

# Cours de Fabrication – usinage par enlèvement de copeaux

## 1 Consignes de sécurité relatives aux travaux sur machines

### 1.1 Protection passive

Les machines par leurs mouvements peuvent :

- projeter des copeaux brûlants ou des liquides corrosifs ou gras
- entraîner vêtements, doigts ou cheveux

Protection du corps : blouse ou combinaison et tablier de surprotection en soudage, pantalon

Protection des yeux : lunettes

Protection des mains : ôter toute bague et bracelet , mettre des gants

Protection des mains II : les copeaux sont coupants et chauds, ne pas les manipuler à mains nues

Protection des pieds : chaussures fermées à semelles épaisses

Protection des cheveux : les attacher

### 1.2 Protection active

Pendant les travaux pratiques :

- UN seul étudiant manipule
- L'AUTRE veille à la sécurité de son camarade en étant prêt à intervenir pour stopper la machine

### 1.3 Protégez vous et protégez les autres :

Utilisez obligatoirement les protections installées sur les machines (écrans, capots ...)

Assurez vous que les pièces et outillages sont bien positionnés et fixés avant de lancer la fabrication

Assurez vous que les personnes situées à proximité sont elles-mêmes protégées

Attendez l'arrêt de la machine pour toute intervention

Evacuez tous déchets (copeaux, chutes de métal, outillages inutiles) en vous protégeant les mains (gants, balais, crochets...)

## 2 Les différents types de machine

L'atelier d'usinage du premier cycle est composé de 3 pôles identiques. Chaque pôle dispose du même type de machine :

- Un tour conventionnel
- Une fraiseuse conventionnelle
- Un tour à commande numérique
- Une fraiseuse à commande numérique



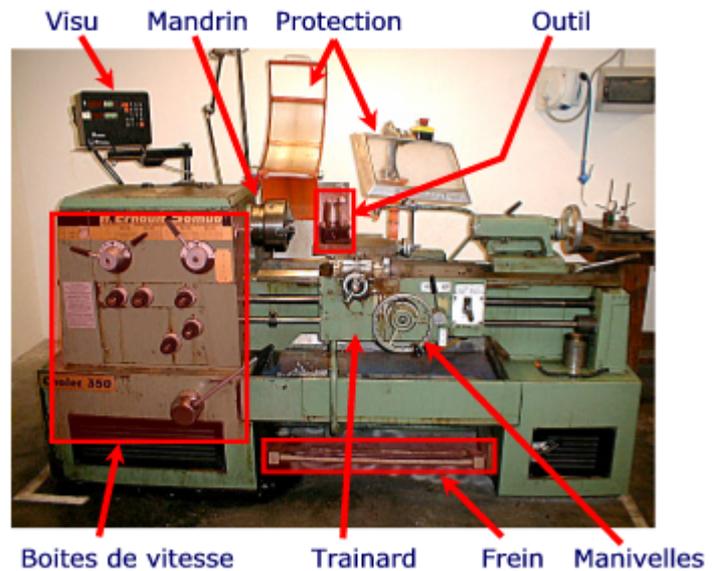
Pendant les travaux pratiques, les étudiants sont regroupés en binôme pour utiliser les machines.

Vous allez utiliser 2 types de machines et 2 types de commande.

## 2.1 Type de machine

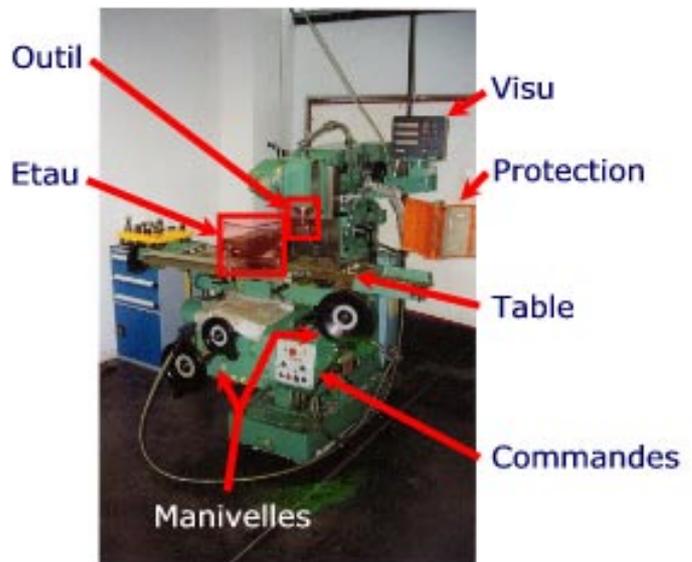
### 2.1.1 Le tour

Cette machine sert principalement à usiner des pièces de révolution. La pièce est fixée dans le mandrin. Celui-ci est mis en rotation par le moteur de broche. L'outil suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux.



### 2.1.2 La fraiseuse

Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux. Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux.



## 2.2 Type de commande

### 2.2.1 Manuelle ou conventionnelle

Le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est réalisé par un opérateur. Pour cela, il utilise les manivelles permettant de générer les mouvements suivant les axes. Les mouvements ne sont possibles que sur un seul axe à la fois.

## Manivelles



Des moteurs permettent aussi de choisir des vitesses d'avance suivant les axes de déplacements. Le choix de ces vitesses s'effectue par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse mécanique.

## Boîte de vitesse



### 2.2.2 Commande numérique

Le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est décrit par l'opérateur à l'aide d'un programme. On utilise pour cela les coordonnées des différents points de passage de l'outil par rapport à la pièce. Les mouvements sont possibles sur plusieurs axes simultanément.

Les mouvements sur les axes sont générés par des moteurs qui permettent aussi de choisir des vitesses d'avance. Le choix de ces vitesses s'effectue par un variateur. On dispose donc d'un large choix de vitesses.

## CN



## 3 Les axes de déplacements

### 3.1 Tournage

Afin de décrire la trajectoire suivie par l'outil pour usiner la pièce, un système d'axe est normalisé. Ces axes seront notamment utilisés pour écrire des programmes de commande numérique. Un programme sera très facilement transposable sur une autre machine CN.

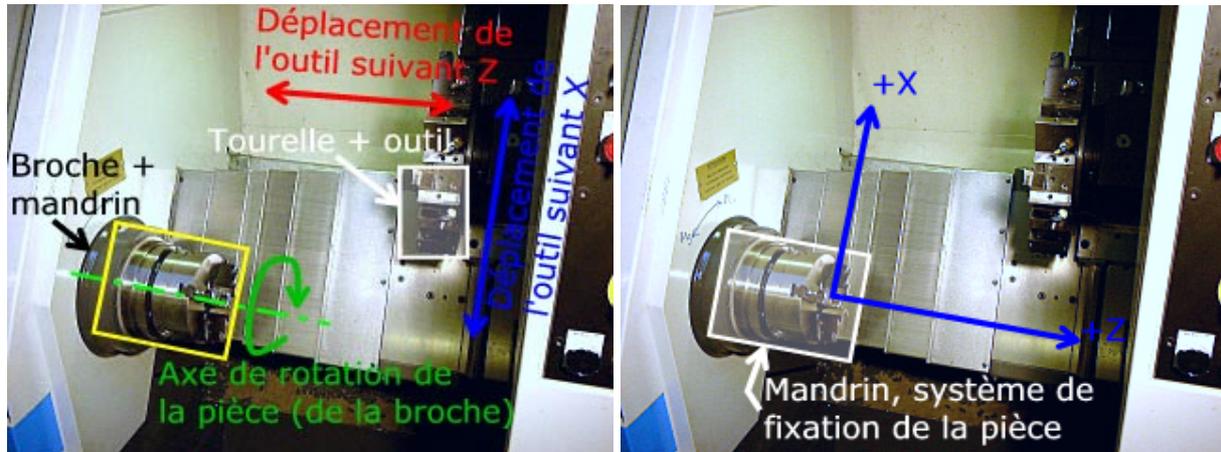
Vous devez toujours savoir reconnaître la broche d'une machine afin de placer correctement les axes. En tournage, l'axe de broche correspond à l'axe de rotation de la pièce.

L'axe Z correspond à l'axe de broche. C'est aussi l'axe de rotation du mandrin.

L'axe X correspond à l'axe perpendiculaire à Z.

Le sens positif est donné suivant cette règle : la pièce étant la référence, l'outil s'éloignant de la pièce est en mouvement suivant le sens positif des axes.

Les axes Z et X définissent un plan. Cela est suffisant pour décrire une trajectoire plane, et donc générer un volume de révolution autour de l'axe de révolution (qui est l'axe de broche).



### 3.2 Fraisage

Afin de décrire la trajectoire suivie par l'outil pour usiner la pièce, un système d'axe est normalisé. Ces axes seront notamment utilisés pour écrire des programmes de commande numérique.

Vous devez toujours savoir reconnaître la broche d'une machine afin de placer correctement les axes. En fraisage, l'axe de broche correspond à l'axe de rotation de l'outil.

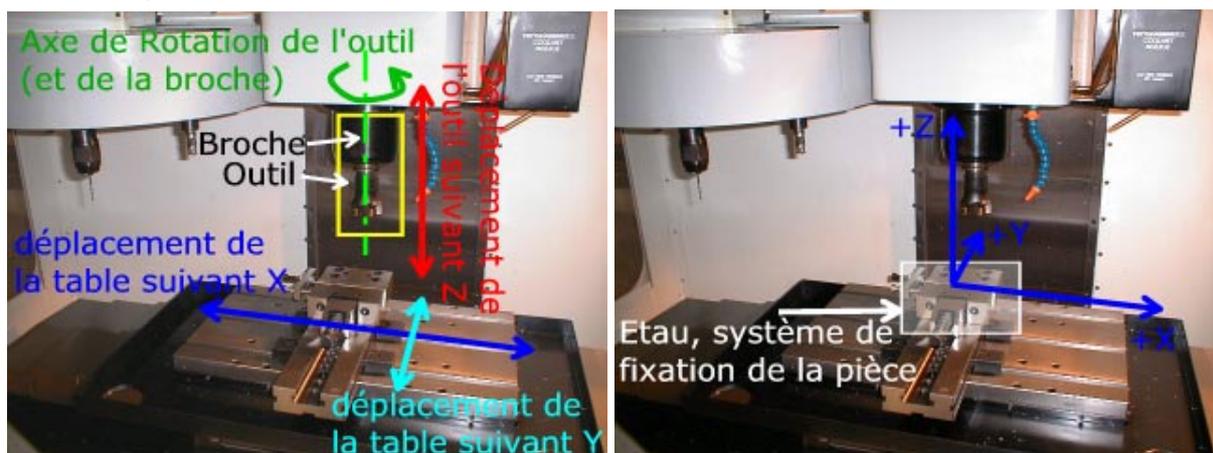
L'axe Z correspond à l'axe de broche. C'est l'axe de rotation de la fraise pour l'usinage.

L'axe X correspond à l'axe perpendiculaire à Z qui permet le plus grand déplacement de la table de la fraiseuse.

L'axe Y correspond à l'axe perpendiculaire à Z et X.

Le sens positif est donné suivant cette règle : la pièce étant la référence, l'outil s'éloignant de la pièce est en mouvement suivant le sens positif des axes.

Les axes Z, X et Y définissent une base en 3 dimensions.

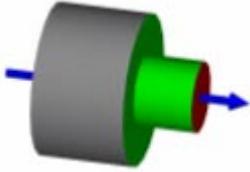
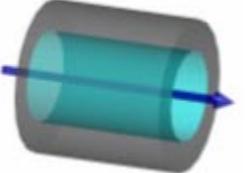
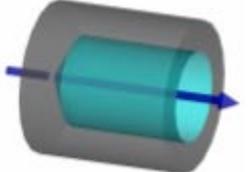
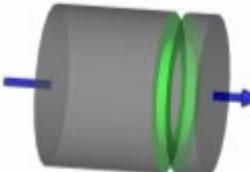
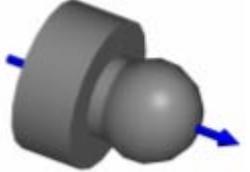


## 4 Les formes simples usinables

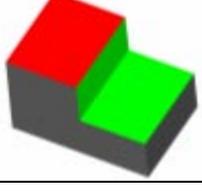
Le déplacement de l'outil suivant les axes définis précédemment permet de générer des formes usinées.

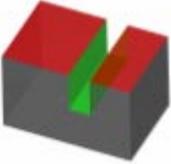
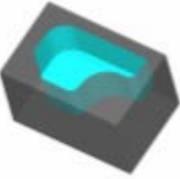
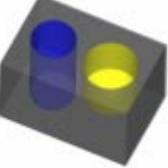
Voici une liste des principales formes que vous allez rencontrer pendant les TP. On trouve aussi le vocabulaire technique qui est associé à ces usinages.

## 4.1 Tournage

Dessin	Opération
	<b>Dressage</b> C'est la réalisation d'un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce. (surface rouge)
	<b>Chariotage</b> C'est la réalisation d'un cylindre ayant le même axe que celui de la pièce. (surface grise)
	<b>Plan épaulé</b> C'est l'association d'un dressage et d'un chariotage. (surface verte)
	<b>Perçage</b> C'est un trou dans la pièce. Il peut être débouchant ou borgne. Attention en tournage, l'axe du trou est confondu avec l'axe de la pièce.
	
	<b>les gorges</b> C'est l'association de 2 plans parallèles avec un cylindre (surface vertes)
	<b>Quelconque</b> C'est l'association de plusieurs surfaces élémentaires : sphère, cylindre, plan, cône ...

## 4.2 Fraisage

Dessin	Opération
	<b>Surfaçage</b> Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise. (surface rouge)
	<b>plans épaulés</b> C'est l'association de 2 plans perpendiculaires (surfaces vertes)

Dessin	Opération
	<p><b>rainure</b> C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans. (surfaces vertes)</p>
	<p><b>poche</b> La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconque (cylindre et plan). C'est une forme creuse dans la pièce. (surface cyan)</p>
	<p><b>perçage</b> Ce sont des trous. Ils sont débouchants (surface bleu) ou borgnes (surface jaune).</p>

## 5 Les différents types d'outils

Les outils permettent d'enlever le copeau. La géométrie de l'outil influe directement sur les formes usinables sur la pièce. Ceci vous sera présenté plus loin. Tout d'abord, on va s'attarder sur les outils eux-mêmes.

### 5.1 Les matériaux à outil

#### 5.1.1 ARS

ARS = acier rapide supérieur

Les outils en ARS sont constitués le plus souvent d'un barreau monobloc en acier rapide supérieur, l'arête de coupe est affûtée. Si l'outil est usé, il suffit de réaffûter l'arête de coupe.

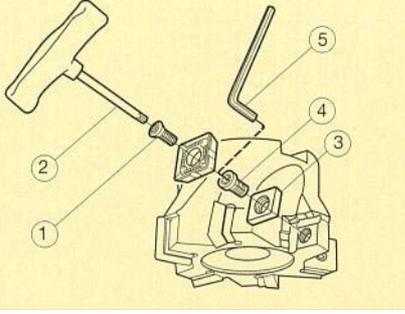
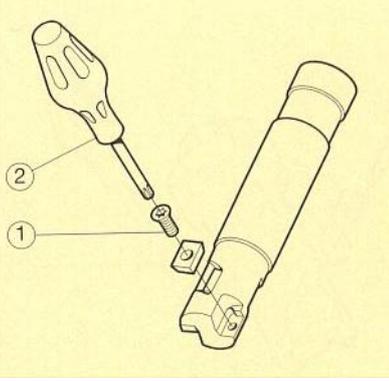
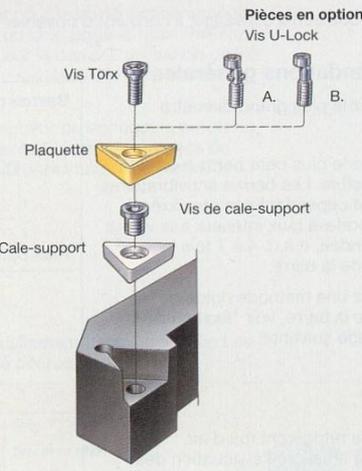
Dans l'atelier, les outils suivant sont en ARS : les forets et les fraises 2 tailles ...

Foret ARS	Fraise 2 tailles ARS	Fraise 3 tailles ARS
		

#### 5.1.2 Carbure

Pour améliorer les performances des outils, l'arête de coupe est placée sur une plaquette amovible en carbure. Ce matériau est très résistant par rapport à ARS. La plaquette carbure est obtenue en compressant différentes poudres de carbure. Dès que l'arête de coupe est usée, il suffit de changer la plaquette.

Dans l'atelier, les outils suivant sont à plaquettes carbures : fraise à surfacer Ø63, fraise 2 tailles Ø16, outil de tournage d'ébauche et de finition .

Fraise à surfacer (Carbure)	Fraise 2 tailles (Carbure)	Outil d'ébauche (Carbure)
<p>R/L290</p> 	<p>R215.44</p> 	

### 5.2 Outil de perçage

Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.

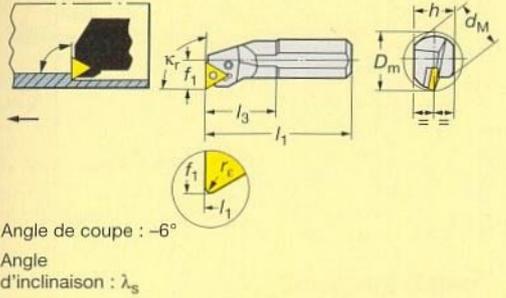
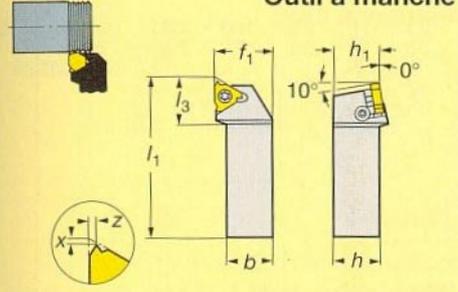
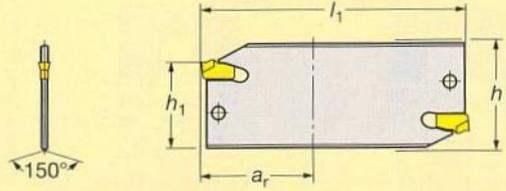
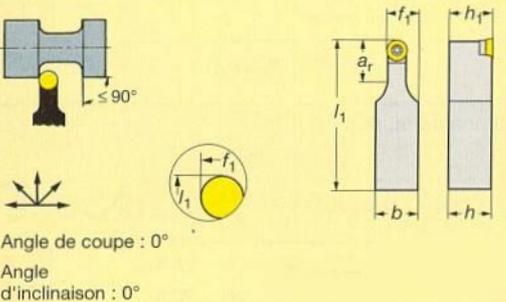
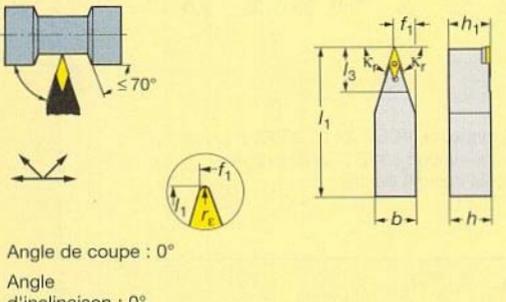
Foret à centrer	Foret à pointer	Foret	Alésoir	Fraise à lamer
				
<p>A utiliser pour situer l'axe d'une pièce en tournage</p>	<p>A utiliser pour positionner un perçage</p>	<p>Pour percer des trous (tolérance H10)</p>	<p>Pour la finition d'un trou de bonne qualité (tolérance H7)</p>	<p>Pour noyer une tête de vis Chc</p>

### 5.3 Outil de tournage

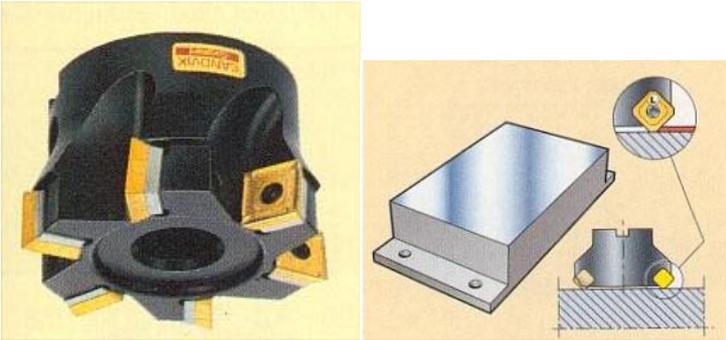
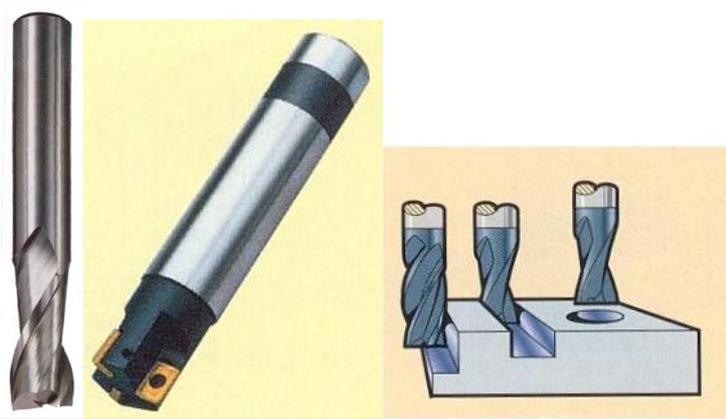
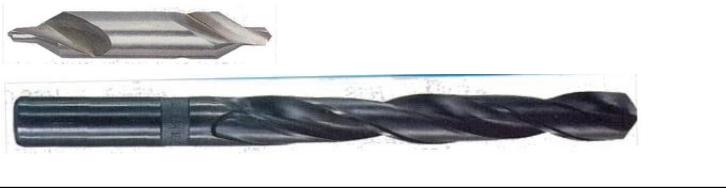
Voici un tableau récapitulatif des outils que l'on retrouve à l'atelier. Vous trouverez la forme générale de l'outil, un schéma définissant succinctement les formes réalisables par l'outil et des flèches correspondant aux mouvements d'usinage possibles.

Nom de l'outil	<b>PCLNR/L</b> $\kappa_r 95^\circ$		Forme de l'outil
Forme usinable			
Mouvement possible			
Caractéristiques de l'arête de coupe	Angle de coupe : $-6^\circ$ Angle d'inclinaison : $-6^\circ$		

Types d'opération	Outils associés
<b>Ebauche</b> L'ébauche permet d'enlever un maximum de matière en un minimum de temps. Cet outil devra résister à d'importants efforts de coupe. Il est donc massif.	<b>PCLNR/L</b> Outils à manche $\kappa_r 95^\circ$ Angle de coupe : $-6^\circ$ Angle d'inclinaison : $-6^\circ$
<b>Finition</b> La finition est le dernier usinage d'une surface. On cherche le plus souvent une bonne qualité de surface : dimensions, forme et rugosité dans les tolérances de la fabrication. Les efforts sont plus faibles que pour une ébauche, l'outil est donc plus mince.	<b>PDJNR/L</b> Outils à manche <b>R/L 171.35</b> $\kappa_r 93^\circ$ Angle de coupe : $-6^\circ$ Angle d'inclinaison : $-7^\circ$
<b>Perçage</b> Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.	

Types d'opération	Outils associés
<p><b>Alésage</b></p> <p>Cette opération définit l'obtention d'un trou de qualité dans une pièce. On y associe des outils de perçage bien précis : les alésoirs ou les outils à aléser et dresser.</p>	<p><b>PTFNR/L</b> Barre d'alésage</p> <p><math>\kappa_r 91^\circ</math></p>  <p>Angle de coupe : <math>-6^\circ</math> Angle d'inclinaison : <math>\lambda_s</math></p>
<p><b>filetage / taraudage ou gorge intérieure / extérieure</b></p> <p>On utilise un porte outil commun pour réaliser des filetages (taraudages), seule la plaquette carbure change en fonction du pas de filetage à obtenir.</p>	<p><b>R/L166.4FG</b> Outil à manche</p>  <p>Angle de coupe : <math>10^\circ</math> Angle d'inclinaison : <math>0^\circ</math></p>
<p><b>tronçonnage</b></p> <p>Cet outil permet de couper une pièce en 2 parties. On utilise une lame à tronçonner.</p>	 <p>Angle de coupe : <math>150^\circ</math></p>
<p><b>Finition</b></p> <p>Cet outil permet de réaliser des formes complexes tels que les sphères ou des rainures.</p>	<p><b>SRDCN</b> Outils à manche</p>  <p>Angle de coupe : <math>0^\circ</math> Angle d'inclinaison : <math>0^\circ</math></p>
<p><b>Finition</b></p> <p>Cet outil permet de réaliser des formes complexes tels que les sphères ou des rainures.</p>	<p><b>SVVBN</b> Outils à manche</p> <p><math>\kappa_r 72^\circ 30'</math></p>  <p>Angle de coupe : <math>0^\circ</math> Angle d'inclinaison : <math>0^\circ</math></p>

## 5.4 Outil de fraisage

Types d'opération	Outils associés
<p><b>Surfaçage</b></p> <p>Le surfaçage est l'opération qui consiste à obtenir un plan en fraisage. La fraise à surfaçer permet donc de générer un plan qui sera perpendiculaire à l'axe de rotation de la fraise.</p>	 <p>The image shows a face mill tool with multiple cutting edges. To the right, a diagram illustrates the tool being used to machine a flat surface on a rectangular workpiece. A cross-sectional view shows the tool's rotation and the resulting flat surface.</p>
<p><b>Plan épaulé</b></p> <p>Les plans épaulés sont l'association de deux plans usinés (parfois par le même outil) qui sont perpendiculaires entre eux.</p>	 <p>The image shows a chamfered end mill tool with a 90-degree chamfered end. To the right, a diagram illustrates the tool being used to machine a chamfered end on a rectangular workpiece. A cross-sectional view shows the tool's rotation and the resulting chamfered end.</p>
<p><b>Perçage</b></p> <p>Cette opération définit l'obtention d'un trou quelconque dans une pièce. On y associe des outils de perçage : les forets.</p>	 <p>The image shows a standard double-flute drill bit. A small inset shows a close-up of the cutting edge.</p>
<p><b>Alésage</b></p> <p>Cette opération définit l'obtention d'un trou de qualité dans une pièce. On y associe des outils permettant de terminer un perçage : les alésoirs.</p>	 <p>The image shows a reamer tool, which is used to finish and enlarge a hole.</p>

## 5.5 Outil manuel

### 5.5.1 Filetage

On peut obtenir un filetage en utilisant des outils manuels. On utilise des filières au diamètre souhaité qui sont placées dans un porte-filière.



### 5.5.2 Taraudage

On peut obtenir un taraudage en utilisant des outils manuels. On utilise des tarauds au diamètre souhaité qui sont placés dans un tourne à gauche.



## 6 Les porte-pièces

Les portes-pièces permettent de maintenir la pièce sur la machine pendant les phases d'usinage. Il existe plusieurs types de porte pièce. Je vous présente seulement les deux types que vous rencontrerez au cours des TP.

La compréhension de la mise en position de la pièce sur la machine (par l'intermédiaire du porte-pièce) est impérative. En effet, il est désagréable de voir voler le matériel à travers l'atelier. L'étude de la mise en position s'appelle : Isostatisme.

### 6.1 Tournage

Le mandrin.

On l'utilise pour les pièces de révolution.

La pièce est placée entre les mors du mandrin. Un serrage concentrique des 3 mors permet de maintenir la pièce. Il est possible d'interchanger les mors en fonction de la morphologie de la pièce. De même, il existe un « trou de passage de broche » qui permet de mettre en place des pièces longues qui traversent le mandrin.

Le mandrin est installé sur la machine, il est entraîné en rotation par le moteur de broche.

Pendant l'usinage de la pièce, l'axe des surfaces générées est confondu avec l'axe de broche (et donc avec l'axe de rotation du mandrin)

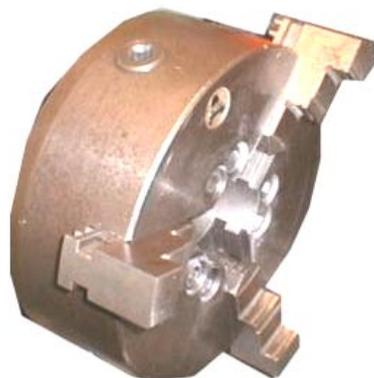
Attention, au poids de la pièce, il n'y a pas de palan à l'atelier.

ATTENTION, il existe différent type de mors.

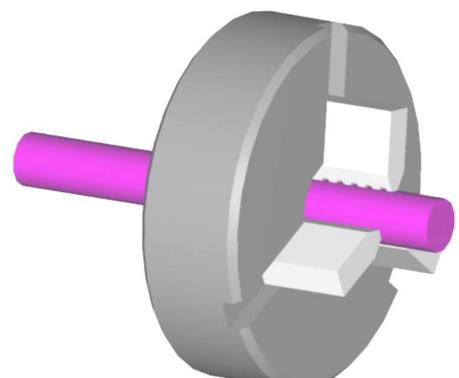
Mandrin + mors  $\varnothing$  normal



Mandrin + mors grand  $\varnothing$



Pièce longue :  
trou de passage de broche



Capacité du mandrin en mm	HBX	ERNAULT	SOMAB
Postes	MO1, MO2	MO3	MO1, MO2, MO3
Type	Classique	Classique	C.N.
Diamètre maxi (mors $\varnothing$ normal / mors grand $\varnothing$ )	120 / 220	130 / 240	90 / 150
Diamètre de passage de broche	37	42	30

## 6.2 Fraisage

L'étau.

On l'utilise pour les pièces prismatiques.

Ce porte pièce est composé de 2 mors. Le mors fixe est lié au bâti. Le mors mobile, en liaison glissière avec le bâti permet le serrage de la pièce. La pièce est donc placée entre les deux mors de l'étau. En fonction de la morphologie de la pièce, il peut être nécessaire de placer des cales pour surélever les surfaces à usiner.



Capacité de l'étau en mm	MO1 Fraisage CN	MO2 Fraisage CN	MO3 Fraisage CN	MO1 Fraisage Convent°	MO2, MO3 Fraisage Convent°
Longueur des mors	160	150	150	120	160
Hauteur des mors	45	55	50	40	45
Ecartement des mors	140	150	200	120	140

Le mandrin.

On l'utilise pour les pièces de formes extérieures cylindriques.

Cela permet de monter des pièces cylindriques sur une fraiseuse pour usiner des poches, ou des trous de passage pour les vis (4 trous à 120°).

Diamètre maxi :

- avec mors  $\varnothing$  normal =  $\varnothing 120$
- avec mors grand  $\varnothing$  =  $\varnothing 220$



Le mandrin dédié au perçage sur une machine conventionnelle.

On l'utilise pour les pièces de formes extérieures cylindriques.

On usine une succession de trou situé sur un  $\varnothing$  fixe et espacé d'un angle constant (multiple de 45° ou 60°).

Diamètre maxi :

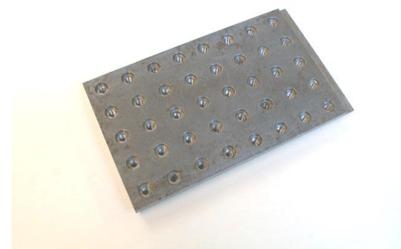
- avec mors  $\varnothing$  normal =  $\varnothing 80$



La plaque support pour fraiseuse.

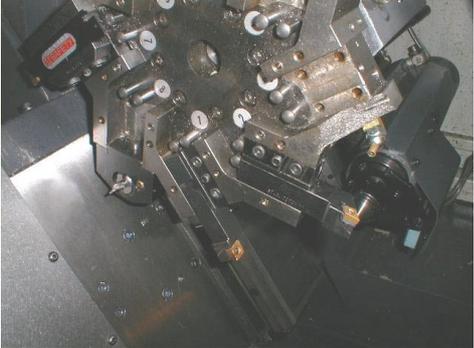
Elle permet de fixer les pièces minces grâce aux trous taraudés M8 situés tous les 30 mm. La plaque est ensuite mise en position dans l'étau de la fraiseuse pour l'usinage.

Plaque : 250x150 (8 trous x 5 trous), trous distants de 30 et taraudés M8



## 7 Les porte-outils

Il existe différents systèmes pour placer les outils sur la machine, voici un petit récapitulatif non exhaustif.

Nom / utilisation	photos
<p><b>Tourelle porte outil</b> (Tournage CN)</p> <p>Les outils de tournage sont placés sur la tourelle. La tourelle tourne afin de placer l'outil choisi en position d'usinage</p>	
<p><b>Porte outil de tournage conventionnel</b> (Tournage)</p> <p>L'outil est placé dans un support amovible. Ce support se fixe sur la machine. Ne pas oublier de serrer les vis de fixation du support sur la machine avant un usinage.</p>	
<p><b>Poupée mobile</b> (tournage conventionnel)</p> <p>Elle sert à mettre en place les forets et les alésoirs pour le perçage. L'axe défini par la poupée mobile est confondu avec l'axe de broche.</p>	
<p><b>Porte Fraise</b> (fraisage CN)</p> <p>Les fraises et les forets sont placés dans leur porte-outil respectif dans le magasin à outils. A chaque appel de l'outil, celui-ci est mis en place automatique dans la broche.</p>	
<p><b>Porte pince</b> (tournage / fraisage)</p> <p>Cela permet de monter une fraise ou un foret sur une machine. L'outil est placé dans la pince. La forme conique de la pince associée au serrage d'une bague permet le serrage de l'outil. ATTENTION, la pince est choisie en fonction du diamètre de l'outil à maintenir.</p>	

Nom / utilisation	photos
On utilise la clé à ergot pour serrer la bague de maintien.	
<b>Mandrin de perçage</b> (tournage / fraisage / perçage) Cela permet de monter un foret sur une machine. On utilise la clé de mandrin pour serrer le foret. On retrouve ce système sur les perceuses portatives.	
<b>Adaptateur de cône</b> (tournage / fraisage / perçage) Certain outil comme les forets de diamètre supérieur à 13 mm ont des embases coniques. Ces cônes nécessitent parfois des adaptateurs suivant les machines. Il suffit d'enfoncer l'embase du foret dans l'adaptateur. Pour désolidariser le cône et le foret, on utilise un chasse-cône. Il suffit de l'enfoncer dans la lumière latérale et de frapper à l'aide d'un maillet. On utilise ces adaptateurs pour la poupée mobile, en tournage conventionnel	

## 8 Les paramètres de coupe

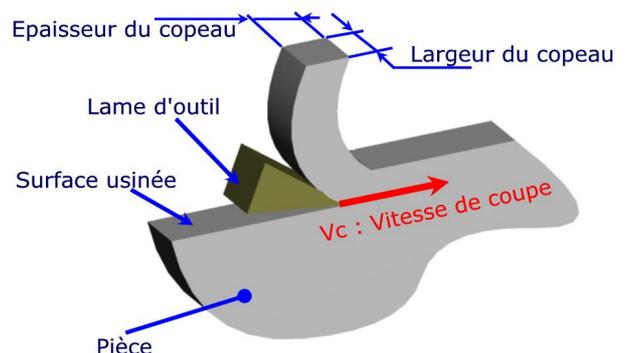
### 8.1 Principe

Lors d'un usinage par enlèvement de matière, on se retrouve, dans la majorité des cas, dans la configuration suivante :

Une lame d'outil pénètre dans la matière et enlève un copeau.

L'outil suit une trajectoire par rapport à la pièce à usiner. Ces mouvements sont assurés par les éléments constitutifs de la machine outil.

Pour obtenir un travail satisfaisant (bon état de la surface usinée, rapidité de l'usinage, usure modérée de l'outil, ...) on doit régler les paramètres de la coupe.



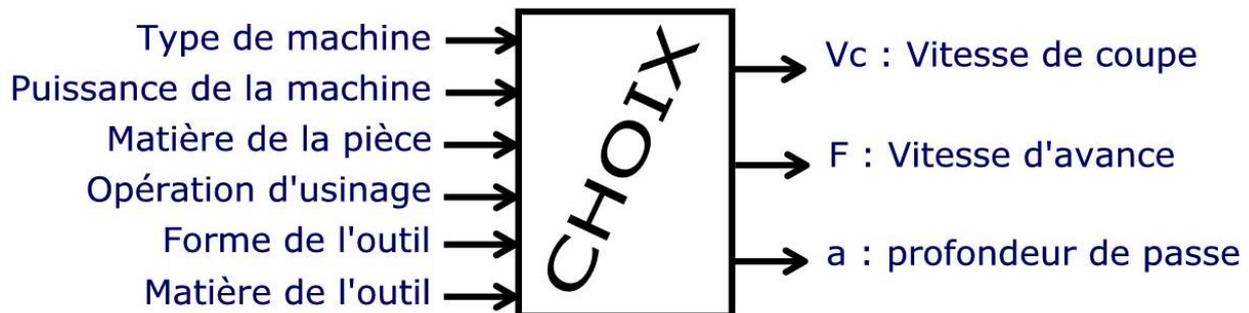
Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de la coupe, notamment :

- Le type de machine (tournage, fraisage, perçage)
- La puissance de la machine
- La matière usinée (acier, aluminium)
- La matière de l'outil (ARS, carbure)

- Le type de l'opération (perçage, chariotage, surfacage)

L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

- La vitesse de coupe :  $V_c$
- La vitesse d'avance :  $F$
- La profondeur de passe :  $a$



## 8.2 Explications des critères de choix

Tous ces critères sont intimement liés.

### 8.2.1 Type de machine

Suivant le type d'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc choisir la machine à utiliser. Donc il faut choisir entre tournage, fraisage ou perçage. Naturellement il y a souvent plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage.

### 8.2.2 Puissance de la machine

Pourquoi existe-t-il plusieurs motorisations pour un type de véhicule. Sur l'autoroute, vous préférez conduire une 2cv ou 205 GTI (et pourquoi donc ?).

La puissance de la machine influe donc sur les performances. Pour l'usinage, il y a deux grands cas de figure :

Usinage en ébauche : on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps, l'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte-pièce, sinon la machine peut 'caler' ou la pièce peut voler.

Usinage en finition : cette fois, c'est la qualité de réalisation qui est importante. La surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes ... Comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est pas un critère primordial.

### 8.2.3 Matière de la pièce

Il est évident que les efforts de coupe ne sont pas les mêmes si vous usinez une pièce en polystyrène ou en acier. Donc la matière influe sur des choix relatifs à la puissance machine (entre autre).

### 8.2.4 Opération d'usinage

C'est la même idée que pour le type de machine.

### 8.2.5 Forme de l'outil

C'est la même idée que pour le type de machine.

### 8.2.6 Matière de l'outil

C'est l'outil qui doit usiner la pièce et non l'inverse !, donc cela influe sur l'usure de l'outil et sa durée de vie.

## 8.3 Les paramètres de coupe

### 8.3.1 La vitesse de coupe : $V_c$ [m/min]

Cela correspond au déplacement de l'arête de coupe par rapport à la pièce. Il ne faut pas confondre  $V_c$  et  $F$ .

Unité :  $V_c$  en m/min

### 8.3.2 La vitesse d'avance : $F$ [mm/min]

Cela correspond à la vitesse de déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage. C'est cette trajectoire qu'il faut suivre afin que l'outil usine la forme souhaitée.

Unité :  $F$  en mm/min

### 8.3.3 La profondeur de passe : $a$ [mm]

La combinaison de  $F$  et  $a$  permet de déterminer le volume du copeau. La profondeur de passe est nécessaire afin de déterminer la quantité de matière qui va être séparée de la pièce sous forme de copeau.

Unité :  $a$  en mm

Maintenant on va mettre en place ces paramètres de coupe dans le cas du tournage et du fraisage

## 8.4 Réglage des conditions de coupe

Maintenant il faut régler les conditions de coupe sur la machine. En fait on n'agit que sur 3 paramètres :

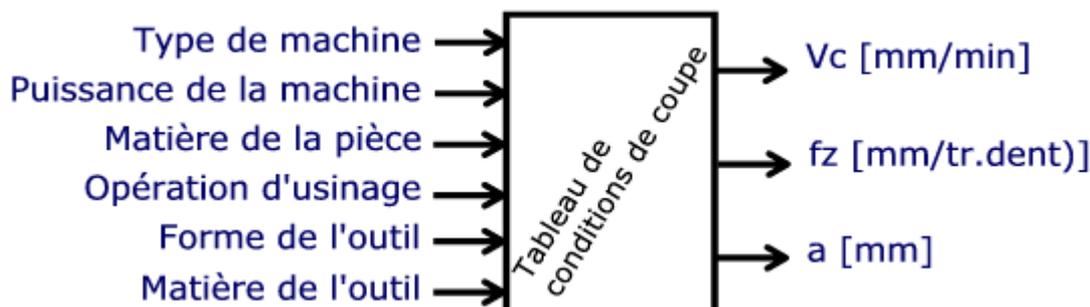
$N$  : le taux de rotation de la pièce en tournage, ou de l'outil en fraisage

$F$  : la vitesse d'avance suivant la trajectoire d'usinage, en fait on détermine d'abord  $f_z$

$a$  : la profondeur de passe

Il est donc nécessaire de déterminer les relations entre  $V_c$ ,  $F$  et  $N$ . A notre niveau, on fixera la profondeur de passe,  $a$ , suivant une valeur maximum donnée par le tableau.

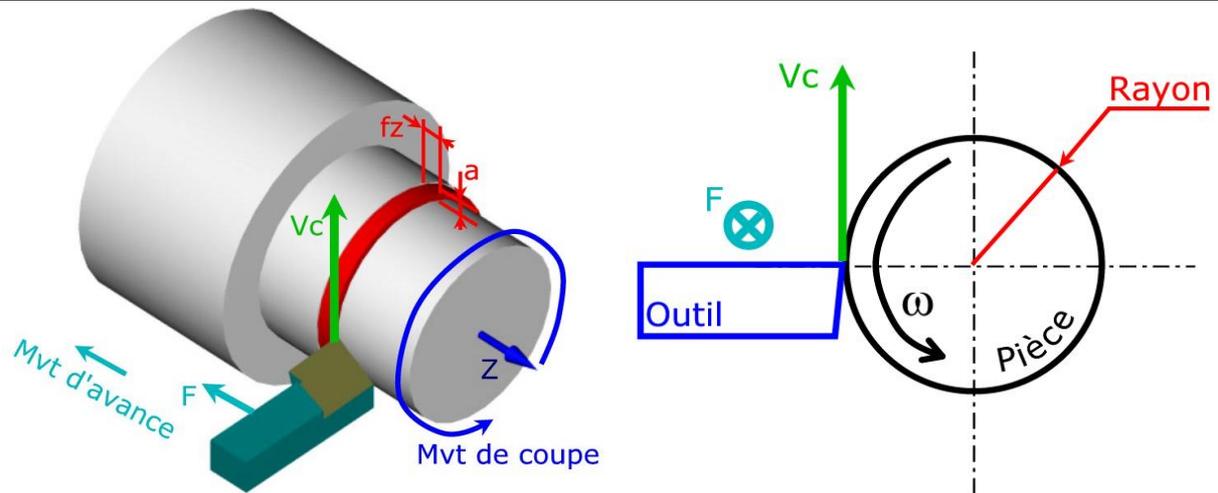
Vous disposerez d'un tableau de caractéristiques de coupe. Il permet de définir  $V_c$ ,  $f_z$  et  $a$  en fonction du type de machine, de l'outil, de la matière.



## 8.5 Le cas du tournage

Le mouvement de coupe anime la pièce (pièce tournante). On en déduit la vitesse de coupe  $V_c$ .

Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil par rapport à la pièce, On en déduit  $F$ .



### 8.5.1 La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe,  $V_c$ , et le taux de rotation,  $\omega$  de la pièce. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre  $\omega$  et  $V_c$  en utilisant les unités internationales :  $V_c = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V_c}{R}$  avec  $V_c$  en m/s,  $R$  en m et  $\omega$  en rd/s

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes

- $V_c$  en m/min,  $D$  en m et  $N$  en tr/min
- On utilise le diamètre au lieu du rayon
- On utilise un taux de rotation,  $N$ , exprimé en tour par minute au lieu de,  $\omega$ , en rd/s

La Formule devient :  $N = \frac{1000V_c}{\pi D}$

Le diamètre correspond à la position de la pointe de l'outil. Il y a 2 cas de figure :

- On usine parallèlement à l'axe de broche. La surface générée est un cylindre  
 $\Rightarrow D = \text{diamètre du cylindre}$
- On usine perpendiculairement à l'axe de broche. La surface générée est un plan  
 $\Rightarrow D = 2/3 \text{ diamètre maxi du plan}$

### 8.5.2 La vitesse d'avance

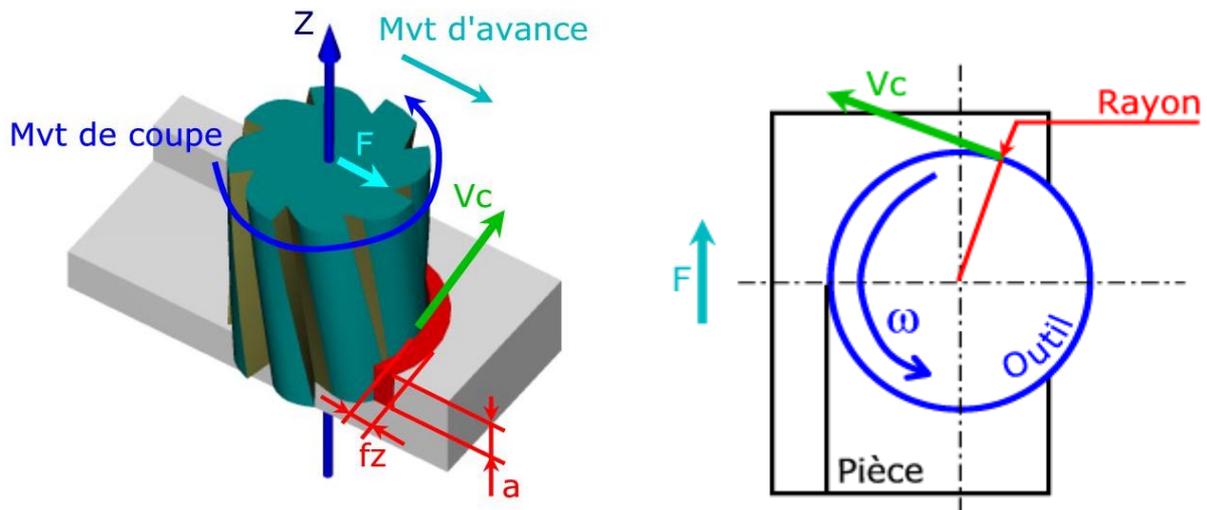
Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation :  $F = fz \cdot N$

$F$  en mm/min,  $fz$  en mm/(tr.dent) et  $N$  en tr/min

$fz$  correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de la pièce. En d'autre terme,  $fz$  correspond à la distance que l'arête de coupe va parcourir à chaque tour de la pièce.

## 8.6 Cas du fraisage.

Le mouvement de coupe anime l'outil (fraise tournante). Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil.



### 8.6.1 La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe,  $V_c$ , et le taux de rotation,  $\omega$ , de la fraise. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre  $\omega$  et  $V_c$  en utilisant les unités internationales :  $V_c = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V_c}{R}$   $V_c$  en m/s,  $R$  en m et  $\omega$  en rd/s

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes

- $V_c$  en m/min,  $D$  en m et  $N$  en tr/min
- On utilise le diamètre au lieu du rayon
- On utilise un taux de rotation,  $N$ , exprimé en tour par minute au lieu de,  $\omega$ , en rd/s

La Formule devient :  $N = \frac{1000V_c}{\pi D}$

$D$  correspond au diamètre de la fraise

### 8.6.2 La vitesse d'avance

Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation :  $F = z \cdot fz \cdot N$

$z$  est le nombre de dents de la fraise,  $F$  en mm/min,  $fz$  en mm/(tr.dent) et  $N$  en tr/min

$fz$  correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de l'outil. En d'autre terme,  $fz$  correspond à la distance que la dent va parcourir à chaque tour de la fraise.

Sur une fraise il peut y avoir plusieurs dents, donc plusieurs arêtes de coupe. On prend donc en compte ce nombre :  $z$ .

## 8.7 Formulaire

$V_c$  en m/min,  $D$  en m et  $N$  en tr/min

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

$D$  correspond au diamètre de la surface usinée ou de la fraise.

$z$  est le nombre de dents de l'outil,  $F$  en mm/min,  $fz$  en mm/(tr.dent) et  $N$  en tr/min

$$F = z \cdot fz \cdot N$$

avec  $z=1$  en tournage puisqu'il n'y a qu'une seule arête de coupe (1 seule dent).

## 8.8 Tableau des conditions de coupe

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

$$F = z \cdot f_z \cdot N$$

$V_c$  en m/min,  $D$  en m et  $N$  en tr/min

$z$  est le nombre de dents de l'outil

$F$  en mm/min,  $f_z$  en mm/(tr.dent)

Tournage													
Matières	Rr MPa	Outil ARS						Outil Carbure					
		$\gamma$	Ebauche			Finition		$\gamma$	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr		V60 m/min	a max mm	f mm/tr.d	V60 m/min	f mm/tr.d
Acier E24	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	6°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
BronzeUE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	600	3	0.4	800	>0.10

Fraisage en bout													
Matières	Rr MPa	Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		$\gamma$	Ebauche			Finition		$\gamma$	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	fz mm	V60 m/min	fz mm		V60 m/min	a mm	fz mm/tr.d	V60 m/min	fz mm/tr.d
Acier E24	500	20°	29	2	0.11	40	>0.06	20°	100	2	0.2	120	>0.07
Acier INOX	500	20°	18	2	0.08	22	>0.05	15°	72	2	0.15	92	>0.07
Acier 35CD4	1100	12°	20	2	0.06	25	>0.04	12°	80	2	0.12	90	>0.07
PVC	60	20°	200	4	0.2	300	>0.50	20°	800	4	0.3	1000	>0.07
Nylon PA6	80	20°	100	2	0.15	200	>0.20	20°	400	2	0.35	500	>0.07
Plexi PMMA	78	0°	60	2	0.15	80	>0.20						
Laiton UZ30	400		72	1	0.09	95	>0.07		130	2	0.5	180	>0.16
BronzeUE12P	200		23	1	0.07	31	>0.06		60	2	0.2	82	>0.16
Dural AU4G	280	20°	150	1	0.07	190	>0.06	20°	500	3	0.1	800	>0.08

Fraisage en roulant													
Matières	Rr MPa	Fraises type 214 (fraisage combiné Ø 40)						Fraises type 211 (rainurage Ø 10)					
		$\gamma$	Ebauche			Finition		$\gamma$	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a maxi mm	fz mm	V60 m/min	fz mm		V60 m/min	a maxi mm	fz mm/tr.d	V60 m/min	fz mm/tr.d
Acier E24	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.06	28	>0.04	20°	16	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	16	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10°	72	2	0.16	90	>0.03		41	3	0.01	46	>0.01
BronzeUE12P	200	10°	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.06	20°	95	5	0.05	105	>0.03

Perçage												
Matières	Rr MPa	Forets et alésoirs ARS							Tarauds A.R.S.			
		$\gamma$	Perçage			$\Phi < 10$		$\Phi > 10$		Alésage $\Phi < 20$		
			V60 m/min	angle pointe	angle hélice	f mm/tr	f mm/tr	V60 m/min	a mm	f mm/tr	V60 m/min	Lubrifiant
Acier E24	500	25°	25	135°	30°	0.025 $\Phi$	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02 $\Phi$	>0.04	8	>0.20	0.15	6	Huile soluble
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012 $\Phi$	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe
PVC	60		60	135°	30°	0.02 $\Phi$		non	non	non	15	Air comprimé
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02 $\Phi$		non	non	non	15	Air comprimé
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02 $\Phi$		non	non	non	10	Air comprimé
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03 $\Phi$	>0.03	30	>0.20	0.4	13	a sec
BronzeUE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037 $\Phi$	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032 $\Phi$	>0.06	30	>0.20	0.4	18	Pétrole

## 9 L'isostatisme

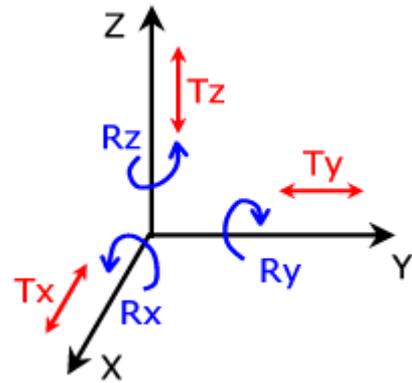
Le mouvement d'un solide dans l'espace peut se décrire suivant la combinaison de 3 translations et de 3 rotations par rapport à une base orthogonale. Ces 6 mouvements représentent les 6 degrés de liberté du solide. Pour immobiliser un solide dans l'espace, il suffit de supprimer ces 6 degrés de liberté.

En fabrication, l'isostatisme, c'est l'étude de la suppression des degrés de liberté d'un solide. Il est en effet préférable que la pièce soit bien mise en place pendant les opérations d'usinage.

Il ne faut pas confondre la mise en position (qui correspond à l'isostatisme) et le maintien de la pièce par un serrage.

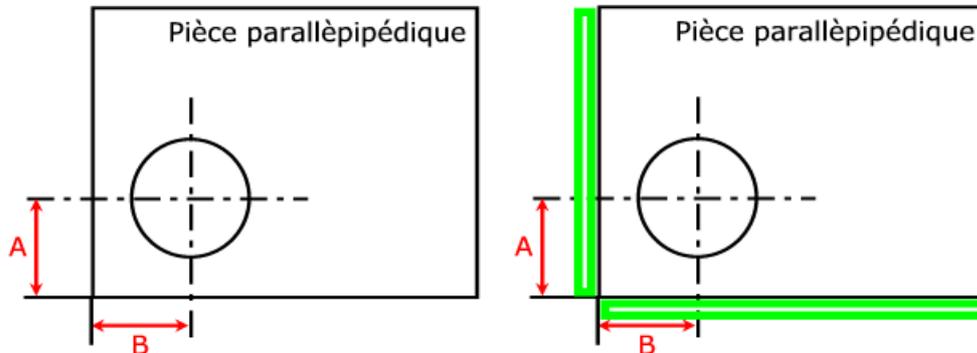
Pour supprimer les degrés de liberté, il suffit d'utiliser une ou plusieurs liaisons qui s'opposent aux mouvements.

On verra par la suite que sur une pièce prismatique on peut supprimer facilement les six degrés de liberté. Donc on cherchera à réaliser une liaison encastrement entre la pièce et le porte pièce (attention il s'agit de mise en position). Sur une pièce de révolution, on peut supprimer facilement cinq degrés de liberté, le dernier correspond à la rotation suivant l'axe de révolution. Donc on cherchera à réaliser une liaison pivot entre la pièce et le porte pièce (attention, il s'agit de mise en position).



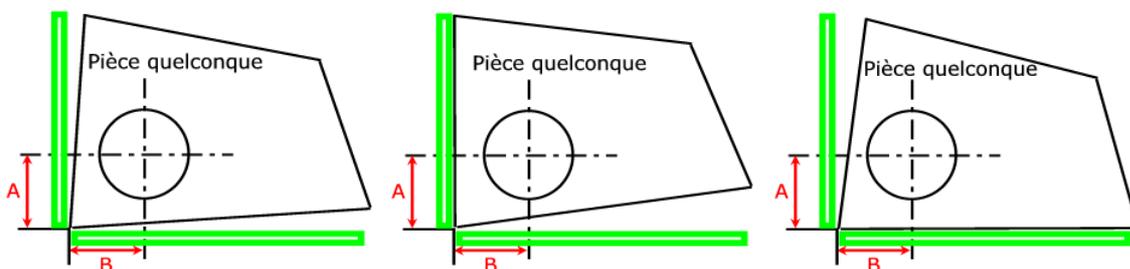
### 9.1 Mise en place du problème

Sur une série de pièce parallélépipédique, il faut percer un trou respectant les cotes A et B.



On positionne donc la pièce sur la machine par rapport aux surfaces de référence de la pièce, ici ce sont les surfaces de départ des cotes A et B (en vert) ainsi que le plan inférieur de la pièce (avec la liaison appui plan qui correspond au plan de la feuille).

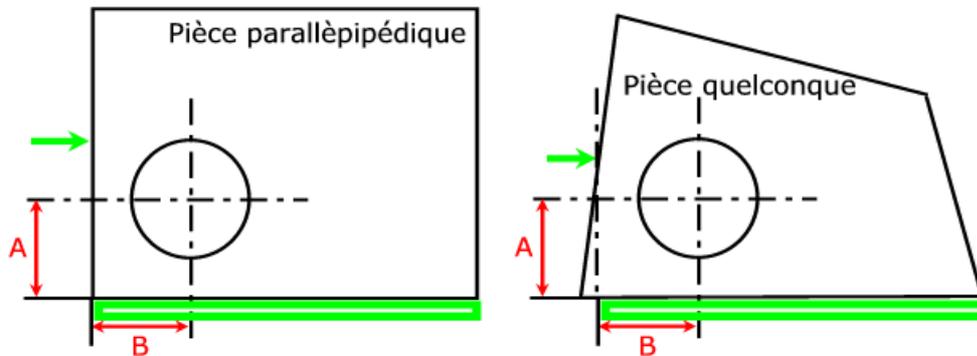
Si on met en place une nouvelle pièce. Cette pièce n'est pas identique à la précédente, on va exagérer ces défauts et regarder ce qu'il se passe. La position de la pièce par rapport aux surfaces de mise en position peut varier de plusieurs façons, donc la mise en position n'est PAS UNIQUE. Ainsi la position du trou usiné n'est pas unique, et on ne respectera pas les cotes A et B.



Quelle mise en position permet d'avoir une mise en position de pièce UNIQUE.

La pièce est en liaison appui plan avec la feuille, donc on supprime 3 degrés de liberté (1 translation et 2 rotations)

ATTENTION, on ne doit pas supprimer plusieurs fois le même degré de liberté. Il reste 3 degrés de liberté à éliminer. Un peu de réflexion nous amène à choisir la liaison ponctuelle et la liaison linéaire rectiligne placée sur les surfaces de référence.



Il est donc possible de trouver des mises en position unique pour les pièces. Donc pour usinage sur des séries de pièce, les surfaces réalisées sont positionnées de la même façon par rapport à leur surfaces de références.

On étudiera plus tard le choix des surfaces de référence. On va étudier pour le moment la mise en position.

## 9.2 Liaisons utilisables

On va associer plusieurs liaisons simples pour supprimer les 6 degrés de liberté

liaison	Rotation supprimée	Translation supprimée
ponctuelle	0	1
linéaire	1	1
Appui plan	2	1
Linéaire annulaire	0	2
Pivot glissant	2	2

Voici le tableau ci dessous présente les liaisons associé à des réalisations concrètes.

Nom	Représentation	Exemples
<b>Appui ponctuel :</b> élimine 1 degré de liberté		
<b>Liaison linéaire rectiligne :</b> élimine 2 degrés de liberté		
<b>Liaison linéaire annulaire :</b> élimine 2 degrés de liberté		<p style="text-align: center;"><b>L &lt; 0.8</b></p>
<b>Appui</b> élimine 3 degrés de liberté		
<b>Liaison pivot Glissant</b> élimine 4 degrés de liberté		

On va étudier les deux cas classiques que vous rencontrerez à l'atelier : les pièces prismatiques et les pièces de révolution.

### 9.3 Règle d'isostatisme

On cherche à placer la liaison qui supprime le plus grand nombre de degré de liberté sur la plus grande surface.

Les degrés de liberté ne sont supprimés qu'une seule fois. On ne peut donc pas mettre en place un isostatisme avec 3 liaisons appui plan, cela enlèverait  $3 \times 3 = 9$  degrés de liberté sur un total de 6 maximum.

## 9.4 Cas des pièces de révolution

Soit une pièce de diamètre  $D$  et de longueur  $L$ .

On ne peut pas supprimer le degré de liberté correspondant à la rotation sur l'axe de révolution. On doit donc supprimer 5 degrés de liberté. Il y a deux cas de figure, pour les pièces de type rondelle et les pièces de type axe.

### 9.4.1 Centrage court : $D > 1.5 L$

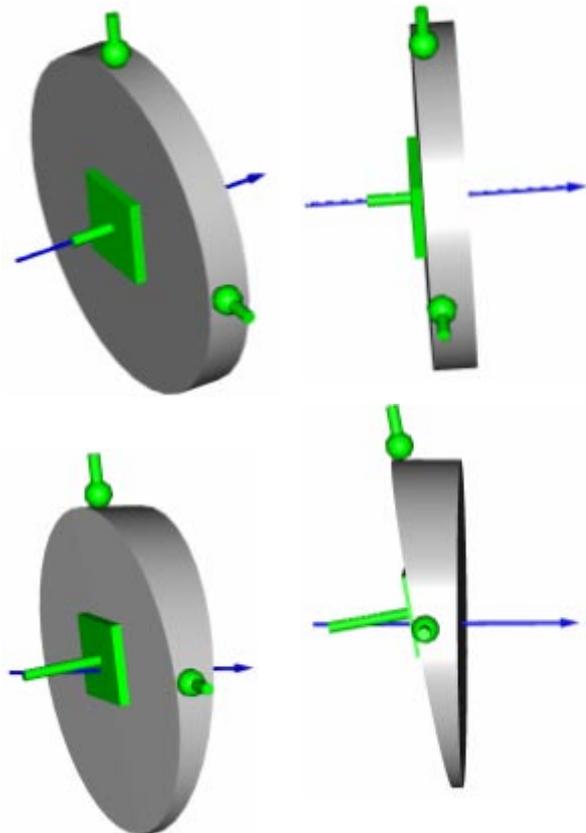
Si  $D > 1.5 L$ , la pièce est de type rondelle.

L'isostatisme est du type centrage court.

La surface la plus importante est le plan perpendiculaire à l'axe de révolution. Pour éliminer le maximum de degré de liberté on lui associe une liaison appui plan. Il reste  $(5-3=2)$  degrés de liberté qui correspondent à 2 translations.

Pour éliminer les 2 degrés de liberté restant (2 translations), on utilise une liaison linéaire annulaire sur la surface cylindrique.

Cet isostatisme permet une mise en position unique, même pour une pièce aux formes quelconques.



### 9.4.2 Centrage long : $D < L < 10 D$

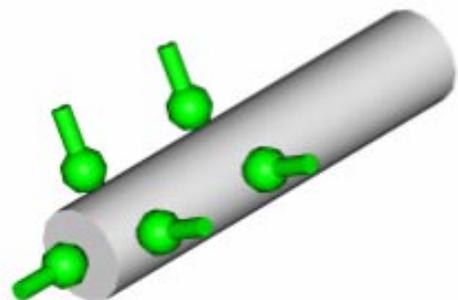
Si  $D < L < 10 D$ , la pièce est de type axe.

L'isostatisme est du type centrage long.

La surface la plus importante est la surface cylindrique. Pour éliminer le maximum de degré de liberté on lui associe une liaison pivot. Il reste  $(5-4=1)$  degré de liberté qui correspond à 1 translations.

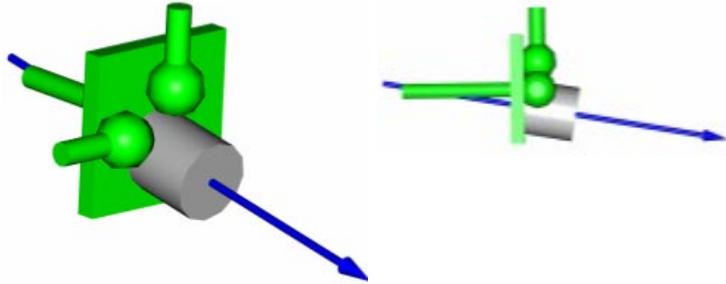
Pour éliminer la translation restante, on utilise une liaison ponctuelle sur le plan perpendiculaire à l'axe de révolution.

Si une pièce est très longue, l'isostatisme à utiliser n'est pas du type centrage long ou centrage court. Veuillez vous renseigner auprès de votre enseignant.

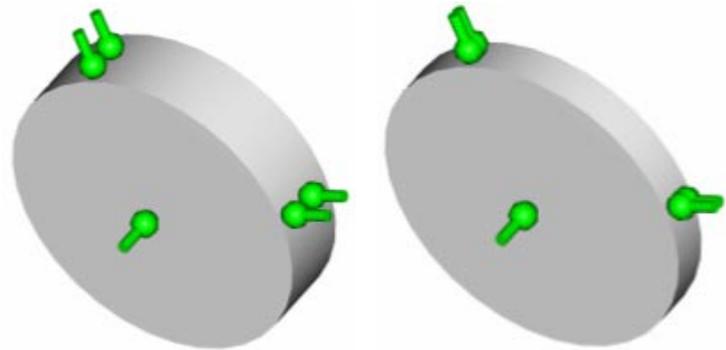


### 9.4.3 Attention aux erreurs

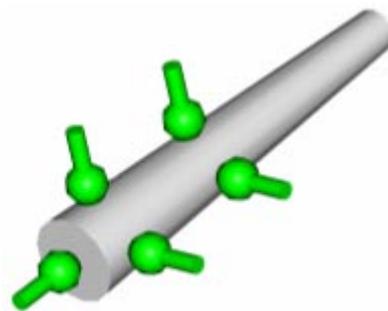
Ne pas appliquer un isostatisme de type centrage court sur un 'axe'. En effet vous vous retrouverez avec seulement 3 degrés de liberté supprimés. La surface du plan perpendiculaire à l'axe de révolution étant faible, la liaison appui plan peut être modélisée par une liaison ponctuelle.



Ne pas appliquer un isostatisme de type centrage long sur une 'rondelle'. En effet vous vous retrouverez avec seulement 3 degrés de liberté supprimés. La surface du cylindre étant faible, la liaison pivot peut être modélisée par une liaison linéaire annulaire.



Si vous êtes en présence d'une pièce de révolution longue et conique. Si  $D < L < 10 D$  alors, on peut appliquer l'isostatisme du type centrage long.

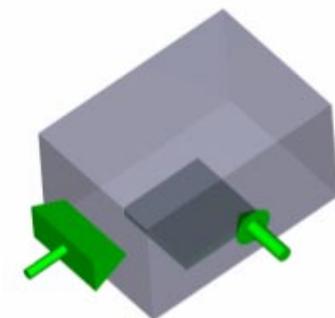
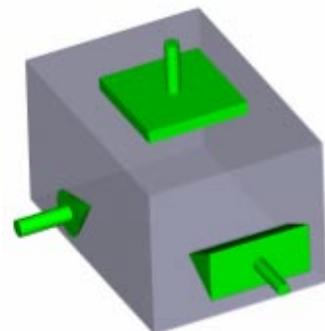


### 9.5 Cas de pièces prismatique

Comme la pièce est composée de plans. On choisit de supprimer un maximum de degré de liberté sur une surface plane. On utilise la liaison appui plan qui supprime 3 degrés de liberté. Il reste donc  $6-3=3$  degré de liberté : 2 translations et une rotation.

Sur une autre surface perpendiculaire à l'appui plan précédent, on peut enlever 2 degrés de liberté supplémentaire (1 translation et 1 rotation) : donc liaison linéaire rectiligne. Il reste donc  $3-2=1$  degré de liberté (1 translation). Attention, la 'ligne' de la liaison rectiligne est parallèle à la surface de la liaison appui plan.

Sur une surface perpendiculaire aux 2 précédentes, on place une liaison ponctuelle.

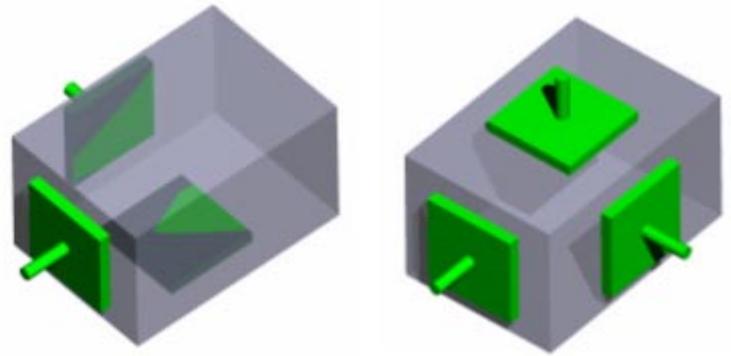


Maintenant examinons ce qu'il se passe pour une pièce non parallélépipédique.

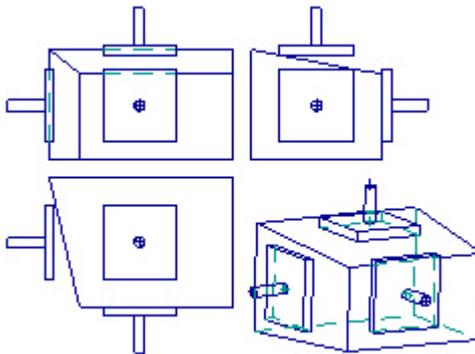
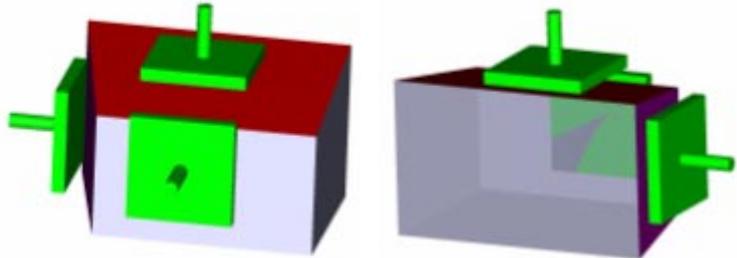
Ce qu'il ne faut pas faire :

Imaginons, que vous utilisez 3 liaisons appuis plan pour la mise en position de cette pièce.

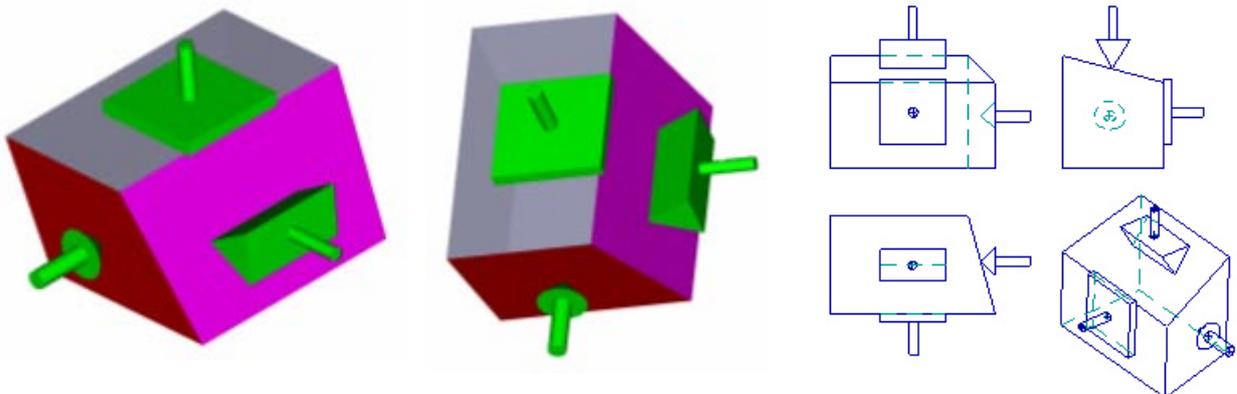
Si la pièce est parallélépipédique, on ne voit pas de problème. Les liaisons appuis plan sont en contact avec les surfaces.



Si la pièce n'est pas parallélépipédique, là, il y a quelque chose de pas normal. En effet, tous les appuis ne sont pas complètement en contact avec les surfaces du prisme.



Voici ce que cela donne avec l'isostatisme associant appui plan + linéaire rectiligne + ponctuelle :



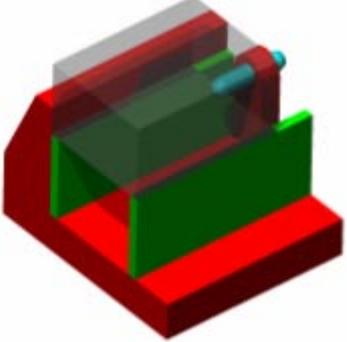
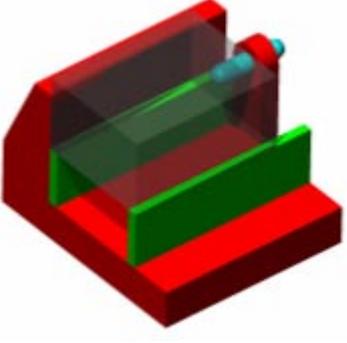
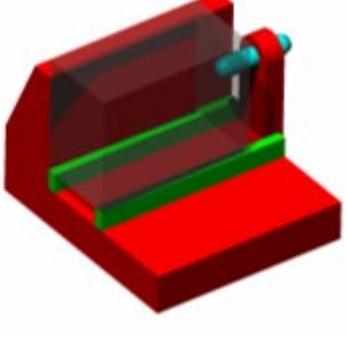
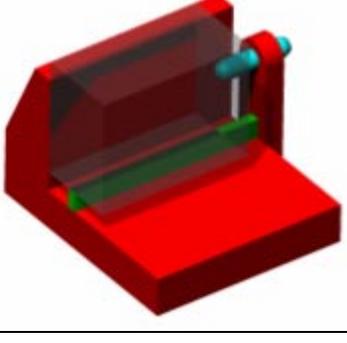
Toutes les liaisons sont bien en contact avec les surfaces de la pièce.

## 9.6 Respect des surfaces d'appui

Quand vous avez choisi un isostatisme, il faut le mettre en place sur la machine. Vous disposez des portes-pièces et d'éléments interchangeables tels que les cales et la butée.

Pour un prisme, on choisit l'isostatisme classique : appui plan + linéaire + ponctuelle

On va étudier différents cas de figure pour la mise en place la pièce dans l'étau :

<p>Appui plan sur le plan inférieur Linéaire sur le plan latéral Butée sur le coté Rien A Signaler : La surface utilisée pour l'appui plan a une dimension bien supérieure à celle utilisée pour la linéaire.</p>	
<p>Appui plan sur le plan inférieur Linéaire sur le plan latéral Butée sur le coté Même cas que précédemment : La surface utilisée pour l'appui plan a une dimension bien supérieure (mais moins que ci-dessus) à celle utilisée pour la linéaire. Il n'y a tout de même pas d'ambiguïté entre l'appui plan et la linéaire.</p>	
<p>Appui plan sur le plan inférieur Linéaire sur le plan latéral Butée sur le coté GROS PROBLEME: La surface utilisée pour l'appui plan a une dimension inférieure à celle utilisée pour la linéaire. Il y a ambiguïté entre les dimensions des surfaces correspondants à l'appui plan et la linéaire et l'isostatisme préconisé.</p>	
<p>Appui plan sur le plan latéral Linéaire sur le plan inférieur Butée sur le coté Rien A Signaler : La surface utilisée pour l'appui plan a une dimension bien supérieure à celle utilisée pour la linéaire. Cette fois tout correspond au niveau de la dimension des surfaces avec l'isostatisme préconisé.</p>	

## 10 Cotes fabriquées / cotes du dessin de définition

### 10.1 Définition :

Pour usiner une pièce, il faut savoir les dimensions à obtenir. Ce sont les cotes de fabrication, elles sont de types différents :

On appelle cote fabriquée les cotes qui sont réalisées pendant un usinage sans démontage de la pièce. Elles relient :

- soit une surface de mise en position avec une surface usinée.
- soit deux surfaces usinées dans la même phase.

On va essayer de présenter la différence entre les cotes fabriquées et les cotes placées sur un dessin de définition.

### 10.2 Première étude de cas

On va étudier la réalisation d'un plan sur un prisme.

On part d'une pièce brut, dont les surfaces ne sont pas parfaites.

On étudie la réalisation de la cote entre A et B sur l'axe vertical.

La pièce est mise en position dans le porte pièce. La surface A n'est pas parfaitement en contact sur la surface d'appui (cela est du entre autre, au fait que la surface A est une surface brute). On retrouve aussi ce type d'erreur de positionnement avec une surface usinée, la variation étant alors plus faible. On appelle cette variation les dispersions de remise en position.

La fraise est en position pour l'usinage. Or la position de l'outil peut varier en fonction de plusieurs paramètres tel que l'opérateur (utilisation de la manivelle) ou bien l'usure des arêtes de coupe. Donc la position de surface usinée B peut varier.

La cote fabriquée entre les surfaces A et B est donc liée aux variations de la position de la fraise et de la surface de référence.

Exemple concret :

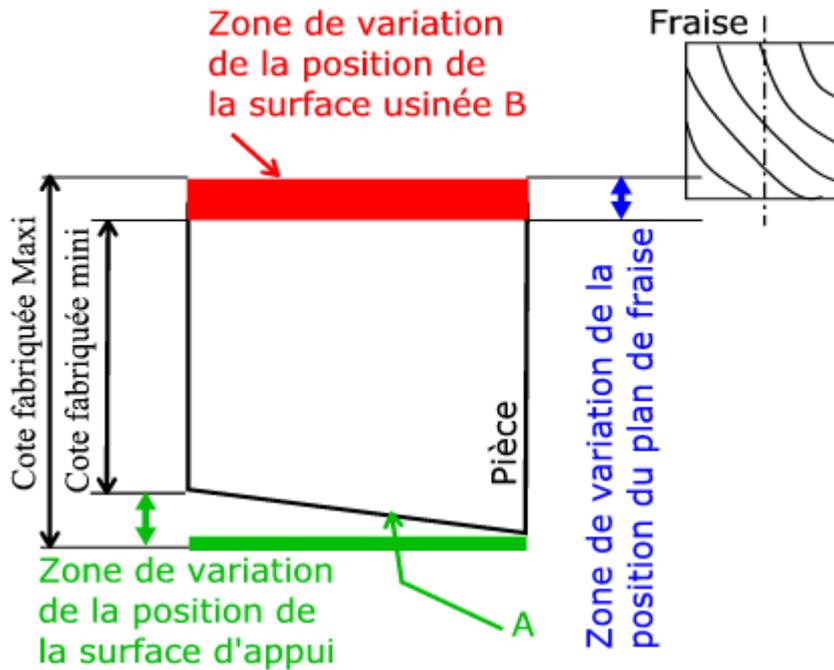
variation du plan de fraise = 0.1 mm

variation de la surface d'appui = 0.2 mm

donc variation totale = 0.3 mm

On peut donc en déduire que l'intervalle de tolérance minimal de la cote fabriquée = 0.3 mm

Dans ce cas de figure, on n'est pas capable de réaliser une cote du dessin de définition si son  $IT < 0.3$  mm.



### 10.3 Deuxième étude de cas

Cette fois, on réalise sans démontage de la pièce l'usinage d'un plan épaulé avec le même outil. On étudie la réalisation de la cote entre B et C sur l'axe vertical.

La pièce est mise en position dans le porte pièce. La surface A n'est pas parfaitement en contact sur la surface d'appui (cela est du entre autre, au fait que la surface A est une surface brute). On retrouve aussi ce type d'erreur de positionnement avec une surface usinée, la variation étant alors plus faible. On appelle cette variation les dispersions de remise en position.

La fraise est en position pour l'usinage. Or la position de l'outil peut varier en fonction de plusieurs paramètres tel que l'opérateur (utilisation de la manivelle) ou bien l'usure des arête de coupe. Donc la position de surface usinée B peut varier. Actuellement il existe un décalage de la fraise égal à  $d$ . On retrouve ce même décalage pour l'usinage de la surface C. Donc la cote fabriquée entre les surfaces B et C comprend uniquement les erreurs de repositionnement de la fraise au niveau de plan C :  $\Delta$ .

La cote fabriquée entre les surfaces A et B est donc liée aux variations de la position de la fraise et de la surface de référence.

Au final : l'IT de la cote fabriquée B-C est plus petit que l'IT de la cote A-B.

On obtient la règle d'usinage : Il faut usiner un maximum de surfaces sans démonter la pièce.

Exemple concret :

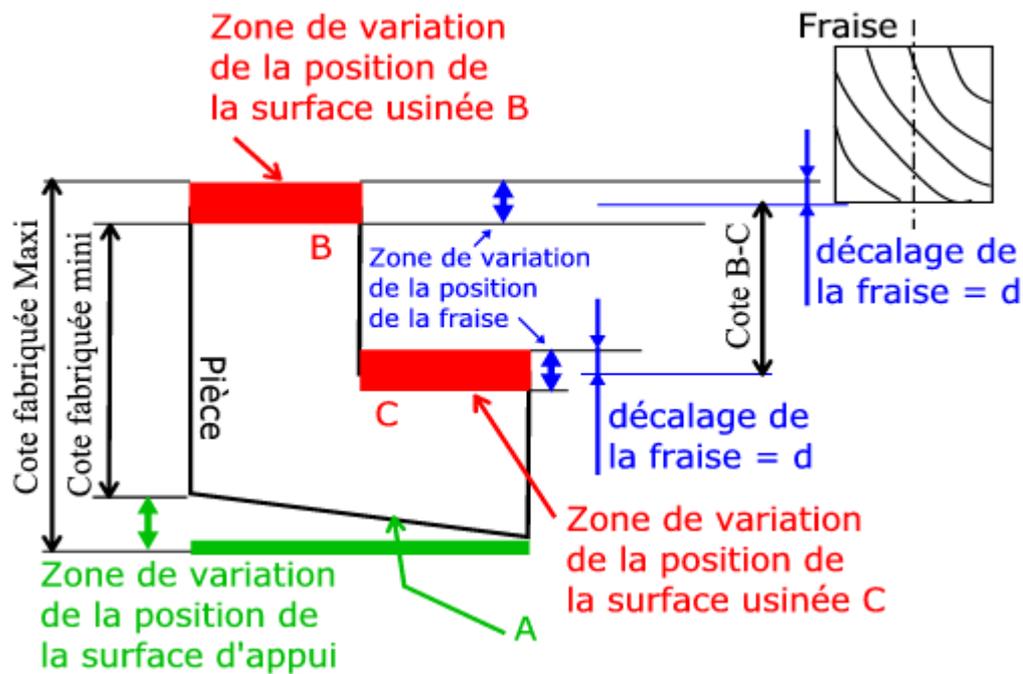
variation du plan de fraise = 0.1 mm

variation  $\Delta$  = 0.05 mm

variation de la surface d'appui = 0.2 mm

IT cote A-B = 0.3 mm

IT cote B-C = 0.05 mm



## 10.4 Troisième étude de cas

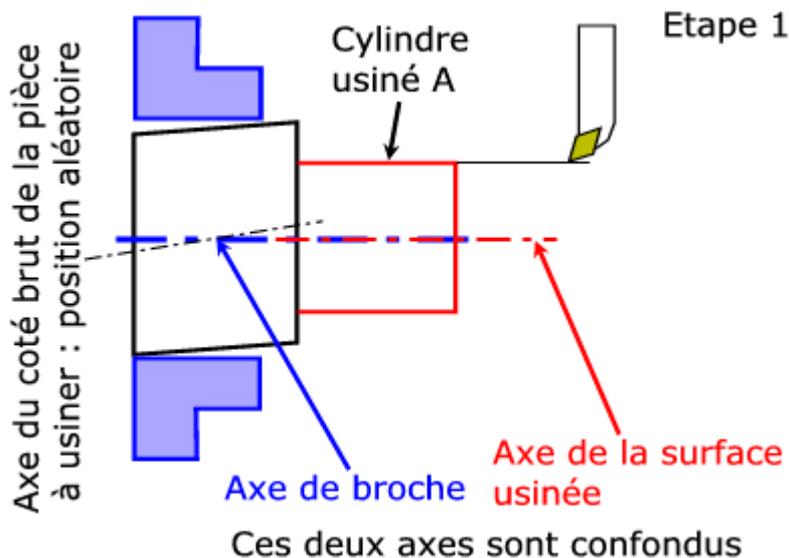
Cette fois, on réalise sans démontage de la pièce l'usinage d'un plan épaulé avec le même outil.

### 10.4.1 On étudie l'usinage d'un cylindre en tournage.

Etape 1 : on usine le coté droit de la pièce (cylindre A).

La pièce est mise en position dans le porte pièce (le mandrin). La position de l'axe de la pièce brute est mal défini (ce sont les dispersions de remise en position pour une pièce brute). Par contre, l'axe de la surface usinée A correspond à l'axe de broche.

On remarque que l'axe de la surface usinée est différent de l'axe de la partie brute de la pièce.

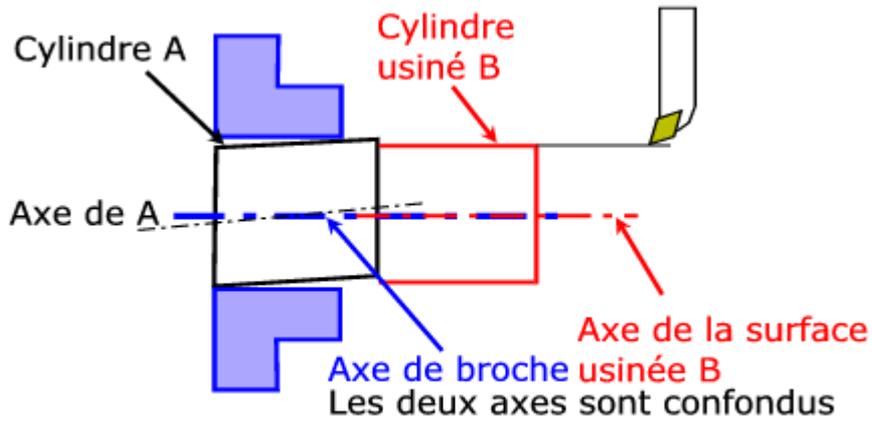


Etape 1 : après retournement de la pièce, on usine le cylindre B

La pièce est mise en position dans le porte pièce (le mandrin). La position de l'axe de A est mal définie (ce sont les dispersions de remise en position pour une pièce usinée). Par contre, l'axe de la surface usinée B correspond à l'axe de broche.

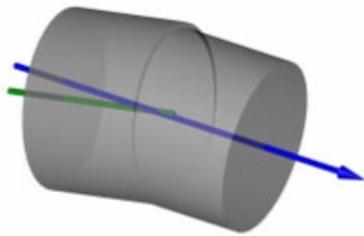
On remarque que l'axe de la surface usinée A est différent de l'axe de la surface usinée B.

## Etape 2 : retournement de la pièce

**ATTENTION :**

Axe cylindre usiné A non confondu avec  
axe cylindre usiné B

On obtient donc une pièce qui est composée de 2 cylindres NON coaxiaux.



Pour diminuer les dispersions de remise en position, il faut utiliser un porte-pièce amélioré.

**10.4.2 Mors durs / mors doux**

Au moment du serrage de la pièce, les mors durs déforment la pièce. Donc l'axe de la pièce n'est pas confondu avec l'axe du porte pièce (et donc de la broche).

La surface de contact des mors durs au niveau de la pièce est composée de dents. La déformation de la pièce a lieu, car la pression exercée par les mors dépasse la pression admissible par la pièce. Pour éviter les déformations, il faut donc diminuer la pression exercée par les mors.

Ci contre, une représentation de mors dur



Comme  $p = \frac{F}{S}$  il suffit pour un effort de serrage constant, d'augmenter la surface de contact mors/pièce.

D'où l'utilisation de mors doux, ces mors sont usinés afin d'augmenter la surface de contact mors/pièce. De plus étant usiné, l'axe de la surface usinée sur les mors correspond à l'axe de broche. La dispersion de reprise sur ce type de montage est donc minimale.

Ci contre, une représentation de mors doux



Montage en mors dur	Montage en mors doux

## 11 Règles d'usinage

### 11.1 En premier lieu

Afin de réussir un usinage, il faut vérifier son matériel. Donc, la pièce doit être bien serrée dans le porte pièce, l'outil aussi doit être bien fixé. Il faut parfois régler les outils (hauteur de pointe en tournage) ou les portes-outils (dégauchissage en fraisage).

Il faut aussi vérifier l'état de l'outil. Les arêtes de coupe sont-elles en bon état ? éventuellement il faut changer les plaquettes carbure.

Utilisez le tableau des conditions de coupe pour obtenir  $V_c$ ,  $f_z$  et  $a$ . Veuillez calculer les conditions de coupe :  $N$ ,  $F$ .

### 11.2 Association de surface

On a vu précédemment qu'il est préférable d'usiner un maximum de surfaces sans démontage. Cela permet d'éviter l'accumulation des erreurs de mise en position et d'usinage.

Il faut donc essayer d'usiner 'en même temps' les surfaces liées les unes aux autres par des cotes aux IT les plus faibles.

De même, on essayera dans la mesure du possible de réaliser la pièce en minimisant le nombre de montage/démontage de la pièce.

Attention, il ne faut pas démonter une pièce pour vérifier une cote qui vient d'être usinée. Il faut prévoir un moyen de mesure approprié, pour un contrôle sur porte pièce.

### 11.3 Choix Ebauche / ½ finition / finition

Il faut naturellement respecter les conditions de coupe, notamment la profondeur de passe maximum donnée dans le tableau.

Suivant les tolérances des cotes à réaliser, la surface finale sera obtenu en plusieurs fois.

Intervalle de tolérance d'une cote	méthode
1 mm	Obtention directe
Qualité 11 (ex : H11), 0.5 mm	Ebauche + finition
Qualité 7 (ex H7), 0.02 mm	Ebauche + ½ finition + finition

### 11.4 Pour le début d'un perçage

Le foret est un outil relativement flexible. Afin de percer à l'endroit souhaité il faut marquer le trou à percer.

Utilisation du foret à pointer afin de bien marquer la position pour le foret suivant.

### 11.5 Pour des perçages : $D > 10$ mm

On ne perce pas directement les gros diamètres. Il faut procéder par étape.

$D < 15$  : faire des trous tous les 6 mm

$15 < D < 24$  : faire des trous tous les 4 mm

$24 < D < 30$  : faire des trous tous les 3 mm

### 11.6 Pour des alésages, qualité du trou H7 ou H8 à l'alésoir machine

Pour réaliser un alésage de  $\varnothing D$  H7 avec un alésoir machine

Il faut utiliser un alésoir si la dimension est disponible au magasin.

#### 11.6.1 $D < 20$

L'ébauche consiste en la réalisation d'un trou :  $\varnothing D-2$

La ½ finition consiste en la réalisation d'un trou :  $\varnothing D-0.25$

La finition consiste en la réalisation de l'alésage :  $\varnothing D$

#### 11.6.2 $D > 20$

L'ébauche consiste en la réalisation d'un trou :  $\varnothing D-0.5$

La finition consiste en la réalisation de l'alésage :  $\varnothing D$

### 11.7 Tournage de pièce longue

Le problème vient principalement de la mise en position. Il faut éviter le fléchissement de la pièce à cause des efforts de coupe. Renseigner vous auprès de votre enseignant si le problème se pose.

### 11.8 Réalisation d'une cote

Veillez à viser la réalisation de la cote moyenne.

Cote du type :  $L \pm a$  ( $20 \pm 0.5$ ), il faut viser la cote de  $L$ , (20)

Cote du type :  $L \pm \frac{b}{a}$  ( $20 \pm \frac{2}{1}$ ), il faut viser la cote de  $[(L+b)+(L-a)]/2$ , (20.5)

### 11.9 Taraudage à main

Voir le tableau suivant qui indique le diamètre de perçage avant le taraudage.

diamètre vis	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
pas	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
diamètre perçage	2,5	3,2	4,1	4,9	6,6	8,4	10,1	11,8	13,8	15,3	17,3	19,3	20,8

profondeur filet	0,31	0,43	0,49	0,61	0,77	0,92	1,07	1,23	1,23	1,53	1,53	1,53	1,84
diamètre du lamage CHc	6	8	9	11	14	16	18	22	25	28	31	34	37
profondeur du lamage CHc	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

## 12 Réalisation de forme usinée

Mise en œuvre des outils

## 13 La commande numérique

### 13.1 Les repères

### 13.2 Les codes ISO

### 13.3 Les cycles d'usinage

## 14 Contrat de phase

## 15 Gamme de fabrication