

CI 6 – PPM – PRODUITS PROCÉDÉS MATÉRIAUX

ÉLABORATION DES PIÈCES MÉCANIQUES. INTRODUCTION DE LA CHAÎNE NUMÉRIQUE.

CHAPITRE 10 – USINAGE – FRAISAGE



Fraise de dentiste [1]



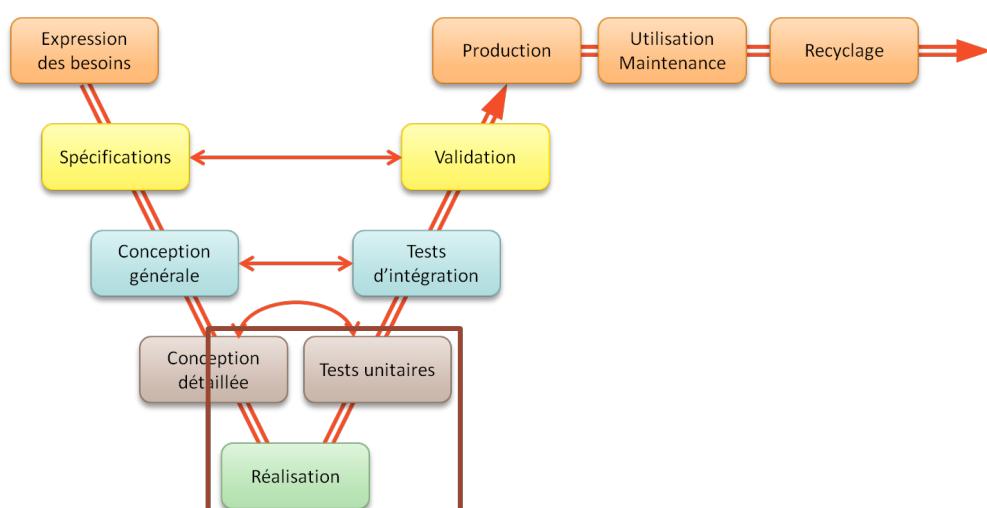
Fraise conventionnelle [2]



Centre d'usinage 5 axes [3]



Outils de fraisage [4]



SAVOIRS :

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

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

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

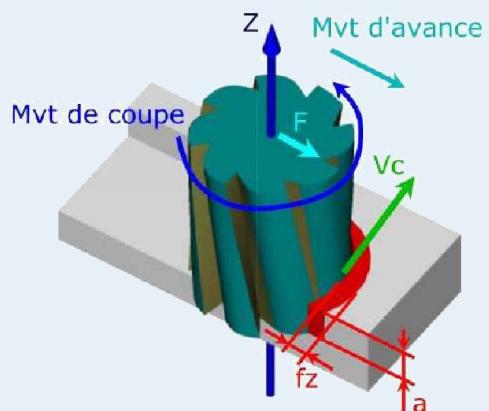
Ce document évolue. Merci de signaler toutes erreurs ou coquilles.

1 Présentation

1.1 Définition

Fraisage

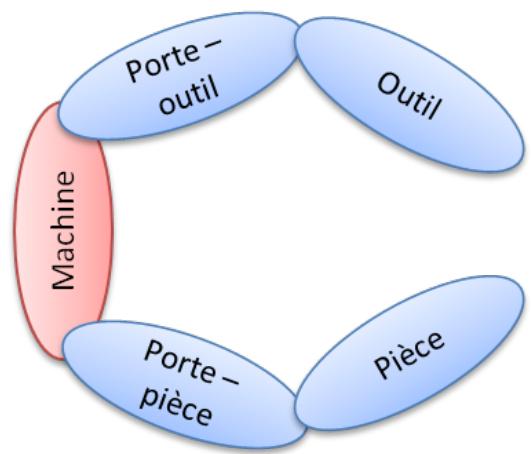
Le fraisage est une opération d'usinage qui permet de réaliser tout type de surface. Le **mouvement de coupe** est assuré par une rotation de l'outil. Le **mouvement d'avance** est assuré par des translations. Suivant la structure de la machine, les translations peuvent être réalisées par la pièce ou par l'outil.



1.2 Cellule élémentaire d'usinage

Les systèmes de production sont constitués des éléments suivants :

- la machine : dans notre cas la machine est une fraiseuse. Elle est dite conventionnel lorsque 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 broche de la machine et l'outil ;
- l'outil coupant permet de réaliser des opérations de fraisage 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 fraiseuses sont des machines à **3 axes**.

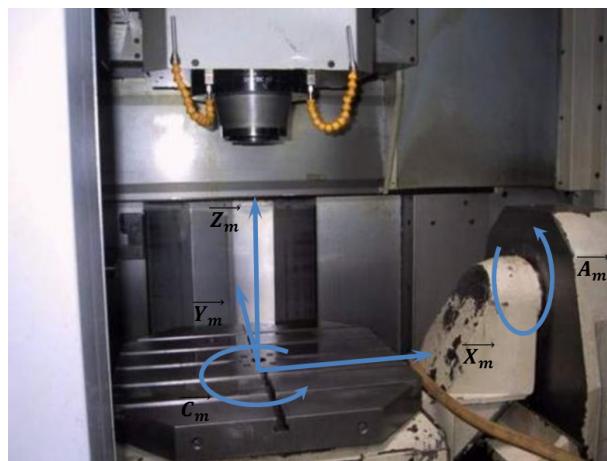
D'après la norme :

- 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 une fraiseuse conventionnelle

On rencontre aussi couramment des centres d'usinage 4 et 5 axes. Dans ces cas, les quatrièmes et cinquièmes axes sont des axes de rotation. Si l'axe de rotation est parallèle à l'axe $\overrightarrow{X_m}$, il est noté A_m , l'axe de rotation parallèle à $\overrightarrow{Y_m}$ est noté B_m , l'axe de rotation parallèle à $\overrightarrow{Z_m}$ est noté C_m .



Axes normalisés sur un centre d'usinage 5 axes

2.2 Les machines conventionnelles

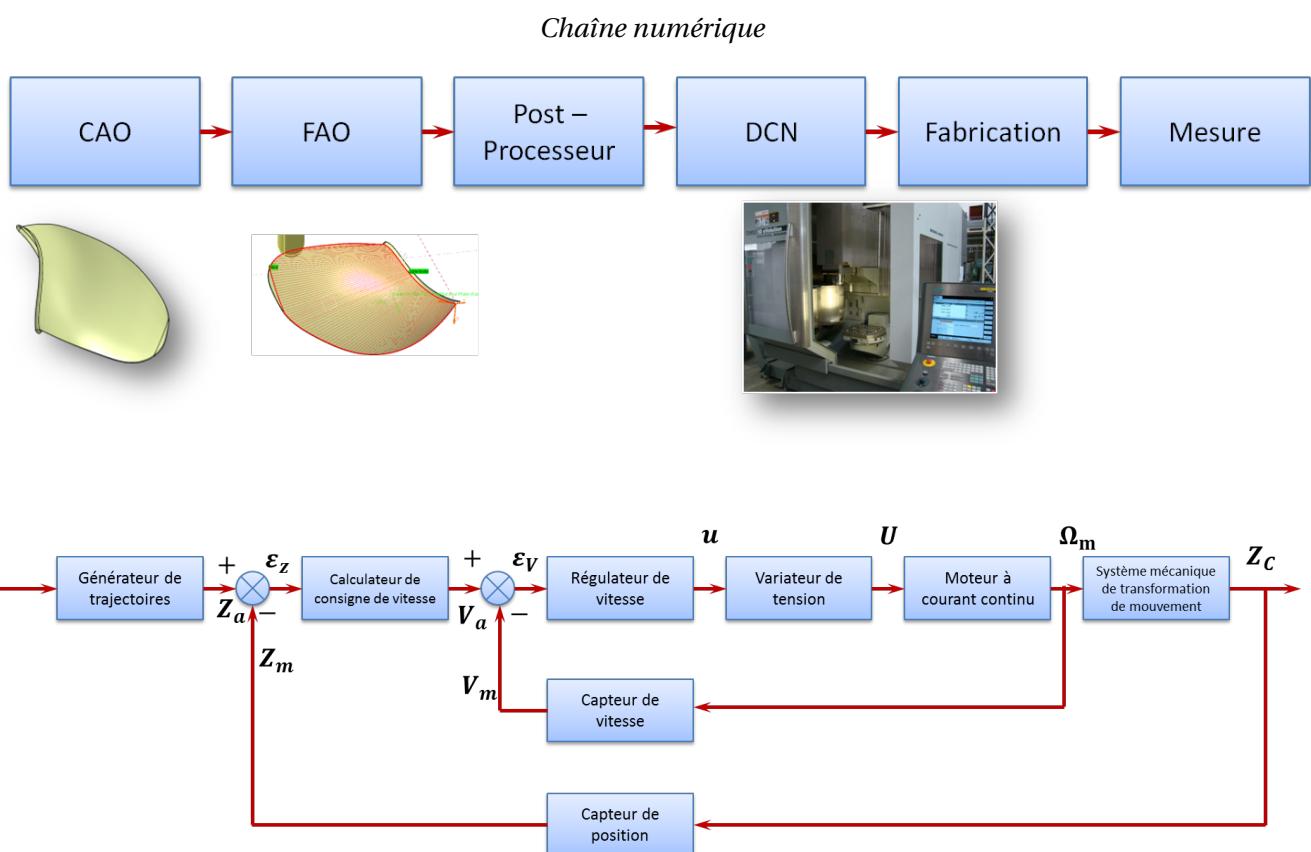
Sur les machines conventionnelles, une fois la vitesse d'avance fixée, les distances de déplacement sont directement gérées par l'opérateur.

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

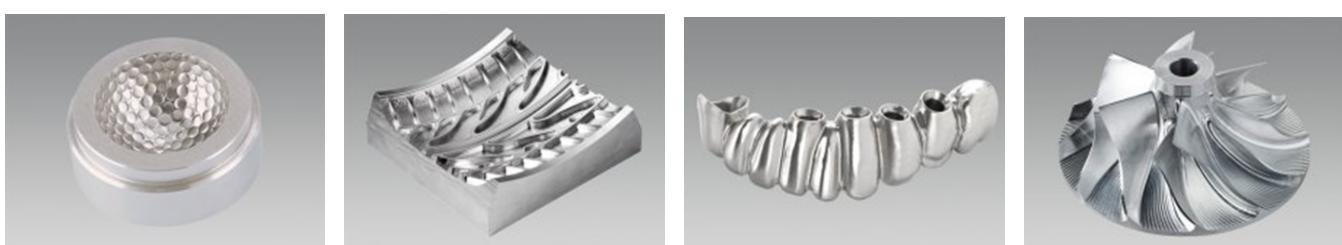
Les machines à commandes numériques sont équipées d'un moteur asynchrone pour la broche ainsi que d'un variateur de vitesse permettant un choix de vitesse plus précis qu'avec une boîte de vitesse. Des moteurs à courants continus permettent le déplacement sur les axes (\vec{X}_m , \vec{Y}_m et \vec{Z}_m).

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.



3 Typologie de pièces

Exemple de pièces réalisables en usinage 5 axes continus [6]



4 Les porte-outils

Sur une fraiseuse conventionnelle ou numérique, la liaison entre le porte-outil et la machine se fait par la broche. En fraisage à commande numérique, les machines possèdent généralement un magasin d'outil qui permet de les stocker.



Magasin d'outil sur centre d'usinage

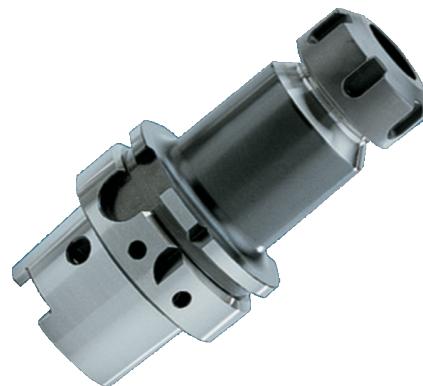
En fraisage, le corps des outils est cylindriques. Deux solutions permettent de les maintenir en position dans le porte-outil. Un ajustement cylindre – cylindre permet de les mettre en position. Le maintien en position est alors assuré par une vis appuyant sur un méplat. Le maintien en position peut aussi être assuré par un montage en pince. Le serrage de la pince permet le serrage de l'outil.

La liaison entre la machine se fait par des attaches ISO qui ont une forme conique qui permet la mise en position du porte outil. L'entraînement est assuré par un lardon venant se loger dans une rainure. Enfin la mise en position de l'outil est assuré par une tirette positionnée en bout de porte-outil.

Dans le cas des machines tournant à grande vitesse, on utilise des attaches HSK. La mise en position est aussi assurée par un cône. Le maintien en position est assuré par un dispositif venant à l'intérieur de l'attachement. Lorsque l'outil tourne, le serrage est alors accru grâce aux efforts centrifuges.



Attachement ISO



Attachement HSK

5 Les outils

5.1 Géométrie des outils

La géométrie des outils de fraisage dépend souvent de la géométrie de la forme à réaliser. Généralement, les outils de faible diamètre sont des outils monoblocs. Les outils de grands diamètres sont obtenus en utilisant un outil avec des plaquettes rapportées.

Lorsqu'on parle des outils de fraisage, il faut distinguer le nombre de dents, et le nombre de coupes. Une fraise 5 dents 2 tailles possède par exemple 5 plaquettes. Chaque plaquette peut usiner avec deux arrêtes.



Fraise 2 tailles – 8 dents



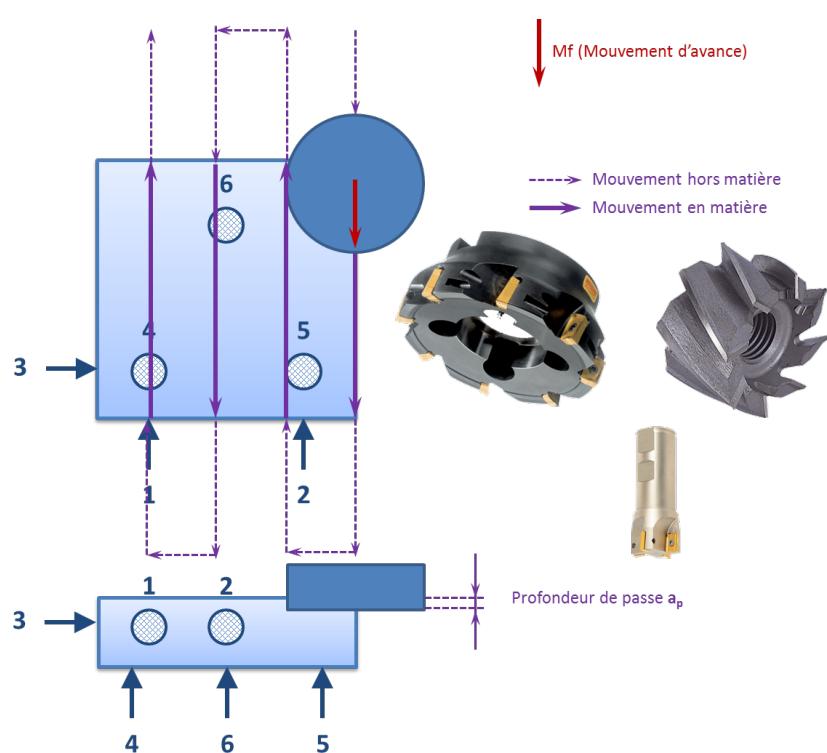
Fraise hémisphérique – 2 tailles – 8 dents



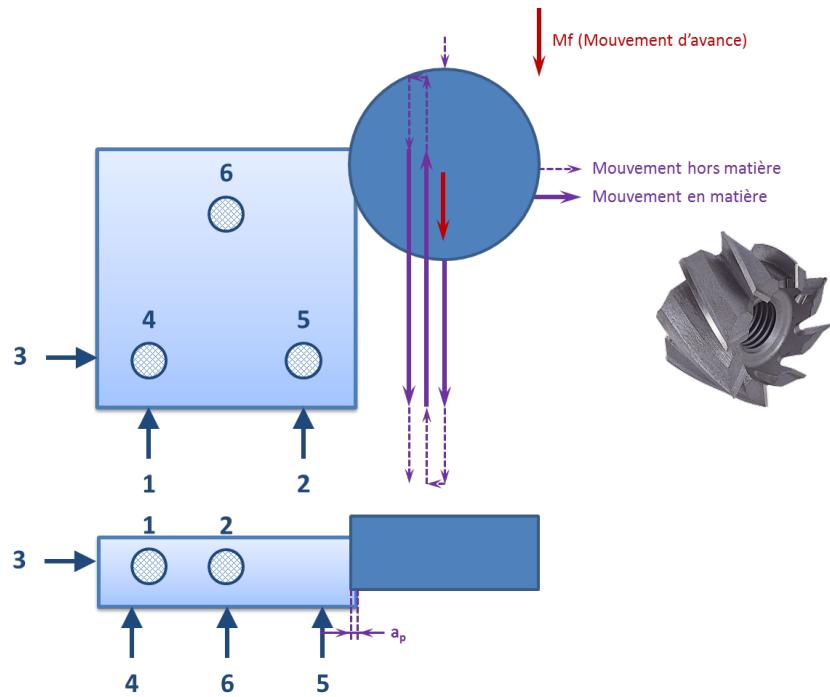
Fraise à surfacer

5.2 Les opérations d'usinage

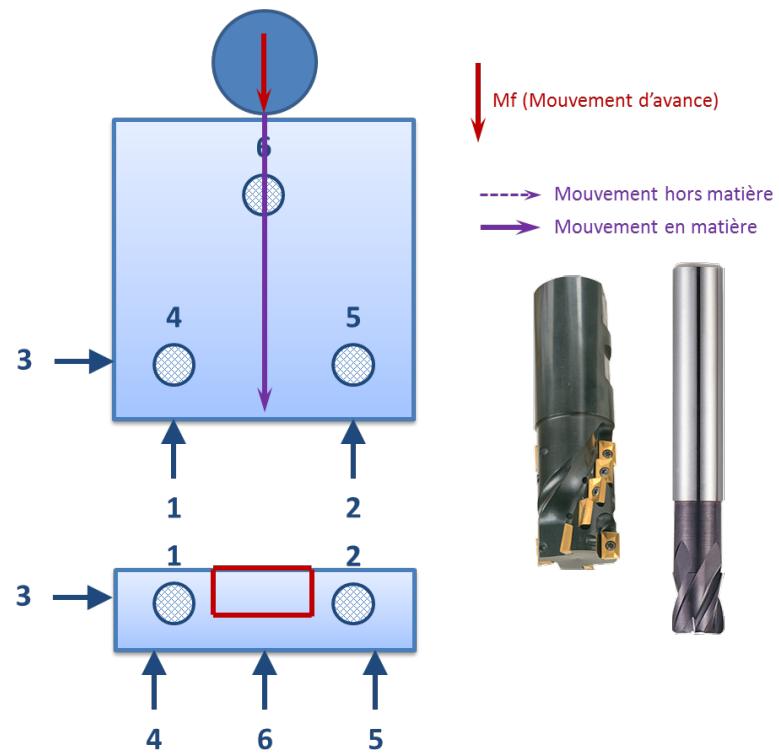
5.2.1 Surfaçage



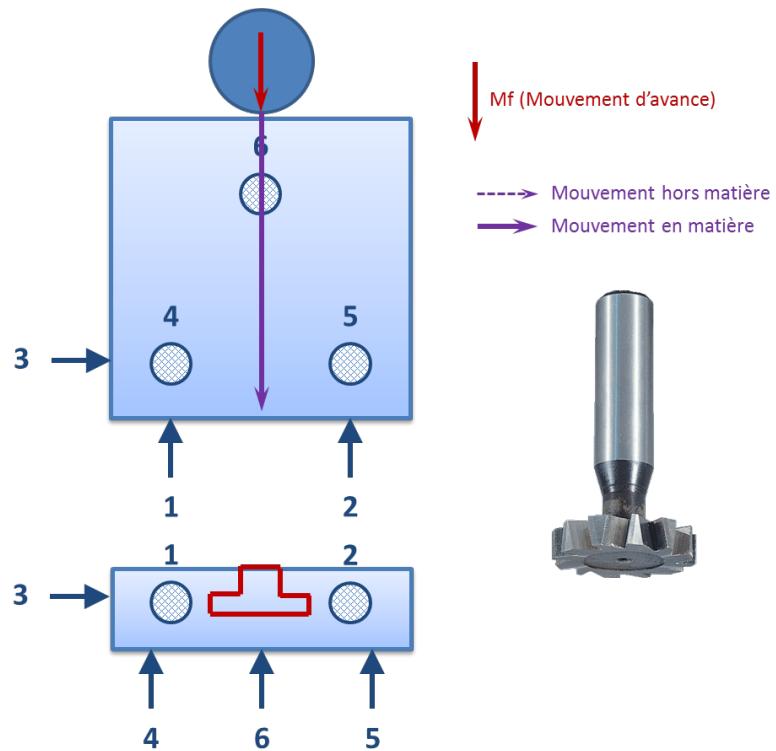
5.2.2 Usinage sur le flanc



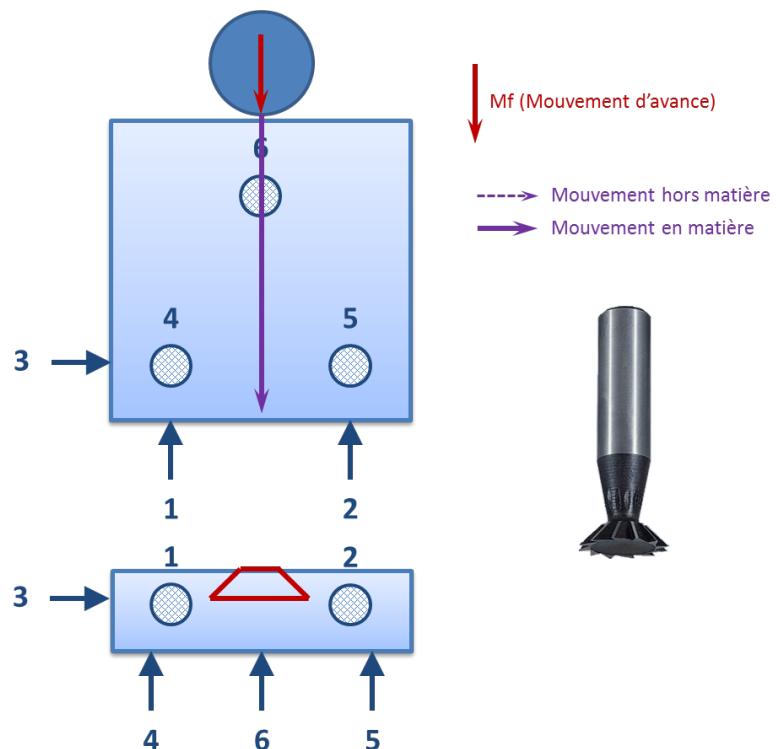
5.2.3 Rainurage



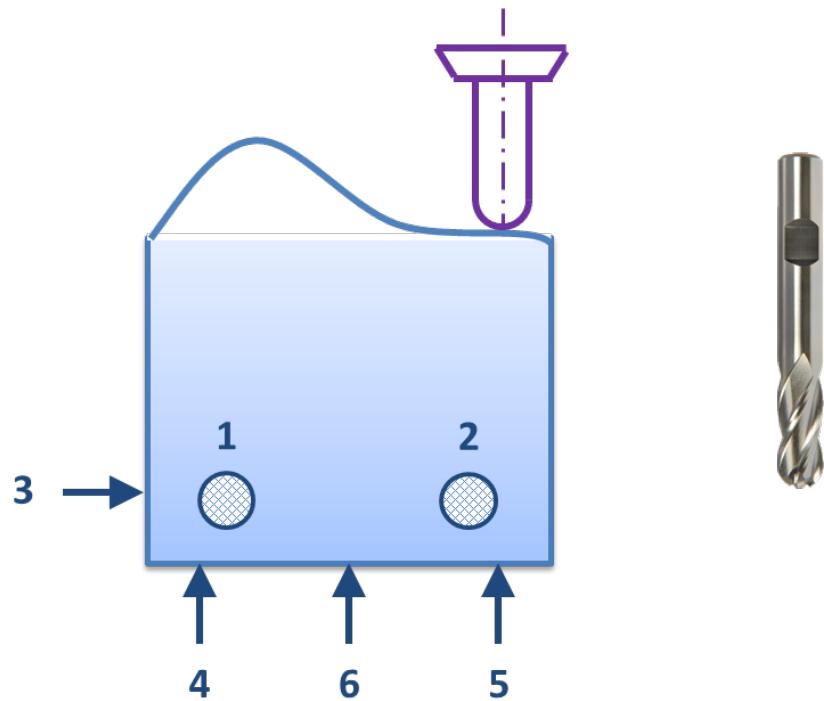
5.2.4 Rainurage en T



5.2.5 Usinage d'une queue d'aronde



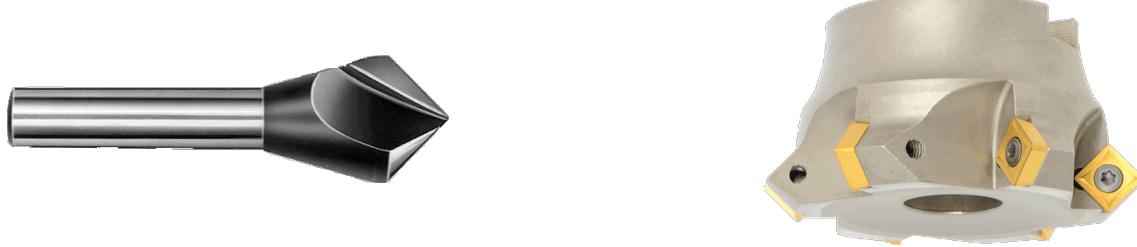
5.2.6 Usinage d'une forme quelconque



5.2.7 Fraises 3 tailles à rainurer

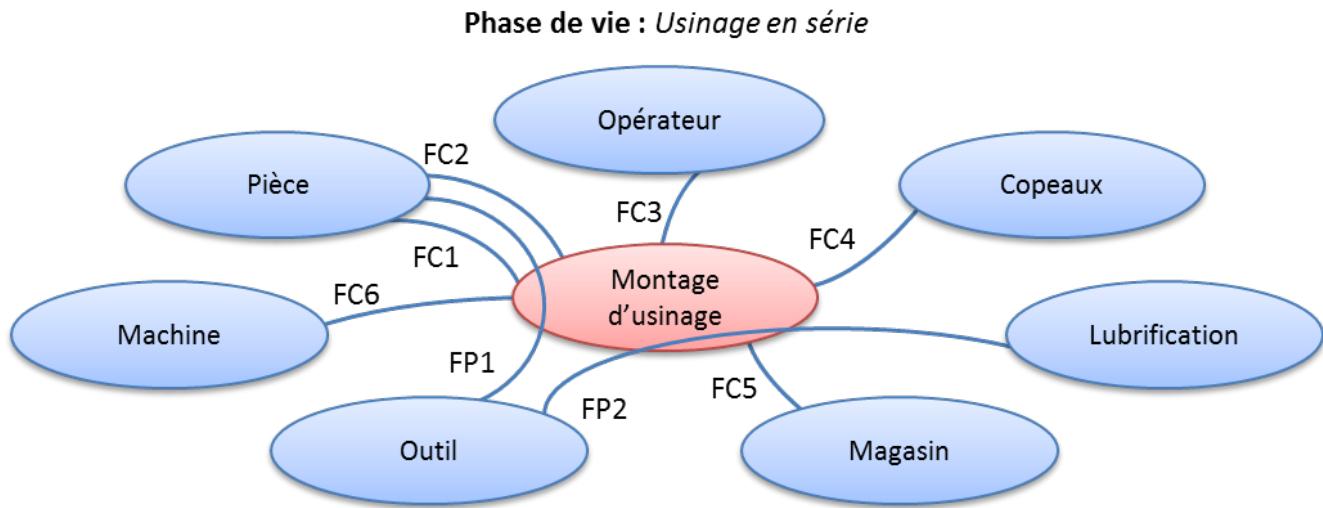


5.2.8 Fraises à chanfreiner



6 Les portes pièces

6.1 Cahier des charges



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

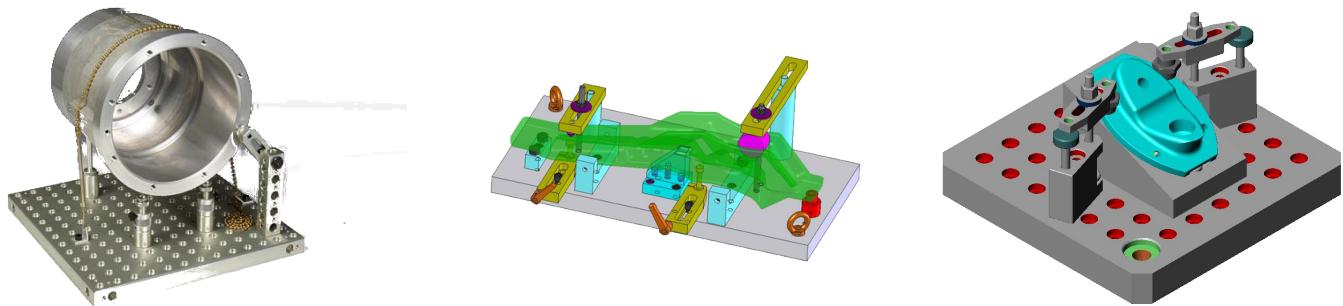
6.2.1 Les portes pièces standards

Les portes pièces désignent les étaux ou encore les plateaux magnétiques. Ils sont utilisés lors de la fabrication de pièces unitaires. Leur coût est relativement faible.



6.2.2 Les portes pièces modulaires

Les portes pièces modulaires sont utilisés pour la fabrication de pièces en moyenne série. Ils sont composés de modules standards qui permettent de mettre en position la pièce et de la maintenir en position. Ces portes pièces nécessitent un investissement dans l'achat des modules ainsi qu'un coût d'étude avant d'industrialiser la pièce.



6.2.3 Les portes pièces spécifiques

Ils sont réservés à l'usinage des pièces en grande série. Ces portes pièces nécessitent eux-mêmes un coût de conception et de fabrication.

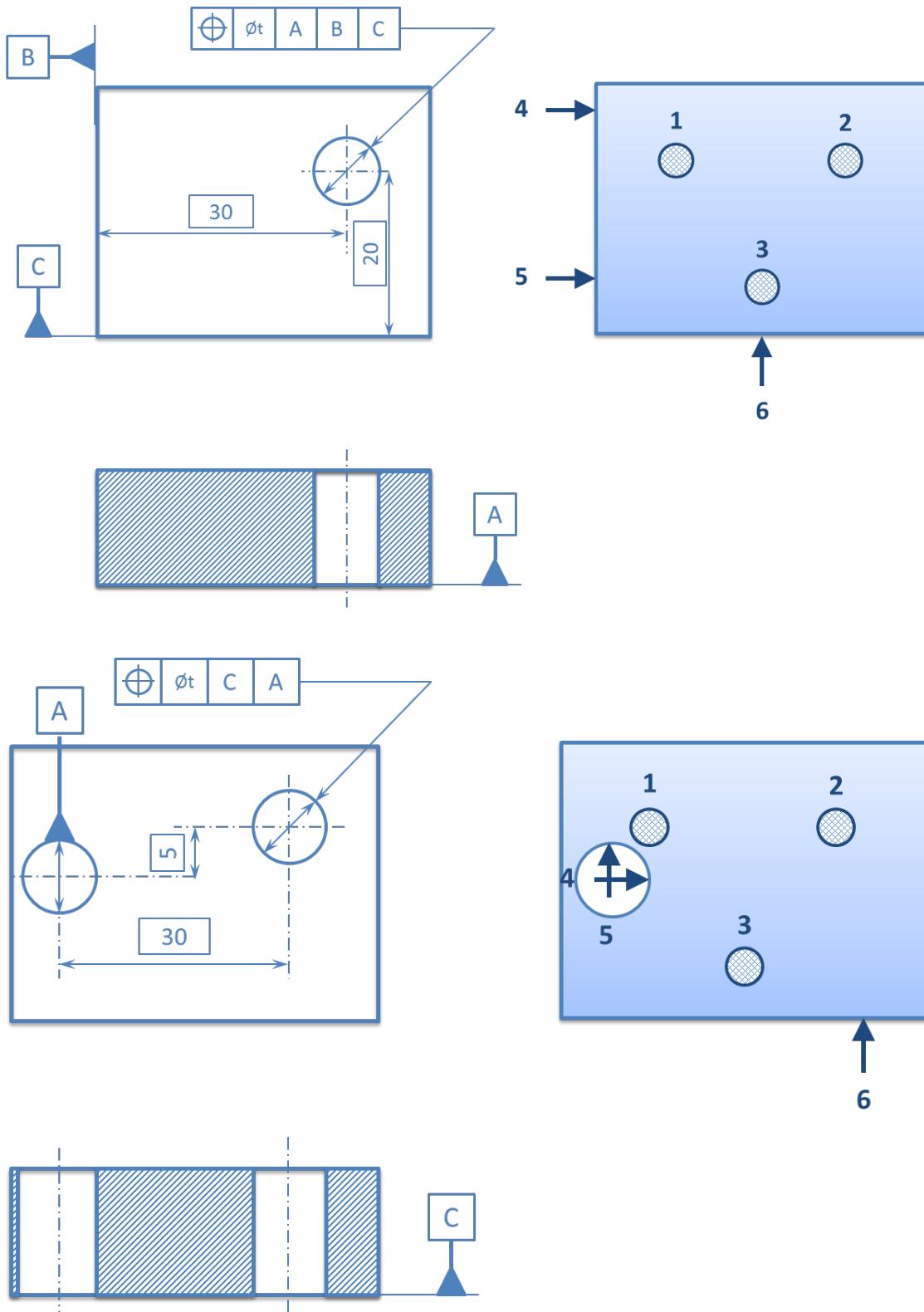
6.3 Mise en position isostatique des pièces

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.

Le choix de la mise en position dépend :

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



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

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.

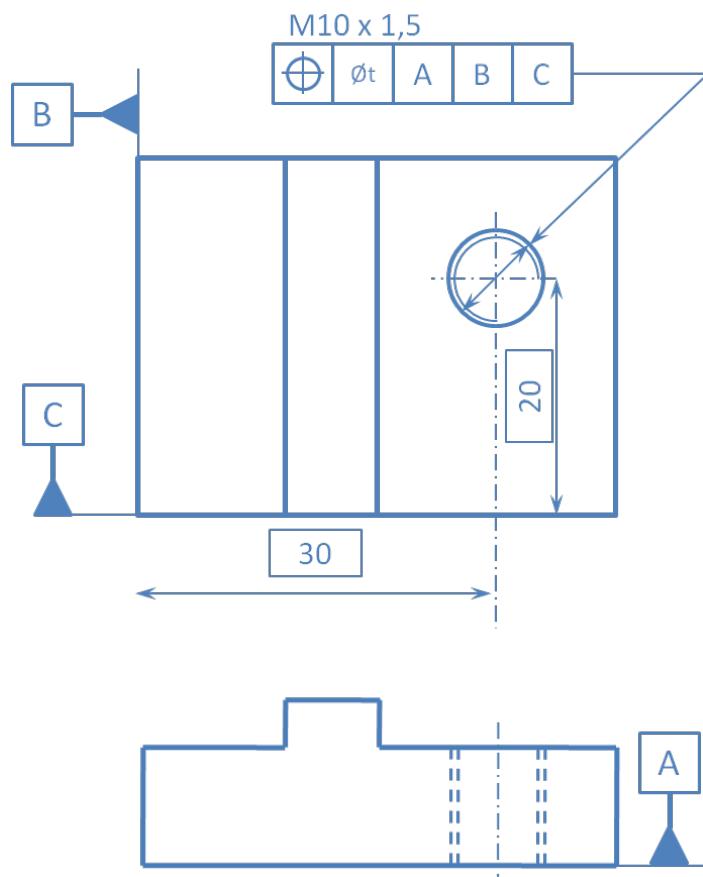
7.2 Ordonnancement des opérations

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

On désire réaliser la pièce suivante à partir d'un brut parallélépipédique. Proposer un ordonnancement des phases et des opérations.



7.4 Conditions de coupe

Définition

Conditions de coupe

En fraisage, déterminer les conditions de coupe revient à déterminer :

- la vitesse de coupe ;
- la vitesse d'avance ;
- la profondeur de passe et l'engagement de la fraise.

Définition

Vitesse de coupe

La vitesse de coupe correspond à la vitesse de l'arrêté 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 .

Vitesse d'avance

La vitesse d'avance correspond à la vitesse d'avance de l'outil sur la trajectoire d'usinage. On note V_f la vitesse d'avance en mm/min .

En fonction du matériau à usiner, le constructeur d'outil préconise une vitesse d'avance par tour et par dent. On la note f_z en $mm/tr/dent$

La vitesse d'avance V_f en mm/min est donnée par $V_f = N \cdot f_z \cdot Z$ avec Z le nombre de dents de la fraise.

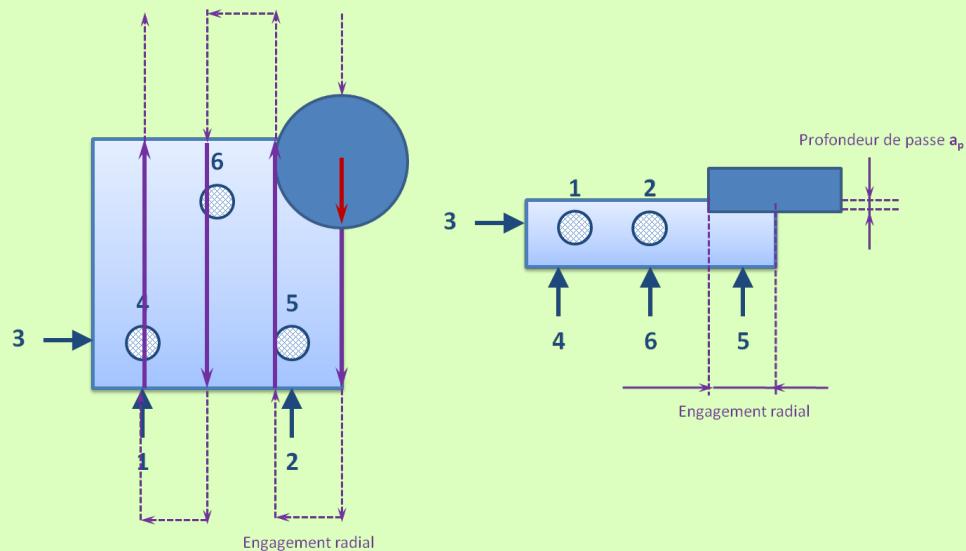
Profondeur de passe et engagement

Le choix de la profondeur de passe dépend de plusieurs paramètres. On la note a en mm .

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.

L'engagement correspond à la proportion de la fraise qui va être engagée lors de l'usinage.



Références

- [1] <http://www.zeta-dental.fr/images/upload/Image/16519-1.jpg>
- [2] <http://www.hellopro.fr/images/produit-2/7/9/1/fraiseuse-conventionnelle-2654197.jpg>
- [3] <http://fr.dmg.com/fr,milling,dmu-60-evo-linear?opendocument>
- [4] <http://www.walter-tools.com/>
- [5] www.otelo.fr/
- [6] <http://www.roeders.de/>