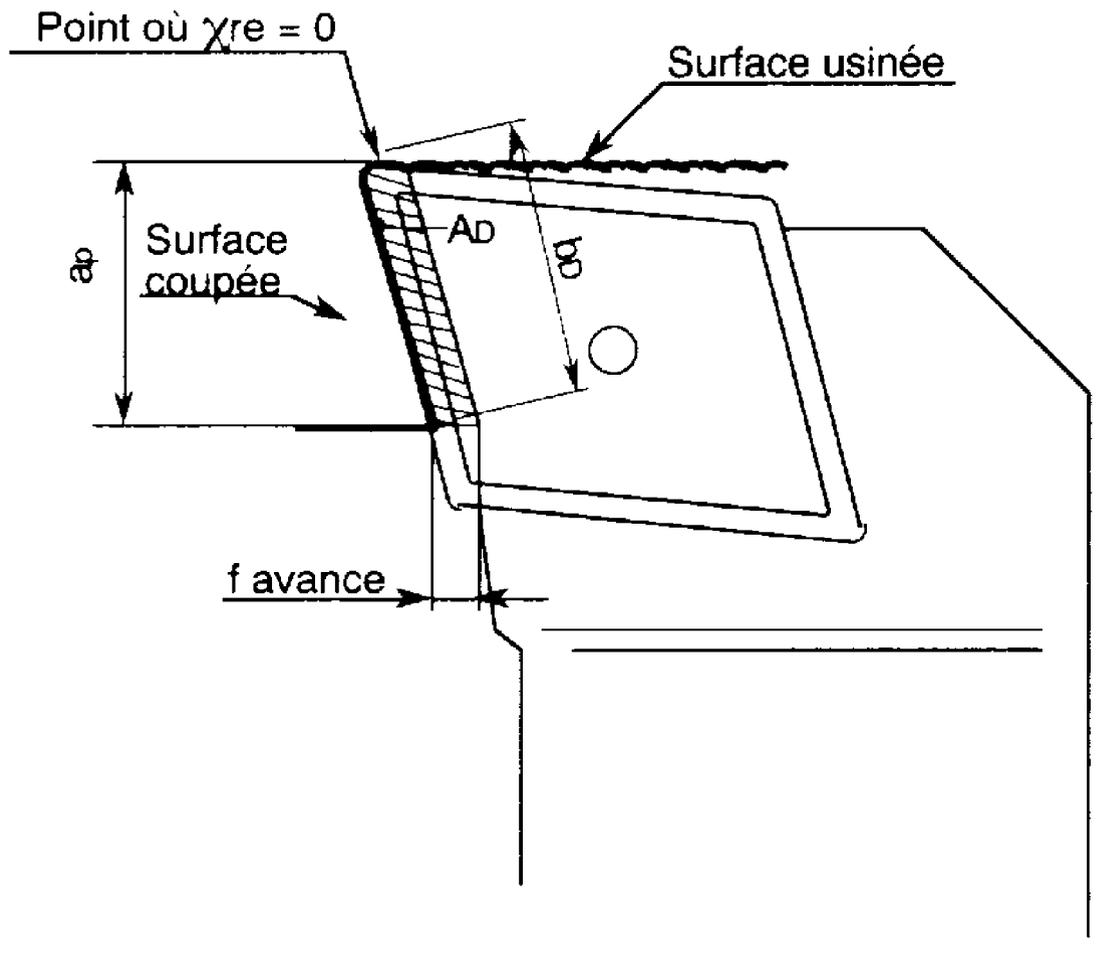
Les conditions de coupe ?

MISE EN POSITION ET DESIGNATION DES OPERATIONS	OPF	Vc	v/z	Vf	tc	ti
		m/min	m/min	mm/min	min	min





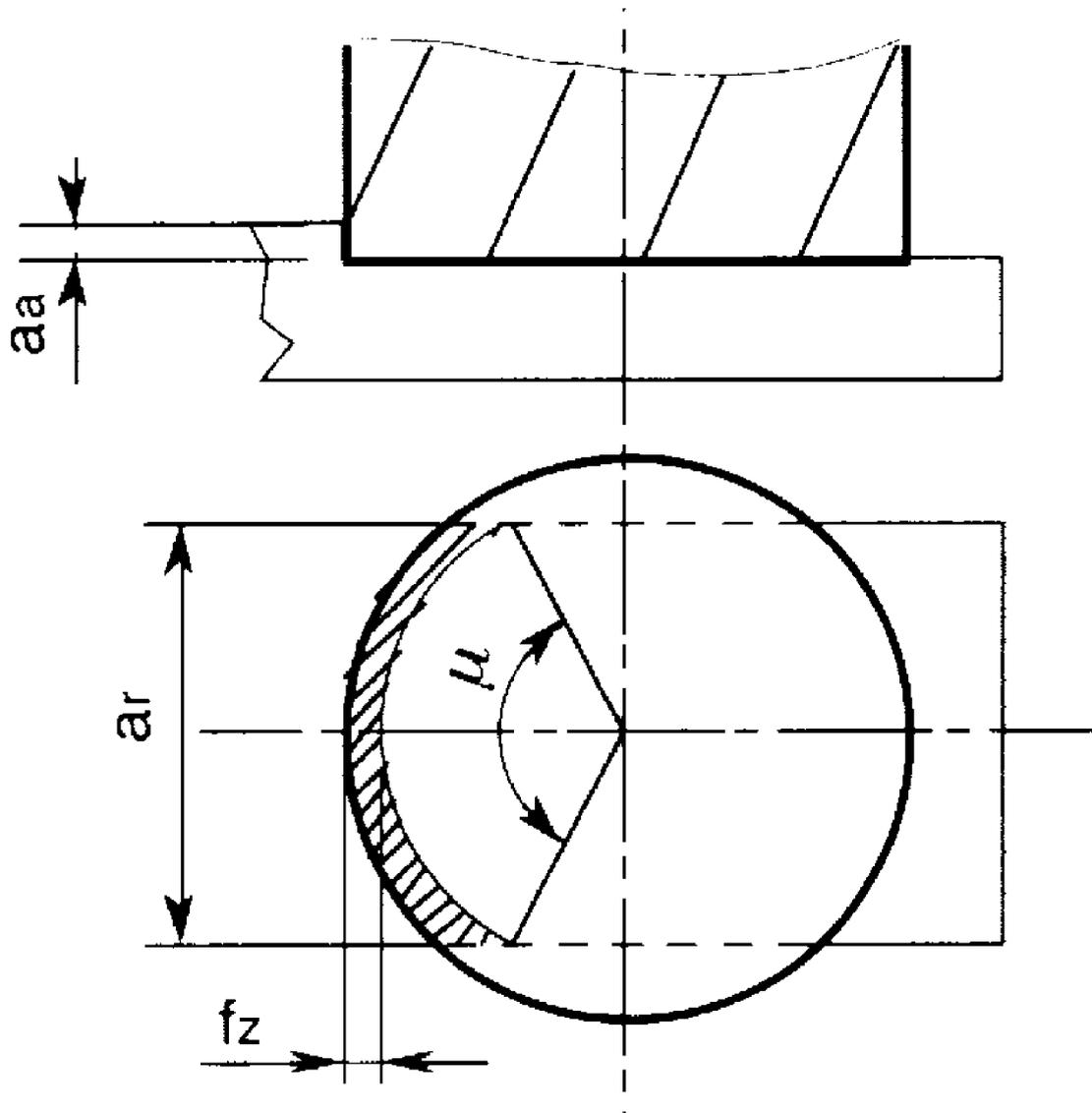
LA COUPE



a_p : profondeur de passe.

f : avance par tour.





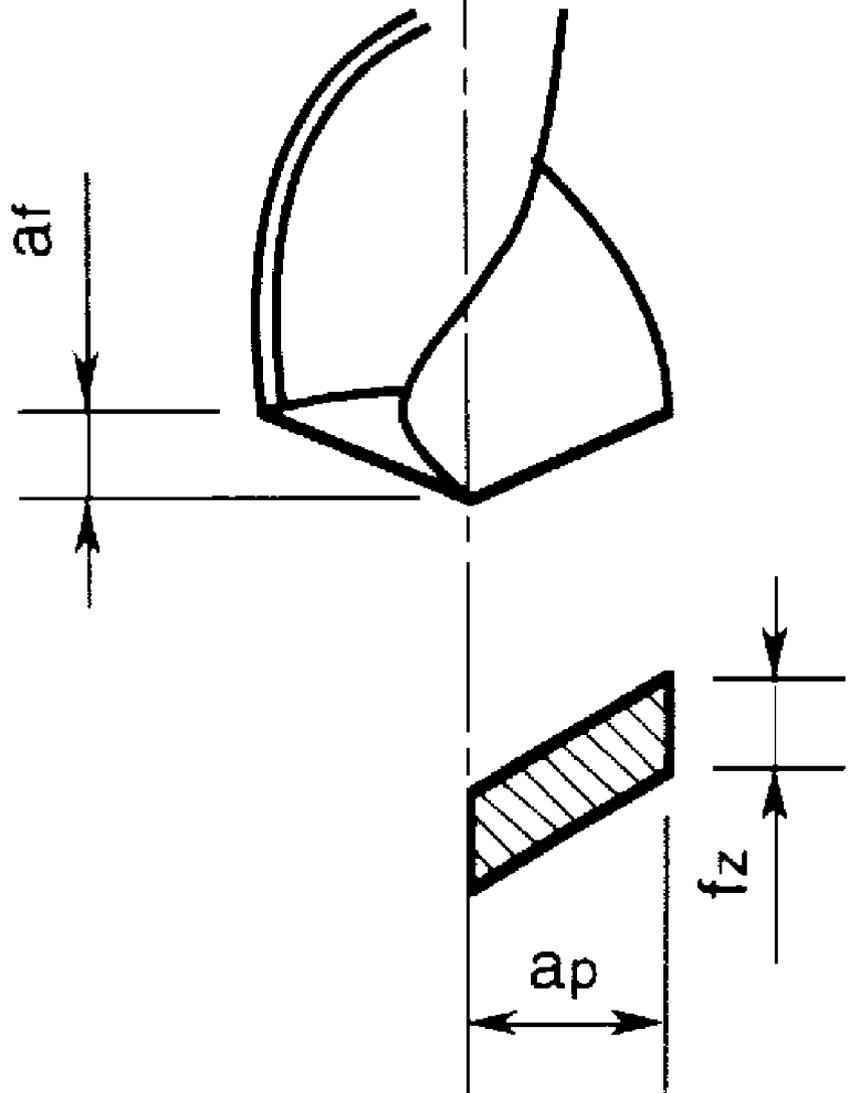
\underline{a}_a : profondeur de passe axiale.

\underline{a}_r : profondeur de passe radiale.

\underline{f}_z : avance par dent.

\underline{Z} : nombre de dents





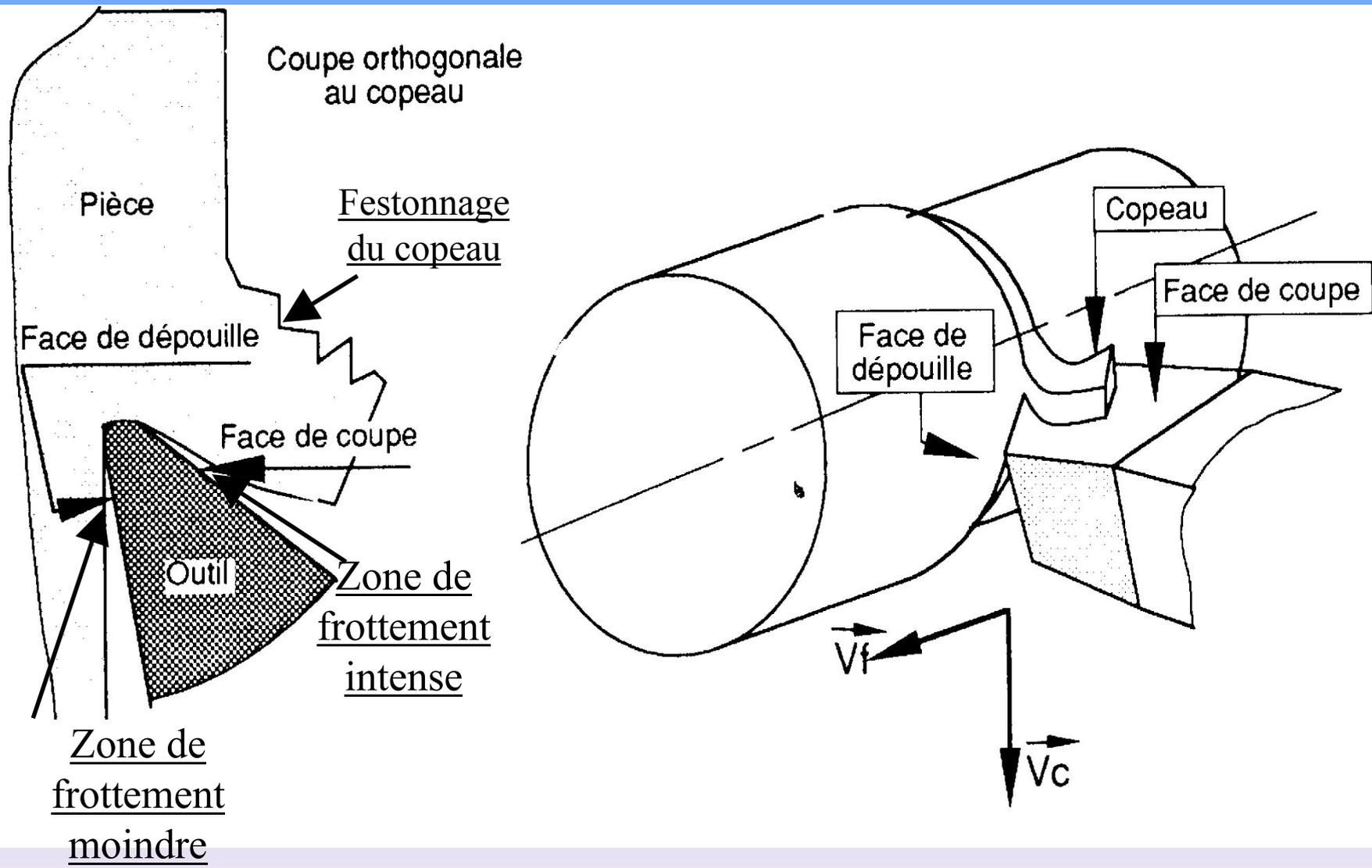
a_f : Engagement d' avance d arête.

a_p : profondeur de passe radiale.

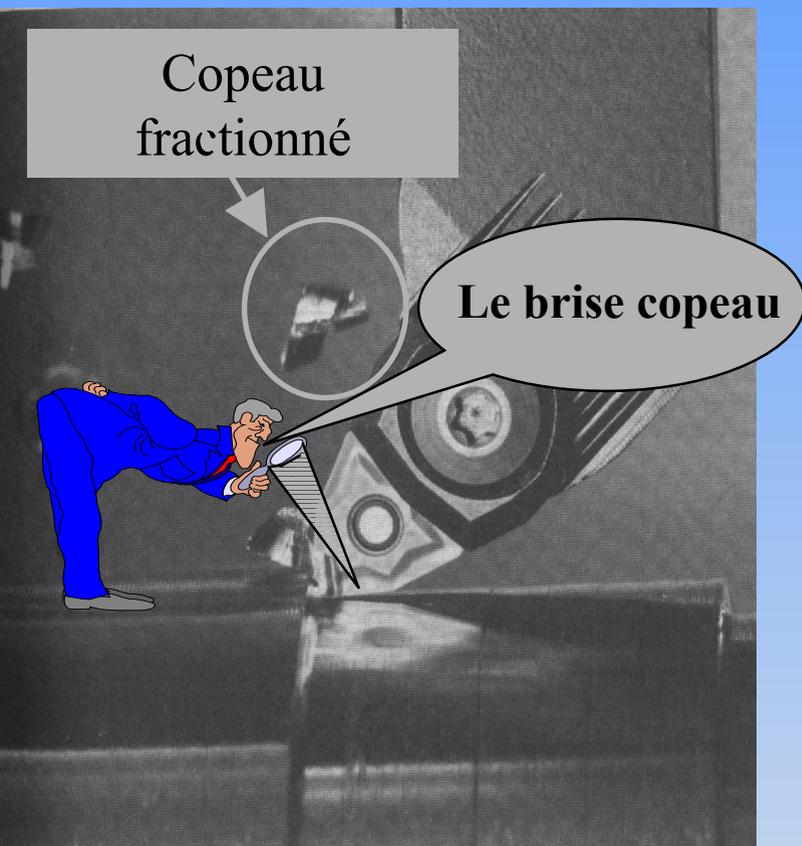
f_z : avance par dent.

Z : nombre de dents

FORMATION DU COPEAU

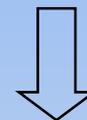


INTERET DU BRISE COPEAU



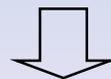
Un copeau fractionné permet de:

- être évacuer facilement et automatiquement.
- ne pas rayer la pièce comme les copeaux filant.
- diminuer l'usure de l'outil.



LE BRISE-COPEAU

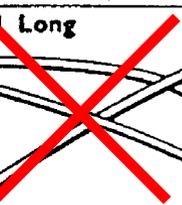
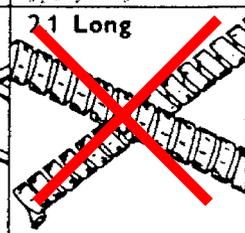
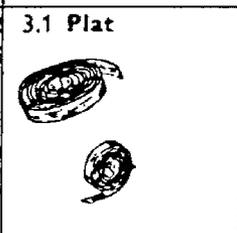
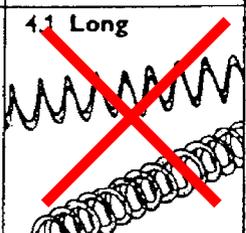
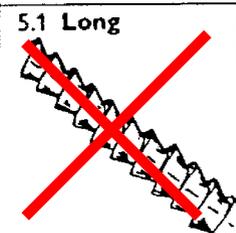
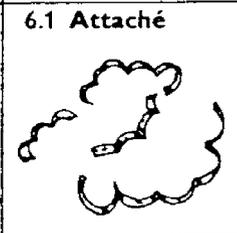
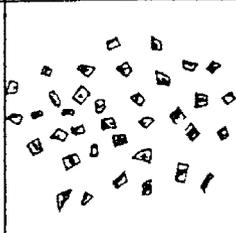
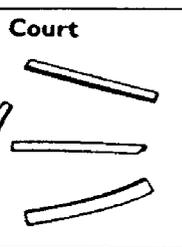
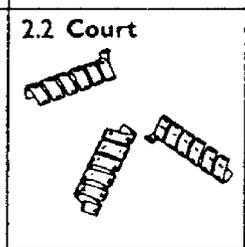
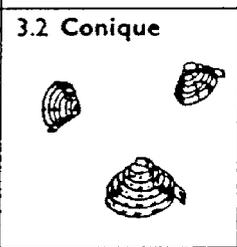
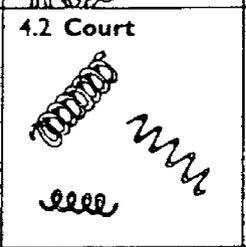
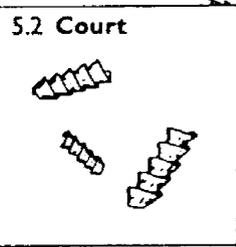
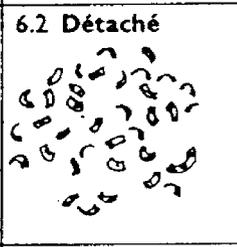
Malheureusement le brise-copeau n'a qu'un domaine d'efficacité relativement restreint



Il existe donc plusieurs types de brise-copeau selon les conditions de coupe souhaitées



MORPHOLOGIE DES COPEAUX

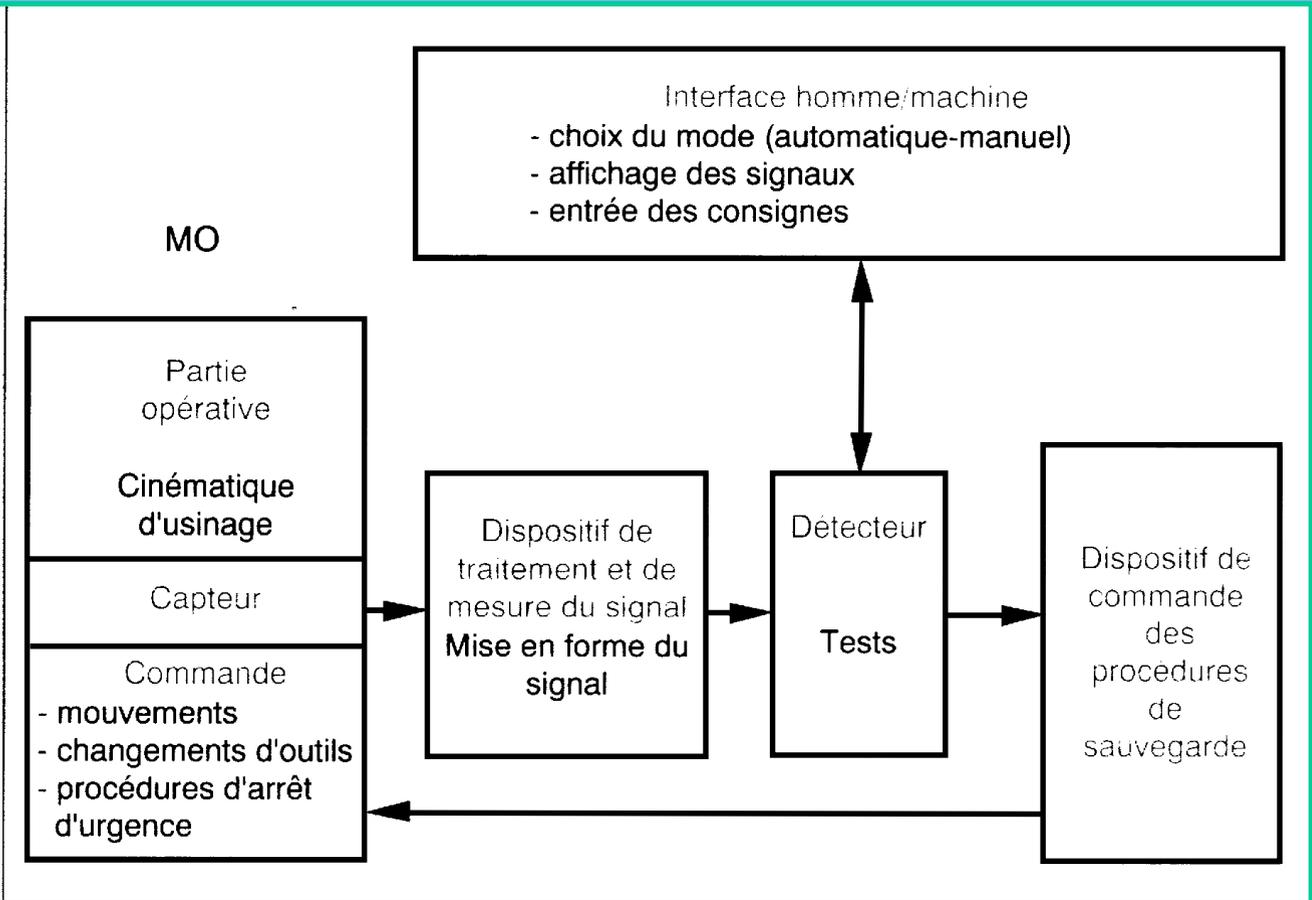
COPEAU RUBAN (*)	2. COPEAU TUBULAIRE (*)	3. COPEAU EN SPIRALE	4. COPEAU HÉLICOÏDAL EN RONDELLE (*)	5. COPEAU HÉLICOÏDAL CONIQUE (*)	6. COPEAU EN ARC (**)	7. COPEAU ÉLÉMENTAIRE	8. COPEAU AIGUILLE
Long 	2.1 Long 	3.1 Plat 	4.1 Long 	5.1 Long 	6.1 Attaché 		
Court 	2.2 Court 	3.2 Conique 	4.2 Court 	5.2 Court 	6.2 Détaché 		
Enchevêtré 	2.3 Enchevêtré 		4.3 Enchevêtré 	5.3 Enchevêtré 			



OUTILS DE COUPE

(SAO) 2/3

Chaîne de détection (schéma)



OUTILS DE COUPE

(SAO) 3/3

Méthodes de détection:

- directe : mesure directe de l 'usure.
- indirecte : mesure d 'un paramètre lié à l 'usure.

Mesure directe

- Palpage mécanique.
- Mesure optique.
- Radioactivité du fluide de coupe.
- Résistance électrique de la jonction pièce/outil

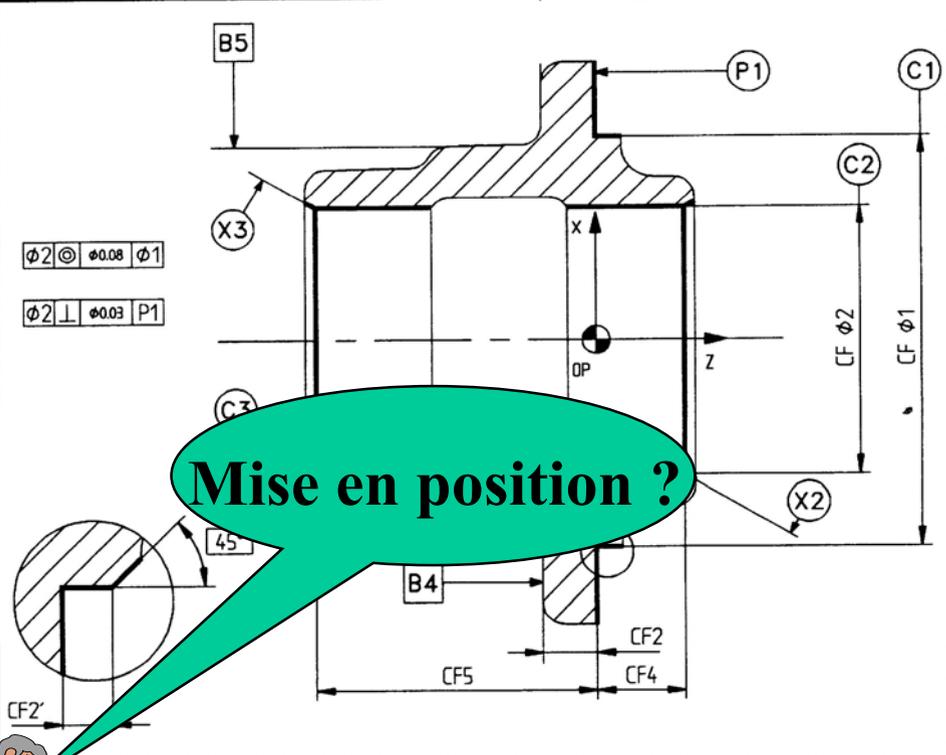
Mesure indirecte

- Dimension des pièces usinées.
- Force de coupe.
- Puissance de coupe.
- Rugosité.
- Température de coupe.



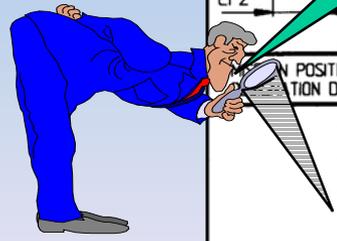
Désignation :

Machine-Outil :



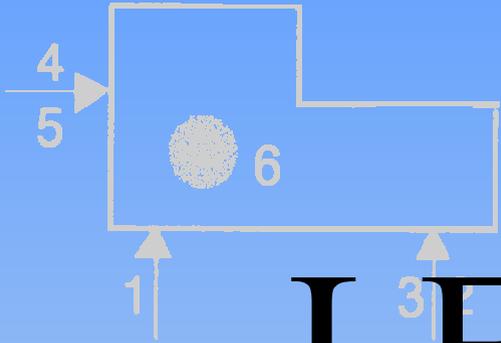
$\phi 2 \text{ } \textcircled{\text{M}}$ $\phi 0.08$ $\phi 1$
 $\phi 2 \text{ } \perp$ $\phi 0.03$ P1

Mise en position ?

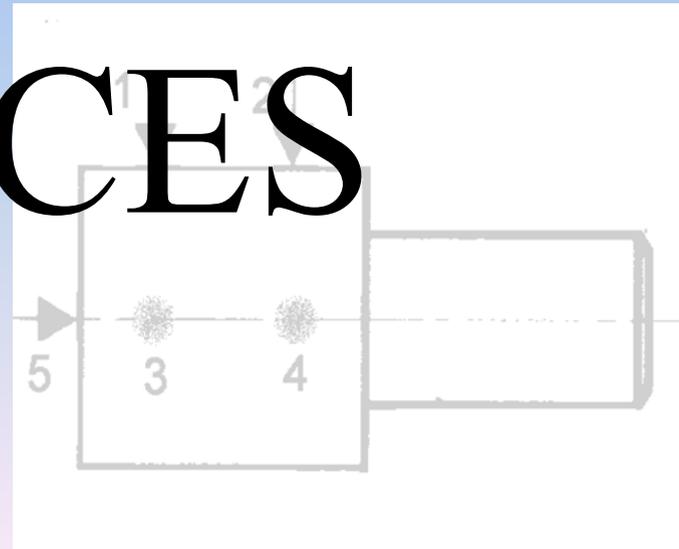


MISE EN POSITION ET SÉQUENCIALISATION DES OPERATIONS	PORTE-PIECE ET OUTILS DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	tc* min	ti* min

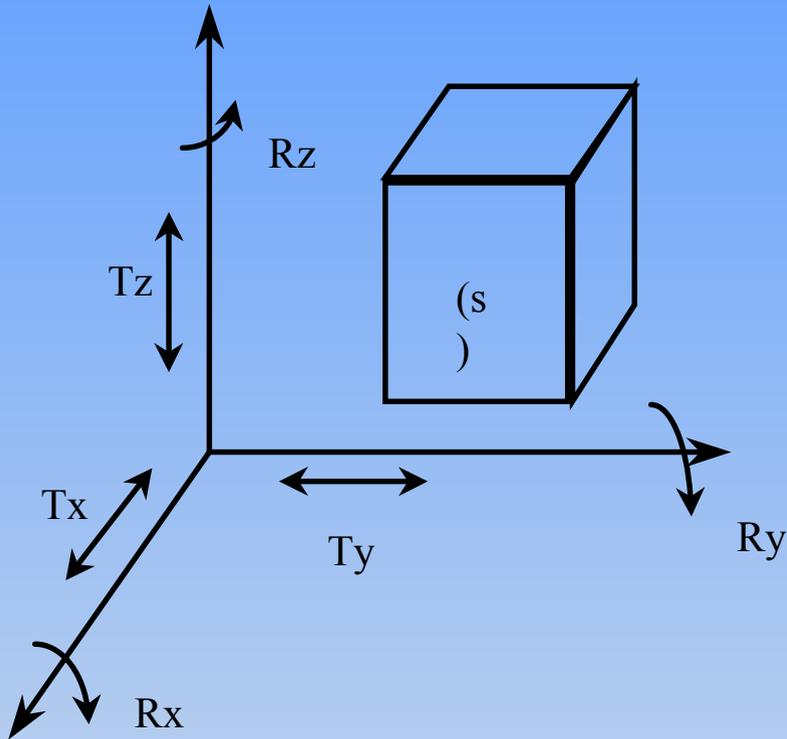




LE POSAGE ISOSTATIQUE DES PIÈCES



ISOSTATISME



- Un solide dans l'espace a **6 degrés de liberté**:

- **3 translations**: T_x , T_y , T_z .
- **3 rotations**: R_x , R_y , R_z .

- Pour réaliser la mise en position (MIP) d'une pièce sur une machine, il faut **choisir 6 normales d'appui** pour éliminer les mouvements possibles.

- Ces **normales** doivent être choisies afin de :

- **ne pas être redondantes.**
(hyperstatisme !)

- **permettre l'usinage.**
(accessibilité et tolérance géométrique)

- être **facilement réalisables.**

- réaliser un **posage fiable** et répétable.



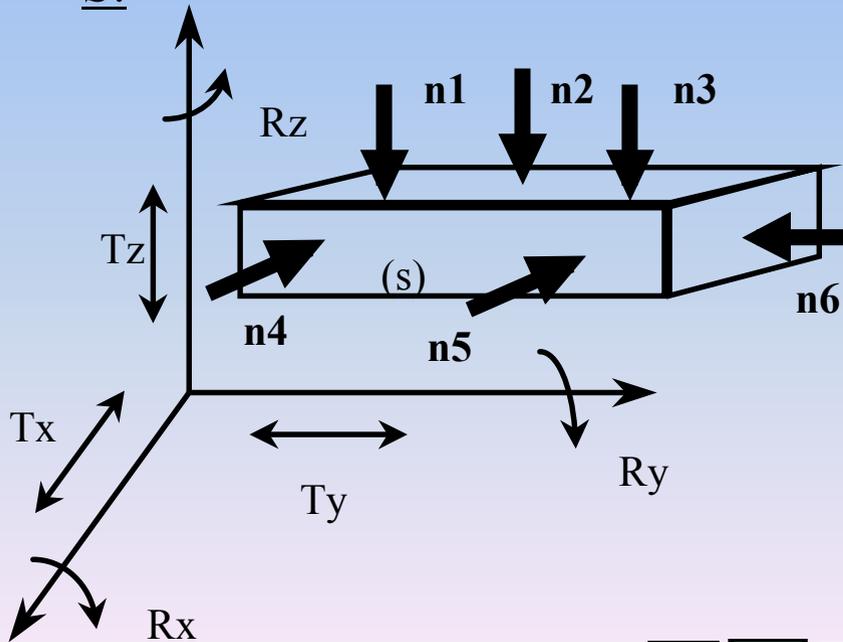
SYMBOLE ET EXEMPLE

- D'après la norme NFE -04-013 le symbole de représentation d'une normale de contact est:



- Exemple d'élimination des 6 degrés de liberté d'un solide

S:

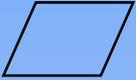
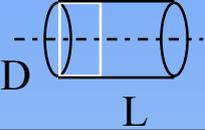
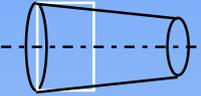
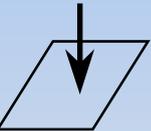
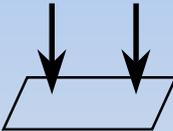
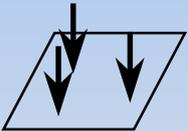
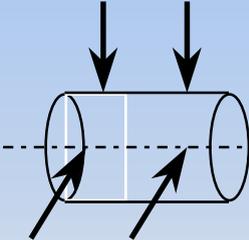
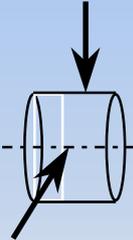
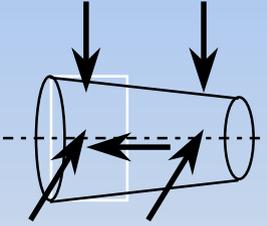
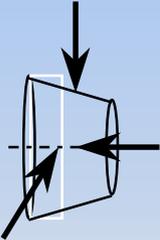


Normales	Degrés de liaison	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz
n1 n2 n3	3			*	*	*	
n4 n5	2	*					*
n6	1		*				
Total	6	*	*	*	*	*	*



LIAISONS ELEMENTAIRES

Liste des principaux types de posages

SURFACE PLANE 			SURFACE CYLINDRIQUE 		SURFACE CONIQUE 	
Petite	Moyenne	Grande	Longue ($L > 1.5D$)	Courte ($L < D$)	longue ($L > 1.5D$)	courte ($L < D$)
une normale	2	3	4	2	5	3
						
appui ponctuel	appui linéique	appui plan	centrage long	centrage court	emmanchement conique long	emmanchement conique court



POSAGES CLASSIQUES

<u>schématisation de la mise en position</u>	<u>Positionnement isostatique</u>	<u>Schématisation de la mise en position</u>	<u>Positionnement isostatique</u>
	<p>1-2-3 liaison plane 4-5 liaison rectiligne 6 liaison ponctuelle</p>		<p>1-2-3 liaison plane 4-5 Liaison annulaire</p>
	<p>1-2-3 liaison plane 4-5 liaison annulaire 6 liaison ponctuelle</p>		<p>1-2-3-4 pivot glissant 5 ponctuelle</p>



DEFINITION

TERMES	DEFINITIONS	
Appui direct	La surface de la pièce que est en appui avec le porte-pièce est la référence de la cote fabriquée à réaliser suivant la mobilité concernée.	
Appui indirect	La surface de la pièce qui est en appui avec le porte-pièce n'est pas le référence de la fabriquée à réaliser.	
Référentiel pièce	Ensemble des surface de la pièce qui sont en appui avec le porte-pièce. Ici, il s'agit des surfaces : B = appui plan C = centrage court	



METHODE DE CHOIX D 'UN POSAGE

ISOSTATIQUE 1/4

Données



Besoin



Analyse



Résultat

- Dessin de définition de produit fini (avec repère direct O, x, y, z).
- Projet d'étude de fabrication retenu.

Mettre en place une solution d'appui de la pièce par phase ou sous-phase.

Pour la phase ou sous-phase considérée :

- 1 - Tracer le graphe de cotation relatif à la réalisation des surfaces usinées et faire l'inventaire des mobilités correspondantes à chaque spécification.
- 2 - Remplir le tableau d'analyse des surfaces "référence de la cotation".
- 3 - Classer les spécifications en prenant comme critère de classement la précision des spécifications à travers la valeur limite des mobilités associées.
- 4 - Prendre en compte d'autres critères de classement, à savoir :
 - référentiel direct,
 - étendue des surfaces,
 - accessibilité,
 - possibilités de serrage,
 - position des appuis par rapport à la direction des efforts de coupe...
- 5 - Choisir le référentiel de mise en position de la pièce (référentiel pièce : R_p)
- 6 - Mise en place du référentiel de mise en position sur le croquis de phase ou de sous-phase.

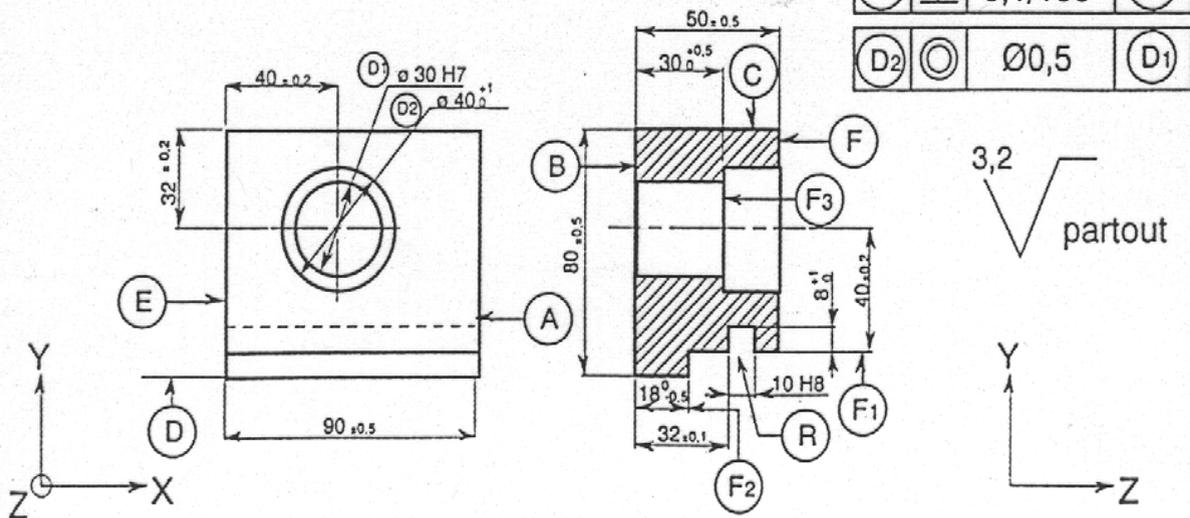


METHODE DE CHOIX D'UN POSAGE

ISOSTATIQUE 2/4

Données

Dessin de définition de produit fini



Projet d'étude de fabrication

Phase 10	Contrôle du brut A,B,C,D,E,F déjà usinées
Phase 20	Réalisation de D1; D2; F3
Phase 30	Réalisation de F1; F2
Phase 40	Réalisation de R

METHODE DE CHOIX D 'UN POSAGE

ISOSTATIQUE 3/4

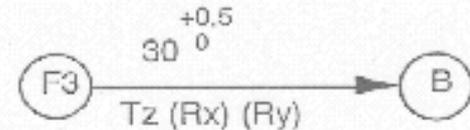
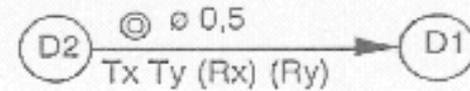
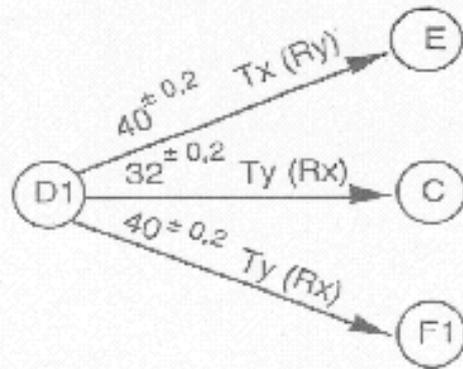
Analyse et résultat

MISE EN POSITION ISOSTATIQUE

Phase : 20 **TOURNAGE**

Surfaces réalisées : (D1) (D2) (F3)

1 - Graphe de cotation et inventaire des mobilités correspondantes



2 - Tableau d'analyse des surfaces "référence de la cotation"

Surfaces analysées	La surface est elle disponible ?	Type de surface	Nombre de normales maximum admissibles	Mobilités maîtrisées
(E)	oui	Plan	3	Tx (Ry) (Rz)
(C)	oui	Plan	3	Ty (Rx) (Rz)
(F1)	non	Plan	3	Ty (Rx) (Rz)
(D1)	non	Plan	3	Tx (Ry) (Rz)
(B)	oui	Plan	3	Tz (Rx) (Ry)



METHODE DE CHOIX D 'UN POSAGE

ISOSTATIQUE 4/4

3 - Analyse des spécifications (critères précision/mobilités)

(E) $40^{-0,2}$ $Ry = 0^\circ \pm \alpha$ avec $\tan \alpha = \frac{0,4}{30} = 1,33\%$
 (C) $32^{-0,2}$ $Rx = 0^\circ \pm \beta$ avec $\tan \beta = \frac{0,4}{30} = 1,33\%$
 (B) $30^{+0,5}$ $Rx = 0^\circ \pm \lambda$ avec $\tan \lambda = \frac{0,5}{40} = 1,25\%$
 $Ry = 0^\circ \pm \delta$ avec $\tan \delta = \frac{0,5}{40} = 1,25\%$

Le classement est donc (B) puis (C) ou (E).

4 - Autres critères de décision

- Référentiel direct : appui sur (B) pour respecter $30^{+0,5}$
 appui sur (C) pour respecter $32^{-0,2}$
 appui sur (E) pour respecter $40^{-0,2}$
 - Stabilité d'appui : (B) a une étendue supérieure à ce
 de (C) et (E)
 - Opposition aux efforts de coupe : (B) puis (C) et (E)
- Le classement est donc (B) puis (C) ou (E).

5 - Choix définitif (référentiel pièce)

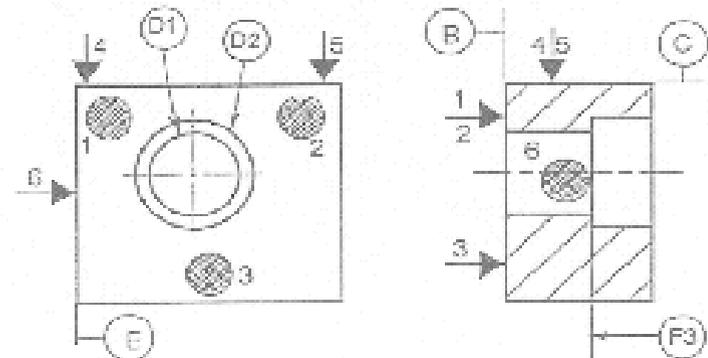
Appui plan sur (B)

Linéaire rectiligne sur (C)

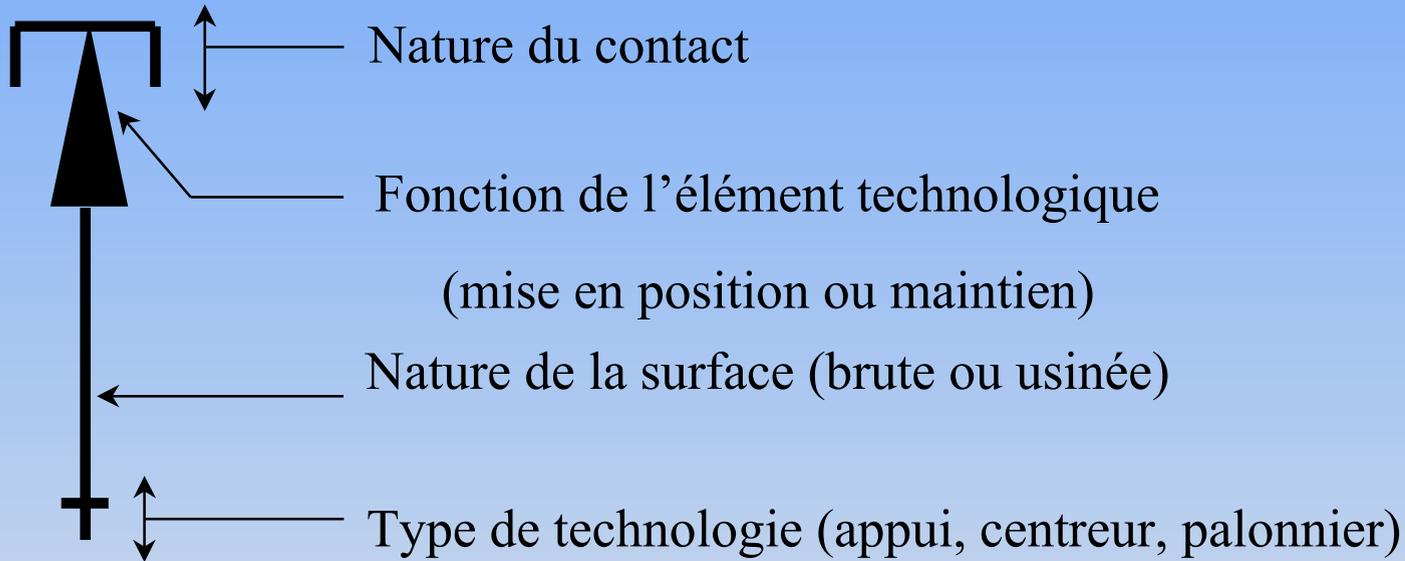
Ponctuel sur (E)

Note : Les surfaces (C) et (E) jouent le même rôle, elles peuvent donc s'intervertir au niveau du choix adopté.

6 - Résultat



SYMBOLISATION TECHNOLOGIQUE DES POSAGES 1/2



Fonction	Symbole	Projection
Maintien en position poupée part de cotation		
Maintien en position poupée positionnement rotation		

Nature de technologie	Exemples	
Pointe fixe		
Pointe fixe		
Système à serrage		
Système à serrage centrique		
Système de soutien réversible		
Système de soutien réversible		
Système de serrage réversible		

Nature du contact	Symbole	Nature du contact	Symbole
Contact déagagé		contact déagagé	
Contact ponctuel		cuvette	
Contact surfacique		vé	
Pointe fixe		orienteur	
Pointe tournante		palonnier	

Nature de la surface	Symbole	
Surface usinée		
Surface brute		

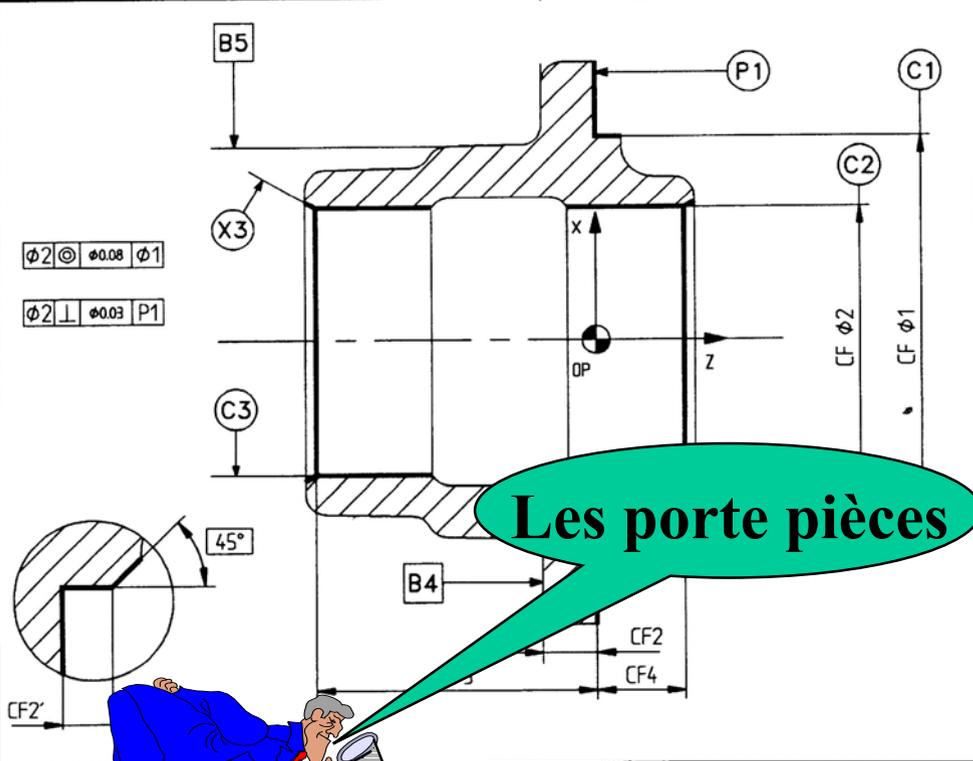
Dispositif et fonction	Symbole
Contact surfacique fixe de départ de cote sur une surface usinée	
Mors striés à serrage concentrique flottant utilisés comme entraîneurs sur une surface brute	
Contact ponctuel fixe de départ de cote sur une surface brute	
Contact déagagé fixe de départ de cote sur une surface brute	
Cuvette de départ de cote sur une surface usinée	
Pointe fixe de départ de cote sur une surface usinée	
Pointe tournante de poupée mobile de maintien en position	
Palonnier de bridage possédant des mors striés, sur une surface brute	
Vé fixe de départ de cote sur une surface usinée	
Orienteur de départ de cote angulaire à contacts ponctuels sur une surface usinée	

SYMBOLISATION TECHNOLOGIQUE DES POSAGES 2/



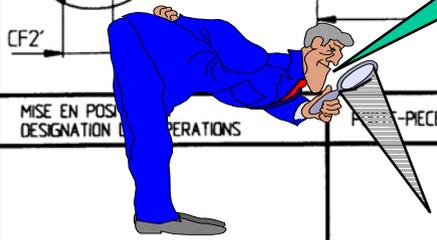
Désignation :

Machine-Outil :



MISE EN POSI DESIGNATION	OPERATIONS	PIECE ET OUTILS DE COUPE	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	tc* min	ti* min
-----------------------------	------------	--------------------------	-------------	-------------	--------------------	--------------	------------	------------

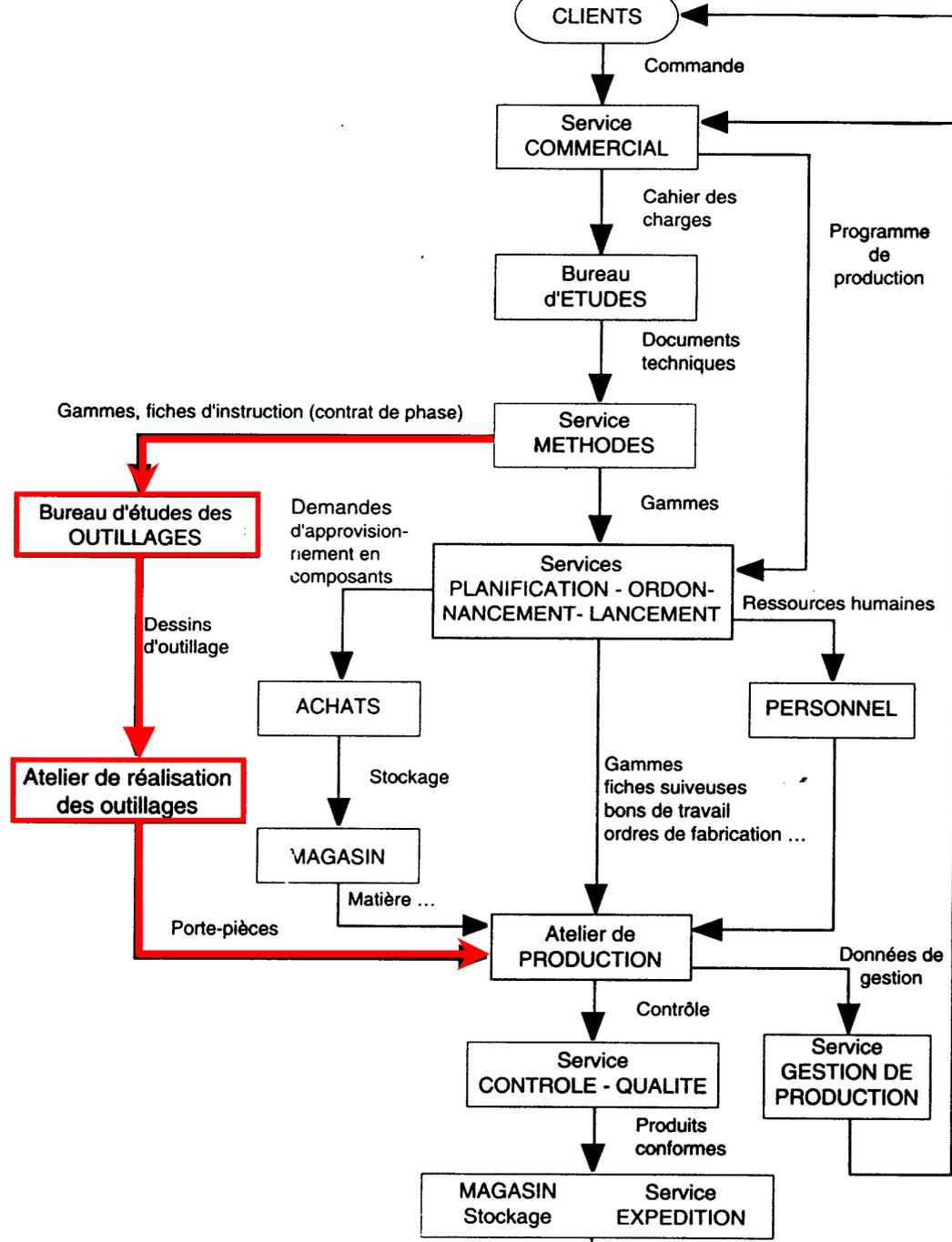
--	--	--	--	--	--	--	--	--



Les porte pièces

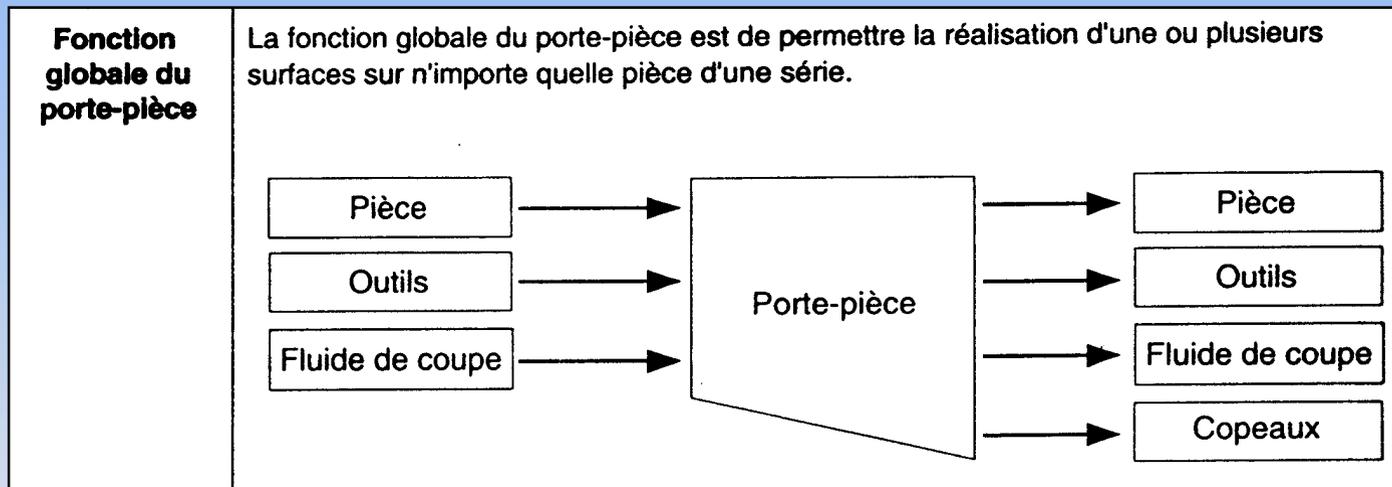
LES PORTES-PIECES

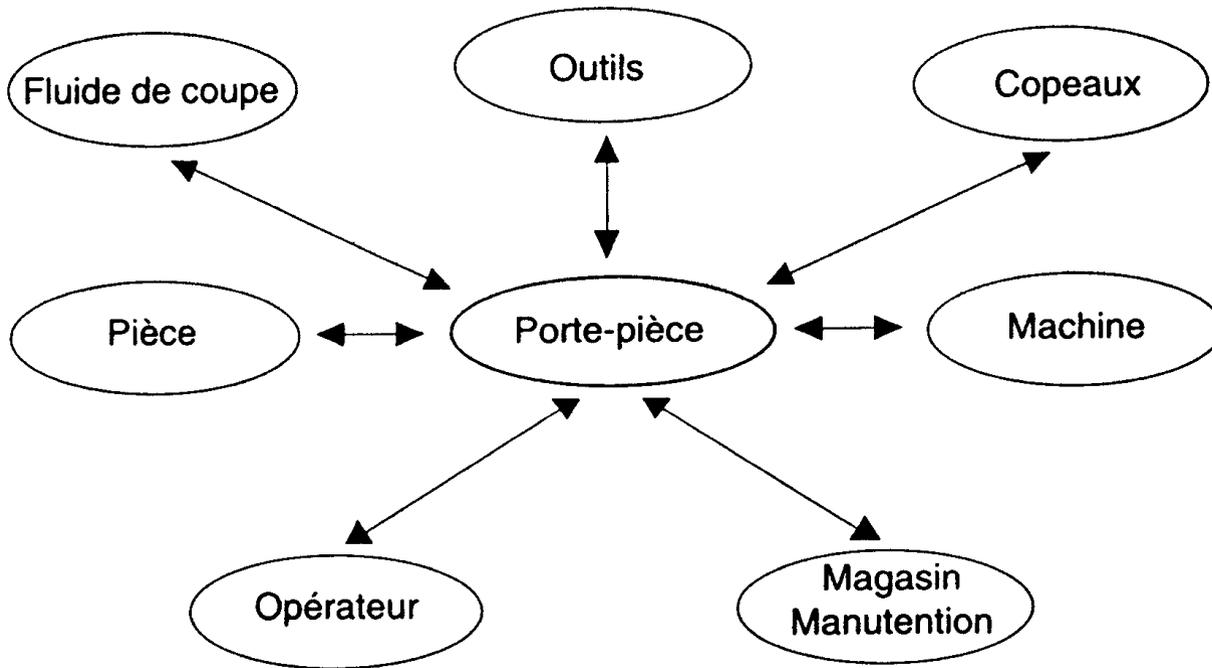




Nécessité d'un porte-pièce

Il est nécessaire d'adapter la machine-outil aux différentes formes géométriques des pièces. Pour réaliser cette adaptation il faut placer un appareillage entre la machine et la pièce: le porte-pièce.

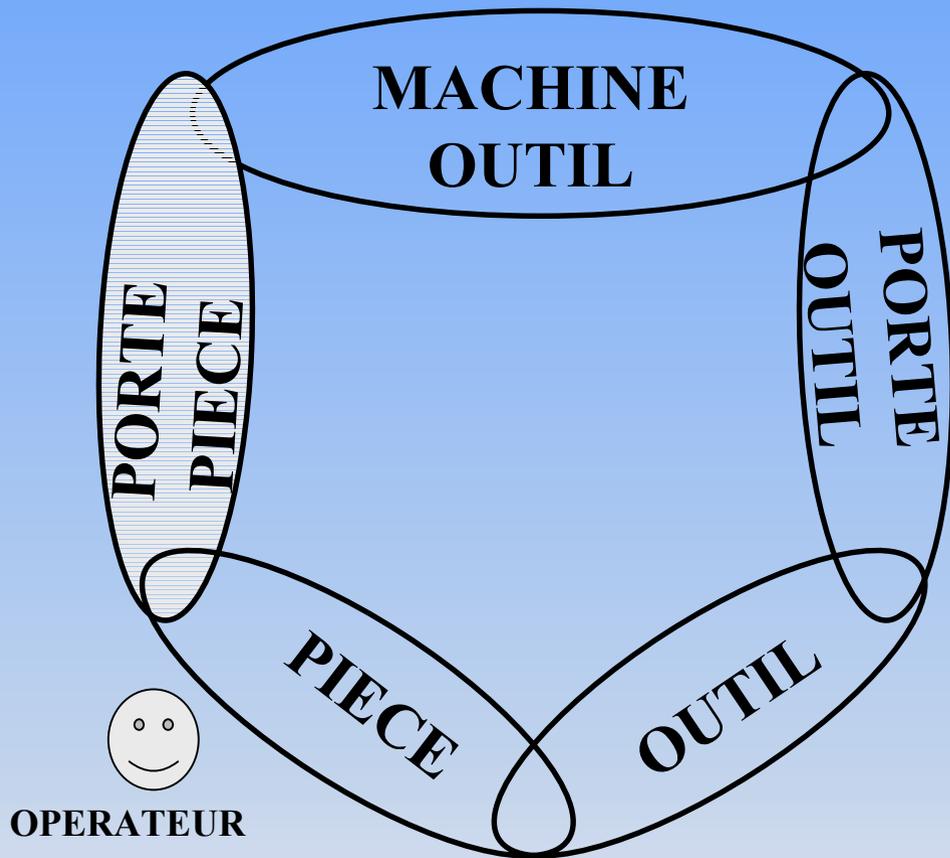




	(F1)	Réaliser la "même" mise en position isostatique de toutes les pièces
Machine	(F4)	Assurer son installation rapide, fiable et fidèle sur la machine.
	(F5)	Assurer son maintien en position sur la machine.
	:	
	(F6)	Faciliter la mise en place et l'extraction de la pièce (détrompeur ...).
	:	

LE PORTE-PIECE DANS LA CHAÎNE

CINEMATIQUE

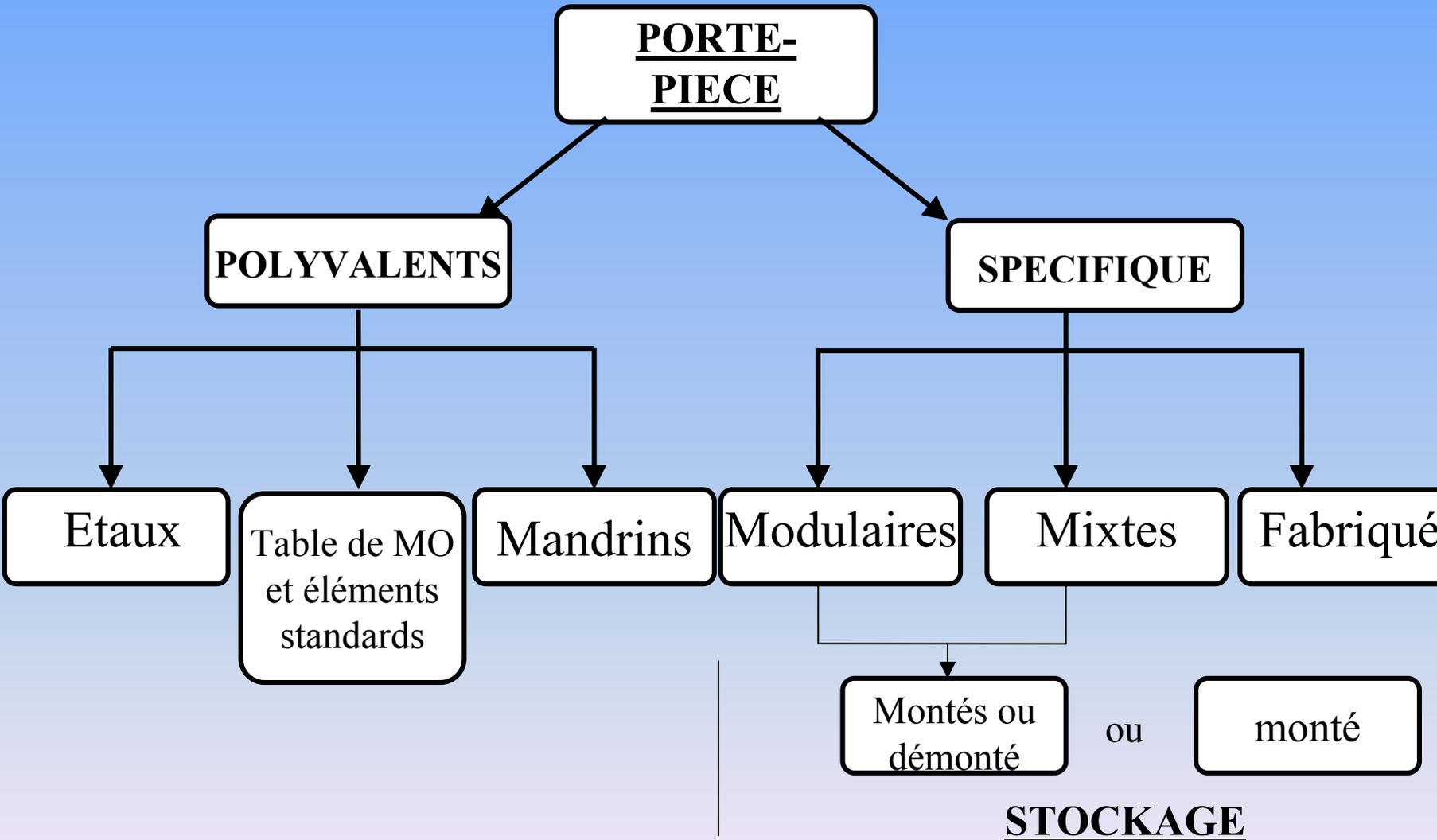


FONCTIONS

- **Recevoir la pièce** en respectant la mise en position définie dans le contrat de phase prévisionnel.
- **Maintenir la pièce** en garantissant la permanence du positionnement isostatique quels que soient les efforts de coupe et les déformations éventuelle de la pièce.
- **S'adapter à la M.O. choisie et aux outils utilisés.**
 - s'adapter facilement sur la machine.
 - éviter les interférence avec les outils.
- **Garantir la précision du positionnement dans le temps et la sécurité de l'opérateur.**
 - dimensionnement et matériaux adaptés.
 - règle de base de l'ergonomie.



LES DIFFERENTS TYPES DE PORTE-PIECES

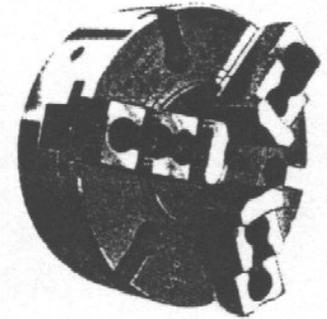


Porte-pièce standard

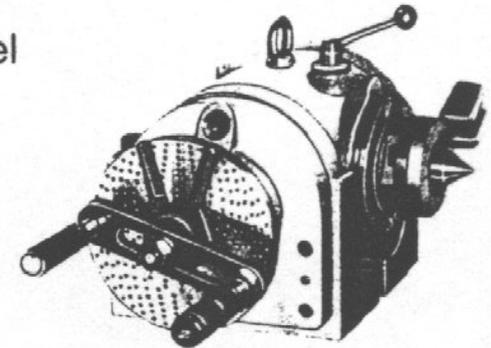
Spécifique à chaque machine-outil, il convient pour le travail unitaire et pour un travail sériel en lots uniques. Il équipe aussi bien les machines-outils conventionnelles que les machines-outils à commande numérique. Il est généralement polyvalent.

Exemples : étau; mandrin; diviseur universel; plateau magnétique ...

Mandrin



Diviseur
universel



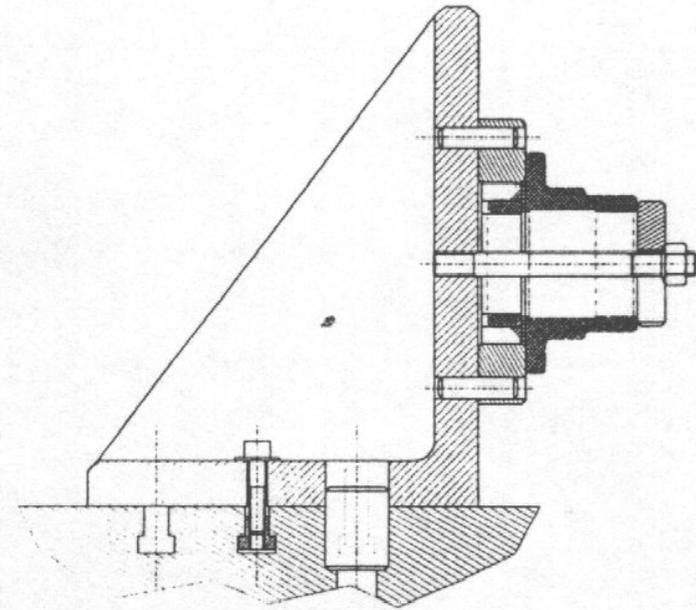
**Porte-pièce
dédié
spécifique**

Spécifique généralement à une suite d'opérations d'une sous-phase ou d'une phase.

Il convient pour les fabrications de moyennes et grandes séries répétitives. Ces porte-pièces ont généralement pour éléments de base des ensembles moulés ou mécano-soudés.

Ce porte-pièce aura donc une structure figée dans le temps.

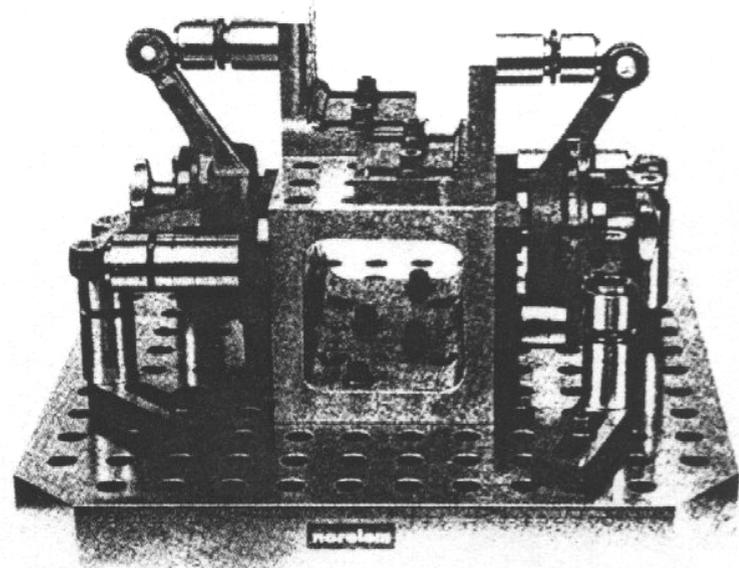
Exemple : montage de fraisage, de tournage, de perçage ...



Porte-pièce dédié modulaire

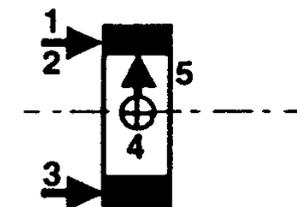
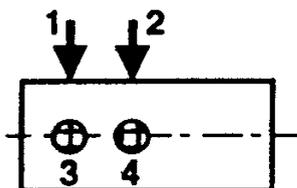
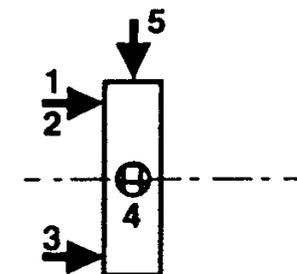
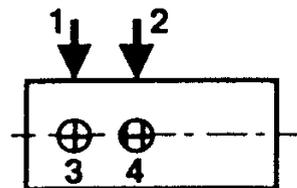
Dédié généralement à une suite d'opérations d'une sous-phase ou d'une phase. Par combinaison d'éléments modulaires tels que plaque, appui, support, etc . Il est possible de réaliser un porte-pièce à structure modulable dans le temps.

Exemple : montage de fraisage, de perçage ...



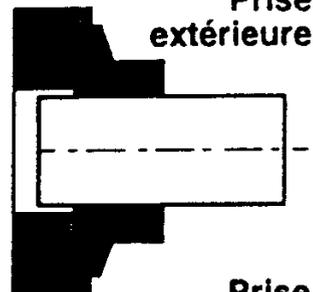
PORTE PIECE STANDART

Mise en position

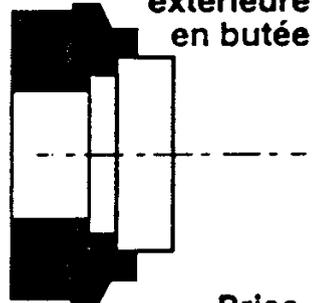


Prises de mors

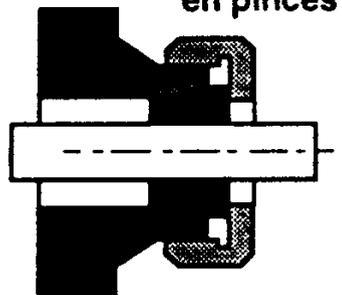
Prise extérieure



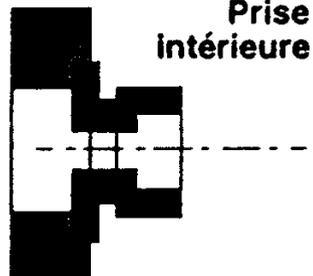
Prise extérieure en butée



Prise en pinces

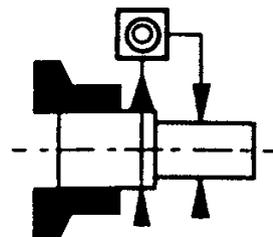


Prise intérieure



Caractéristiques

Défaut de coaxialité par rapport à la surface de prise

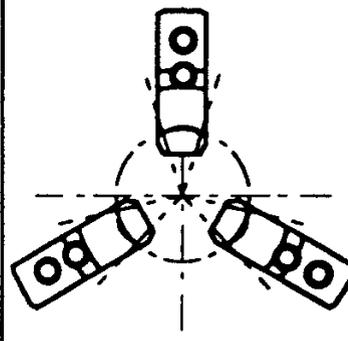


Mors durs : 0,2 à 0,3 mm

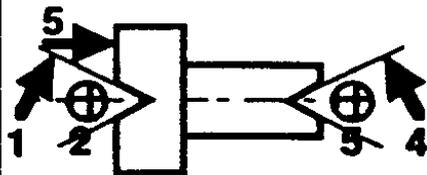
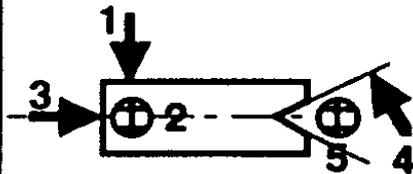
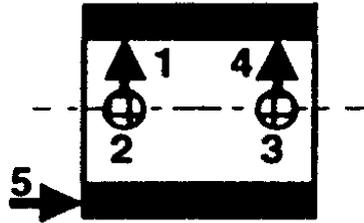
Mors doux : 0,02 à 0,06 mm

Mandrin expansible : 0,01 à 0,03 mm

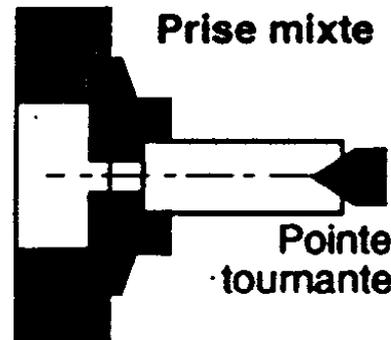
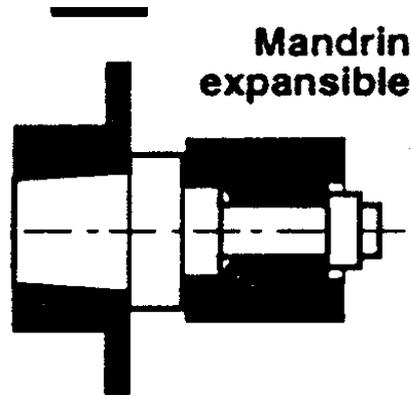
Mors durs à picots vers le centre de la pièce



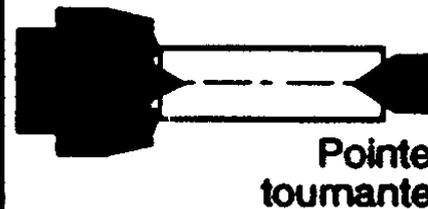
Mise en position



Prises de mors

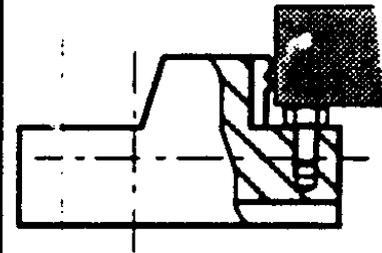


Entre pointes
Pointe à griffes

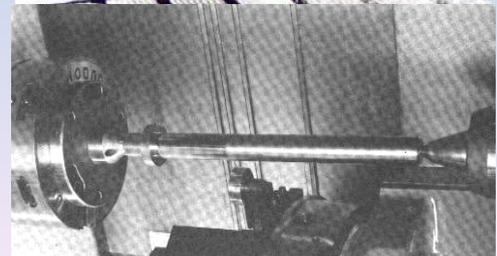
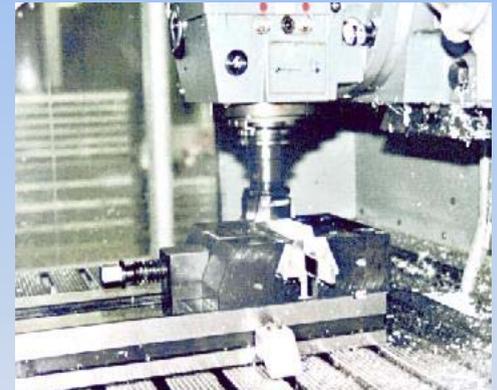
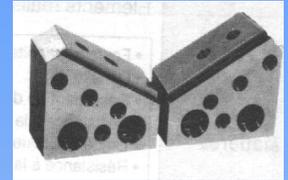
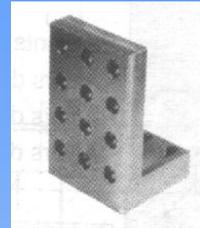
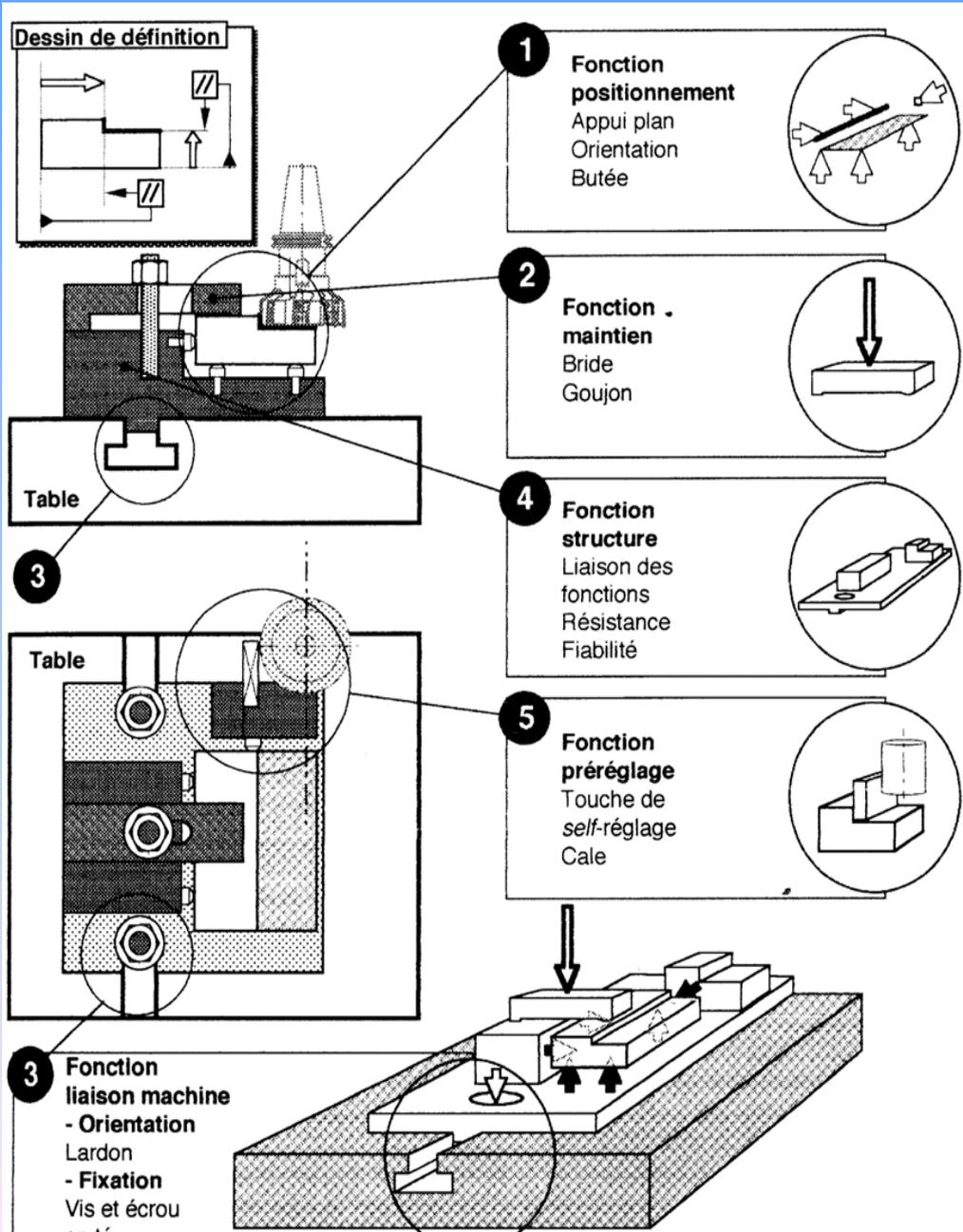


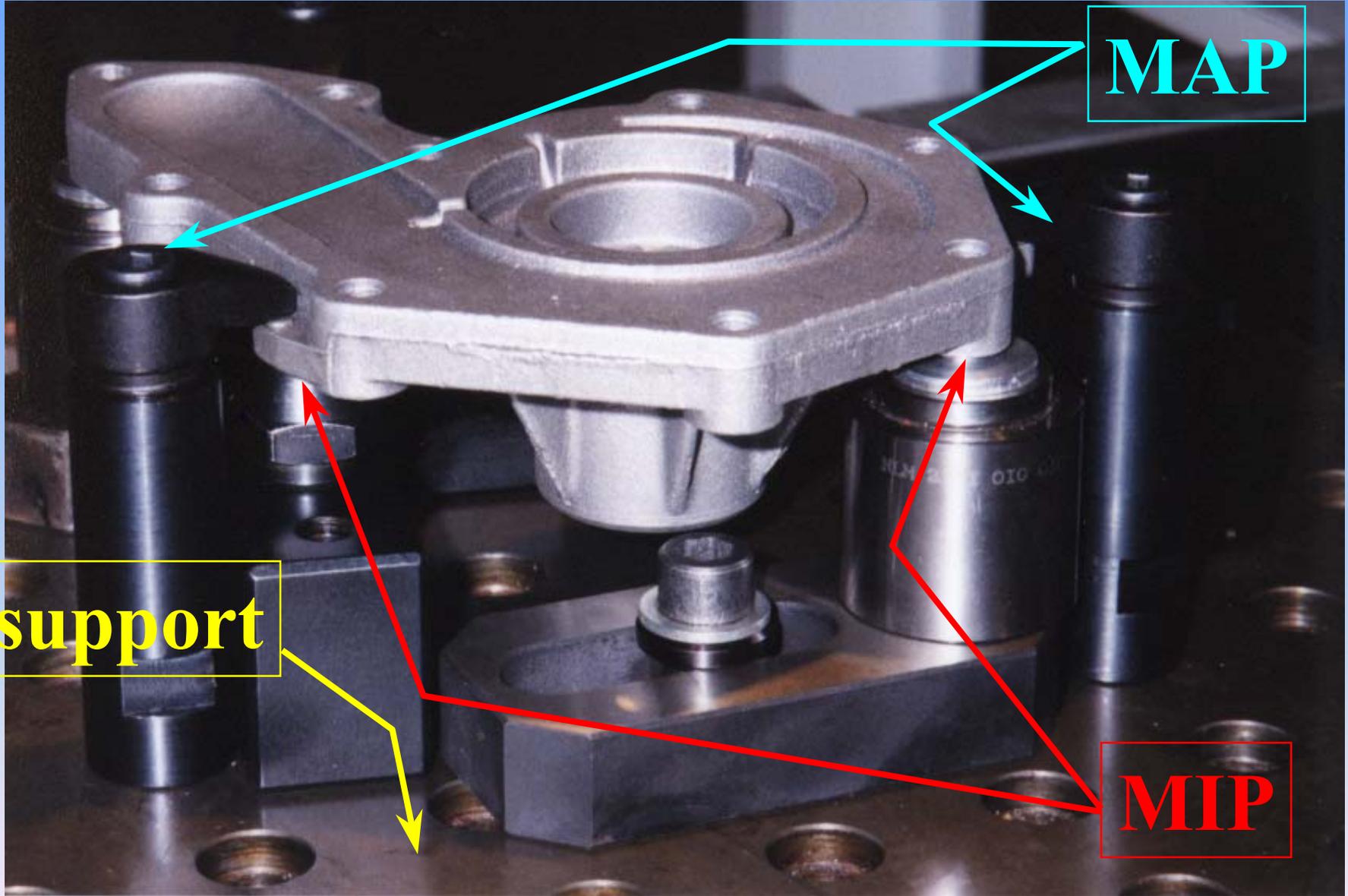
Caractéristiques

Mors à pion de butée interchangeable



FUNCTION DES PORTE-PIECES





MAP

MIP

support

PRIX D'UN FORTE-PIECE

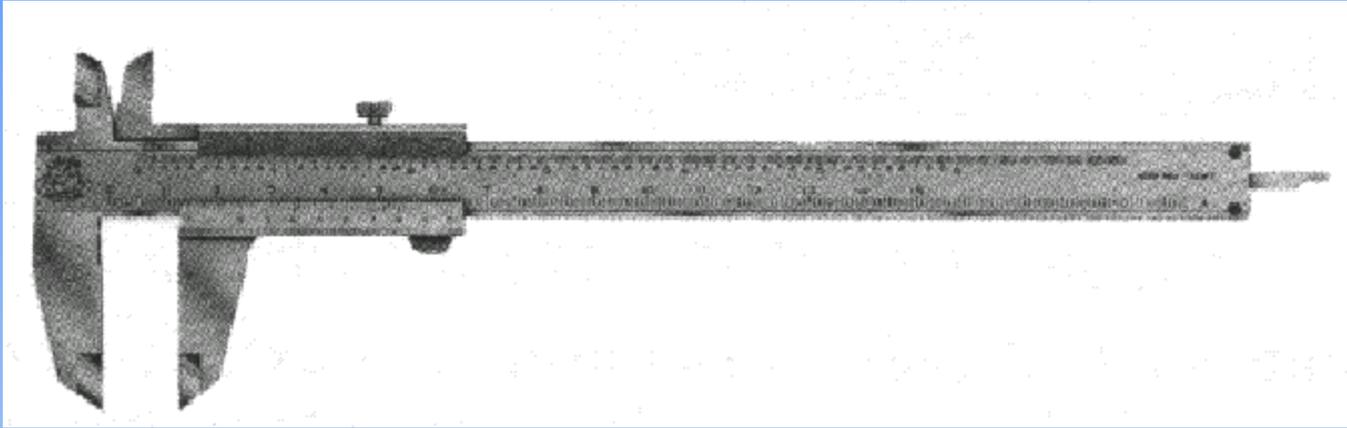
PRIX= 1 500 à 15 000 Euros

Qualité de la remise en position

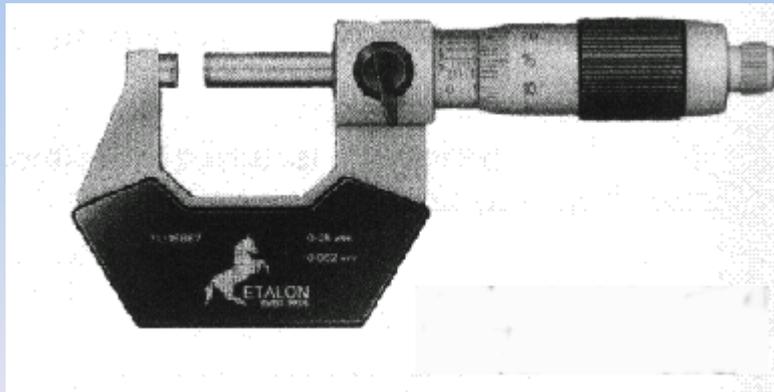
Spécificité du montage







LE CONTROLE



MESURE TRIDIMENSIONNELLE ET GEOMETRIQUE DE PIECES MECANIQUE

1/3

LE MESURAGE

- Ensemble des opérations ayant pour but de **déterminer la valeur d'une grandeur.**
- nécessite un **appareil de mesure** (pied à coulisse, Palmer, colonne de mesure, machine à mesurer ...)
- Seule méthode permettant le **réglage des machine et l'analyse dimensionnelle** d'une pièce.
- méthode lente, délicate (labo de mesure) et donc **onéreuse.**

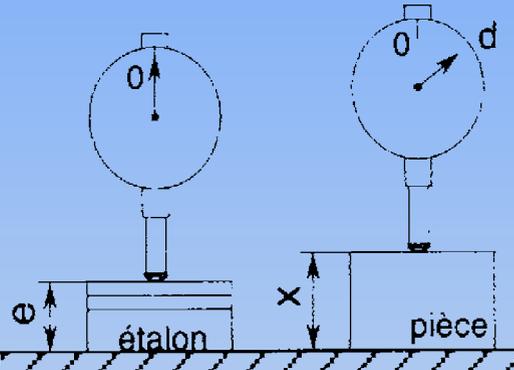
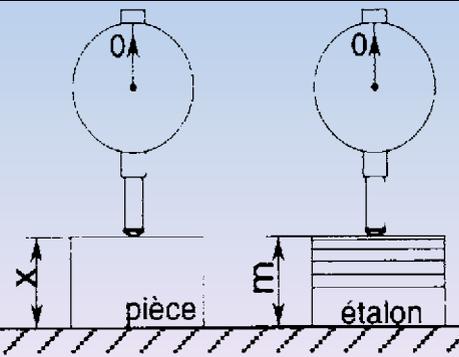
LE CONTROLE

- action de mesurer, examiner, essayer ou de passer au calibre une caractéristique d'une pièce afin de la **comparer aux exigences spécifiées.**
- nécessite uniquement un **appareil de comparaison** et donc sans origine machine (tampon « entre-n'entre pas », comparateur à touche...)
- Cette méthode permet uniquement de vérifier si une géométrie de pièce est comprise **entre les deux limites admissible. ⇒ contrôle de fabrication de série**
- Méthode rapide, facile, **peu chère**



MESURE TRIDIMENSIONNELLE ET GEOMETRIQUE DE PIECES MECANIQUE

2/3

	DEFINITION	EXEMPLES
Méthode de mesure différentielle	<p>Méthode de mesure dans laquelle la grandeur à mesurer est comparée à une grandeur de même nature, de valeur connue, peu différente et dans laquelle la différence (d) entre les deux valeurs est mesurée.</p> <p>$X = e + d$</p>	 <p>Le comparateur indique la différence entre l'étalon et le mesurande.</p>
Méthode de mesure par zéro	<p>Méthode dans laquelle la valeur de la grandeur à mesurer est déterminée par équilibrage en ajustant une ou plusieurs grandeurs à mesurer par une relation connue à l'équilibre .</p> <p>$x = m$</p>	 <p>Le comparateur sert à réaliser une longueur étalon de même valeur que le mesurande.</p>

MESURE TRIDIMENSIONNELLE ET GEOMETRIQUE DE PIECES MECANIQUE

3/3

METROLOGIE TRADITIONNELLE AU MARBRE

- Mesurage généralement **unidirectionnel**.
- Nécessité d'**élément de référence** (marbre, équerre,règle,règle sinus...)
- matériel utilisé: palpeur, comparateur, colonne de mesure, cale étalon...
- nécessité de «**dégauchissage**» ou «balançage».

METRLOGIE TRIDIMENSIONNELLE SUR MMT (MMT: Machine à Mesurer Tridimensionnelle)

- Possibilité de mesurer des **pièces complexes** .
(long et onéreux avec métrologie traditionnelle).
- **3 axes de mesure** perpendiculaires et simultanés.
- L'opérateur dispose d'un ensemble de **surface mathématiques** définies dans un même référentiel et représentant un **modèle théorique de la pièce réelle**.
- La vérification des tolérance géométrique et dimensionnelle se fait par **calcul sur ce modèle théorique**. → **erreur d'approximation**.

CHOIX DE L'INCERTITUDE DE MESURE 1/4

Chaque appareil de contrôle possède son incertitude de mesure I_a

- conception
- qualité
- usure
- environnement

Il faut donc adapter l'appareil de contrôle à la tolérance spécifiée t
de la cote à vérifier

La norme NF E 11 000 donne $I_a < t/8$

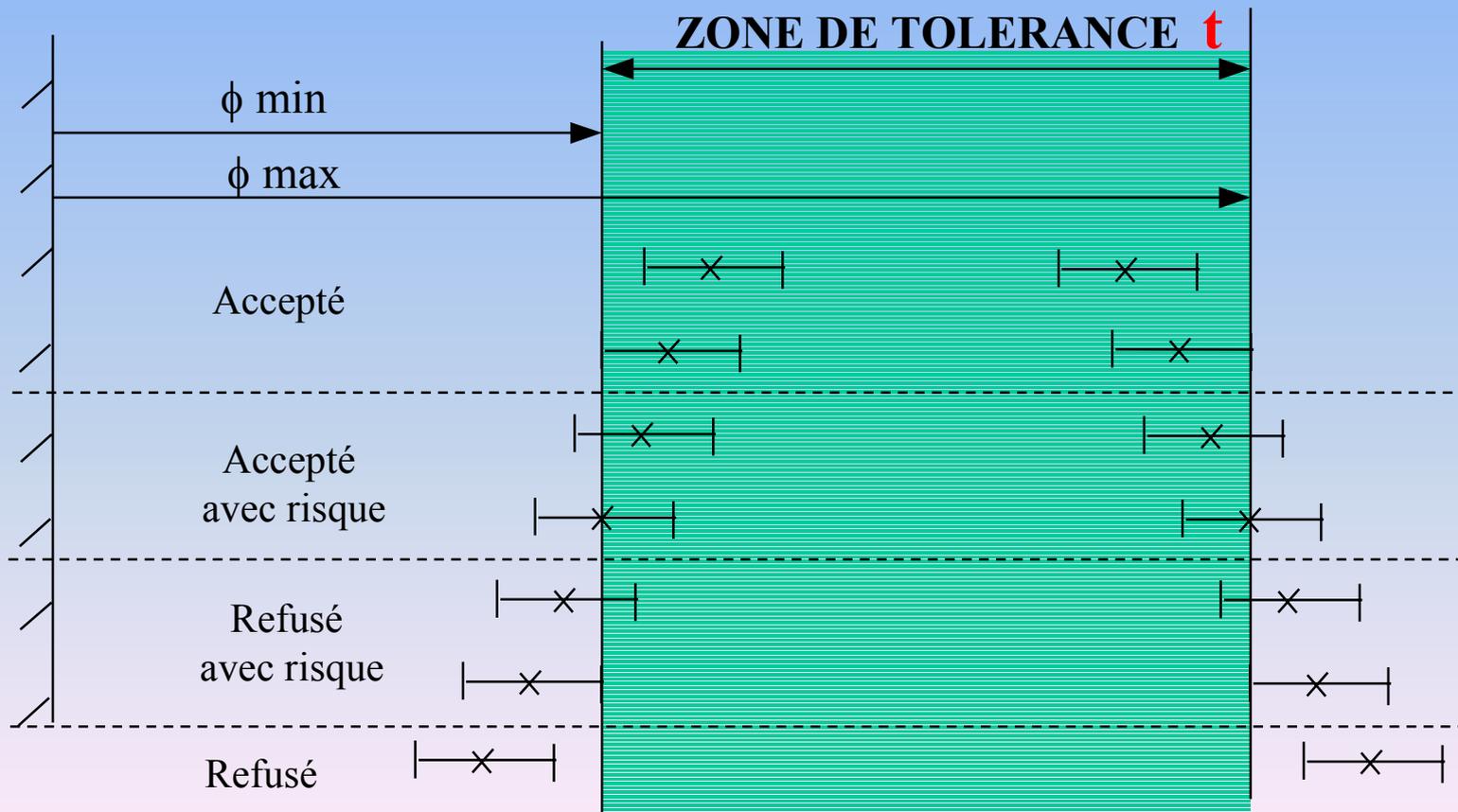
Rq: Pour le IT très serrés, on peut admettre $I_a = t/2$

CHOIX DE L'INCERTITUDE DE MESURE 2/4

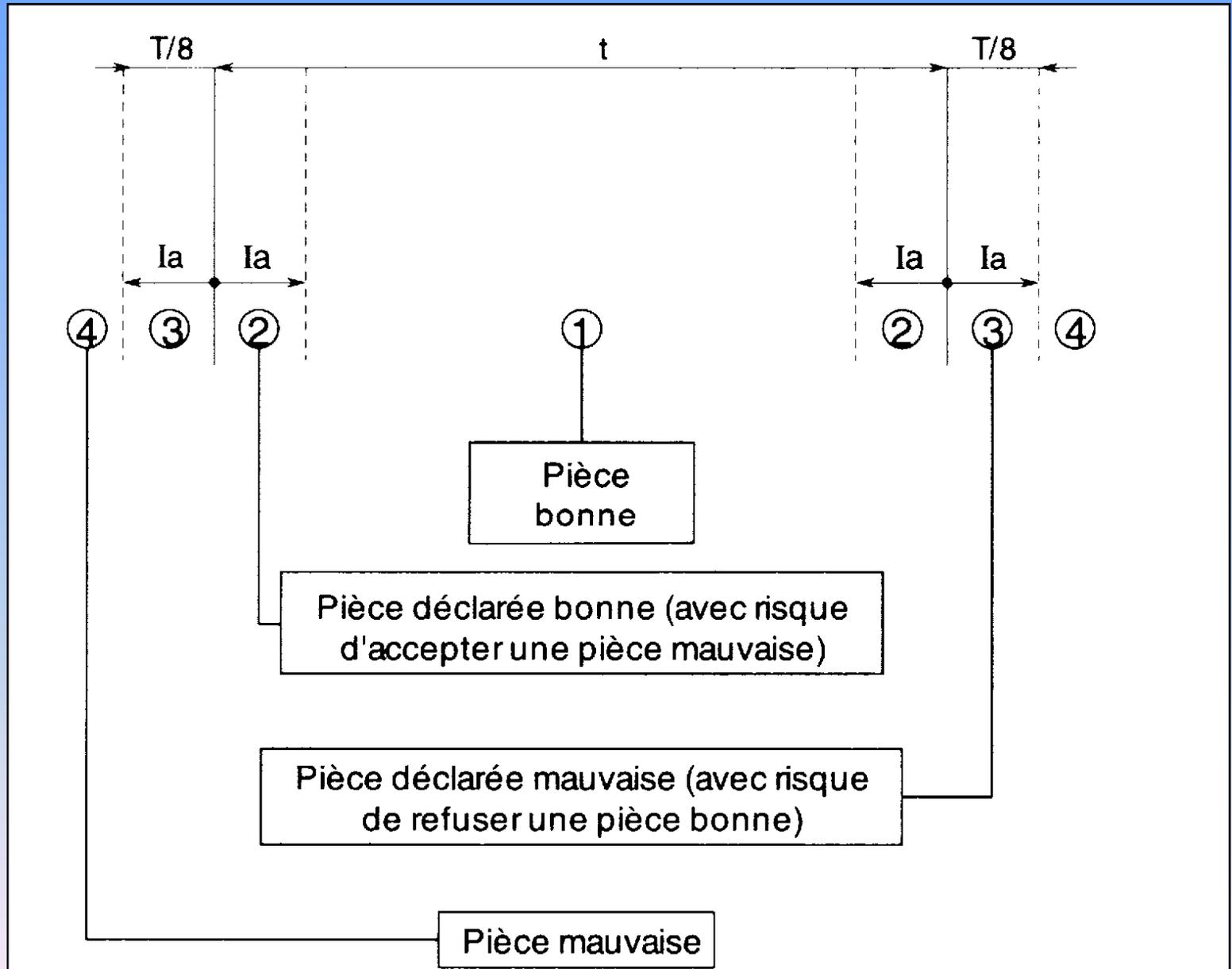
Incertitude de mesure **2 Ia**



Valeur mesurée



CHOIX DE L'INCERTITUDE DE MESURE 3/4



CHOIX DE L'INCERTITUDE DE MESURE 4/4

Soit à vérifier un arbre de diamètre 29 h 9.

Le tableau donne:

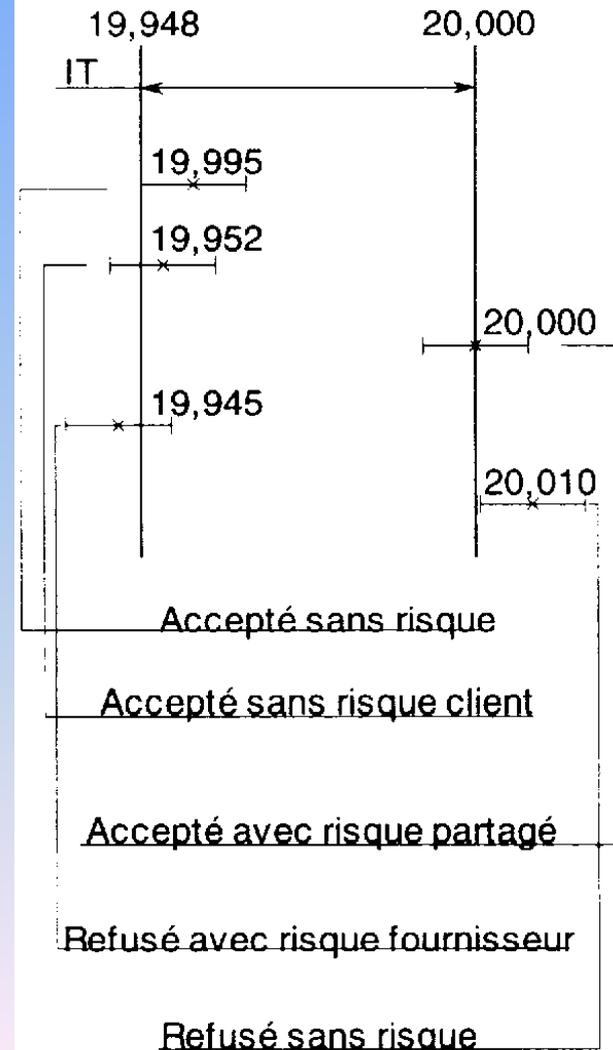
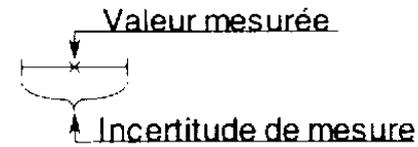
$t = 52 \mu\text{m}$ d'où

$2I_a = \pm 6,5 \mu\text{m}$

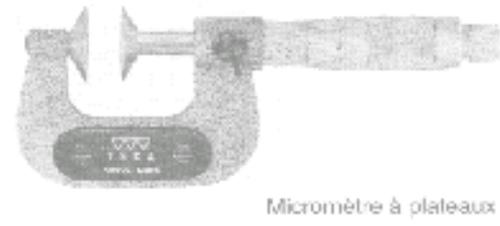
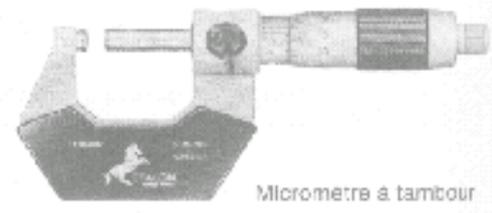
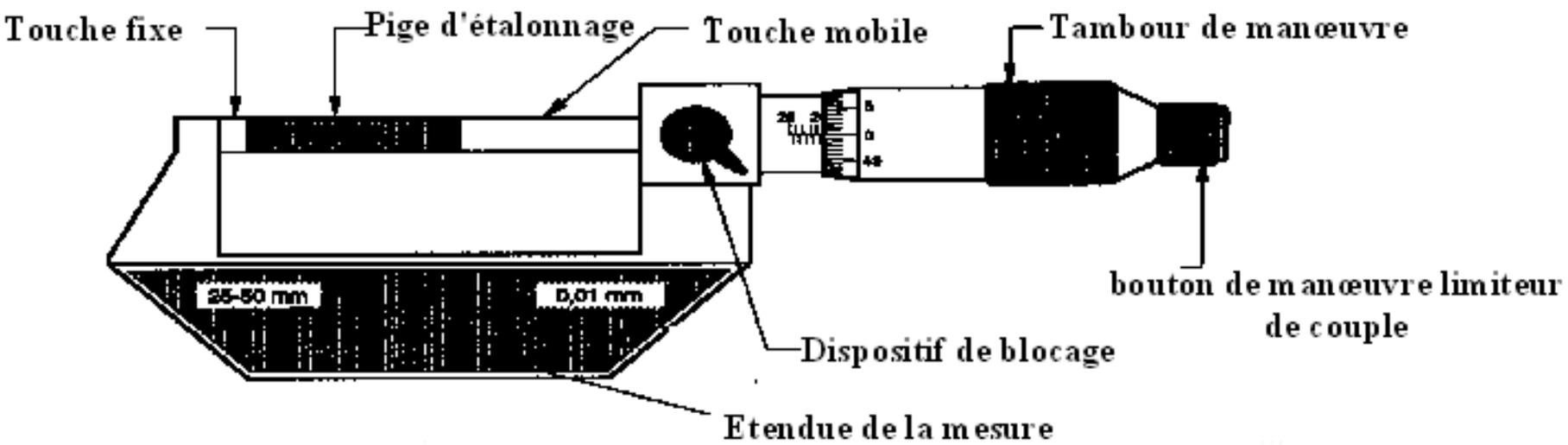
donc $I_a = 6,5 \mu\text{m}$

Le diamètre mesuré doit se trouver entre les limites 19,948 et 20,000.

Notation :



INSTRUMENTS DE MESURE DIRECTE 1/2



INSTRUMENTS DE MESURE DIRECTE 2/2

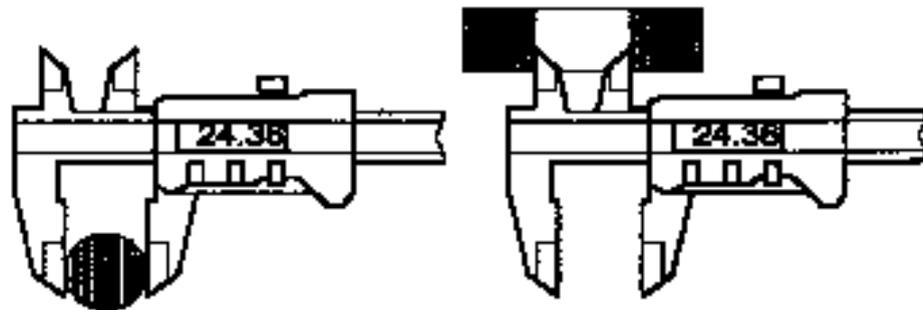
Règle graduée en mm

vis de blocage

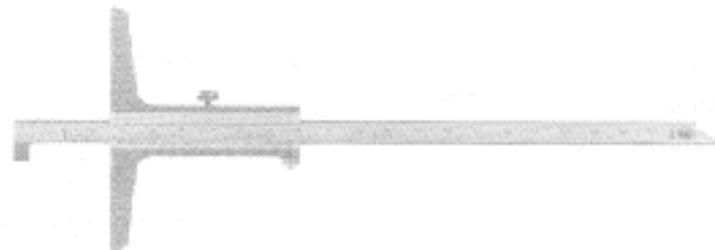
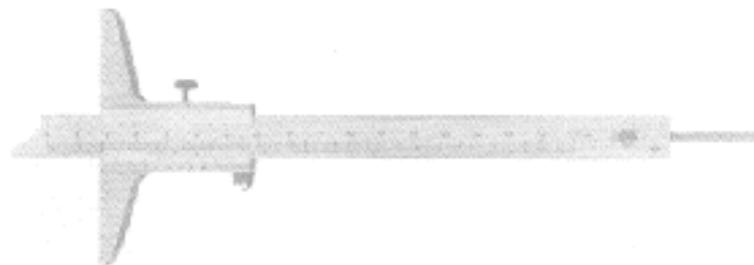
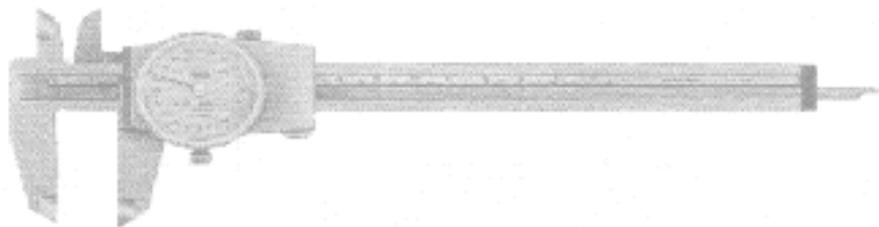
Vernier au 1/50

bec fixe

Bec mobile



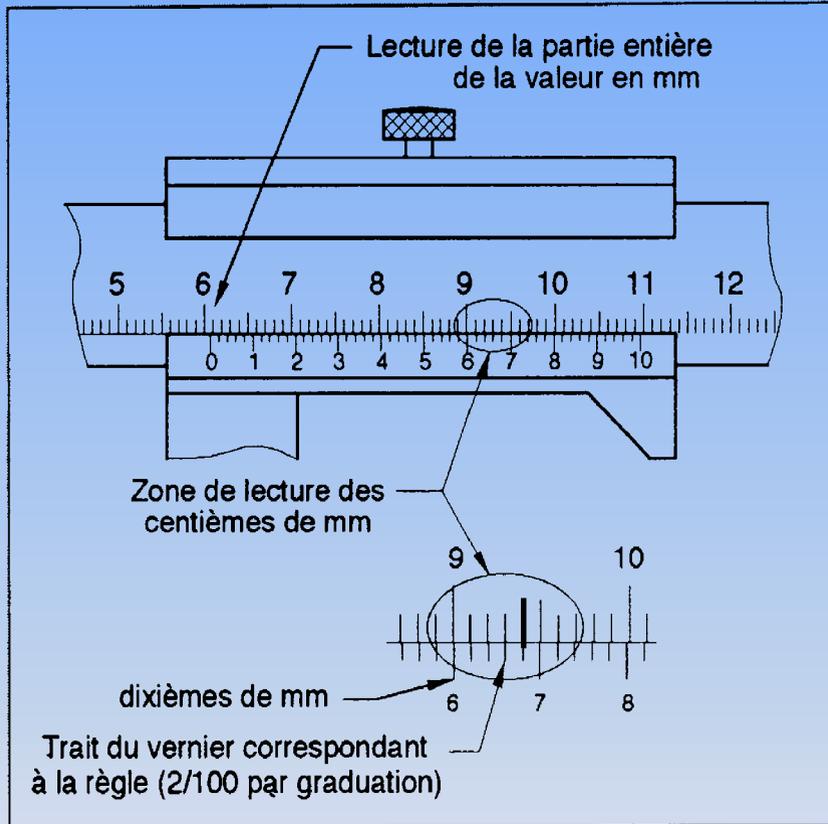
Pied à coulisse à affichage numérique



LECTURE DES INSTRUMENTS DE MESURE

DIRECTE

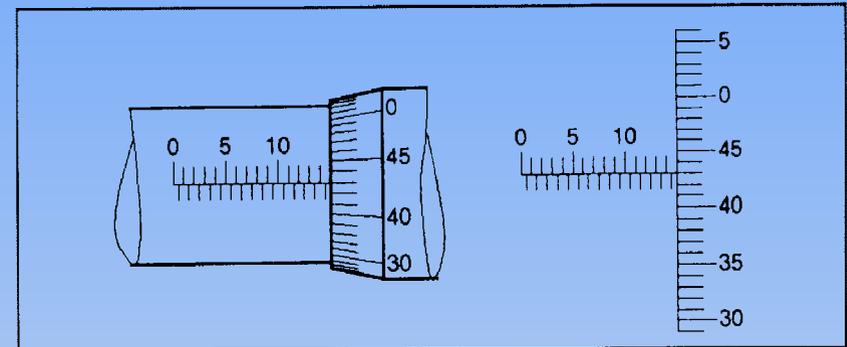
Méthode de lecture d'un vernier



Lecture de la règle : 60,00
 Lecture du vernier : 0,66
 Lecture finale : **60,66 mm**

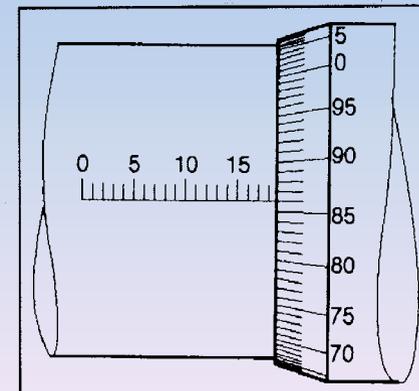
Principe de lecture d'un micromètre à tambour gradué

Micromètre à vis au pas de 0,5 mm



Lecture échelle supérieure : 14,00
 Lecture échelle inférieure : 0,50
 Lecture tambour : 0,43
 Lecture finale : **14,93 mm**

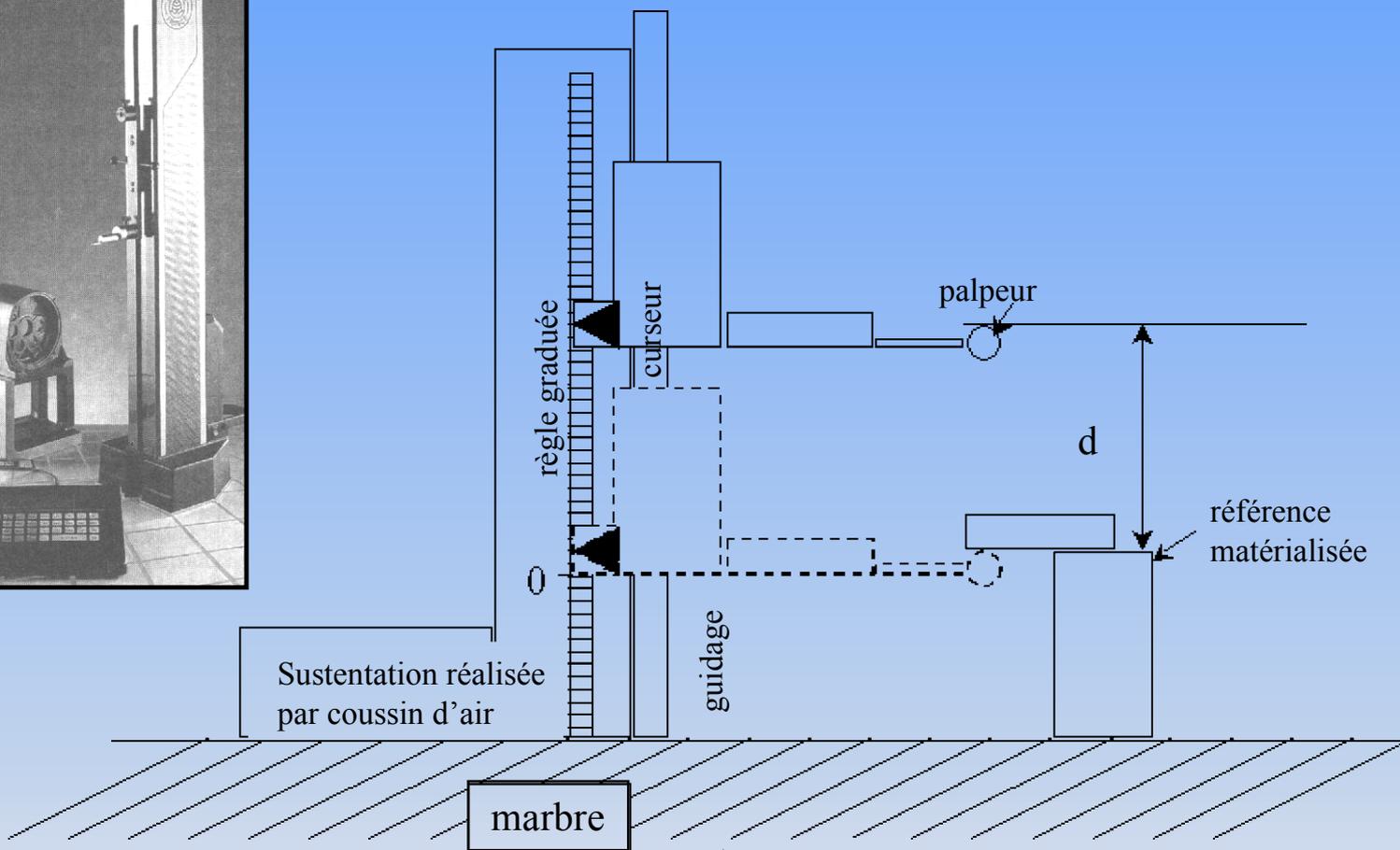
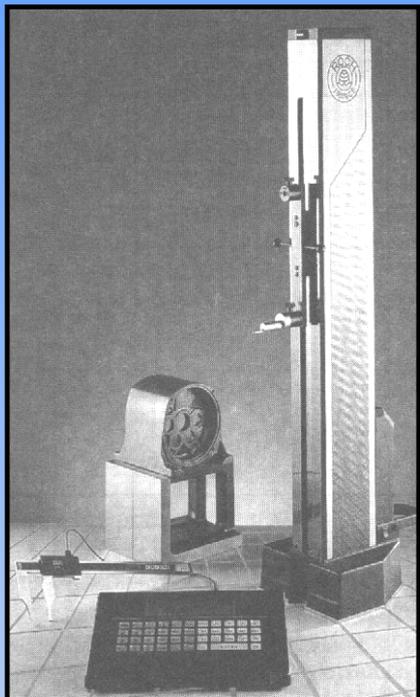
Micromètre à vis au pas de 1 mm



Lecture échelle : 18,00
 Lecture tambour : 0,86
 Lecture finale : **18,86 mm**

MESUREUR VERTICAL A REGLE

INCREMENTALE



- Déplacement mesuré par **comptage de trait** gravé sur la règle.

- **PRECISION** ~ 1 à 2 μm .

- **Mesure unidirectionnelle** ➔ **balançage**.

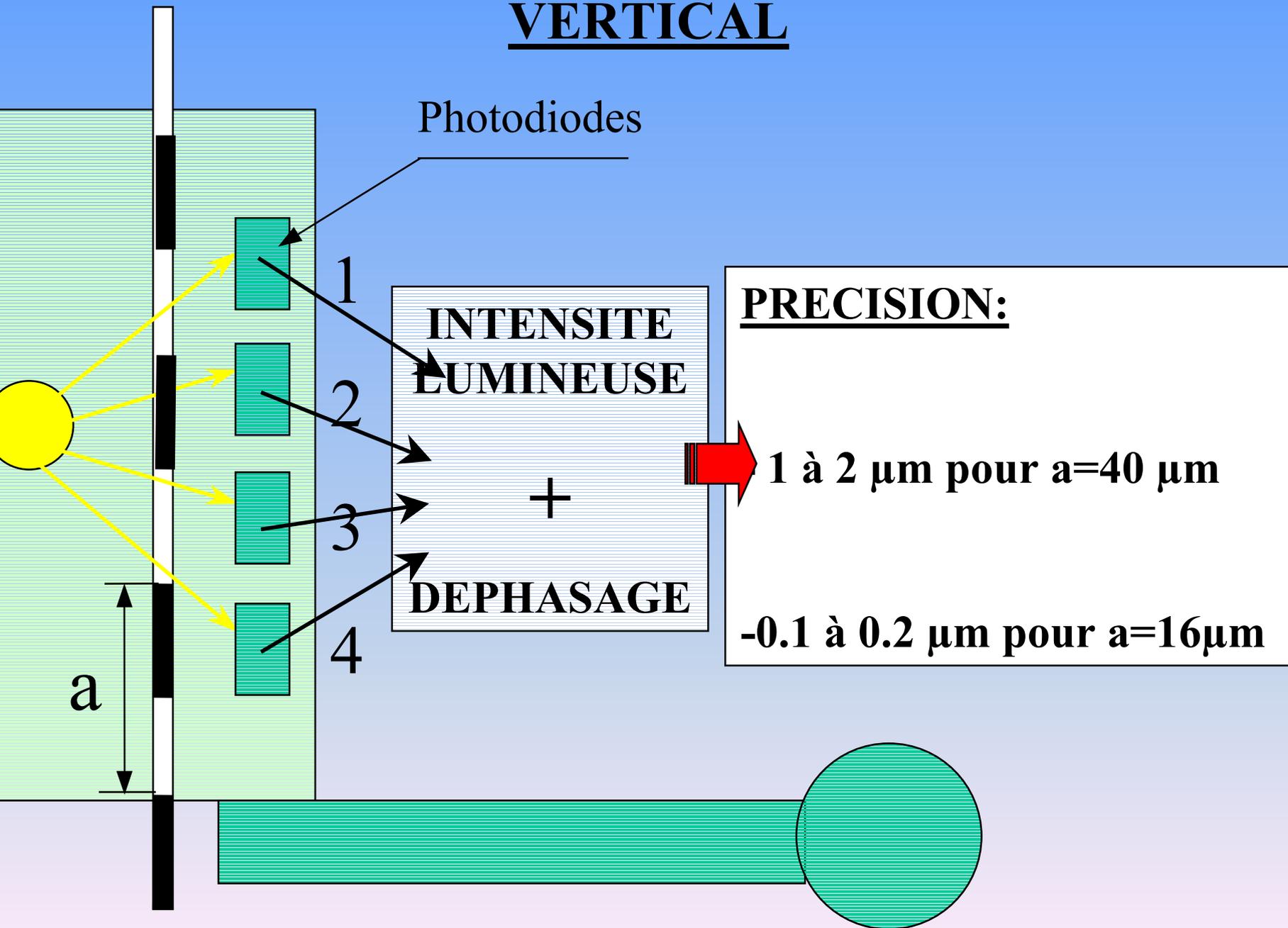
-  Palpeur sphérique

Pt de contact haut \neq **Pt de contact bas**

➔
Référence différente selon le sens de mesure

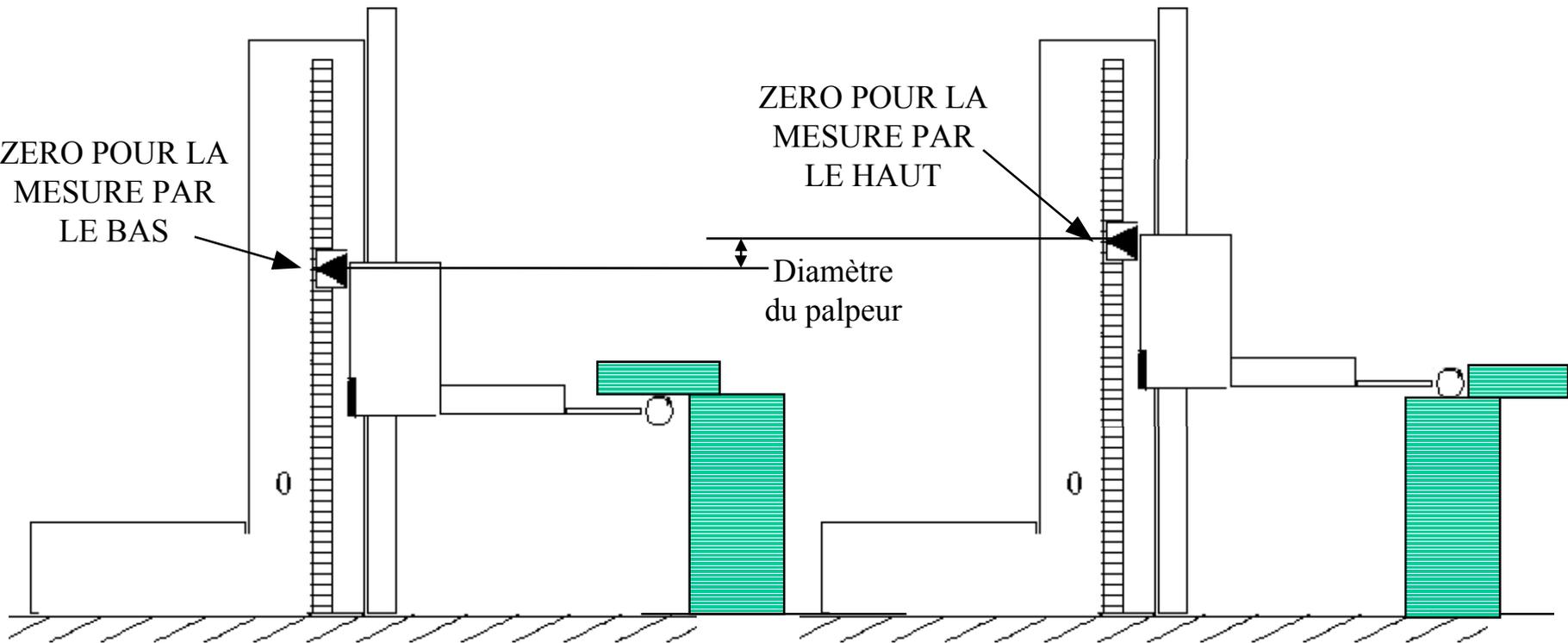


VERTICAL

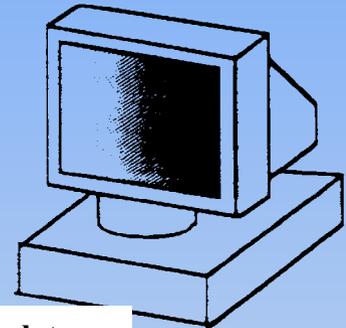
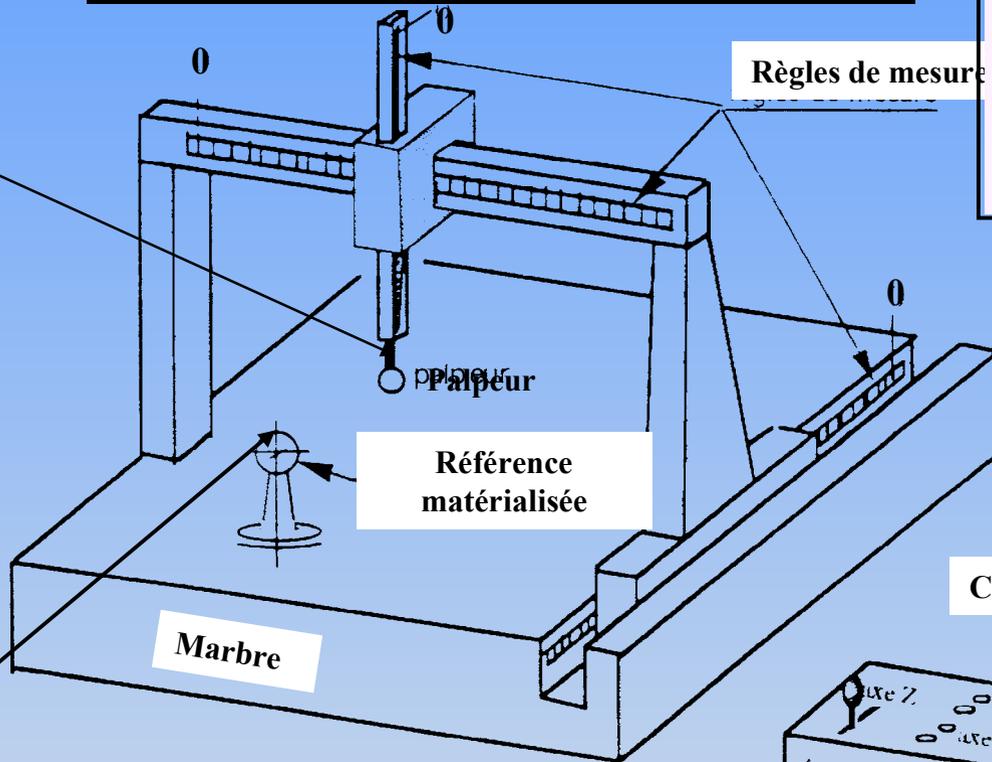
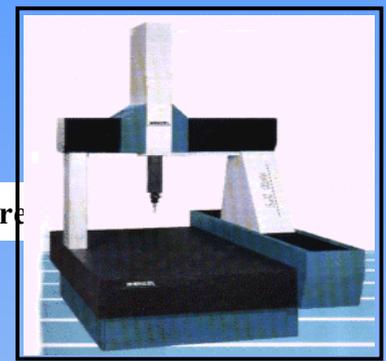


ETALONAGE D'UN MESUREUR VERTICAL

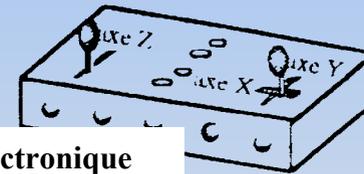
PRINCIPE: mesure d'un même plan par le haut et par le bas.



MACHINE A MESURER TRIDIMENSIONNELLE



Calculateur

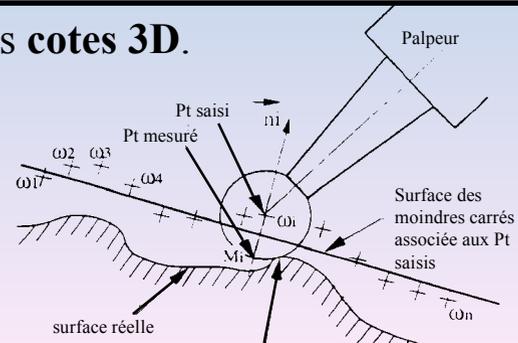


Coffret électronique d'acquisition et de CN

- Possibilité de vérifier des **cotes 3D**.

↓
difficulté de palpage

↓
règles de déplacement



- **Précision** de l'ordre du μm .

- Interprétation des mesures effectuée par **interpolation d'élément géométrique** s'appuyant sur des relevés discrets et effectué par le calculateur



PRINCIPE ET TYPES DE MACHINES

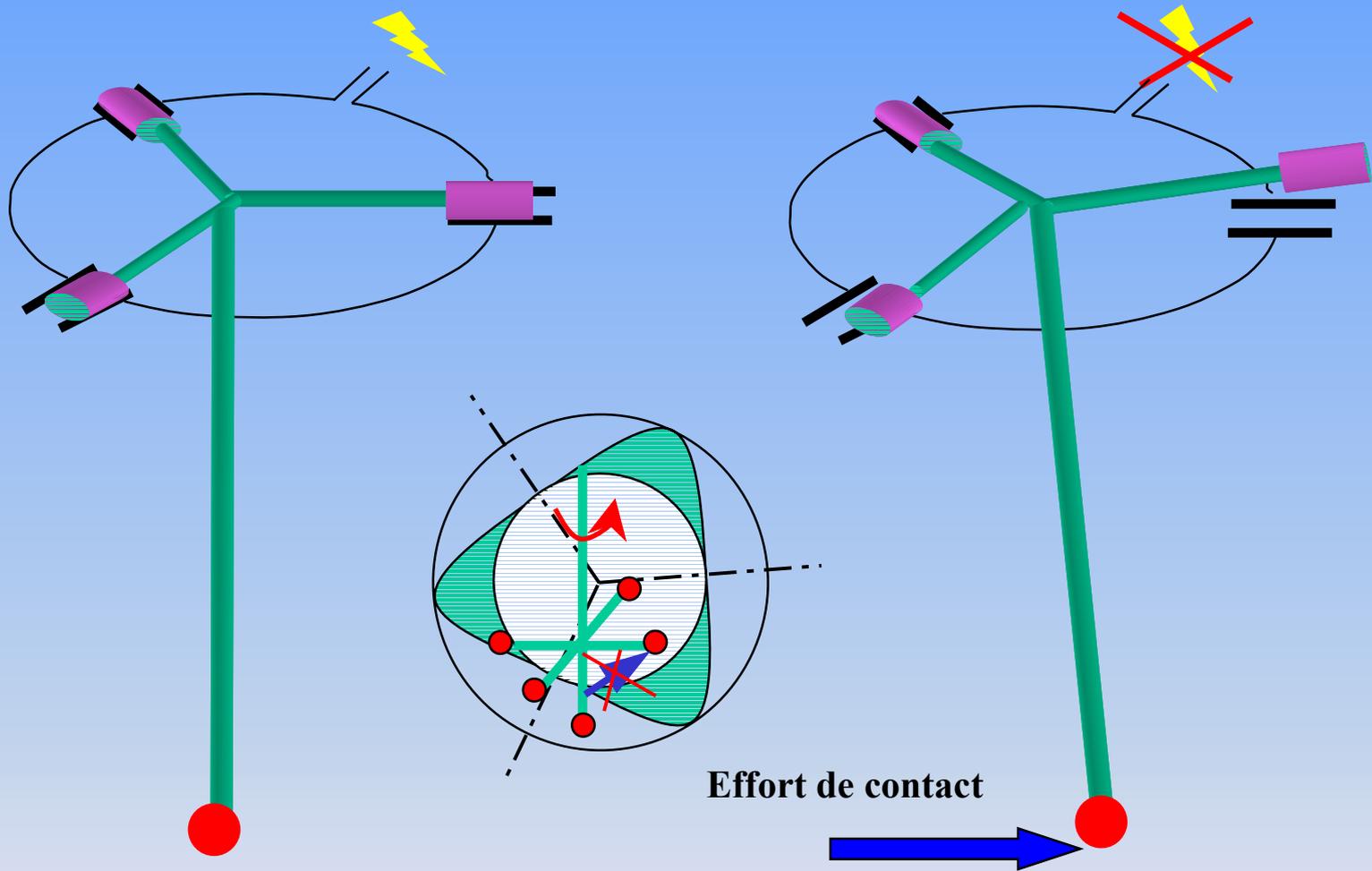
PRINCIPE : - trois axes montés en série.

- valeur des déplacements lu sur chaque axe.
- un calculateur en déduit les coordonnées mesurées.

PRINCIPAUX TYPES

<u>PORTIQUE</u>	<u>PONT</u>	<u>TRUSQUIN</u>	<u>CYLINDRO-POLAIRE</u>
les plus courantes. grande capacité. charge importante. grande facilité d accès à l'espace de mesure.	- capacité de plusieurs mètres. - charge importantes.	- relativement répandues. - utilise en atelier de tôlerie ou de production - légères.	- la moins répandue. - utilisée pour les pièces cylindriques. - principalement en aéronautique.

PALPEURS CLASSIQUES

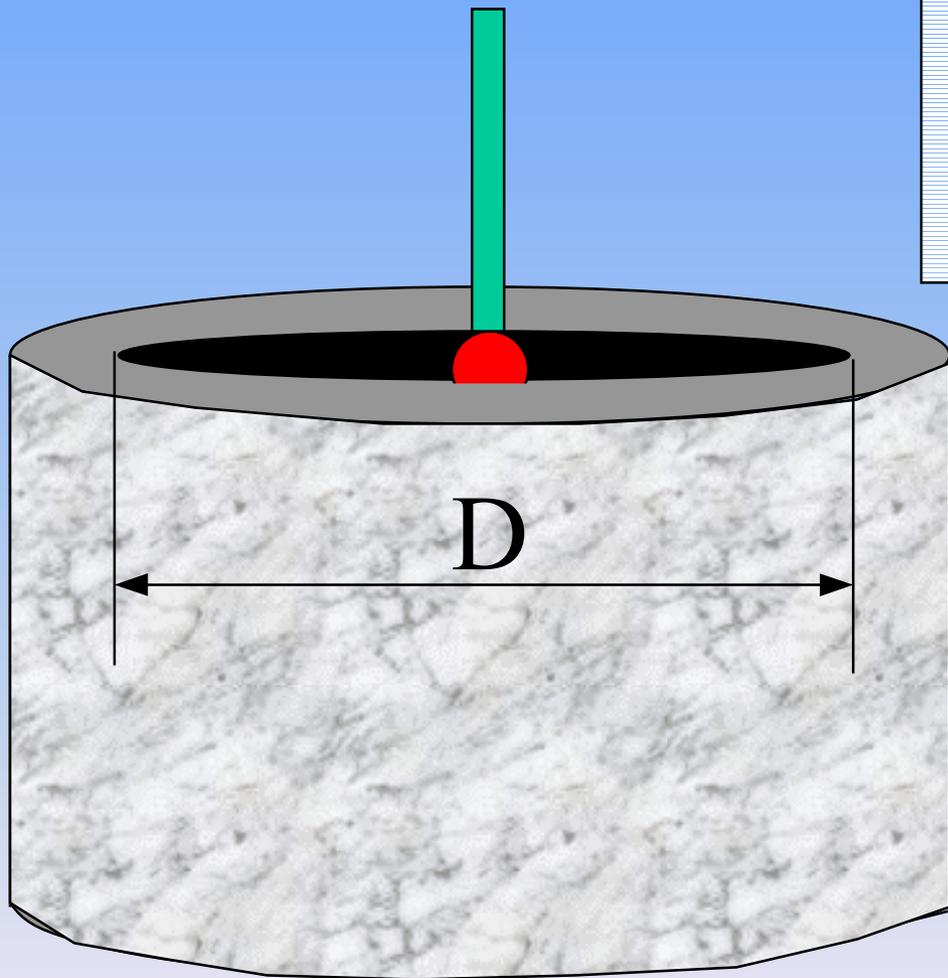


Effort nécessaire au déclenchement : 10 à 14 Gr

Dispersion sur 100 mm :

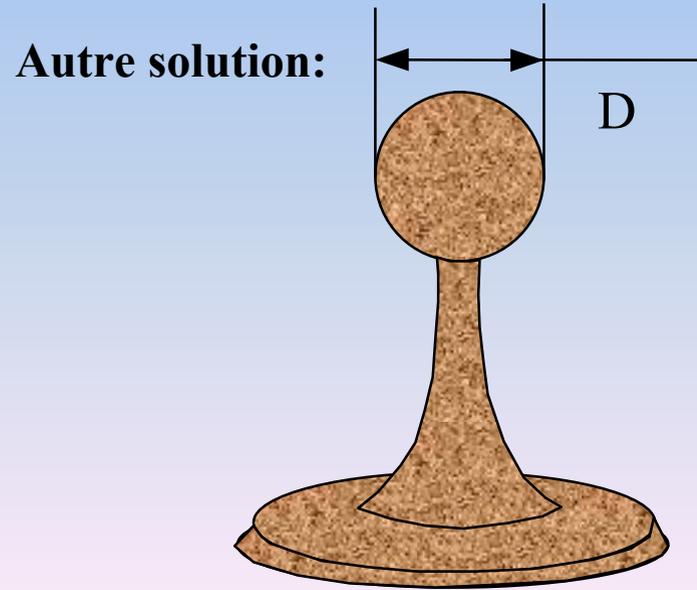
- contact latéralement: $\sim 2 \mu\text{m}$
- contact longitudinal: $\sim 4 \mu\text{m}$

ÉTALONNAGE DU PALPEUR



$$R = 0 \text{ mm} \rightarrow D = 42.728$$
$$R = \frac{45.000 - 42.728}{2} = 1.136 \text{ mm}$$

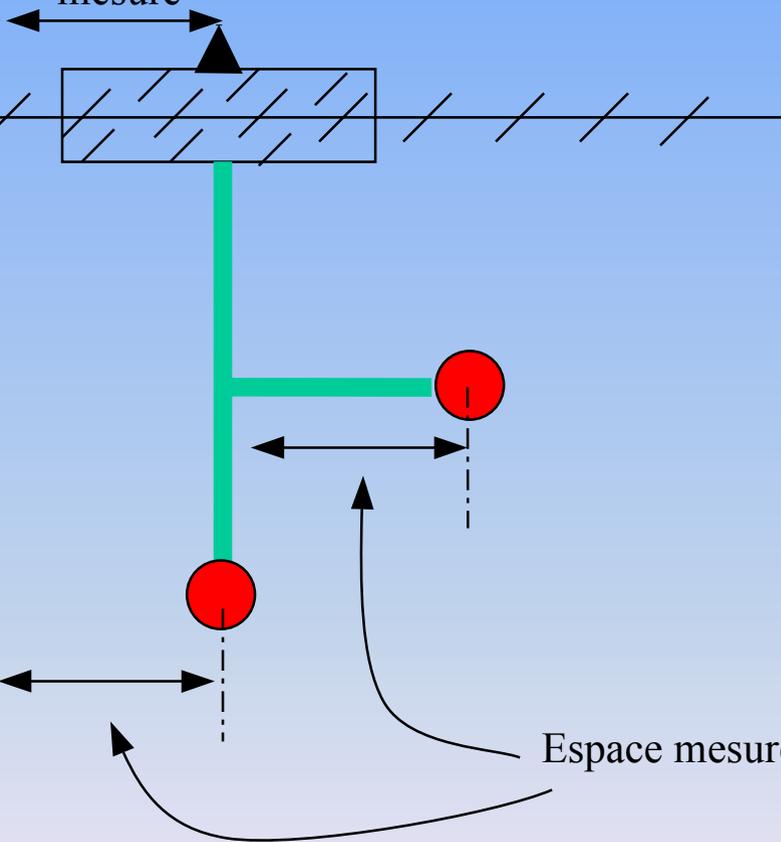
Rayon étalonné = 1.136 mm



PRINCIPE DE MESURE

Même déplacement

mesuré



Pour définir un palpeur, il faut:

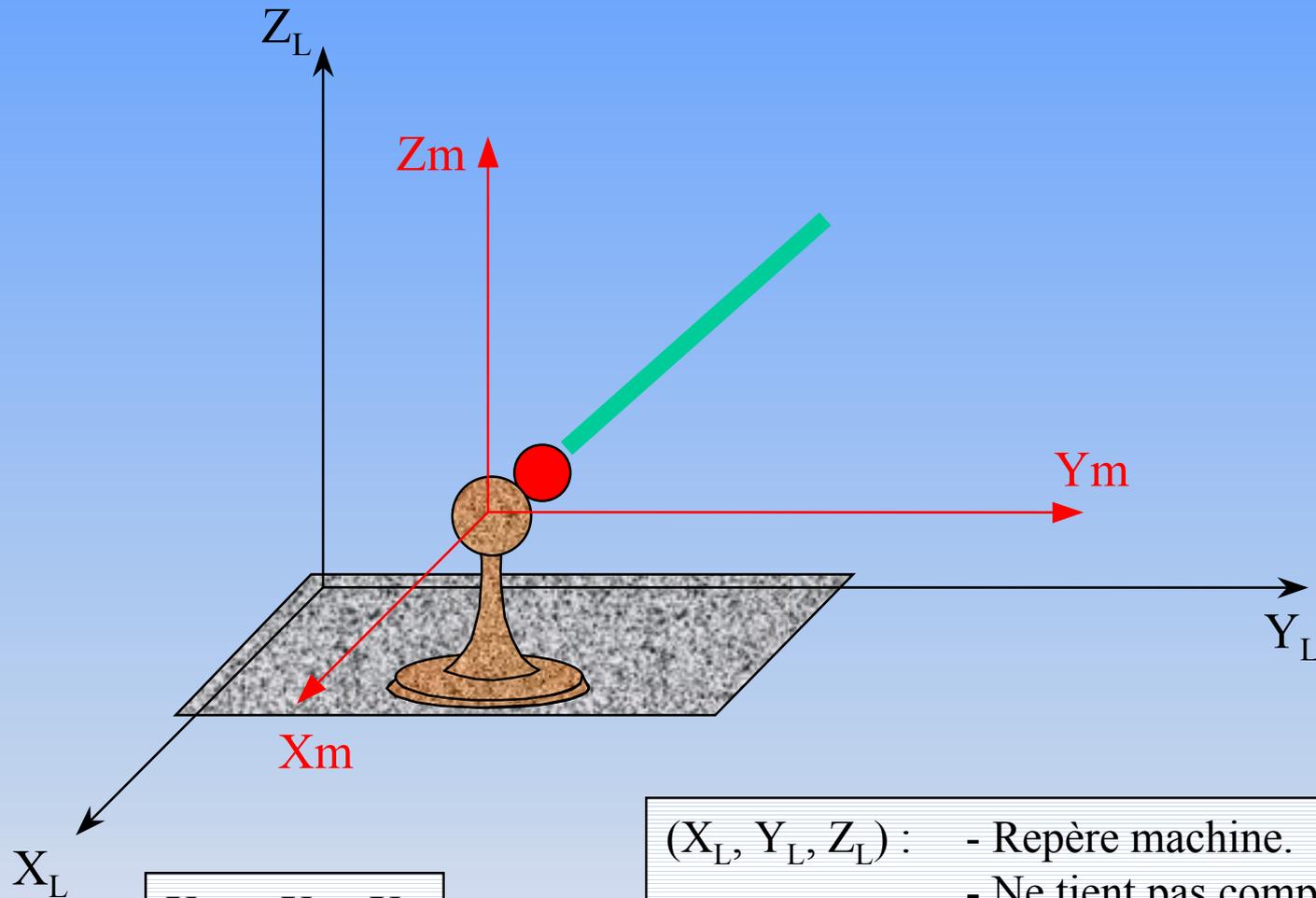
- rayon de palpeur

(étalonnage)

- Repère de mesure

(X_0, Y_0, Z_0) coordonnées
du centre de la sphère
mesuré avec le palpeur
dans le repère machine

REPERE DE MESURE

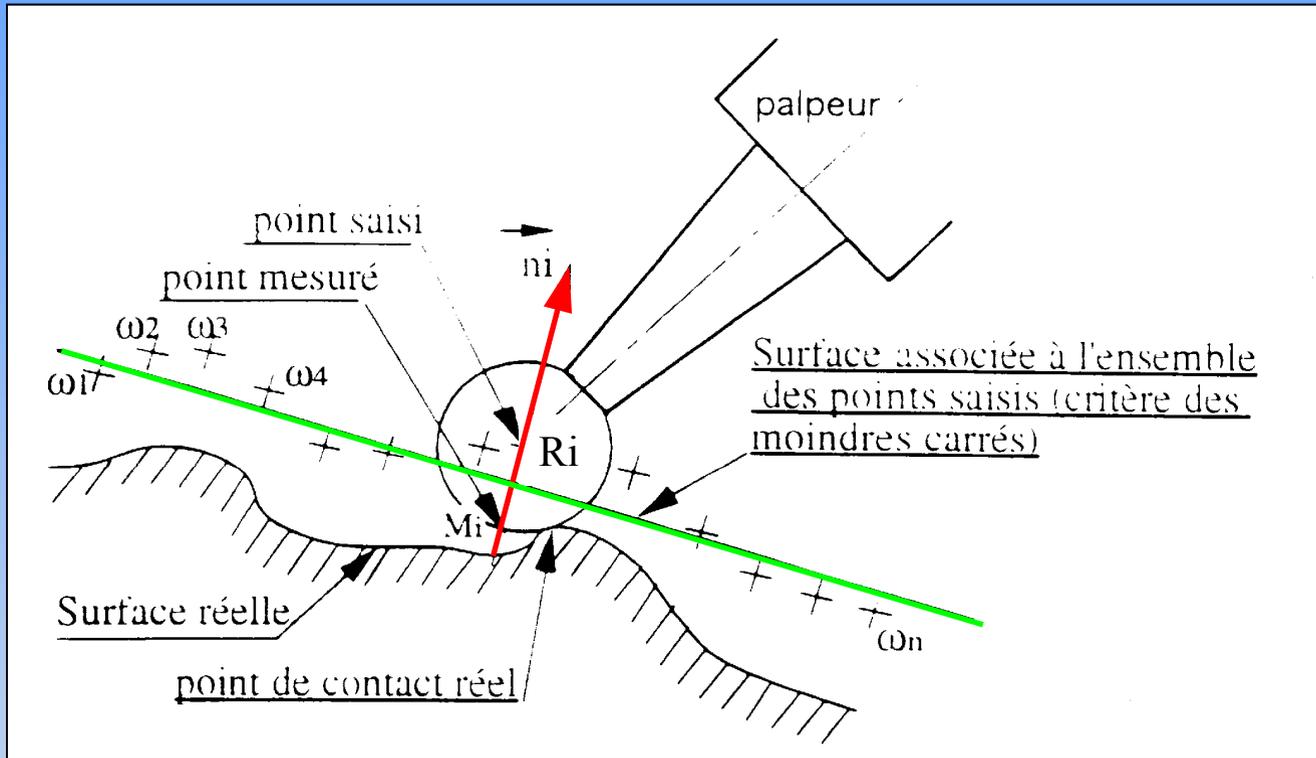


$$\begin{aligned} X_m &= X_L - X_o \\ Y_m &= Y_L - Y_o \\ Z_m &= Z_L - Z_o \end{aligned}$$

(X_L, Y_L, Z_L) : - Repère machine.
- Ne tient pas compte de la
spécificité du palpeur.

(X_m, Y_m, Z_m) : - Repère de mesure.
- Tient compte du palpeur.

CALCUL DU POINT MESURE



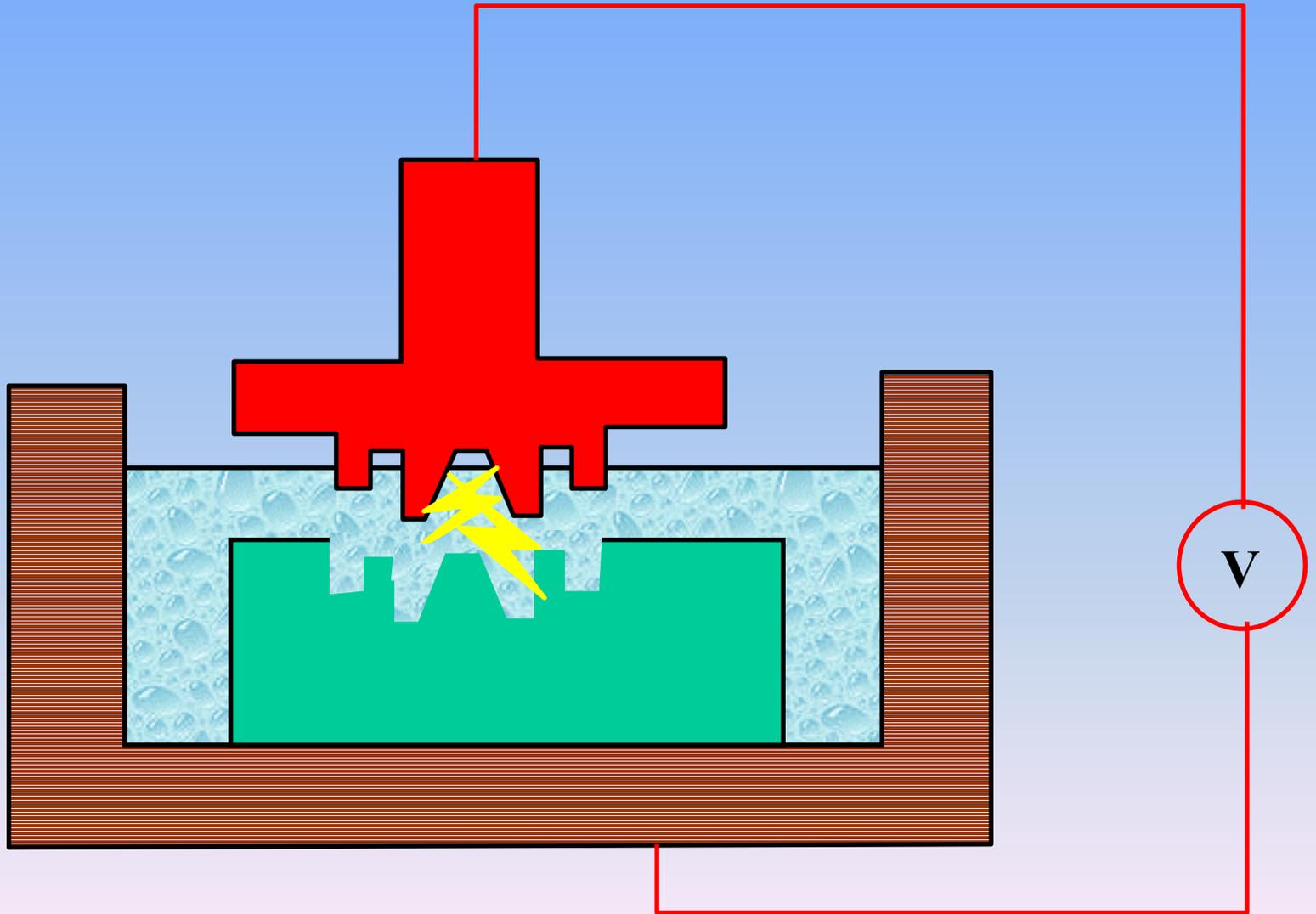
$$\vec{OMi} = \vec{ORi} + r \cdot \vec{n_i}$$

Avec r: rayon du palpeur

Ce calcul vectoriel nécessite :

- calcul d'une surface nominale (si elle est connue) passant au mieux des points saisis.
- calcul de la normale $\vec{n_i}$ à la surface passant par Ri
- calcul de coordonnées du point Mi

L'ÉLECTRO-ÉROSION 1/2

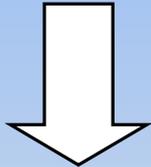


L'ELECTRO-EROSION 2/2



AVANTAGES :

- Taux d'enlèvement de matière très fort.
- Effort de coupe réduit de 30%.
- Finition excellente des pièces (pas besoin de super finition).
- Possibilité de réaliser des voiles minces.



- 2 grands domaines d'applications :

- outillage
- pièces en grande série

USINAGE GRANDE VITESSE 2/2

Vitesse d'avance de l'ordre de 10 m/min.

Vitesse de coupe de l'ordre de 800 m/min.

Profondeur de passe très faible

Problèmes dues à l'inertie.

Problèmes dues à la commande.

Problèmes dus aux vitesse de rotation. (20000 tr/min).

