

CI 6 – PPM – PRODUITS PROCÉDÉS MATÉRIAUX

ÉLABORATION DES PIÈCES MÉCANIQUES. INTRODUCTION DE LA CHAÎNE NUMÉRIQUE.

CHAPITRE 9 – USINAGE – TOURNAGE



Tour à bois [1]



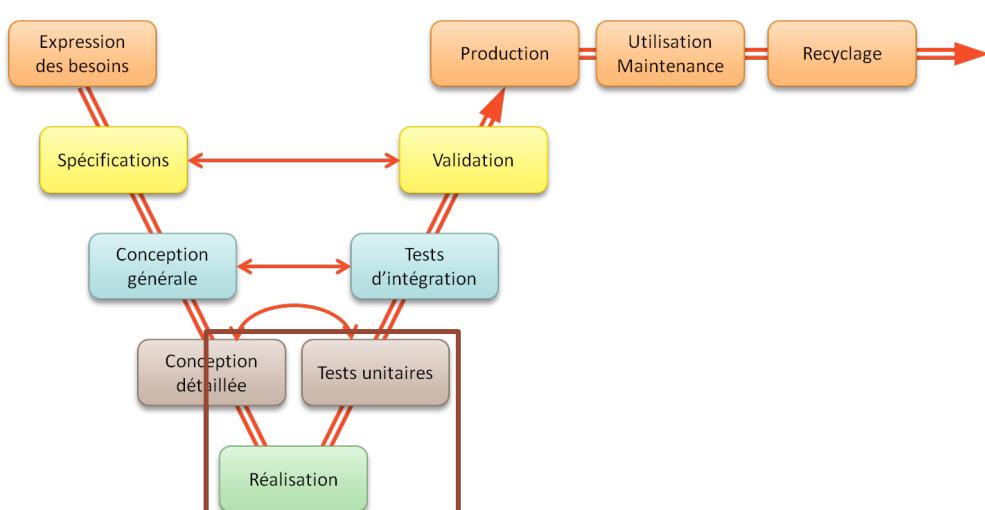
Tour conventionnel [2]



Tour à commande numérique [3]



Plaquettes de tournage [4]



SAVOIRS :

- Présenter de façon structurée un usinage en tournage :
 - Les éléments de la cellule élémentaire d'usinage
 - Les opérations de tournage

1	Présentation	1
1.1	Définition	1
1.2	Cellule élémentaire d'usinage	2
2	Les machines	2
2.1	Axes normalisés	2
2.2	Les machines conventionnelles	3
2.3	Les machines à commandes numériques	4
2.4	Les machines spéciales	5

3	Typologie de pièces	5
4	Les porte-outils	5
5	Les outils	6
	5.1 Géométrie des outils	6
	5.2 Les opérations d'usinage	7
6	Les portes pièces	11
	6.1 Cahier des charges	11
	6.2 Les portes pièces	12
	6.3 Mise en position isostatique des pièces	12
7	Contrat de phase	13
	7.1 Ordonnancement des phases	13
	7.2 Ordonnancement des opérations	14
	7.3 Conditions de coupe	15

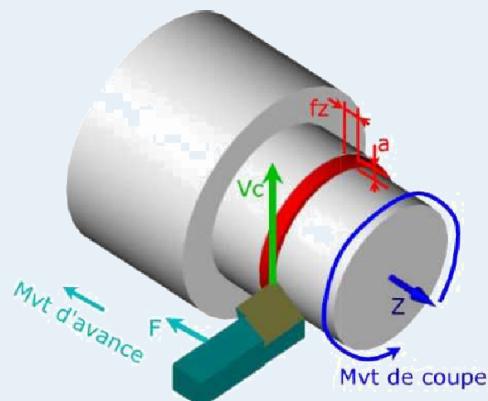
Ce document évolue. Merci de signaler toutes erreurs ou coquilles.

1 Présentation

1.1 Définition

Tournage

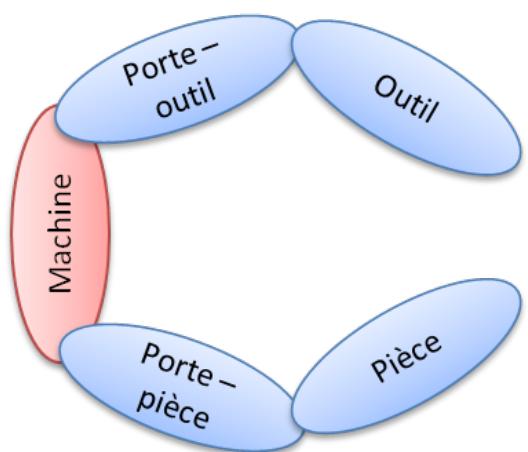
Le tournage est une opération d'usinage qui permet de réaliser des surfaces de révolution. Le **mouvement de coupe** est assuré par une rotation de la pièce autour de l'axe de révolution. Le **mouvement d'avance** est assuré par des translations de l'outil dans un plan contenant l'axe de révolution.



1.2 Cellule élémentaire d'usinage

Les systèmes de production sont constitués des éléments suivants :

- la machine : dans notre cas la machine est un tour. Il est dit conventionnel quand les déplacements des axes sont directement générés par un opérateur. Il est dit à commande numérique lorsque les déplacements des axes et la gestion de la machine se fait par une commande numérique, autrement dit, un ordinateur ;
- le porte-outil permet de faire l'interface entre la tourelle de la machine et l'outil ;
- l'outil coupant permet de réaliser des opérations de tournage sur une pièce ;
- le porte pièce permet de faire l'interface entre la machine et la pièce ;
- la pièce est le produit à usiner.



2 Les machines

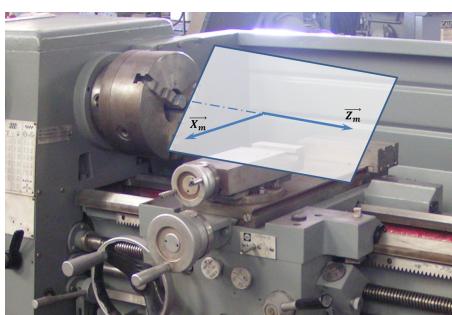
2.1 Axes normalisés

Sur les centres d'usinage, le choix des axes de déplacement est normalisé. Cela est notamment nécessaire dans le cas de la programmation des commandes numériques afin qu'un programme soit plus facilement transmissible d'une machine à une autre.

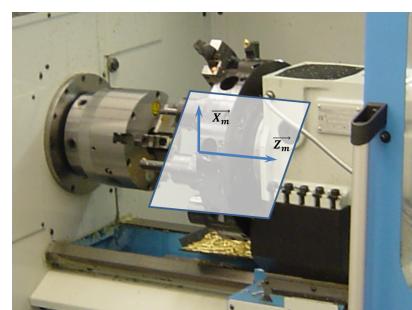
Le nombre d'axes est donné par les mouvements d'avance. Le plus communément les tours sont des machines à **2 axes**.

D'après la norme :

- l'axe \vec{Z}_m est parallèle à l'axe de rotation de la broche. Le sens positif est donné par l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce ;
- l'axe \vec{X}_m est perpendiculaire à l'axe \vec{Z}_m . Il a la direction du plus grand déplacement. Le sens positif est donné par l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce ;
- l'axe \vec{Y}_m est tel que le trièdre $(\vec{X}_m, \vec{Y}_m, \vec{Z}_m)$ soit orthonormé direct.



Axes normalisés sur un tour conventionnel



Axes normalisés sur un tour à commandes numériques

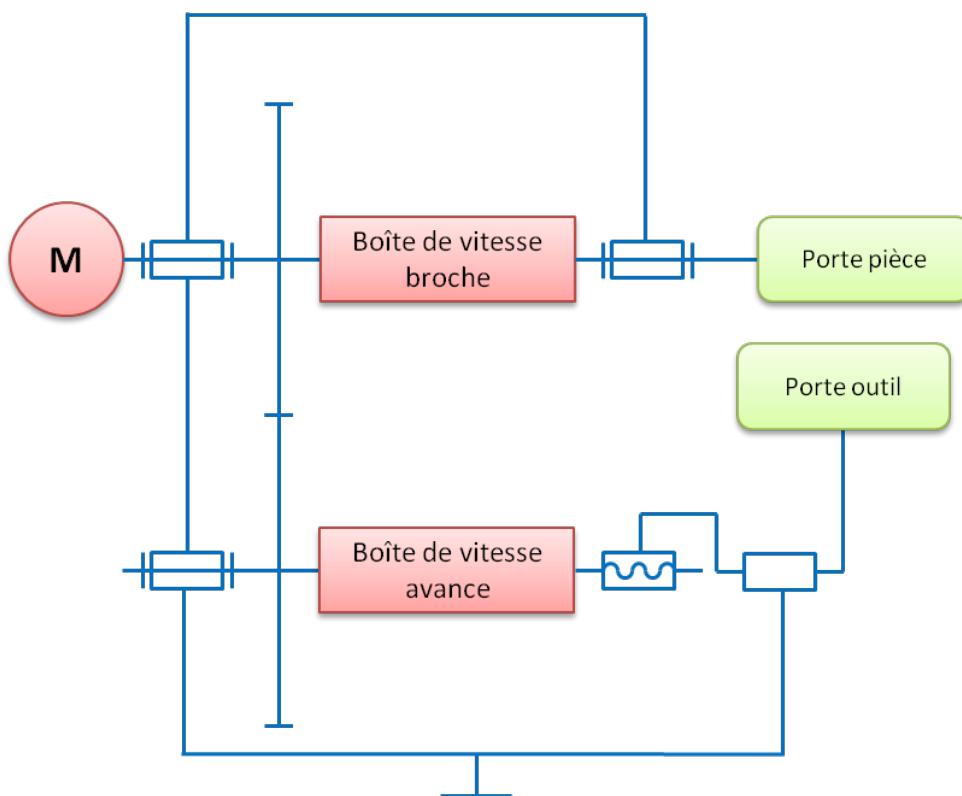
On rencontre aussi couramment des tours à commande numérique 3 axes. Dans ce cas, le troisième axe est noté \vec{C}_m . Il s'agit d'un axe de rotation autour de l'axe \vec{Z}_m . Dans cette configuration, il est souvent possible de mettre un outil tournant dans le porte-outil puis d'indexer la position de la broche. Il est ainsi possible de réaliser un méplat sur un tour.

Enfin, il existe des centres de tournage multi axes avec 3 axes de translations, des tourelles multiples ...

2.2 Les machines conventionnelles

Sur les machines conventionnelles, une fois la vitesse d'avance fixée, les distances de déplacement sont directement gérées par l'opérateur.

Les mouvements des machines conventionnelles sont assurés par un moteur asynchrone. Elles sont équipées de deux boîtes de vitesses mécaniques. La première permet de fixer la vitesse d'avance de l'outil. La seconde permet de choisir la fréquence de rotation de la broche.

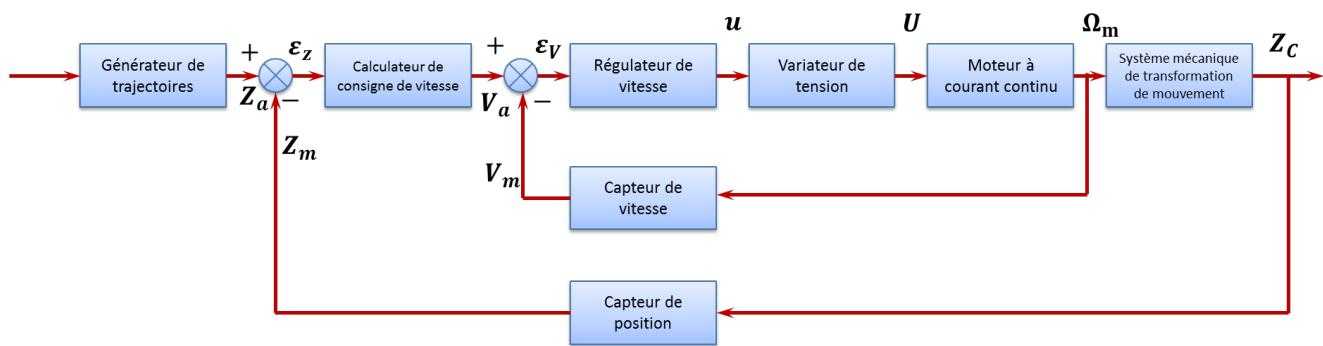
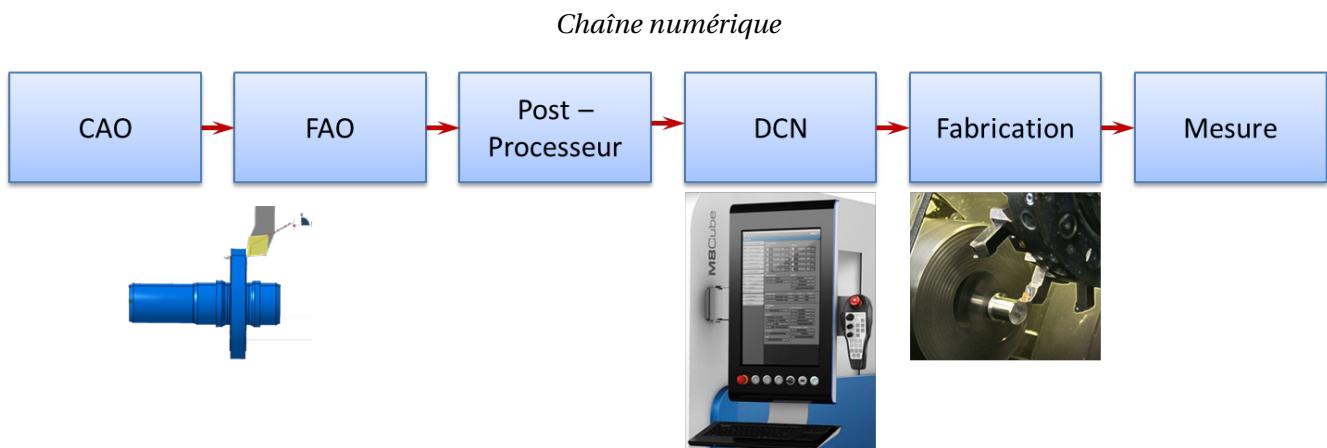


2.3 Les machines à commandes numériques

Les machines à commandes numériques sont équipées d'un moteur asynchrone pour la broche ainsi que d'un variateur de vitesse permettant un choix de vitesse plus précis qu'avec une boîte de vitesse. Deux autres moteurs à courants continus permettent de déplacer l'outil généralement sur deux axes (\vec{X}_m et \vec{Z}_m).

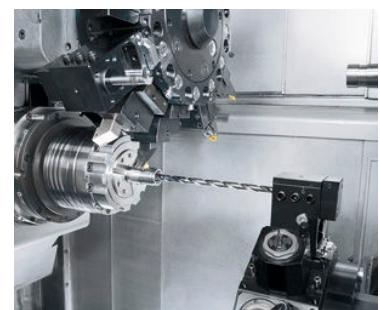
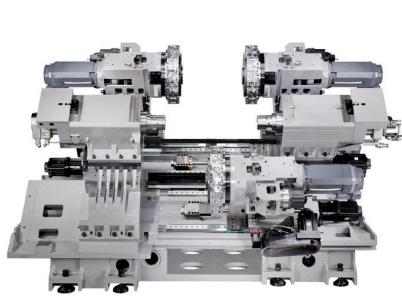
Par le fait, les mouvements des différents axes sont gérés par une commande numérique (ordinateur industriel).

Ces mouvements sont générés grâce à des logiciels de fabrication assistée par ordinateur (FAO). Un post-processeur permet de convertir les programmes du langage FAO vers le langage CN.



2.4 Les machines spéciales

Industriellement, il existe des tours multibroches, multitrourelles avec embarreurs qui permettent d'avoir une très grande productivité.



3 Typologie de pièces

4 Les porte-outils

Sur un tour conventionnel ou numérique, la liaison entre le porte-outil et la machine s'appelle la tourelle. En usinage conventionnel, la tourelle ne peut contenir qu'un seul outil. La tourelle est orientable. En usinage à commande numérique, la tourelle peut porter plusieurs outils.



Tourelle de tour conventionnel



Tourelle de tour à commande numérique

En usinage conventionnel, les outils à charioter-dresser sont maintenus en position par des vis sur le porte-outil. Le porte-outil est souvent mis en position grâce à un assemblage par queue d'aronde. Pour les outils à percer, on utilise un mandrin mis en position par adhérence (avec un cône morse) dans la contre pointe du tour.



Porte-outil carrés



Mandrins avec cône morse

En usinage à commande numérique, le système d'attachement VDI est très utilisé. Pour les forets à centrer, à percer ou à aléser, on utilise en supplément des pinces qui permettent de serrer des outils ayant une base cylindrique.



Porte-outil pour outils à charioter
et dresser



Porte-outil pour outils à percer et
aléser



Pinces pour outils à percer et aléser

5 Les outils

5.1 Géométrie des outils

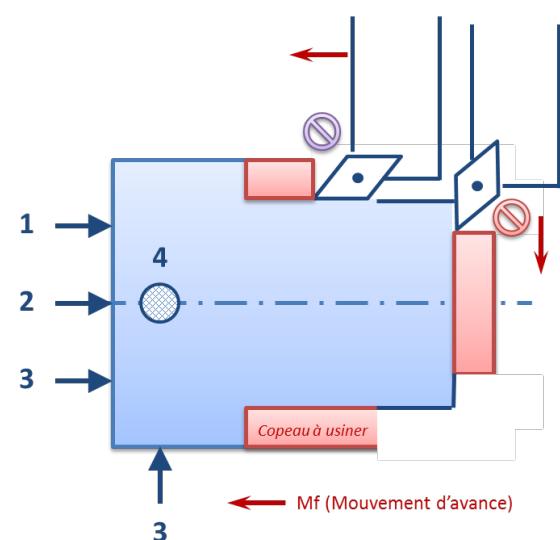
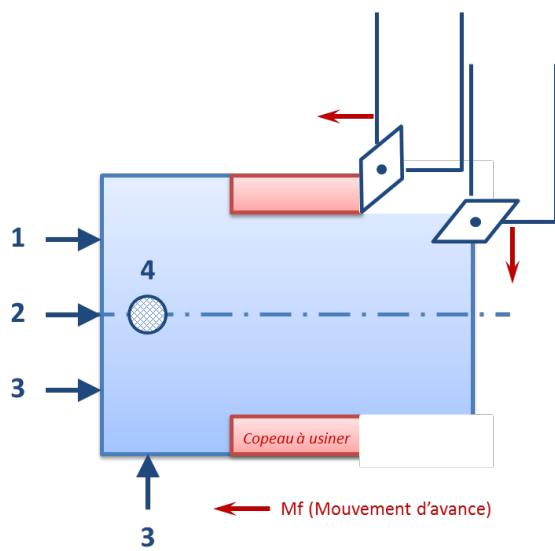
En tournage, on utilise des outils monoblocs et des outils à plaquettes rapportées. Les outils monoblocs pour les opérations de type chariotage ou dressage, sont taillés spécifiquement en fonction des opérations à réaliser. Ils sont directement montés sur le porte outils carrés.

Les outils permettant de réaliser les opérations de perçage possèdent une partie cylindrique qui leur permet de se monter dans des mandrins.

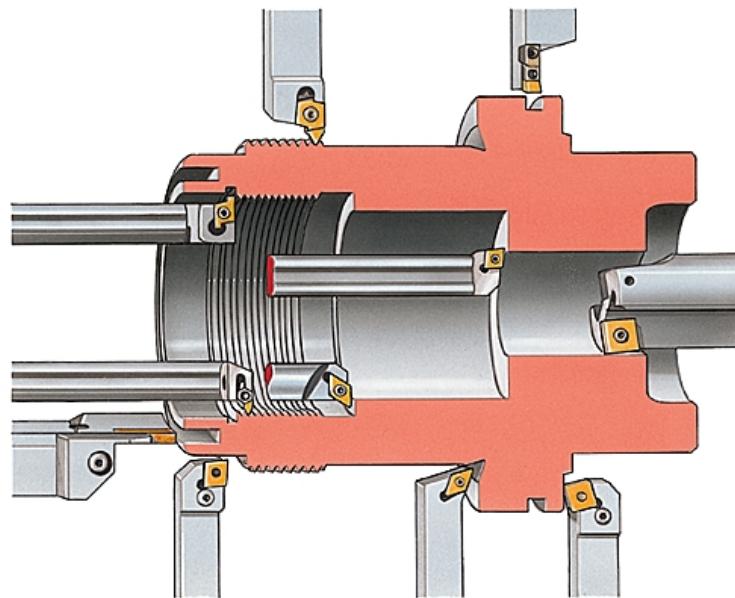


Pour les opérations de chariotage-dressage, lors de l'usinage en série, on utilise de préférence des plaquettes. Ces plaquettes peuvent être de formes variées : rondes, rhombiques, carrées ... avec des angles variés. Afin de faire la liaison avec les attaches on utilise des portes plaquettes. Pour une opération d'usinage, il faudra choisir une combinaison plaque - porte plaque dédiée.

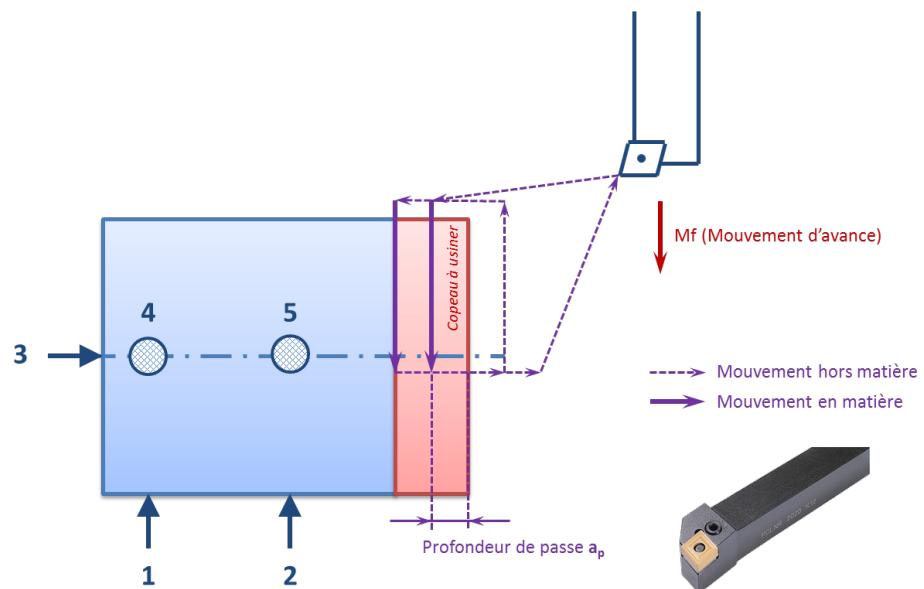
Pour une même plaquette, la géométrie du porte-plaquette peut permettre des usinages différents. Cependant, un mauvais choix de porte-plaquette peut provoquer des collisions entre la pièce et l'outil.



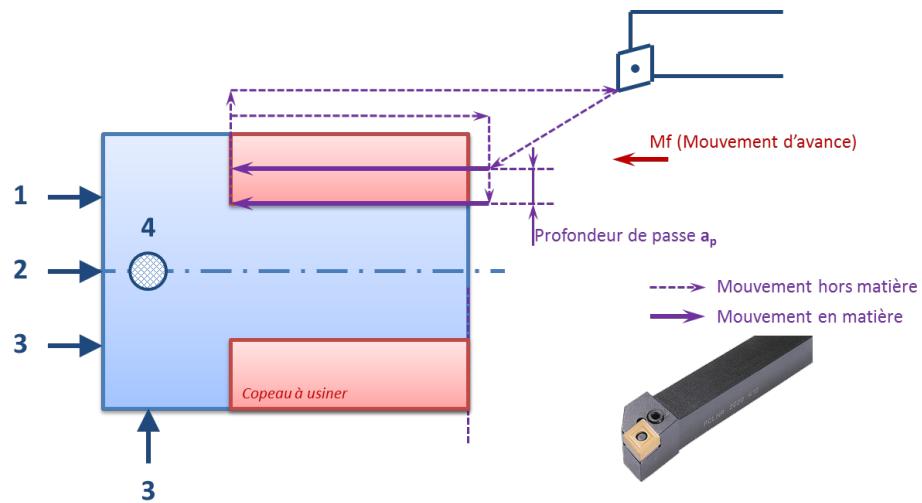
5.2 Les opérations d'usinage



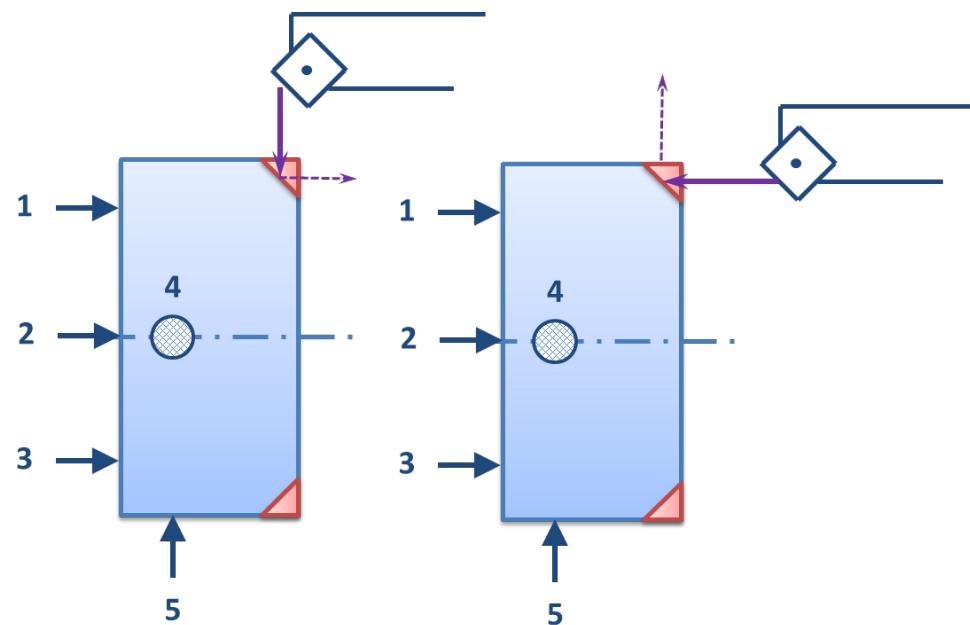
5.2.1 Dressage



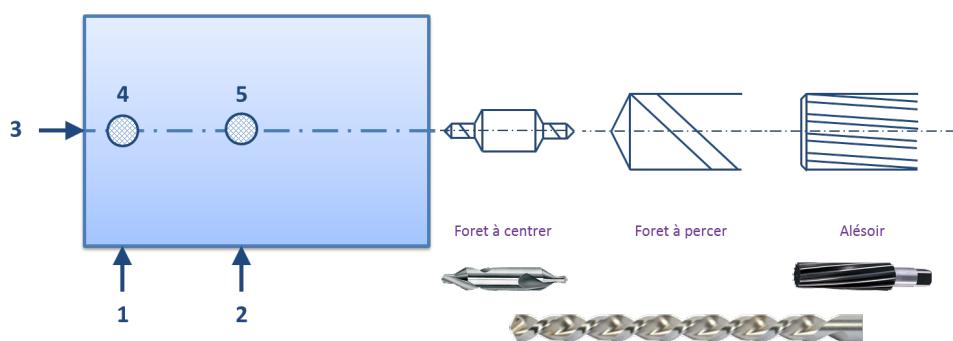
5.2.2 Chariotage



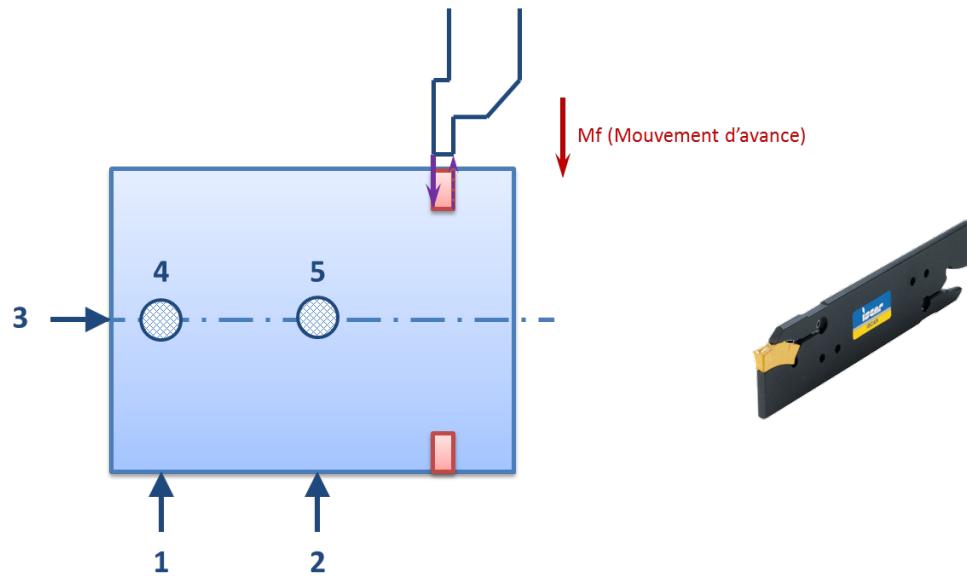
5.2.3 Chanfreinage



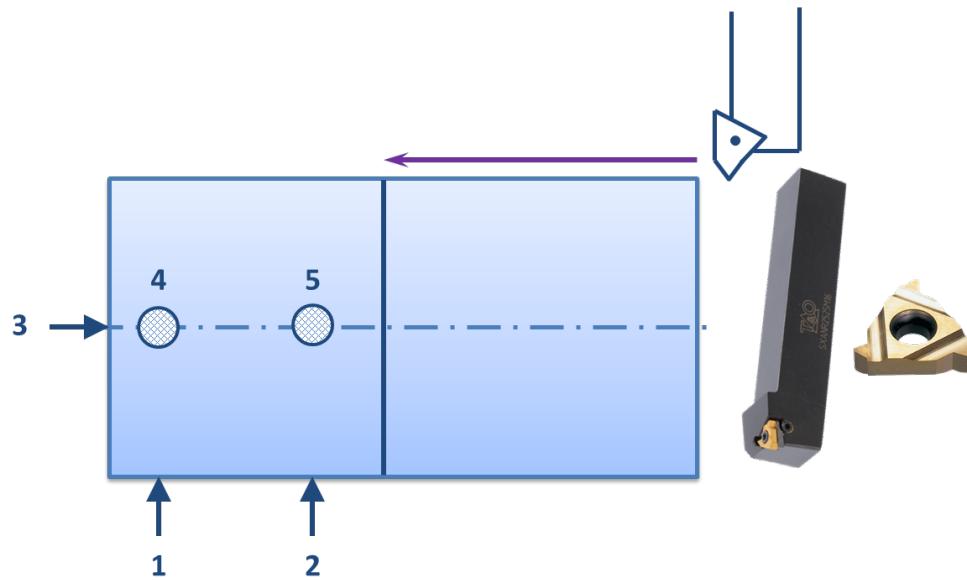
5.2.4 Perçage

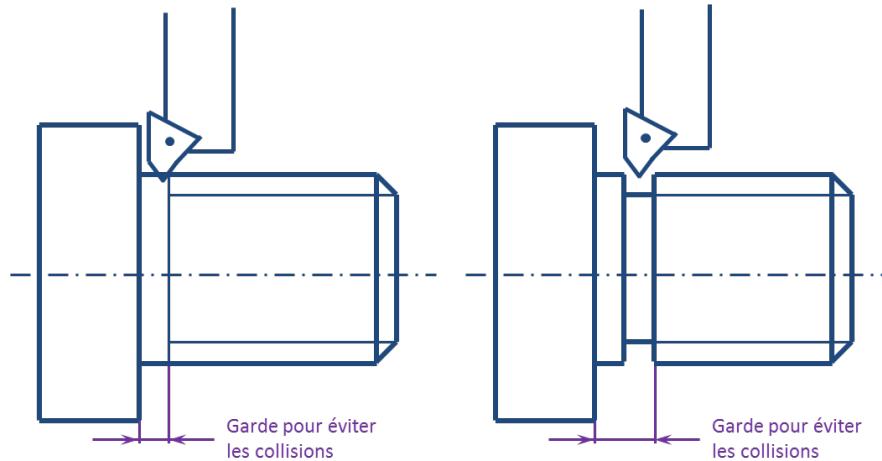


5.2.5 Tronçonnage et gorges



5.2.6 Filetage

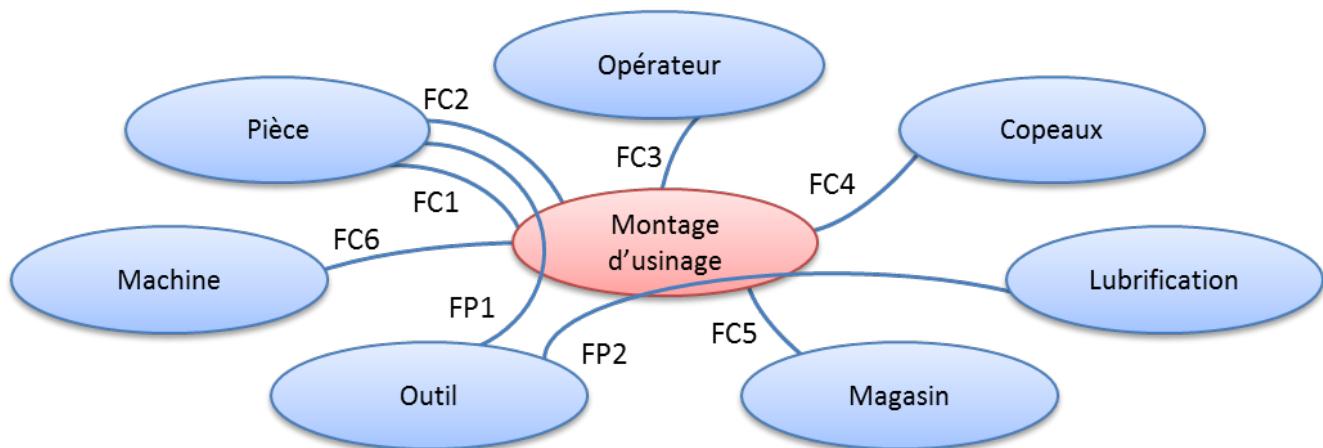




6 Les portes pièces

6.1 Cahier des charges

Phase de vie : Usinage en série



Fct°	Intitulé	Critère	Niveau	Limite
FP1	Permettre à l'outil d'usiner la pièce			
FP2	Permettre la lubrification de la coupe			
FC1	Mettre la pièce en position			
FC2	Maintenir la pièce en position			
FC3	Etre aisément manipulable			
FC4	Permettre l'évacuation des copeaux			
FC6	Mettre en position et maintenir en position le montage dans la machine			

6.2 Les portes pièces



Mandrins et mors de serrages



Mandrin expansible

6.3 Mise en position isostatique des pièces

Sur un contrat de phase (voir partie suivante), il est nécessaire d'indiquer comment sera positionnée la pièce dans la machine. Cette mise en position est indépendante du porte-pièce. Il ne s'agit que d'une représentation symbolique.

La mise en position de la pièce permet de mettre en évidence comment sera réalisée la liaison encastrement entre la pièce et le porte-pièce. Afin de réaliser une liaison encastrement, il faut bloquer 6 degrés de liberté qui seront représentés par des flèches numérotées.

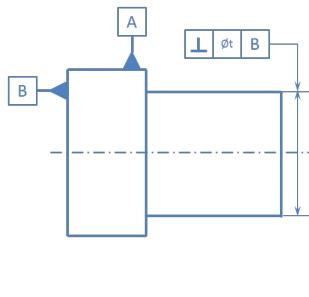
Attention

Lors de montage **en mandrin**, on ne cherchera à supprimer que 5 degrés de liberté. La rotation de la pièce autour de son axe sera bloquée par le serrage du mandrin.

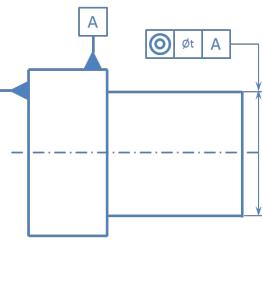
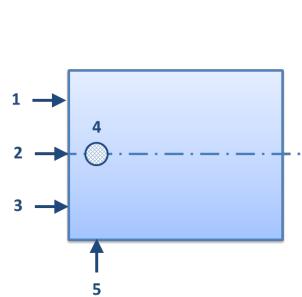
Le choix de la mise en position dépend :

- de la cotation de la pièce ;
- de l'étendue des surfaces ;
- de l'accessibilité des surfaces.

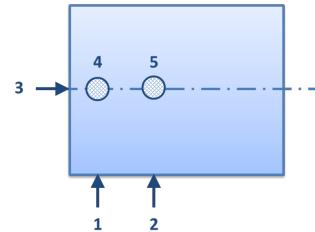
En tournage, les mises en positions les plus courantes sont les suivantes :



MIP par appui plan et centrage court



MIP par cylindre prépondérant et appui ponctuel



Technologiquement, chacun des appuis est généralement réalisé par les mors. Dans certains cas la face du mandrin peut servir d'appui plan. Dans certains cas, une pige à l'intérieur du mandrin permet de réaliser un appui ponctuel.

Pour les pièces longues, il est possible de réaliser un montage entre pointes. Cela permet de diminuer le défaut de forme provoqué par la flexion de la pièce lors de l'usinage. On utilise alors la contre pointe située dans la poupée mobile.



Enfin, il existe des montages spécifiques en tournage qui sont spécialement conçus et fabriqués pour certains types de pièces.

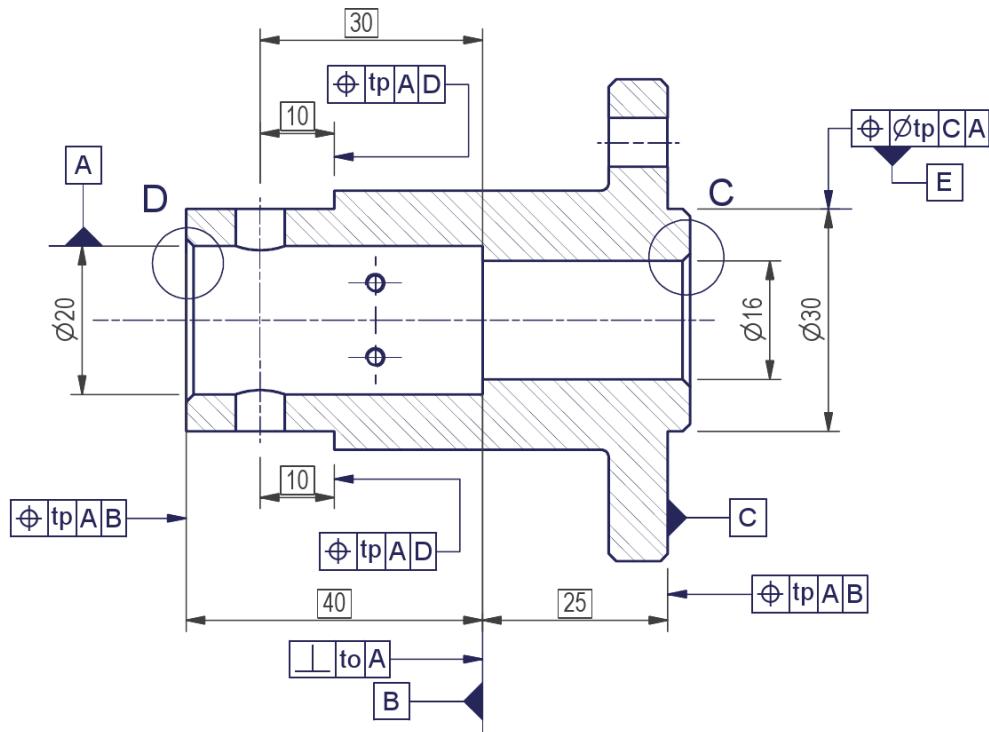
7 Contrat de phase

Définition

Un contrat de phase est un document comportant toutes les opérations présentes dans une phase. Une phase correspond à un posage (une mise en position) unique de la pièce.

7.1 Ordonnancement des phases

On désire réaliser la pièce suivante à partir d'un brut cylindrique :



Dessin de définition partie du moyeu Speed'O'Kart

Pour usiner la pièce, deux solutions semblent possibles initialement. Commencer par la partie "gauche" ou par la partie "droite".

Méthode

Pour choisir comment ordonner les phases, il est nécessaire de s'appuyer sur les spécifications. Dans la mesure du possible on commence par usiner **les surfaces de références** des spécifications.

Les surfaces de références devront alors être utilisées pour réaliser la **mise en position de la pièce** lors de l'usinage des surfaces spécifiées.

7.2 Ordonnancement des opérations

Il n'existe pas forcément de méthode rigoureuse pour ordonner les opérations. Le bon sens est souvent de rigueur.

Lorsqu'il faut enlever une grande quantité de matière on commencera par réaliser une ébauche pour enlever une grande quantité de matière et avec le plus grand débit possible pour être productif. Une finition permettra alors d'obtenir la dimension finale et la qualité de surface souhaitée.

7.3 Conditions de coupe

Définition

Conditions de coupe

En tournage déterminer les conditions de coupe revient à déterminer :

- la vitesse de coupe ;
- la vitesse d'avance ;
- la profondeur de passe.

Définition

Vitesse de coupe

La vitesse de coupe correspond à la vitesse de l'arrête de coupe par rapport à la pièce.

Elle est donnée par le couple outil matière, c'est-à-dire par la combinaison du matériau de l'outil et de la pièce. On la note V_c et s'exprime en m/min . La vitesse de coupe permet de déterminer la vitesse de rotation de la broche. On la note N en tr/min .

On montre aisément que

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

Dans cette formule, N est exprimé en tr/min , V_c en m/min et D en mm .

Définition

Vitesse d'avance

La vitesse d'avance correspond à la vitesse d'avance de l'outil sur la trajectoire d'usinage. On note f la vitesse d'avance en mm/tr . Elle est choisie de manière à ce que le copeau fragmente correctement. En effet, un copeau court est préférable en tournage. Elle peut aussi être adaptée afin d'avoir l'état de surface souhaité en finition.

La vitesse d'avance V_f en mm/min est donnée par $V_f = N \cdot f$.

Définition

Profondeur de passe

Le choix de la profondeur de passe dépend de plusieurs paramètres. On la note a en mm . Généralement, elle ne dépasse pas le tiers de la longueur de l'outil. Un choix judicieux de la profondeur de passe peut permettre d'augmenter la productivité.

Cependant une grande profondeur de passe demande de plus grands efforts de coupe. Il faut alors que les efforts générés soient compatibles avec la puissance de la machine.

Références

- [1] <http://bois.fordaq.com/fordaq/srvAuctionView.html?AucTIid=17877844>
- [2] <http://www.cazeneuve.fr/Cazeneuvefr/produits/Photos/Grandes/0ptica360g.jpg>
- [3] <http://www.mazak.eu/fr/node/1087>
- [4] <http://www.industrie-techno.com/plaquettes-de-tournage-a-large-spectre-d-utilisation.13121>
- [5] <http://www.larousse.fr/encyclopedie/data/images/1001962-Tournage.jpg>
- [6] <http://www.machine-outil.com/gfx/produits/grand/1601-mandrin-tour-smw-autoblok.jpg>
- [7] <http://www.machine-outil.com/gfx//photos/grand/4257-mandrin-expansible-rohm.jpg>
- [8] http://www.realmeca.com/upload/c60ab_tourelle_8positions.jpg
- [9] <http://www.otelo.fr>