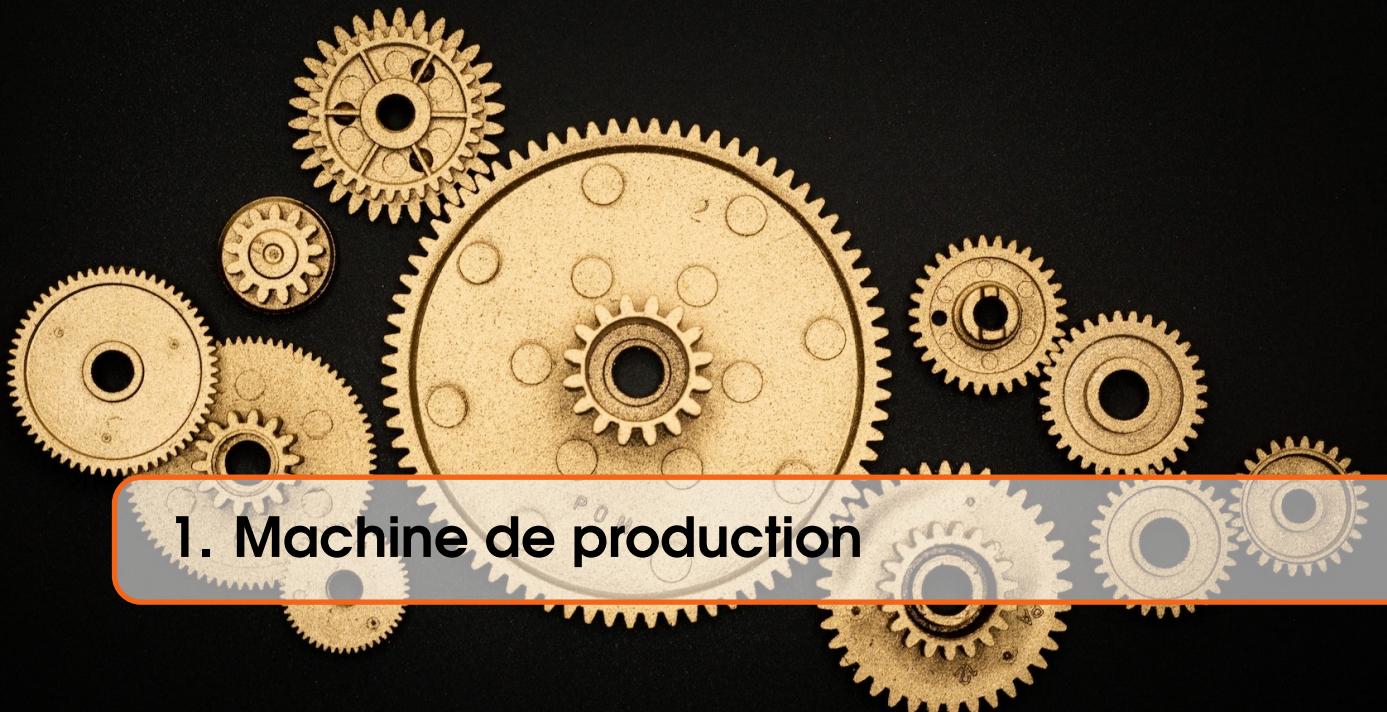


# Production

<b>1</b>	<b>Machine de production .....</b>	<b>3</b>
1.1	Le début .....	3
<b>2</b>	<b>Opérations d'usinage .....</b>	<b>7</b>
2.1	Opération d'usinage en tournage .....	7
2.2	Opération d'usinage en fraisage .....	9
2.3	Éléments de serrage .....	10
2.4	Matière et matériaux .....	11
<b>3</b>	<b>MIP et MAP .....</b>	<b>13</b>
3.1	MIP .....	13
3.2	MAP .....	13
<b>4</b>	<b>Lecture de l'information .....</b>	<b>15</b>
4.1	Norme ISO 2768mk .....	15
4.2	Ajustement .....	15
4.3	Ébauche et finition .....	16
4.4	ANNEXE .....	19





## 1. Machine de production

### 1.1 Le début

La machine-outil apparaît au XV<sup>e</sup> siècle avec les premiers tours destinés au travail du bois. Leur faible rigidité liée à une structure en bois leur empêche l'usinage d'autres matériaux. Il faut attendre le XVIII<sup>e</sup> siècle pour que des machines-outils en construction métallique apparaissent, permettant ainsi d'usiner des métaux. On peut citer : le tour à charioter de Vaucanson en 1751 (voir Figure 1.2-1) et l'ancêtre de la fraiseuse, la machine à raboter de Focq (1761).

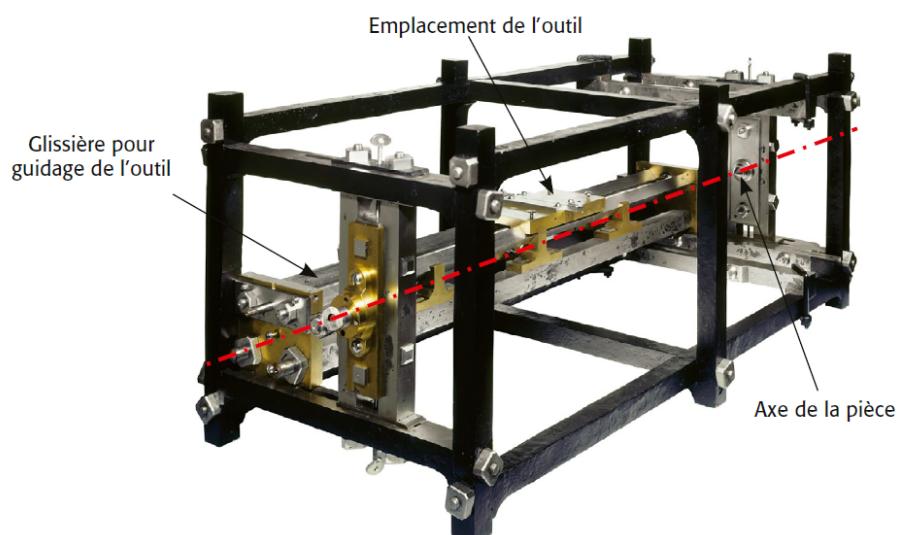


Figure 1.1: Reproduction du tour de Vaucanson (de 1751)(musée des Arts et Métiers).

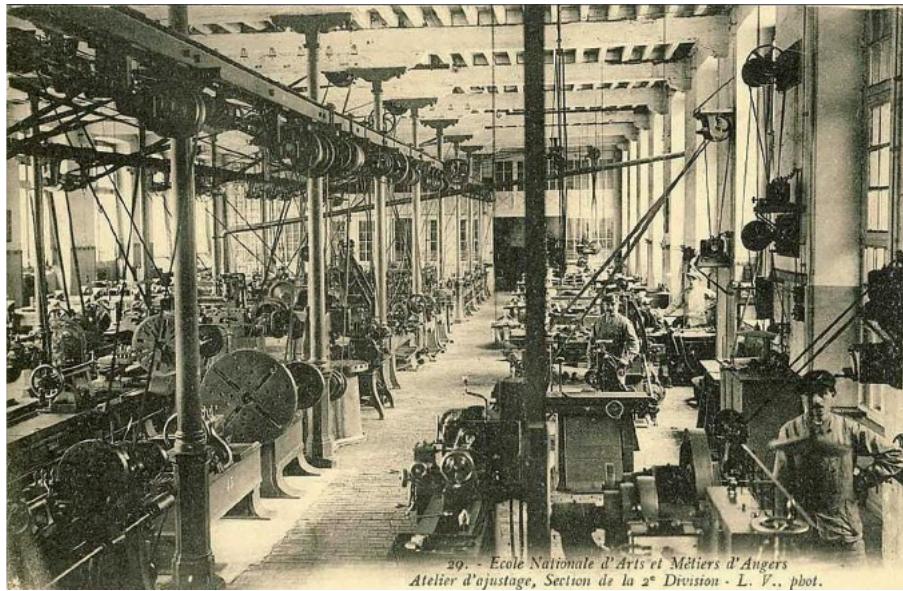


Figure 1.2: Un atelier typique du début du XXe siècle : vue de l'atelier d'usinage du campus Arts et Métiers d'Angers (Arts et Métiers).

En l'espace de trente ans, les vitesses de déplacement des axes, les vitesses de rotation de broche et donc les vitesses de coupe ont été décuplées. Preuve des progrès dans les secteurs rattachés à l'usinage : les composants mécaniques comme les éléments de guidage linéaire ou de guidage en rotation, les composants électrotechniques avec les directeurs de commande numérique et les chaînes d'asservissement se sont développés. Les améliorations ne portent pas seulement sur les performances intrinsèques de la machineoutil, mais aussi sur son environnement. Des systèmes fortement automatisés (palpage laser, changement outil, lubrification automatique, etc.) se sont largement répandus.



Figure 1.3: Cellule associant 4 centres d'usinage et 2 robots de chargement-déchargement (Fanuc Robotics).

### 1.1.1 Combien coûte une machine outil

Les données suivantes sont livrées ici à titre indicatif ; les prix indiqués correspondent à une configuration donnée pour un certain fabricant et n'ont d'autre but que de fournir un ordre de

grandeur :

- tour conventionnel ALPHA (dimension entre pointes de 1 000 mm, hauteur de pointe de 200 mm) : 10 000 € en 2016
- tour à commande numérique 2 axes HAAS ST35 : 70 000 € en 2018 (sans option)

### 1.1.2 Axes des machines outils

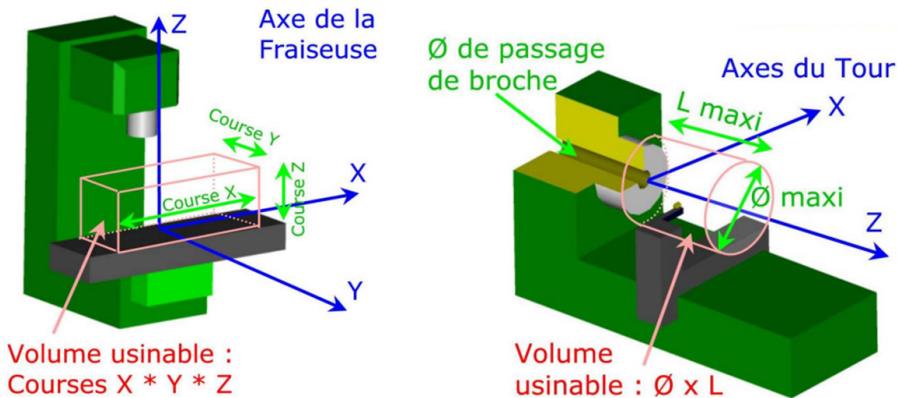


Figure 1.4: Axes des MOCN (remarque : L'axe  $\vec{Z}$  est toujours l'axe de la broche)

Extrait de la norme AFNOR NF Z 60-020 : la présente norme a pour objet de définir une nomenclature des axes et mouvements pour machines à commande numérique en vue de faciliter l'interchangeabilité des données de programmation

- A retenir 1.1**
- Axe : direction suivant laquelle le mouvement est commandé numériquement en continu en vitesse et position;
  - L'axe Z : il est situé parallèlement à l'axe de la broche principale quelle que soit la machine ou perpendiculaire à la table pour les machines qui ne possèdent pas de broche;
  - L'axe X : est associé au mouvement qui défini le plus grand déplacement après avoir situé l'axe Z;
  - L'axe Y : il forme avec les axes X et Z un trièdre de sens direct. Le sens positif (+) d'un mouvement de chariot provoque l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce considérée comme fixe.

### 1.1.3 Élément des outils/ porte-outils

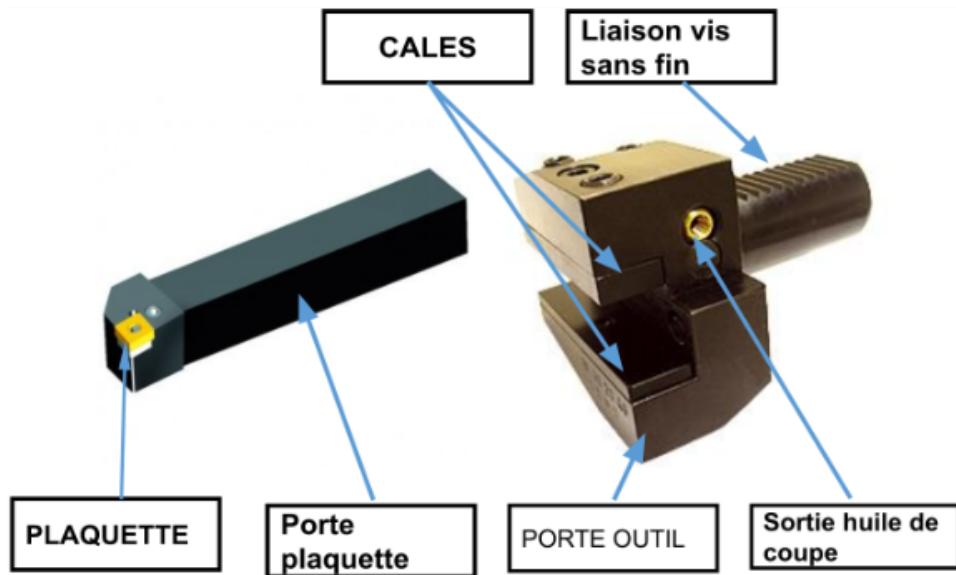


Figure 1.5: A connaître : Le noms des différents éléments constituant les outils coupants.

### 1.1.4 Vocabulaire : génération de surfaces

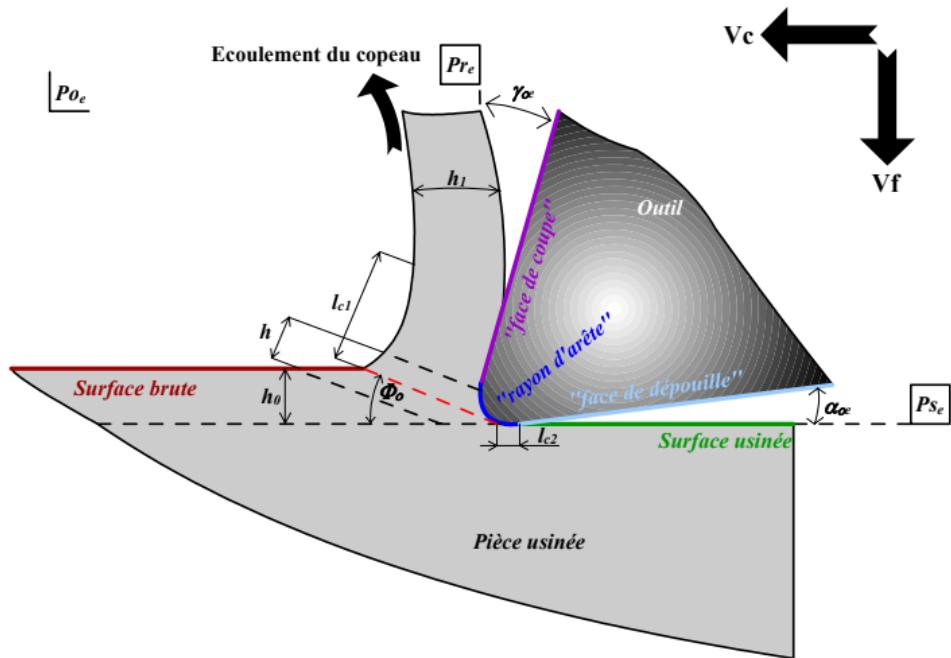
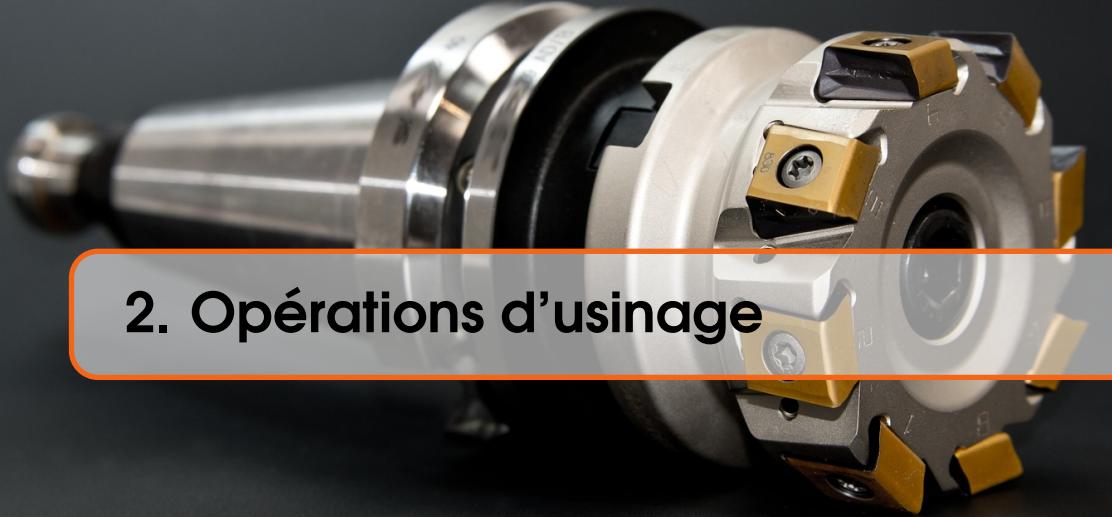
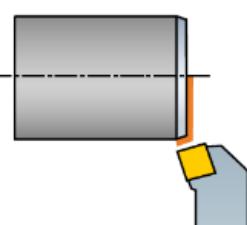
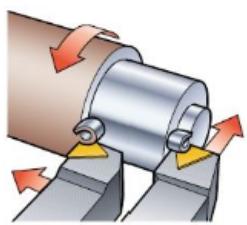
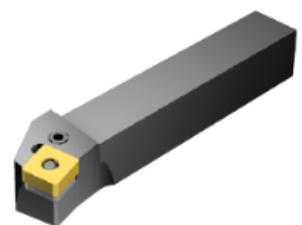
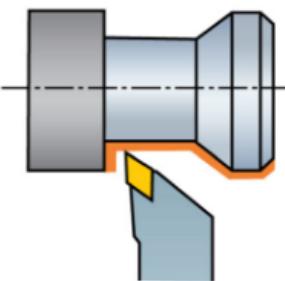
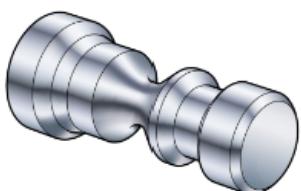
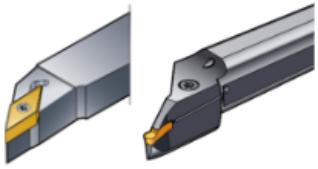


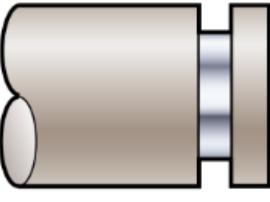
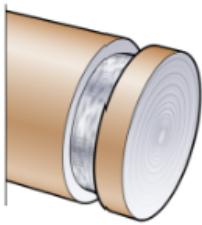
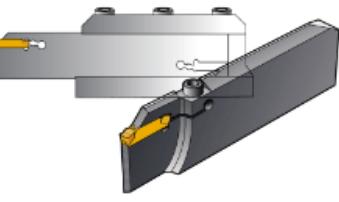
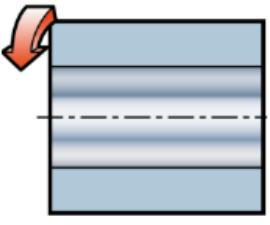
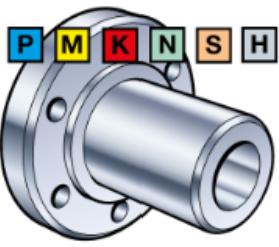
Figure 1.6: Géométrie locale des contacts copeau-arête élémentaire et arête élémentaire-pièce



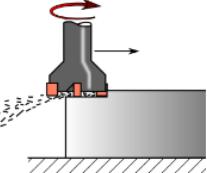
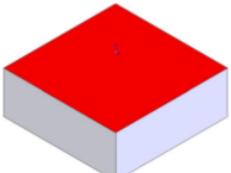
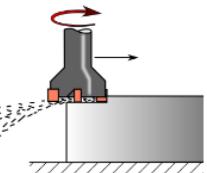
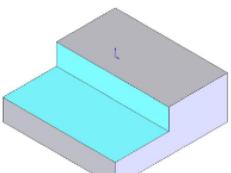
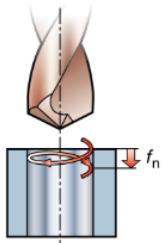
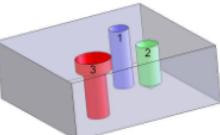
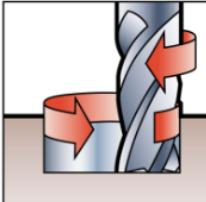
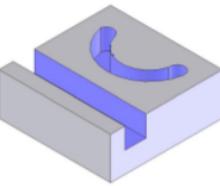
## 2. Opérations d'usinage

### 2.1 Opération d'usinage en tournage

		
Opération : <b>CHARIOTAGE/ DRESSAGE</b>	Forme/Surface(s) engendré(s) : <b>CYLINDE / DISQUE</b>	Nom complet de l'outil : <b>Outil à charioter/dresser (plaquette rhombique grand angle)</b>
		
Forme/Surface(s) engendré(s) : <b>PROFIL D'UNE SURFACE/ LIGNE</b>	Opération : <b>PROFILAGE/ (CHARIOTAGE et DRESSAGE)</b>	Nom complet de l'outil de gauche : <b>Outil à charioter dresser (finition - plaquette rhombique à angle réduit)</b>  Nom complet de l'outil de droite : <b>Outil de profilage à plaquette ronde</b>

		
Forme/Surface(s) engendré(s) : CYLINDRE (TORE DE SECTION RECTANGULAIRE)	Opération : GORGE	Nom complet de l'outil : Outil à saigner/Outil à gorge
		
Forme/Surface(s) engendré(s) : Cylindre (creux) / tube/ Trou	Opération : Perçage / Alésage	Nom complet de l'outil : Outil à aléser

## 2.2 Opération d'usinage en fraisage

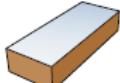
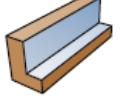
2D	3D	Outil utilisé
		
Opération : <b>SURFAÇAGE</b>	Forme/Surface(s) engendré(s) : <b>PLAN</b>	Nom complet de l'outil : <b>FRAISE À SURFACER (1 TAILLE)</b>
		
Opération : <b>ÉPAULEMENT</b>	Forme/Surface(s) engendré(s) : <b>2 PLANS</b>	Nom complet de l'outil : <b>FRAISE DEUX TAILLES</b>
		
Forme/Surface(s) engendré(s) : <b>CYLINDE</b>	Opération 1 : Perçage - trou débouchant Opération 2 : Perçage - Trou borgne Opération 3 : Lamage	Nom complet de l'outil : <b>Forêt</b>
		
Forme/Surface(s) engendré(s) : <b>Pavé, cube, rainure, poche</b>	Opération : Rainurage, poche, gorge	Nom complet de l'outil de gauche : <b>FRAISE À PLAQUETTES DEUX TAILLES</b> Nom complet de l'outil de droite : <b>FRAISE MONOBLOC DEUX TAILLE</b>

### 2.2.1 Coupe des éléments coupants

Les outils ont des formes différentes, plus ou moins complexes, donc plus ou moins onéreux. Pour une entreprise qui cherche à faire des bénéfices, il faudra alors choisir les outils, machines, trajectoires qui nous donne le meilleur compromis " respect du cahier des charges → économie ". Aussi, vous pourrez constater que certains outils sont extrêmement proches topologiquement mais n'ont pas exactement les mêmes fonctions ou niveaux de précisions.

Le terme "taille" :

- Nous parlerons de " Fraise une taille " quand celle-ci aura des arêtes coupantes pour usiner une et une seule surface.
- Nous parlerons de "fraise deux taille " quand celle-ci aura des arêtes coupantes d'usiner deux surfaces.

Surface réalisée	Opération	Arêtes de coupe	Outils possibles
 Un plan	Surfaçage	En bout	Fraise à surfacer 
		Latérales	Fraise 2 tailles ou cylindrique 
 Deux plans	Fraisage d'épaulements	En bout et latérales	Fraise 2 tailles ou cylindrique 
 Trois plans	Rainurage	Latérales et en bout avec les deux extrémités supérieure et inférieure	Fraise 3 tailles 

## 2.3 Éléments de serrage

Pour le fraisage et le tournage le serrage à pour but de maintenir la pièce dans la même position tout le long de l'usinage. Pour le tournage cependant il faut en plus que le serrage soit exactement confondu avec l'axe de la broche. En général nous utiliserons des mors. Vous devez connaître la différences entre des mors durs et mors doux. Pour rappel, un mandrin est constitué de trois mors, qui peuvent être doux ou durs.

Type de montage	Description	Avantages	Inconvénients
<b>Montage en l'air : Mandrin 3 mors durs</b>	La pièce est maintenue par un seul côté. Les mors ont subi un traitement thermique (Figure 2.3-1).	Serrage sur des surfaces brutes (pénétration des mors dans la pièce).	Coaxialité moyenne (défaut : 0,3 mm).
<b>Montage en l'air : Mandrin 3 mors doux</b>	Pièce maintenue d'un seul côté. Les mors sont usinés pour épouser au mieux la pièce (Figure 2.3-2).	Peu de marquage sur la pièce. Plus grande surface de contact. Coaxialité améliorée (défaut : 0,05 mm).	Nécessite de ré-usiner les mors pour chaque géométrie de pièce.

Les mors durs sont en contact ponctuel avec la pièce à usiner. Nous aurons donc 3 contacts ponctuels cylindriques. Mécaniquement le contact serait "pivot glissant", mais le serrage nous permet de considérer le contact comme encastrement.

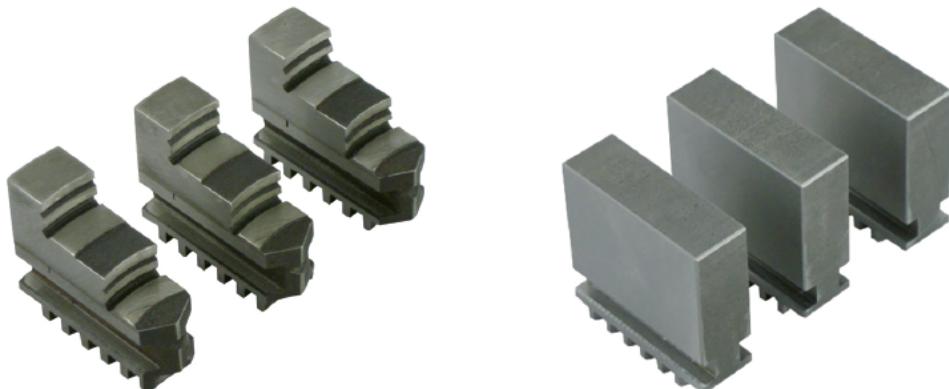


Figure 2.1: A gauche, des mors durs, qui constitueront les 3 contacts ponctuels. A droite, trois mors "doux" vendu non usinés, qui devront être usinés au diamètre de la pièce voulue.

## 2.4 Matière et matériaux

Pour l'usinage par enlèvement de matière, il faut bien faire la différence entre la matière de la pièce et la matière de l'outil coupant. Nous choisirons la matière de l'outil coupant en fonction de la matière à usiner. L'outil coupant doit évidemment toujours être plus "dur" que la matière à usiner.

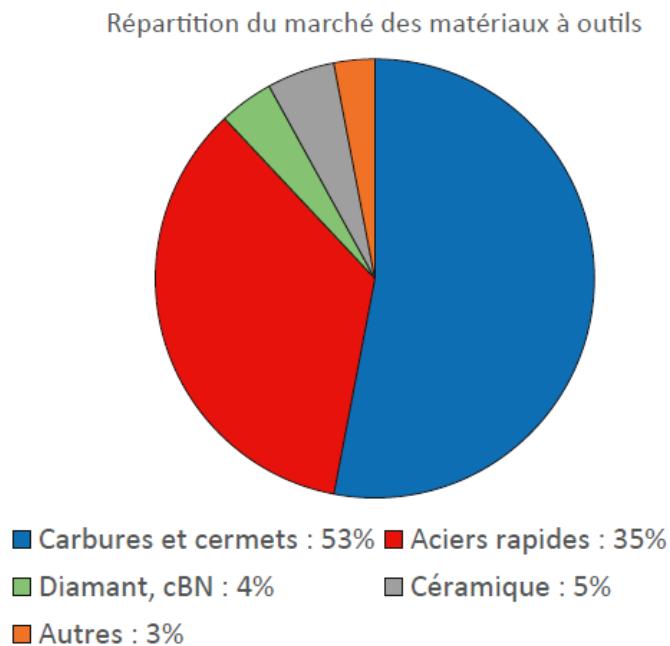


Figure 2.2: Matériaux des outils coupant les plus utilisés.

Les matériaux ci-dessus doivent être choisi en fonction de la pièce à usiner. Beaucoup de tableaux présents dans vos cours ou sur internet vous aiderons à trouver quels matériaux de coupe peuvent correspondre pour usiner une pièce.

Performances par matières																			
Identification du code ISO	ACIER						INOX			ALLIAGES NI, TI		FONTE		ALUMINIUM		CUIVRE LAITON		PLASTIQUES	KEYLAR-COMPOSITES
	P <50daN	P <80daN	P <110daN	P <140daN	H <55HRC	H >55HRC	M <85daN	M >85daN	S	K	N <10% Si	N >10% Si	N	N	N	N	-		
	Matères acier				Matères acier à haute résistance		Matères acier inoxydable		Matères alliages spéciaux	Matères Fontes	Matères aluminium et ses alliages		Matères métaux non ferreux		Matères synthétiques	Kevlar et composites			
Aciers de construction					Aciers d'amélioration alliés	Aciers d'outils	Aciers trempés traités	Aciers martensitiques/ ferritiques	Fontes à graphite sphéroidale et malleables	Fontes vermiculaires			Laitons à copeaux courts		Duroplastiques thermoplastiques				
Aciers de décolletage					Aciers de cémentation	Aciers d'amélioration non alliés	Aciers rapides	Aciers au soufre	Alliages de titane	Alliages spéciaux			Laitons à copeaux longs		Renf de fibres de verre/de carbone				
																Alliages d'aluminium maléables			
																Alliages d'aluminium d'inject. < 10% Si			
																- Alliages d'aluminium d'inject. > 10% Si			

Figure 2.3: Exemple de matériaux de pièce à usiner. On regarde le matériaux de la pièce, puis on choisit le matériaux de l'outil coupant.



## 3. MIP et MAP

### 3.1 MIP

#### 3.1.1 Vocabulaire

**Definition 3.1** Mise en position d'une pièce sur la machine : Avoir mis la pièce en position sur la machine signifie qu'elle doit être toujours au même endroit. Si la pièce n'est pas placée sur la même position, le programme machine (qui lui, exécute toujours les mêmes trajectoires) effectuera un usinage décalé (donc faux, et risque une collision) sur la pièce.

Les différentes MIP sont disponible dans vos cours, et sur le réseau commun du BTS CPRP.

### 3.2 MAP

**Definition 3.2** Le maintient en position sur une machine outil : Une fois la pièce mise en position, il faut qu'elle résiste aux efforts de coupe et aux déplacement de l'outil qui lui enlève la matière. Pendant le temps de la phase, il doit y avoir une liaison encastrement entre la pièce et le porte pièce.

Les différentes MAP sont disponible dans vos cours, et sur le réseau commun du BTS CPRP.

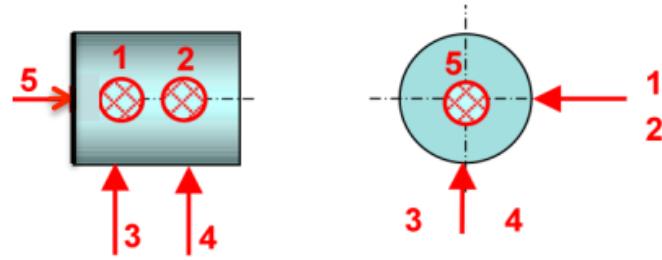
#### 3.2.1 Tournage - Centrage long/court

##### 3.2.1.1 Centrage Long

Nous pourrons faire un centrage long sur la pièce entre les mors quand les surfaces d'appuis seront suffisamment longues. Cela nous donnera :

- Liaison pivot glissant (4 normales de repérage : 1, 2, 3 et 4):
- Liaison ponctuelle (1 normale de repérage : 5)

(Tournage) Centrage long en deux vues

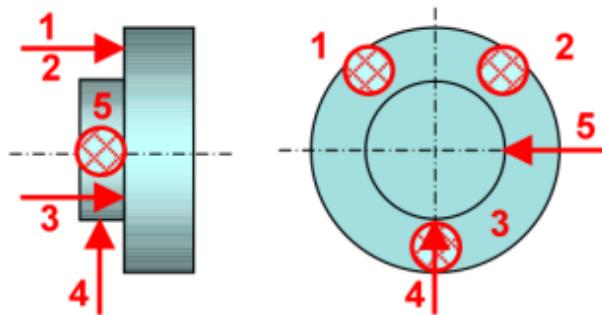


### 3.2.1.2 Centrage Court

Nous ferons un centrage court quand la pièce ne permet pas de s'appuyer sur le long de la pièce.  
On construira contact plan.

- Liaison linéaire annulaire (2 normales de repérage : 4 et 5)
- Liaison appui plan (3 normales de repérage : 1, 2 et 3)

(Tournage) Centrage court en deux vues





## 4. Lecture de l'information

Pour ce chapitre, nous ferons toujours référence au dessin de définition de l'annexe.

### 4.1 Norme ISO 2768mk

Un côté possède TOUJOURS un intervalle de tolérance. Cependant, pour avoir une meilleure lisibilité, certaines tolérances ne sont pas directement présentes sur le dessin de définition. Dans ce cas, il faudra vous référer aux indications du dessin de définition. Le plus souvent, vous aurez la norme ISO 2768mk. Il faudra alors regarder la ligne correspondante pour trouver l'intervalle de tolérance.

**Tolérances générales ISO 2768**

Classe de précision	Usinage mm											
	Dimension linéaire			Angle cassé (chanfrein ou rayon)								
	>0,5 à 3 inclus	>3 à 6	>6 à 30	>30 à 120	>120 à 400	>0,5 à 3 inclus	>3 à 6	>6	≤10	>10 à 50 inclus	>50 à 120	>120 à 400
f (fin)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
m (moyen)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
c (large)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 0,4	± 1	± 2	± 1°30'	± 1°	± 30'	± 15'
v (très large)	—	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'

**Tolérances géométriques mm**

Classe de précision	Rectitude (—) - Planéité (□)						Perpendicularité (⊥)			Symétrie (⊖)			Battement (↑ ↓)
	≤10	>10 à 30 inclus	>30 à 100	>100 à 300	>300 à 1000	≤100	>100 à 300	>300 à 1000	≤100	>100 à 300	>300 à 1000	—	—
H (fin)	0,02	0,06	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1	—
K (moyen)	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,2	—
L (large)	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,6	1	1,5	0,6	1	1,5	0,5	—

### 4.2 Ajustement

Les ajustements sont indiqués par des lettres sur le dessin de définition. Par exemple  $30\phi H7$ . La tolérance de cet ajustement est alors à chercher sur internet ou dans vos cours.

Ajustements Usuels (Système de l'alésage H)										
Type		arbre	Alésages						Observations	
			H6	H7	H8	H9	H10	H11		
<b>Pièces mobiles</b>	jeu élevé	c11								
		c10								
		c9								
		d10								
	jeu moyen	d9								
		d8								
		e9								
		e8								
		e7								
		f8								
	jeu faible	f7								
		f6								
<b>Pièces immobiles</b>	ajusté	g6								
		g5								
		h9								
		h7								
	jeu incertain	h6								
		h5								
		js7								
		js6								
		js5								
		k6								
<b>serrage (interférence)</b>	peu serré	k5								
		m7								
		m6								
		n6								
		p6								
	serré fort	r6								
		s7								
		s6								
		t6								
		u6								
<span style="background-color: #008080; color: white; padding: 2px 10px;">cas les plus utilisés</span> <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">cas les plus utilisés (à connaître)</span>										

Pour exemple,  $30\text{ØH}7$  est écrit avec un "H" majuscule, c'est donc un **alésage** (c'est la pièce extérieure). Alors que  $34\text{Øf}7$  possède un "f" minuscule, c'est donc un **arbre** (c'est la pièce intérieur).

### 4.3 Ébauche et finition

Pour savoir si vous devez faire seulement une finition, ou une ébauche + une demi finition + une finition, vous utiliserez le tableau ci-dessous, trouvable aussi sur internet.

Qualité	IT	Eb	$\frac{1}{2}$ Finition	F
$\leq 13$	$> 0.5$			X
9-10-11	$0.5 > IT > 0.05$	X		X
8-7	$IT > 0.05$	X	X	X

Pour l'état de surface, le tableau suivant :

Rugosité	Eb	$\frac{1}{2}$ Fin	Fin
$\geq \text{Ra}3.2 \checkmark$			
$\geq \text{Ra}0.8 \checkmark$			
$\leq \text{Ra}0.4 \checkmark$			

## TOLERANCES GENERALES ISO 2768-1

La norme ISO 2768-1 vise à simplifier les dessins techniques et spécifie les tolérances générales pour les dimensions linéaires et angulaires sans indication de tolérances selon 4 classes de tolérance.

### Ecarts admissibles pour dimensions linéaires à l'exception des dimensions d'arêtes abattues

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de dimensions nominales					
Désignation	Description	de 0.5 à 3	>3 à 6	>6 à 30	>30 à 120	>120 à 400	>400 à 1000
<b>f</b>	Fine	+/-0.05	+/-0.05	+/-0.1	+/-0.15	+/-0.2	+/-0.3
<b>m</b>	Moyenne	+/-0.1	+/-0.1	+/-0.2	+/-0.3	+/-0.5	+/-0.8
<b>c</b>	Grossière	+/-0.2	+/-0.3	+/-0.5	+/-0.8	+/-1.2	+/-2
<b>v</b>	Très Grossière	-	+/-0.5	+/-1	+/-1.5	+/-2.5	+/-4

### Ecarts admissibles pour dimensions linéaires d'arêtes abattues

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de dimensions nominales		
Désignation	Description	de 0.5 à 3	>3 à 6	>6
<b>f</b>	Fine	+/-0.2	+/-0.5	+/-1
<b>m</b>	Moyenne			
<b>c</b>	Grossière	+/-0.4	+/-1	+/-2
<b>v</b>	Très Grossière			

### Ecarts admissibles pour dimensions angulaires

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de longueurs en mm du coté le plus court de l'angle considéré				
Désignation	Description	jusqu'à 10	>10 à 50	>50 à 120	>120 à 400	>400
<b>f</b>	Fine	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°20'	+/-0°10'	+/-0°05'
<b>m</b>	Moyenne					
<b>c</b>	Grossière	+/-1°30	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°15'	+/-0°10'
<b>v</b>	Très Grossière	+/-3°	+/-2°	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°20'

## TOLERANCES GENERALES ISO 2768-2

La norme ISO 2768-2 vise à simplifier les indications devant figurer sur les dessins techniques et prescrit les **tolérances géométriques générales** applicables aux éléments du dessin qui ne font pas l'objet d'un tolérancement individuel selon 3 classes de tolérance.

### Tolérances générales de rectitude et de planéité

Classe de tolérance		Tolérance de rectitude et de planéité pour des plages de longueurs nominales					
Désigna.	Description	Jusqu'à 10	>10 à 30	>30 à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000
<b>H</b>	Fine	0.02	0.06	0.1	0.2	0.3	0.4
<b>K</b>	Moyenne	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
<b>L</b>	Grossière	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6

### Tolérances générales de symétrie

Classe de tolérance		Tolérance de symétrie pour des plages de longueurs nominales			
Désignation	Description	Jusqu'à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000
<b>H</b>	Fine			0.5	
<b>K</b>	Moyenne		0.6	0.8	1
<b>L</b>	Grossière	0.6	1	1.5	2

### Tolérances générales de perpendicularité

Classe de tolérance		Tolérance de perpendicularité pour des plages de longueurs nominales des cotés les plus courts				
Désignation	Description	Jusqu'à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000	
<b>H</b>	Fine	0.2	0.3	0.4	0.5	
<b>K</b>	Moyenne	0.4	0.6	0.8	1	
<b>L</b>	Grossière	0.6	1	1.5	2	

### Tolérances générales de battement circulaire

Classe de tolérance (Radial ou axial)	Tolérance de battement circulaire
<b>H</b>	0.1
<b>K</b>	0.2
<b>L</b>	0.5

**Exemple d'indication : ISO 2768-mK-(E)** si exigence de l'enveloppe

Sauf indication contraire, les pièces excédant la tolérance géométrique générale ne doivent pas être automatiquement rebutées sous réserve que l'**aptitude à la fonction ne soit pas altérée**.

## 4.4 ANNEXE

