

Présentation de l'usinage

Dans ce document, nous allons nous intéresser à l'usinage, une des étapes de la fabrication de pièces mécaniques. Lorsque le bureau d'étude a défini la géométrie d'une pièce avec toutes ces caractéristiques et les tolérances associées pour répondre à un besoin, le bureau des méthodes définit comment la pièce sera fabriquée. La première étape consiste en la fabrication d'une pièce brute qui aura souvent des dimensions proches de la pièce usinée. L'idée étant de réduire au maximum de temps d'usinage nécessaire pour passer la pièce brute à la pièce finie. Il existe plusieurs méthodes pour cela comme par exemple la fonderie, la forge ou l'extraction depuis une tôle laminée. La figure 1 illustre ces méthodes. Cette étape se fait en accord avec le bureau d'étude car ce choix a un impact sur les caractéristiques de la pièce.



Figure 1 : Procédé d'obtention des bruts, de gauche à droite : Fonderie, forge et laminoir

La deuxième étape consiste donc à l'usinage de la pièce brute pour obtenir la pièce finie. La figure 2 présente une pièce usinée avec son brut. Choisir la façon dont la pièce sera usinée peut être une étape complexe car il existe beaucoup de possibilités. L'objectif étant toujours d'avoir un coût de fabrication de la pièce le plus bas possible. Une fois la pièce fabriquée, il convient de la contrôler pour vérifier qu'elle correspond bien aux spécifications établies par le bureau d'étude.

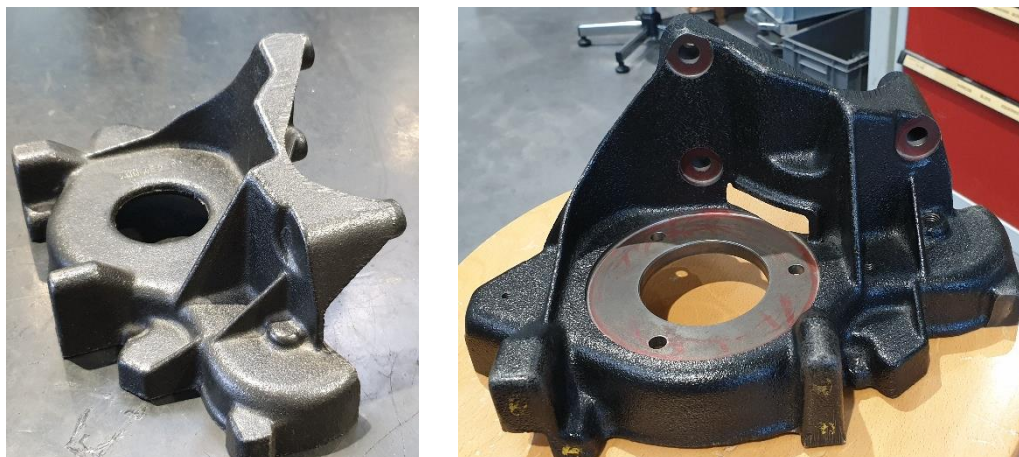


Figure 2 : Exemple d'un pièce brut (gauche) et d'une pièce usinée (droite)

L'usinage est un procédé de fabrication de pièces par enlèvement de matière. On utilise un outil coupant pour enlever des volumes de matière que l'on appelle copeau. Les outils ont de nombreuses géométries différentes mais ils ont toujours au moins une arête de coupe. C'est l'arête de coupe qui rentre dans la matière pour séparer le copeau de la pièce. La figure 3 illustre le procédé de coupe. Pour cela, il faut avoir une vitesse assez importante entre l'arête de coupe et la pièce, cette vitesse est appelée vitesse de coupe, noté \vec{V}_c .

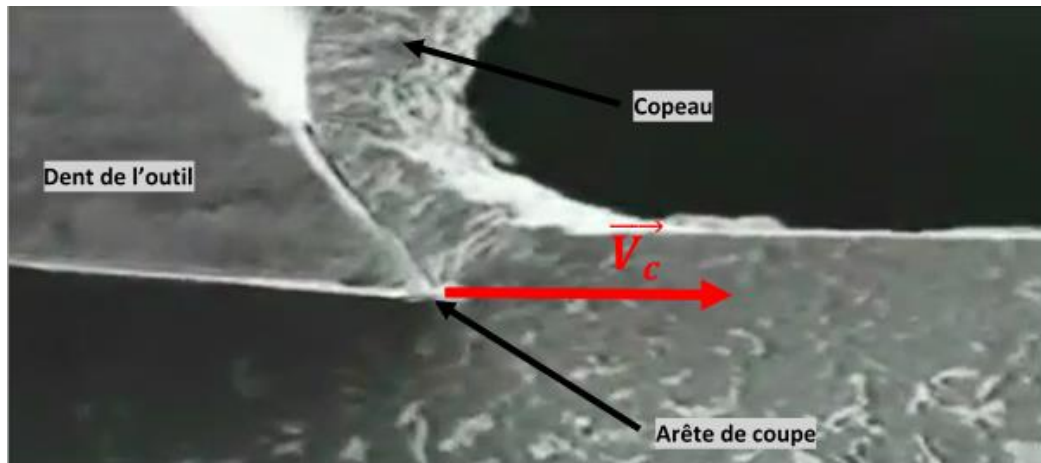


Figure 3 : Génération du copeau

Il existe deux grandes familles de procédé d'usinage avec leurs machines associées qui correspondent à la façon dont cette vitesse de coupe est obtenue :

- Il y a le tournage qui correspond à une rotation de la pièce et à un outil fixe. Cette méthode est à privilégier pour les pièces de révolution. Voir figure 4.
- Le fraisage où l'outil est en rotation et la pièce est fixe. Cette méthode est à privilégier pour les pièces prismatiques. La machine utilisée est une fraiseuse. Voir figure 4.

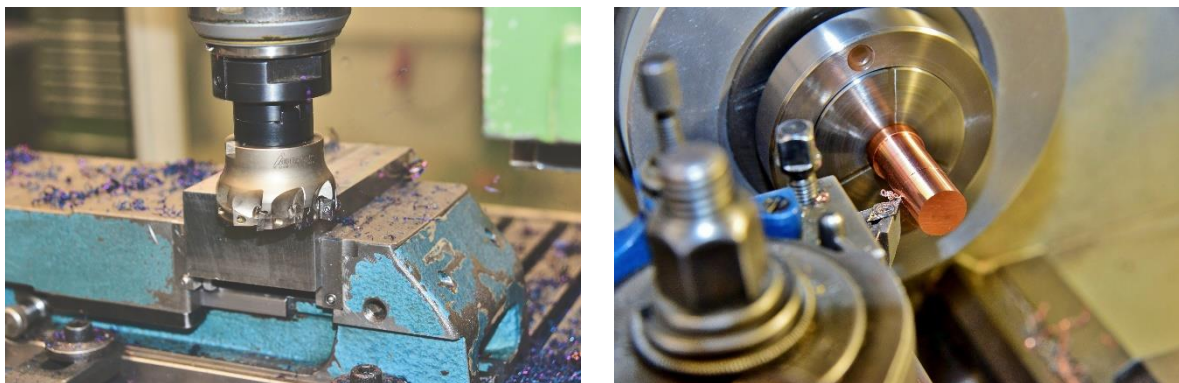


Figure 4 : Fraisage (gauche) et tournage (droite)

La réalité est bien plus complexe que cela car avec les machines modernes il est aujourd'hui possible de combiner la rotation de la pièce et de l'outil, de faire du tournage dans des fraiseuses et du fraisage dans des tours. Toutefois pour cette introduction à l'usinage nous ne retiendrons que le fraisage et le tournage comme définis ci-dessus.

Dans les deux cas, la partie de la machine qui met en rotation la pièce ou l'outil est appelée la broche. C'est elle qui apporte la puissance nécessaire à la génération de copeaux. Pour installer l'outil dans la broche, on utilise un porte-outil qui permet de faire la liaison entre les différents types de broches et d'outils.

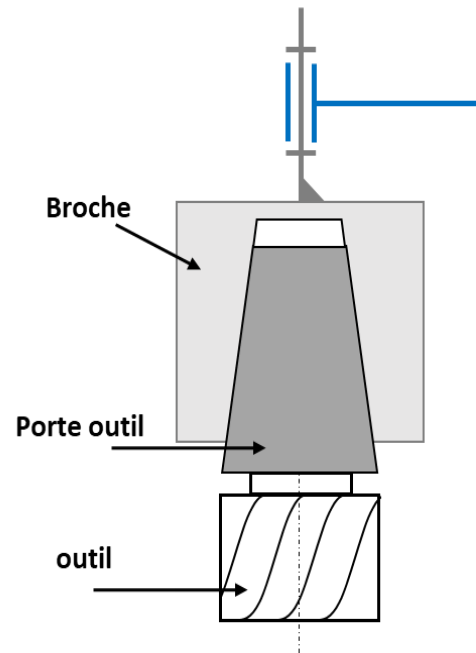


Figure 5 : Broche, porte-outil et outil

Intéressons-nous maintenant à la façon dont les surfaces usinées sont générées. La rotation de l'outil ou de la pièce permet d'obtenir la vitesse de coupe \vec{V}_c mais il faut aussi un mouvement relatif entre l'outil et la pièce pour générer une surface. On parle alors de vitesse d'avance que l'on note \vec{V}_f . Ce mouvement relatif est obtenu par le déplacement des axes de la machine. La figure 7 illustre la direction de ces deux vitesses.

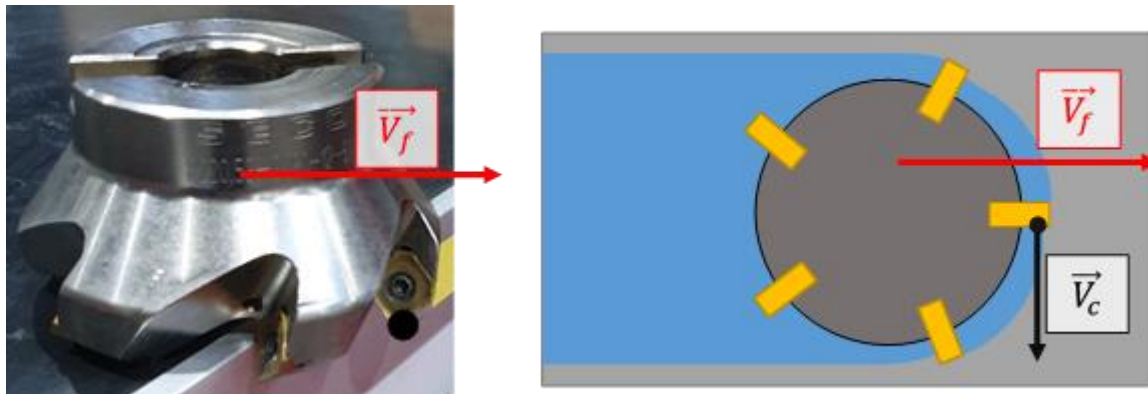


Figure 6 : Vitesse d'avance et vitesse de coupe

Il faut maintenant faire la distinction entre les machines dites conventionnelles et les machines à commandes numériques. Pour les machines conventionnelles, c'est l'opérateur qui déplace mécaniquement les axes, via par exemple un mécanisme de vis écrou. Pour les machines à commandes numériques, le déplacement des axes est assuré par un moteur piloté par un ordinateur. Le gros avantage des machines à commandes numériques est que l'on peut

intégrer un programme d'usinage dans la machine qui va ensuite l'exécuter. Les machines à commandes numériques sont donc à privilégier pour fabriquer des séries de pièces.



Figure 7 : Tour conventionnel (gauche) et à commande numérique (droite)

L'usinage d'une pièce se décompose souvent en plusieurs phases d'usinage. Une phase d'usinage étant toutes les opérations ayant lieu sans démonter la pièce de son montage d'usinage. La figure 9 présente un contrat de phase. Par exemple, on monte la pièce dans un montage d'usinage, on effectue un surfacage, 2 dressages et 1 perçage. Ceci est la phase 1. Ensuite, la pièce est démontée puis remontée dans un autre montage d'usinage, on effectue alors 1 dressage et 3 perçages. Ceci est la phase 2. L'ensemble de ces opérations est détaillé dans un document qui s'appelle la gamme de fabrication. On y trouvera toutes les informations permettant de passer de la pièce brute à la pièce usinée comme la mise en position de la pièce dans le montage d'usinage et les conditions de coupe de chaque opération d'usinage.

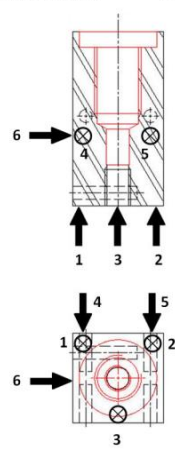
Contrat de phase						
Phase 60	Ensemble : Imprimante 3D	Dimension du brut : 40x40x70				
	S/ensemble : Tête d'impression	Matière : EN-AW 2017A				
	Pièce : Block de chauffe	Machine : Centre d'usinage Huron CX-10				
						
Opération	outil	N	Vf	Vc	fz	z
Pointer c3	Foret à pointer ø12 Walter A1174-12	1592	159	60	0.1	1
Percer c3	Foret ARS ø16 Walter A1211-16	1194	119	60	0.1	1
Tarauder c3	Taraud machine M18 Walter 7051773-M18	53.1	132.7	3	2.5	1
Aléser c2	Alésoir ø9H7 Walter F1352-9	990	99	28	0.1	1
Contourner c4	Fraise 2 tailles ø16 Fraise 5273.610	7500*	1500*	376.8*	0.1	2
* : conditions de coupes brisées par la machine.						
UE PFAB						08/10/2015

Figure 8 : Exemple d'un contrat de phase

Pour conclure nous allons parler des opérations d'ébauche et de finition. L'objectif de l'ébauche est d'enlever un gros volume de matière en approchant la forme finale de la pièce mais en laissant une surépaisseur d'usinage. On optimise alors les conditions de coupe pour que l'ébauche soit la moins couteuse possible, que cela soit en temps d'utilisation de la machine mais aussi en usure des outils. L'objectif de la finition est d'obtenir la forme finale de la pièce avec la qualité attendue. Les conditions de coupe sont toujours choisies pour que l'usinage soit le moins couteux possible, mais il faut cette fois prendre en compte la qualité de l'état de surface générée. L'ébauche et la finition ne sont pas liées à des phases particulières, une même phase peut contenir des opérations d'ébauche et des opérations de finition. La figure 10 illustre le principe d'ébauche et de finition.

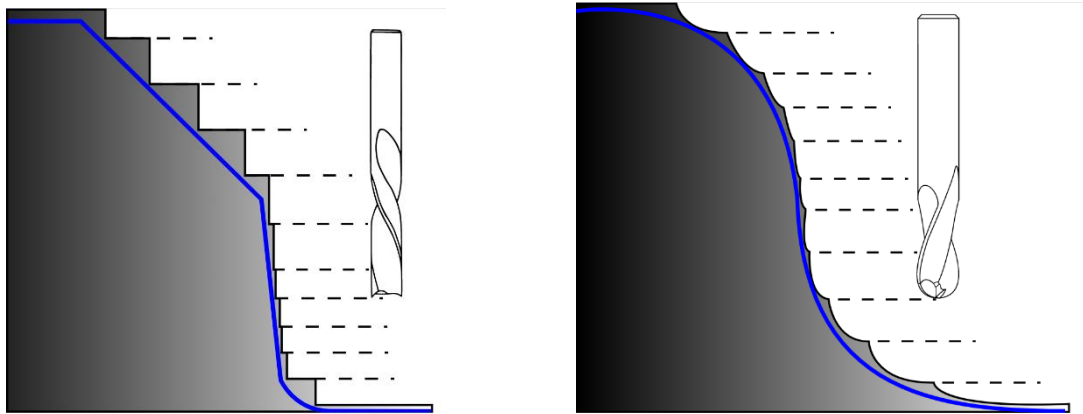


Figure 9 : Illustration du principe d'ébauche et de finition

Vocabulaire

Usinage : Procédé de fabrication par enlèvement de matière.

Pièce brute : Pièce avant son usinage.

Copeau : Volume de matière enlevé de la pièce brute par le passage d'une dent.

Arête de coupe : Arête de l'outil qui génère le copeau.

Vitesse de coupe (\vec{V}_c) : Vitesse relative entre la dent de l'outil et la pièce.

Tournage : Méthode d'usinage où la pièce est en rotation

Fraisage : Méthode d'usinage où l'outil est en rotation

Broche : Partie de la machine-outil qui met en rotation la pièce (tournage) ou l'outil (fraisage) et qui apporte la puissance nécessaire à la coupe.

Vitesse d'avance (\vec{V}_f) : Vitesse relative entre la pièce et l'outil.

Machines conventionnelles : Machines où le déplacement des axes est assuré mécaniquement par l'opérateur.

Machines à commande numérique : Machines où le déplacement des axes est piloté par un ordinateur.

Programme d'usinage : Séquence d'instruction permettant de piloter une machine à commande numérique.

Phase d'usinage : Ensemble des opérations d'usinage effectuées lors d'un même posage de la pièce.

Gamme de fabrication : Document détaillant l'ensemble des phases d'usinage.

« Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du **Programme d'Investissements d'Avenir** portant la référence **ANR-20-NCUN-0009** ».