



Production

1	Machine de production	3
1.1	Le début	3
2	Opérations d'usinage	7
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
3	MIP et MAP	13
3.1	MIP	13
3.2	MAP	13
4	Lecture de l'information	15
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 XVe 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 XVIIIe siècle pour que des machines-outils en construction métallique apparaissent, permettant ainsi d'usiner des métaux. On peut citer : le tour à chariot de Vaucanson en 1751 (voir Figure 1.2-1) et l'ancêtre de la fraiseuse, la machine à raboter de Focq (1761).

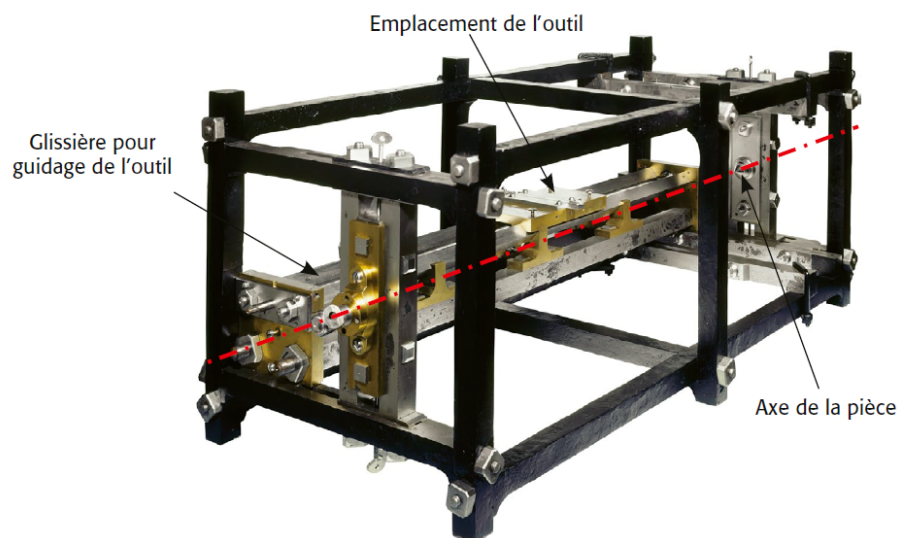


Figure 1.1: Reproduction du tour de Vaucanson (de 1751)(musée des Arts et Métiers).

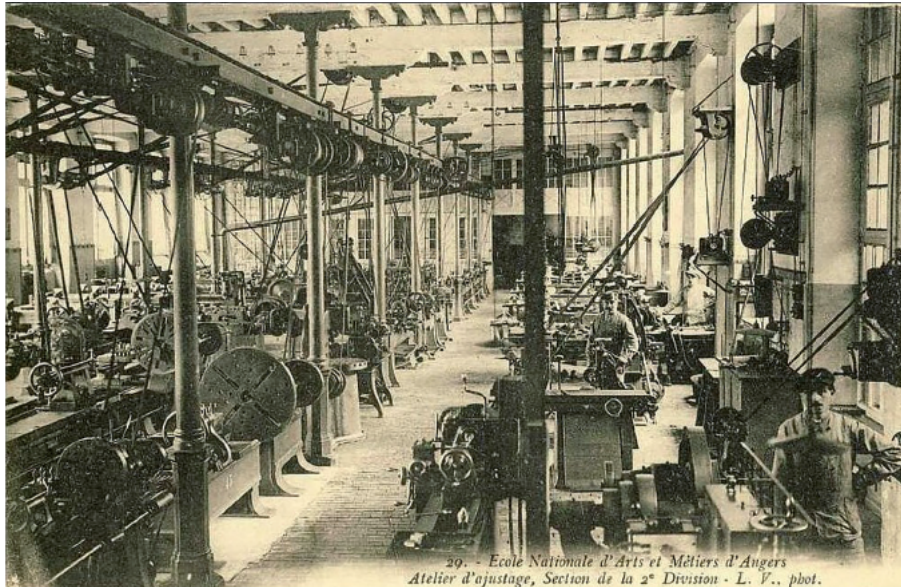


Figure 1.2: Un atelier typique du début du XXe siècle : vue de l'atelier d'usinage du campus Arts et Métiers d'Angers (Arts et Métiers).

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 machine-outil, 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

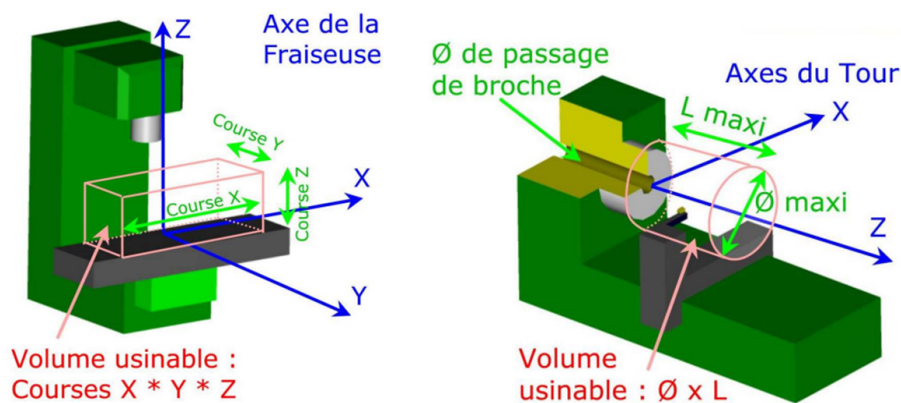


Figure 1.4: Axes des MOCN (remarque : L'axe $\vec{Z}$ est toujours l'axe de la broche)

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 définit 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 Éléments des outils/ porte-outils

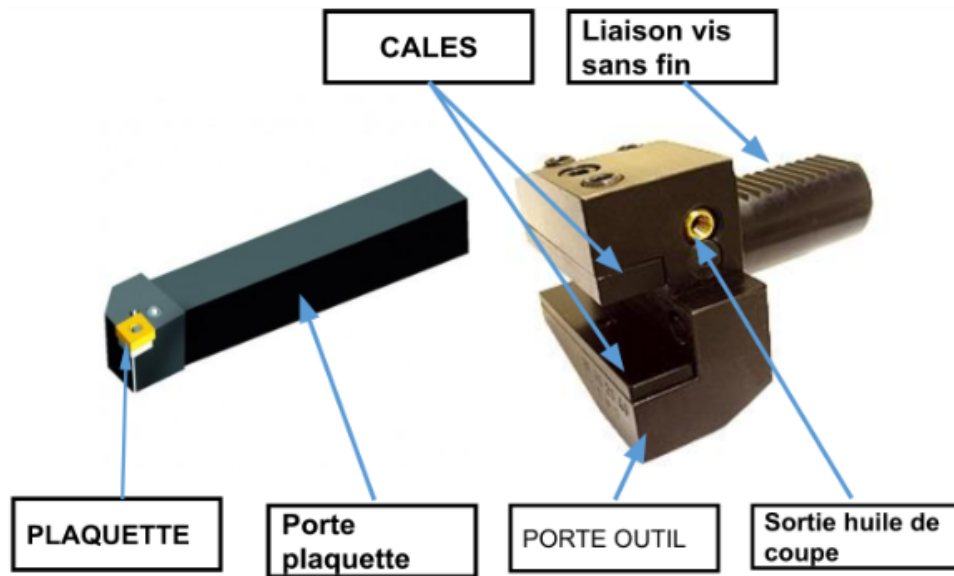


Figure 1.5: A connaître : Le noms des différents éléments constituant les outils coupants.

1.1.4 Vocabulaire : génération de surfaces

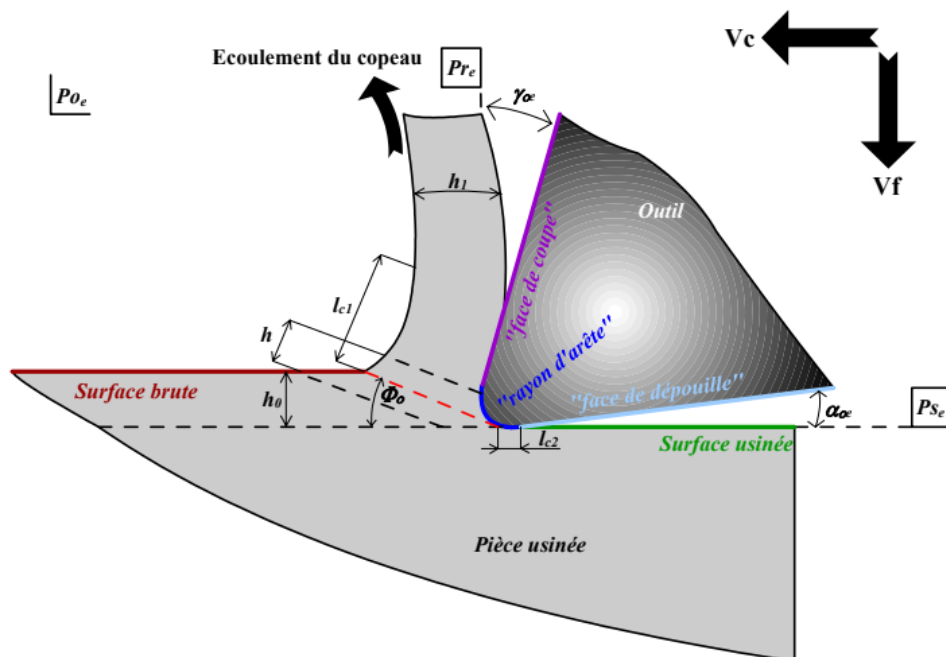
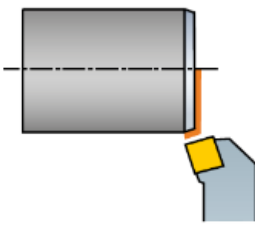
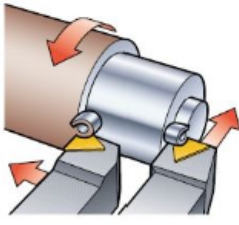
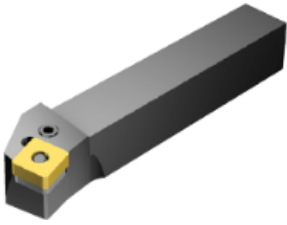
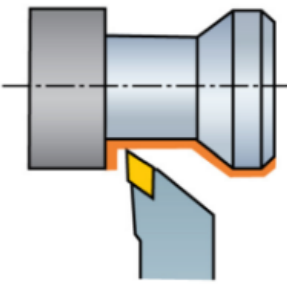
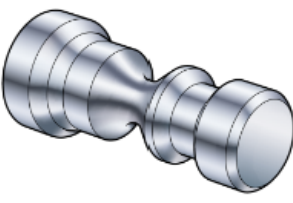
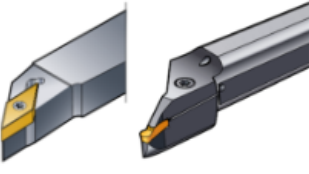
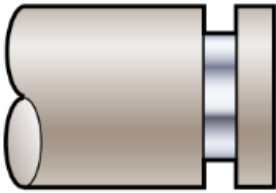
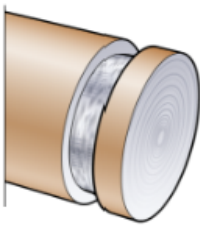
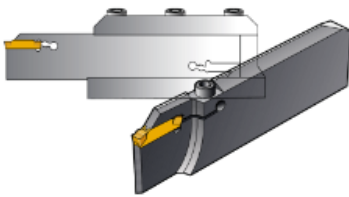
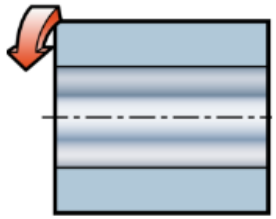
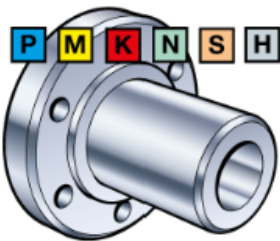
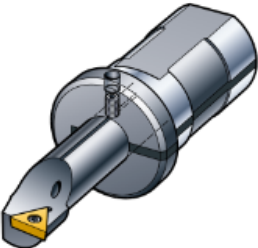


Figure 1.6: Géométrie locale des contacts copeau-arête élémentaire et arête élémentaire-pièce

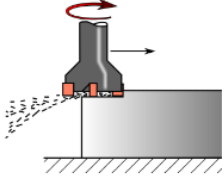
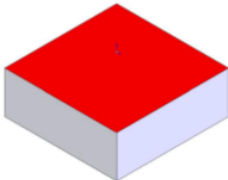
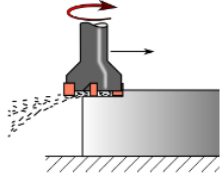
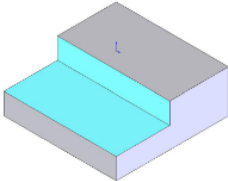
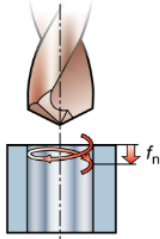
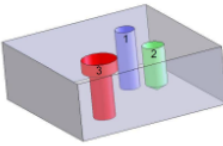
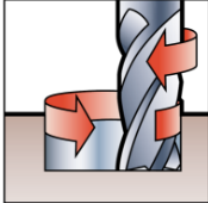
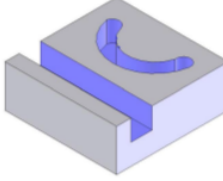
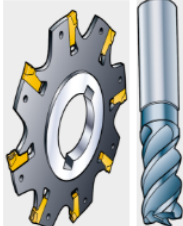
2. Opérations d'usinage

2.1 Opération d'usinage en tournage

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

		
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

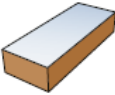
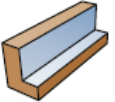
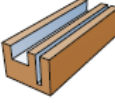
2D	3D	Outil utilisé
		
Opération : SURFAÇAGE	Forme/Surface(s) engendré(s) : PLAN	Nom complet de l'outil : FRAISE À SURFACER (1 TAILLE)
		
Opération : ÉPAULEMENT	Forme/Surface(s) engendré(s) : 2 PLANS	Nom complet de l'outil : FRAISE DEUX TAILLES
		
Forme/Surface(s) engendré(s) : CYLINDRE	Opération 1 :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

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 surface.

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 générale 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
Montage en l'air : Mandrin 3 mors durs	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).
Montage en l'air : Mandrin 3 mors doux	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 cylindrique. Mécaniquement le contact serait "pivot glissant", mais le serrage nous permet de considérer le contact comme encastrement.

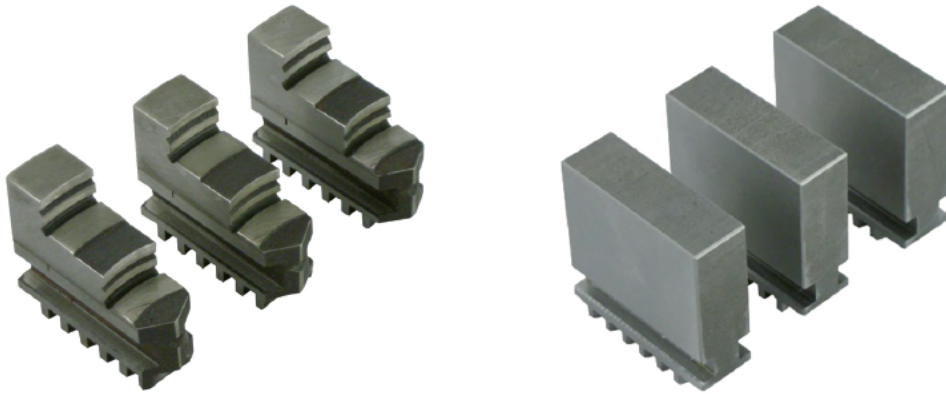


Figure 2.1: A gauche, des mors durs, qui constitueront les 3 contacts ponctuels. A droite, trois mors "doux" vendu non usinés, qui devront être usinés au diamètre de la pièce voulue.

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.

Répartition du marché des matériaux à outils

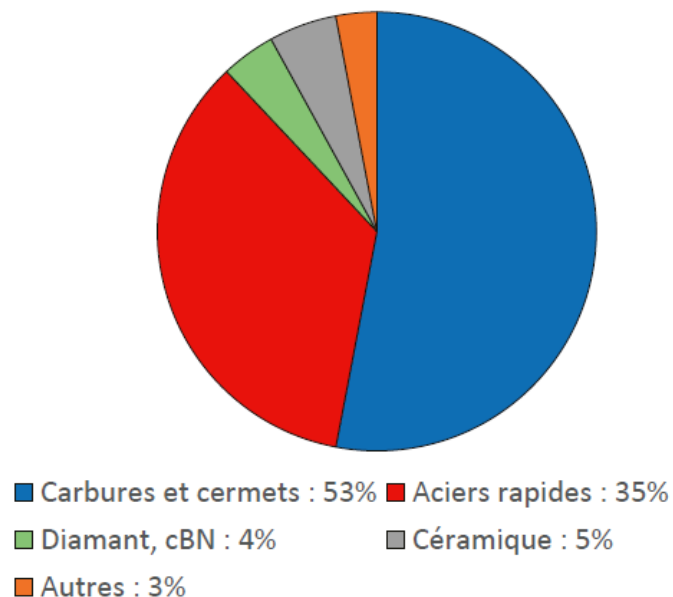


Figure 2.2: Matériaux des outils coupant les plus utilisés.

Les matériaux ci-dessus doivent être choisis en fonction de la pièce à usiner. Beaucoup de tableaux présents dans vos cours ou sur internet vous aideront 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	Kevlar- COMPOSITES	
	P	P	P	P	H	H	M	M	S	K	N	N	N	N		
	<50daN	<80daN	<110daN	<140daN	<55HRC	>55HRC	<85daN	>85daN	-	-	<10% Si	>10% Si	-	-	-	-
	Matières acier				Matières acier à haute résistance		Matières acier inoxydable		Matières alliages spéciaux	Matières Fontes	Matières aluminium et ses alliages		Matières métaux non- ferreux	Matières synthétiques	Kevlar et composites	
	Aciers de construction Aciers de décolletage				Aciers d'outils		Aciers trempés traités		Aciers martensitiques/ ferritiques	Fontes à graphite sphéroïdale et malléables Fontes vermiculaires	- Alliages d'aluminium d'inject. > 10% Si		Laitons à copeaux courts Laitons à copeaux longs	Duroplastiques thermoplastiques Renf de fibres de verre/de carbone		
	Aciers de cimentation Aciers de d'amélioration non alliés		Aciers d'amélioration alliés		Aciers rapides		Aciers au soufre Aciers austénétiques		Titane Alliages de titane Alliages spéciaux		Aluminium et ses alliages Alliages d'aluminium malléables 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 choisi 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.

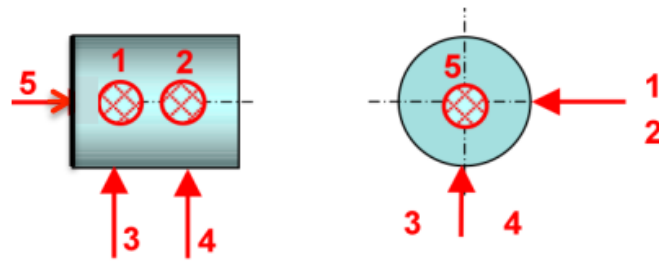
3.2.1 Tournage - Centrage long/court

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

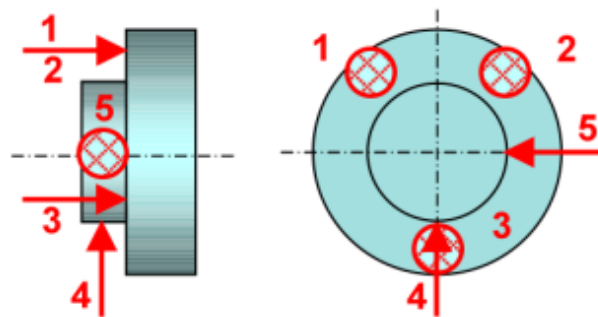


3.2.1.2 Centrage Court

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 cote possède TOUJOURS un intervalle de tolérance. Cependant, pour avoir une meilleure lisibilité, certaine tolérance ne sont pas directement présente 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 correspondant pour trouver l'intervalle de tolérance.

Tolérances générales ISO 2768

Usinage mm

Classe de précision	Dimension linéaire					Angle cassé (chanfrein ou rayon)			Dimension angulaire (côté le plus court)			
	>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 (/ tt)
	≤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 30ØH7. 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			
Pièces mobiles	jeu	jeu élevé	c11 c10 c9 d10							Cas usuels de longues portées, mauvais alignement, dilatations...
		jeu moyen	d9 d8 e9 e8 e7 f8 f7 f6							Cas usuels pour guidages tournants ou glissant avec jeu (bon graissage assuré)
		jeu faible	g6 g5							pour guidages précis
		ajusté	h9 h7 h6 h5							
		très ajusté	js7 js6 js5							
		peu serré	k6 k5 m7 m6 n6							
		serré	p6 r6							
		serré fort	s7 s6 t6 u6 x7							
Pièces immobiles	jeu incertain	ajusté	h9 h7 h6 h5							
		très ajusté	js7 js6 js5							
		peu serré	k6 k5 m7 m6 n6							
		serré	p6 r6							
		serré fort	s7 s6 t6 u6 x7							

cas les plus utilisés cas les plus utilisés (à connaître)

Pour exemple, 30ØH7 est écrit avec un "H" majuscule, c'est donc un **alésage** (c'est la pièce extérieure). Alors que 34Øf7 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
≤ 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	<u>Eb</u>	$\frac{1}{2}$ Fin	Fin
$\geq \frac{Ra_{3.2}}{\sqrt{\text{ }}$			
$\geq \frac{Ra_{0.8}}{\sqrt{\text{ }}$			
$\leq \frac{Ra_{0.4}}{\sqrt{\text{ }}$			

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
f	Fine	+/-0.05	+/-0.05	+/-0.1	+/-0.15	+/-0.2	+/-0.3
m	Moyenne	+/-0.1	+/-0.1	+/-0.2	+/-0.3	+/-0.5	+/-0.8
c	Grossière	+/-0.2	+/-0.3	+/-0.5	+/-0.8	+/-1.2	+/-2
v	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
f	Fine	+/-0.2	+/-0.5	+/-1
m	Moyenne			
c	Grossière	+/-0.4	+/-1	+/-2
v	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
f	Fine	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°20'	+/-0°10'	+/-0°05'
m	Moyenne					
c	Grossière	+/-1°30	+/-1°	+/-0°30'	+/-0°15'	+/-0°10'
v	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
H	Fine	0.02	0.06	0.1	0.2	0.3	0.4
K	Moyenne	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
L	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
H	Fine	0.5			
K	Moyenne	0.6	0.8	1	
L	Grossière	0.6	1	1.5	2

Tolérances générales de perpendicularité

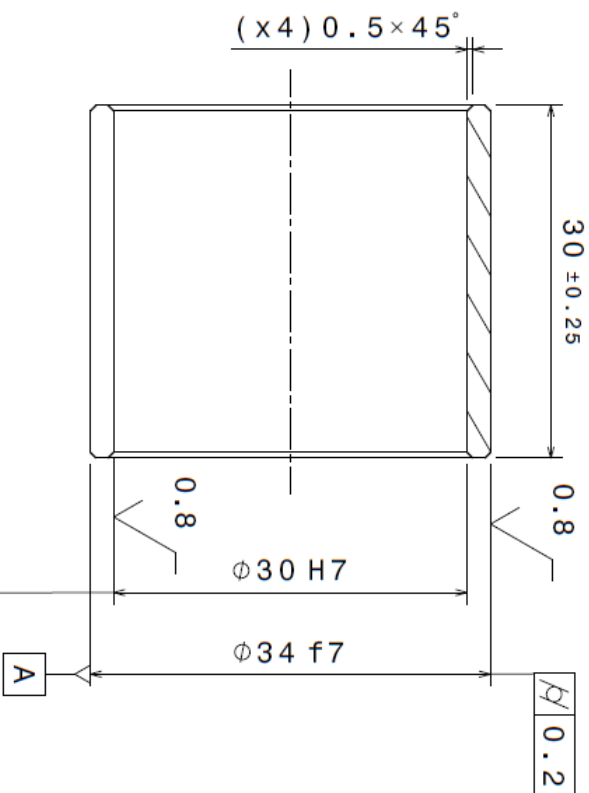
Classe de tolérance		Tolérance de perpendicularité pour des plages de longueurs nominales des cotés les plus courts			
Désignation	Description	Jusqu'à 100	>100 à 300	>300 à 1000	>1000 à 3000
H	Fine	0.2	0.3	0.4	0.5
K	Moyenne	0.4	0.6	0.8	1
L	Grossière	0.6	1	1.5	2

Tolérances générales de battement circulaire

Classe de tolérance (Radial ou axial)		Tolérance de battement circulaire
Désignation	Description	
H	Fine	0.1
K	MoyennE	0.2
L	Grossière	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**.

COUPE A-A



DESIGNED BY:

jderriey

DATE: _____

Nombre pièces: 2000

CHECKED BY:

MO + 1.5% CINOCE

DATE:

--	--

Tolérances générales:

ISO 2768 mk

Rugosité: $Ra=3.2$

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DESIGNED BY:		jderryey		Pompe PHP15		I	-
DATE:		29/09/2020				H	-
CHECKED BY:		XXX				G	-
DATE:		XXX				F	-
SIZE		XXX		DASSAULT SYSTEMES		E	-
A4						D	-
SCALE		WEIGHT (kg)				C	-
2:1						B	-
this drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DRAWING NUMBER		coussinet 08		A	-
				SHEET			
				1 / 1			