

**MODEL CLUB JONAGEOIS**



# Formation Fraiseuse CNC - Module 1 Initiation -

Ph Villard  
Février 2017 v5



# Introduction à l'usinage CNC

- Computer Numerical Control, traduisible en “Machine à Commande Numérique”.
- **Il s’agit d’une machine avec une tête porte-outils, dont les mouvements sont commandées par un ordinateur.**

Les machines de découpe laser, jet d’eau sous pression, fraiseuses numériques sont CNC. Les imprimantes 3D sont techniquement des CNC, mais avec une tête « additive » qui ajoute de la matière , par opposition aux « soustractives » qui enlèvent de la matière à la pièce en la découpant, fraisant, etc.
- **Les machines CNC sont commandées à l’aide d’un langage de programmation très simple appelé G-Code.**

Par exemple l’ordinateur donne instruction à la tête d’usinage « déplacement sur l’axe des X de 11.5mm », « déplacement sur l’axe des Y de -20mm », ...

Permet de couper rapidement avec précision différents matériaux (bois, plastique, métal, ...) selon des tracés de votre choix (chemin ou « toolpath »). Une CNC peut également sculpter des formes complexes en 3D, usiner des contours en 2,5D dans une pièce, ...
- **La chaine logicielle permet de (1) concevoir une pièce** dans un logiciel de CAO Conception Assistée par Ordinateur (CAD in english), (2) créer une configuration de PAO Production Assistée par Ordinateur (CAM), **et (3) produire un exemplaire physique de la pièce très rapidement.** La modification de la conception de la pièce est rapide pour l’améliorer, et produire de multiples copies exactes est rapide et facile.
- **Il existe des logiciels de conception orienté modélisme tels DevFus, Wings, ...** pour concevoir directement des structures d’aile ou de fuselage et de générer les fichiers de commande.

## Objectifs de ce module :

- **Utiliser en sécurité la CNC Fraiseuse du club**
- **Concevoir des fichiers de découpe en 2D ou 2,5D**

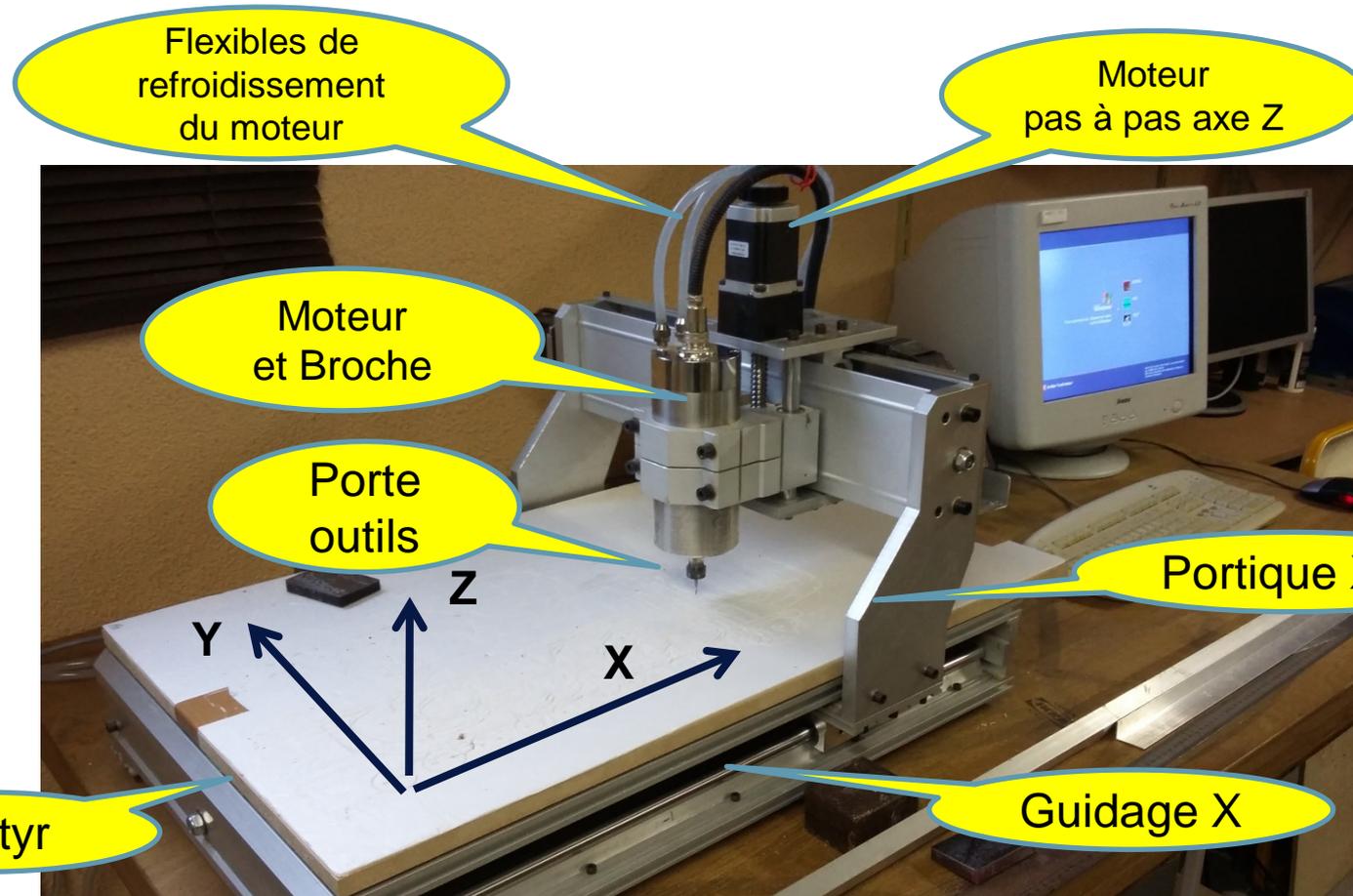


# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces simples

1. Présentation de la table
2. Notions de base de fraisage
3. Piloter la CNC avec Mach3
4. La chaine logicielle « de la conception au fraisage »
5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode
6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF
7. Annexes
  - Checklistes
  - Sources & crédits



# 1- Présentation de la table CNC ( Commande Numérique Contrôlée)



# 1- Présentation de la table CNC / Organes principaux

- **Fraiseuse**

- Moteur
- Broche (« spindle »)
- Porte-outil



- **Pompe de refroidissement**

Vitesse de rotation très élevée de la broche

➔ important besoin de refroidissement

➔ **Pompe de circulation d'eau et nourrice**

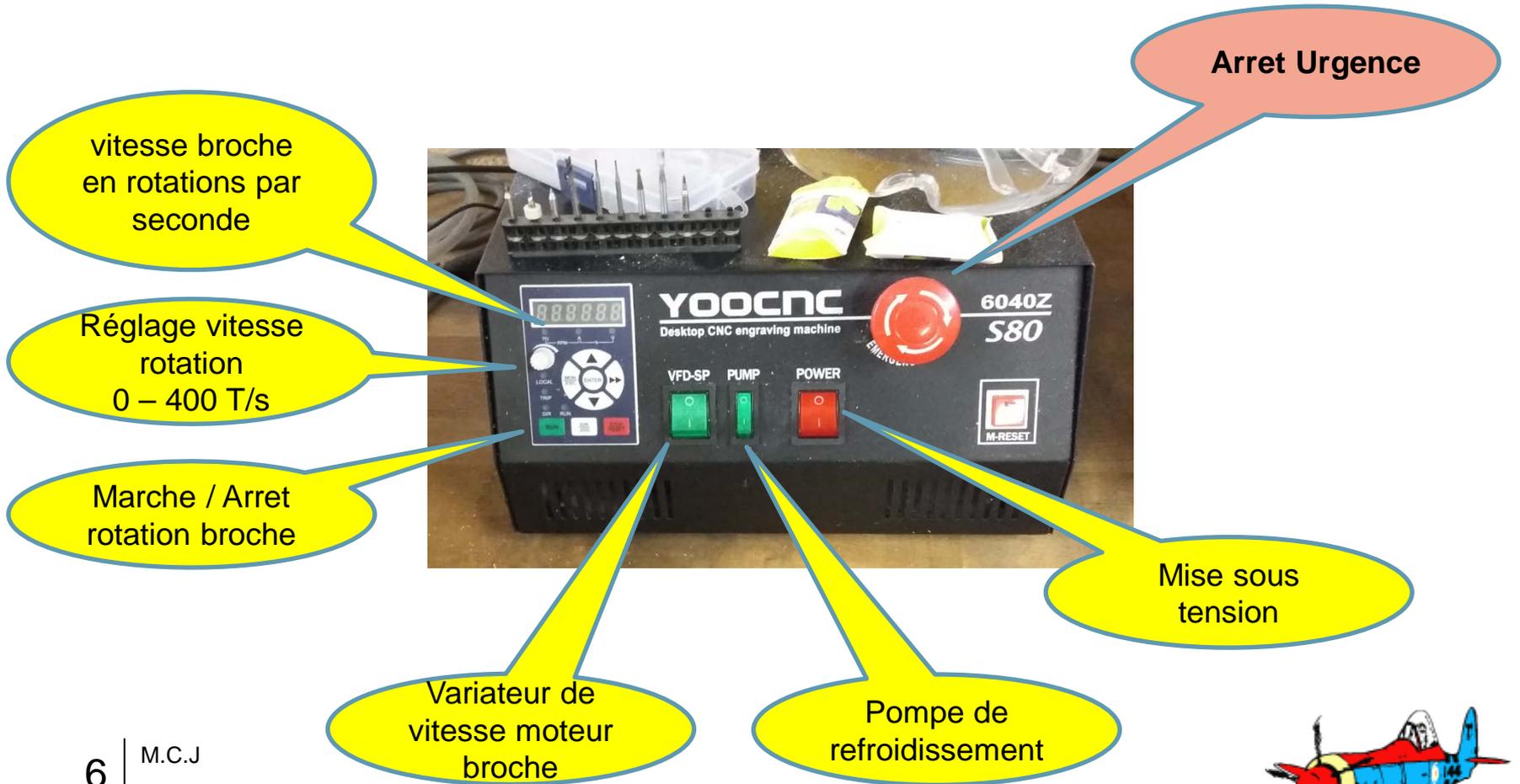
**Important : surveiller que l'eau circule,  
et absence de fuite**



# 1- Présentation de la table CNC / Organes principaux

- **L' électronique de commande :**

- des moteurs « pas à pas » ( 3 axes charriots + 4ieme axe optionnel )
- du moteur de la broche et son variateur de vitesse
- Le boîtier est piloté par le PC, connexion par le câble parallèle



# 1- Présentation de la table / SECURITE

Risque	Quel est le problème ?	Prévention
Coupure	Coupure aux doigts par l'outil	Mettre en pause pour intervenir sur la pièce
Mécanique	Mouvement des charriots Pincement doigts, entrainement vêtement Projection de la pièce, par blocage de l'outil et arrachement du maintient	Mettre en pause pour intervenir, Eviter écharpes, etc Tenir à distance les autres personnes.
Blessure aux yeux	Rupture fraise et projection fragments; Projection copeaux ou particules → yeux	Lunettes de sécurité
Electrique	Puissance boitier; 90V moteur broche	Veiller au bon état des câbles. Eviter de toucher le châssis en opération
Bruit	Bruit fraisage > seuils de dégradation audition pour certains matériaux	Protections auditives
Poussières	Inhalation de poussières / particules fines	Masque à poussière pour certains matériaux (carbone, ...); ventiler le local.

- Les abords de la fraiseuse doivent rester dégagés
- Surveillance **permanente** lorsque la machine est active
- ***Etre prêt à actionner le Bouton Arrêt d'Urgence.***



# 1- Présentation de la table / Quel Matériaux peuvent être utilisés ?

- **DEPRON, Mousse polystyrene**
- **Bois**
  - CTP, Balsa, medium, ...
- **Plastiques, Plexiglass**
- **Circuits imprimés (PCB)**
- **Métaux tendres**
  - Laiton, cuivre, ...
  - Aluminium

A chaque matériau correspond un outil « fraise » approprié



# 1- Présentation de la table / Quelques exemples d'utilisation ...

Couples balsa

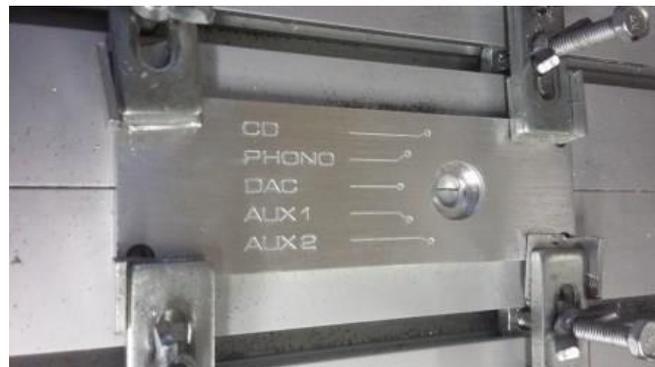
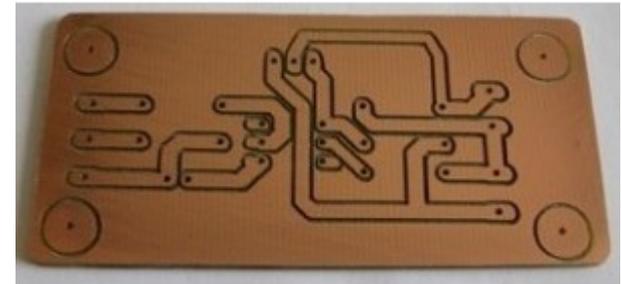
Plaque porte batterie en ctp

Circuit imprimé

Moule aluminium

Master verrière pour thermoformage

...



# 1- Présentation de la table / Quelle dimension ?

- **2D:**                    **découpe de profils plats**
  
- **2,5D:**                **découpe à différents niveaux:**  
( poches, épaulements, chanfreins, ...)
  
- **3D:**                    **formes complexes, décrites par des lignes de niveaux**
  
- **4D:**                    **pièce tenue par un mandrin, idem tour**  
( usinage de vis, jambes de trains, ...)



# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces simples

## 1. Présentation de la table

## 2. Notions de base de fraisage

## 3. Piloter la CNC avec Mach3

## 4. La chaine logicielle « de la conception au fraisage »

## 5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode

## 6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF

## 7. Annexes

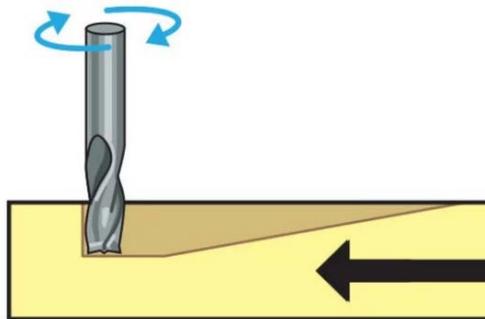
- Checklistes
- Sources & crédits



## 2- Notions de base / Les fraises

**Une fraise est un outil de coupe (« end mill »), cousin du foret de perçage, spécifiquement conçu pour effectuer des découpes propres et précises de matériaux donnés.**

- Le foret travaille en perçage dans l'axe de rotation
- La fraise coupe la matière latéralement



Une fraise comporte une ou plusieurs surfaces de coupes appelées dents (« flutes »)  
Ces surfaces de coupe peuvent être droites ou hélicoïdales

Les fraises tournent par convention dans le sens horaire vu de dessus.

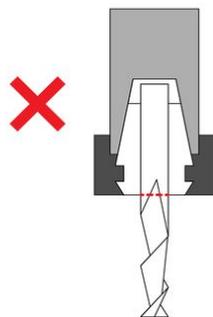


## 2- Notions de base / Montage de la fraise

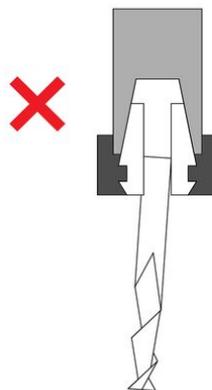
- Collet porte-outil ou « pince » (« collet chuck »)
  - type ER11, pour outils diamètre 3.175 mm
  - Centrage de l'outil, entraînement en rotation
- Démo: démontage collet / outils de serrage



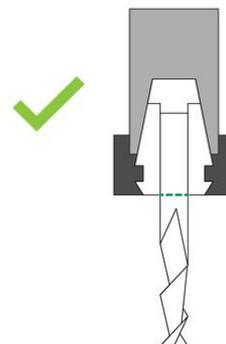
**Outil trop enfoncé**  
**Filetage dans collet:**  
copeaux peuvent se coincer,  
le porte outil toucher la pièce



**Outil mal tenu**  
**La fraise peut être**  
**éjectée**



**Outil bien tenu,**  
**Filetage dégagé**



## 2- Notions de base / Choix du type de fraise (1/3)

Très nombreuses possibilités, selon le profil des dents (« flute »), le nombre de dents, le nombre d'arêtes tranchantes par dent, les profils spéciaux, ...

### Fraises usuelles:

- **Droite « straight »**

- Polyvalente, bonne évacuation copeaux.
- Par défaut, usage général, bords francs pour nombreux matériaux
- pas chère.



- **Denture hélicoïdale à droite « up »**

- Excellente évacuation copeau, pas de pb de refroidissement
- Plastiques, aluminium
- Risque de déchirer surfaces fragiles supérieur (ctp, ...)
- Tend à lever la matière → bon maintien de la pièce, onglets



- **Denture hélicoïdale à gauche « down »**

- pas de déchirure surface des laminés et HDPE, Acrylique
- Tend à repousser la matière : peu de maintien requis
- Mauvaise évacuation copeau, faible vitesse d'avance



## 2- Notions de base / Choix du type de fraise (2/3)

- **Nez rond, hémisphérique, « ball nose »**
  - Bout arrondi, idéal pour les usinages 3D
  - Dégager l'essentiel de la matière avec un outil de dégrossissage
- **A double hélice alternée « Compression »**
  - Combinaison volutes ascendante et descendante,
  - Polyvalente
  - Découpe en 1 passe ctp et matériaux laminés
- **Surfaçage « table-surfacing »**
  - Rectification pour obtenir une surface lisse et à niveau
- **A bois et matériaux tendres**
  - Peut être revêtue ou diamantée
  - Les copeaux sont brisés
- **Spéciale Aluminium**



## 2- Notions de base / Choix du type de fraise (3/3)

### Fraises à une ou plusieurs dents:

« Chipload » est le volume de copeau coupé par un outil donné

**Les copeaux dissipent la chaleur générée par la coupe.**

Outil trop chaud → mauvaise qualité, vie outil réduite, brulure du bois

Plastique HDPE: fraise « 0 » avec une seule dent, éjecter la matière le plus vite possible, éviter échauffement et fonte du plastique et soudure autour de l'outil !

-Plus de dents → état de surface plus lisse

-Moins de dents → meilleure évacuation copeaux → évite échauffement

-2 ou 4 dents le plus courant.

-A vitesse de rotation et avance par dent égale, plus il y a de dent plus il faut avancer vite

Avec des fraises à 1 ou + dents il faut faire des copeaux, pas de la poussière

→ Augmenter la vitesse d'avance et/ou réduire la vitesse de rotation

### Fraises à bois :

Prévues pour tourner vite et pulvériser la matière; bois, dépron, etc

Totalement inadaptée pour Alu ou plastiques

### **Matériau de la fraise, par ordre croissant de dureté:**

- ARS acier basse qualité, HSS, Carbure, Revêtements Titanium, etc, Diamanté



## 2- Notions de base / Recommandations Fraises selon matériaux

Matériau	Recommandation
<b>Balsa</b>	Fraises carbures taille diamant ou fraises carbures 1 dent.
<b>Bois durs (Ctp, medium, autres)</b>	Fraises carbures 1 dent ou 2 dents (suivant la finition du champ recherché)
<b>Découpe Epoxy / Carbone</b>	Fraises carbures taille diamant.
<b>Découpe Alu, plexi, plastiques</b>	Fraises carbures 1 dent : permet une bonne évacuation des copeaux Attention à la vitesse de rotation dans le plexi ou plastique, si l'outil tourne trop vite, il y a échauffement et une "boule" de plexi se forme sur la fraise pouvant entraîner la rupture
<b>Dépron, EPP</b>	Fraises carbures hélicoïdale coupe diamant. Conseil : fraise de 1.5mm minimum, 25.000 tr/min EPP : avance (base de départ) : 2000 mm/min Depron : avance (base de départ) : 3500mm/min
<b>Gravure sur verre, cuivre, laiton, plaque à graver</b>	Pointes Javelots et Fraises a graver. Profondeur de coupe adaptée à la largeur du "trait" souhaité. Plus l'angle est faible, plus la pointe sera fragile mais plus votre gravure pourra être fine. Privilégiez une broche de qualité avec une pince pour être sur que l'outil "tourne rond" et assurez-vous que votre martyr est rectifié (ou parfaite planéité de votre table).



## 2- Notions de base / Recommandations Fraises selon matériaux

Tableau récapitulatif gamme des fraises CncFraises / matériaux courants

Fraises CncFraises	MDF, CTP, Agglomérés	Bois	HPL	PVC expansés Mousses	PMMA, PC, POM thermoplastiques	Epoxy (G10) carbone	Laiton, Bronze Cuivre	Aluminium
Coupe diamant	😊😊	😊😊	😊😊	😞	😞	😊😊	😞	😞
1 dent	😊😊	😊😊	😊	😊😊	😊😊	😞	😞	😞
1 dent alu	😊😊	😊😊	😊	😊😊	😊😊	😞	😊😊	😊😊
1 dent coupe gauche	😊😊	😊😊	😞	😊	😊	😞	😞	😞
2 dents hélicoïdales	😊😊	😊😊	😊	😊	😊	😞	😊	😊
2 dents droites	😊😊	😊😊	😞	😊	😞	😞	😞	😞
2 dent hémisphériques	😊😊	😊😊	😊	😊	😊	😞	😊	😊
2 dents revêtues	😊	😊	😊	😞	😞	😞	😊😊	😊😊
2 dents spécial alu	😞	😞	😞	😞	😊	😞	😊😊	😊😊
3 dents spécial alu	😞	😞	😞	😞	😊	😞	😊😊	😊😊
Pointes javelots	😊😊	😊😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞
Pointes javelots Alu	😊	😊	😊😊	😊😊	😊😊	😊	😊😊	😊😊
Pointes javelots 1 dent	😊	😊	😊😊	😊😊	😊😊	😊	😊😊	😊😊
Fraises carving	😊😊	😊😊	😞	😊	😊	😞	😞	😞
Micro forets carbure	😊😊	😊😊	😊	😊	😊😊	😊😊	😊😊	😊😊

**Légende**

- 😊😊 : recommandé
- 😊 : possible
- 😞 : non recommandé



## 2- Notions de base / vitesse d'avance et vitesse de rotation

- **Vitesse d'avance ( Feedrate )**

- Déplacement de l'outil, en mm par minute
- Paramètre fichier de découpe gcode, Fxxx pour feedrate xxx
- Valeur à spécifier dans CamBam
  - En théorie on peut atteindre 2000 mm/mn, **en pratique 1000 mm/mn est un maximum pour matériaux très tendres (Depron, balsa, ...)**

- **Vitesse de rotation ( Spindle Speed )**

- Rotation de l'outil, en fréquence = Rotation Par Seconde
- Réglage sur la console, valeur contrôlée par le VFD (Variable Frequency Drive)  
**de 0 à 400 Hz → 0 à 24 000 t/mn**
- La commande de vitesse rotation depuis Mach3 n'est pas active

**Le couple vitesse de rotation / vitesse d'avance est critique pour obtenir un bon résultat pour un matériau et une fraise :**

- Usinage propre de la matière
- Evitant échauffement excessif de l'outil (destruction)
- Evitant des efforts latéraux excessifs sur outil et pièce ( pas de « broutage »)



## 2- Notions de base / Calcul des vitesses

### 1. Choisir la vitesse de coupe :

- $V_c$  en m/mn : distance parcourue par l'extrémité d'une dent en 1 mn
- Selon la fraise et le matériau, le type de travail ébauche ou finition → cf tableau

### 2. Calcul de la vitesse de rotation :

- N en tour / mn  
avec d diamètre fraise en mm  
(attention la console est en Hertz = Tour/s = N / 60 )

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d}$$

### 3. Déterminer la vitesse d'avance (« cut feedrate ») :

- fz l'avance par dent de la fraise est donnée par le fabricant
- Vf vitesse d'avance en mm/mn :  
Z nombre de dents et N vitesse en tours/mn

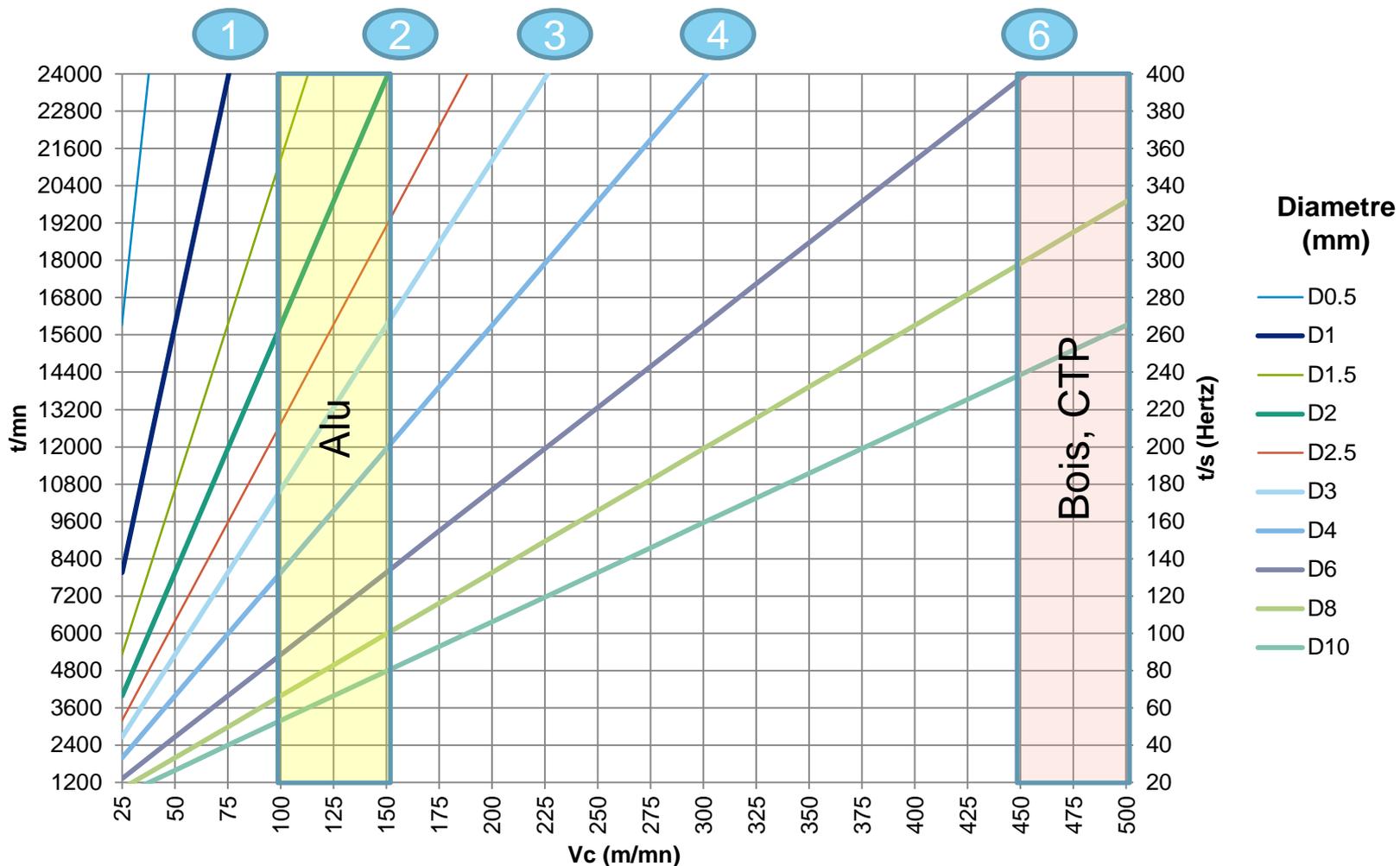
$$V_f = f_z \times Z \times N$$

### Si la vitesse d'avance n'est pas réalisable > 800 mm/mn:

- Prendre la valeur mini de  $V_c$
- Calculer la vitesse de rotation mini, puis la vitesse d'avance mini
- Démarrer l'usinage avec le couple **Vitesse de rotation maxi** et **vitesse d'avance mini**.
- Affiner expérimentalement



## 2- Notions de base / Abaque Vitesse avance et rotation



## 2- Notions de base / Valeurs Vc et Fz

Paramètres de coupe CncFraises. Pour une fraiseuse numérique type "Hobby"

Matière	Vitesse de coupe (vc m/min)	Diamètre de coupe de l'outil (d en mm)						
		≥ 1mm	≥ 2mm	≥ 3mm	≥ 4mm	≥ 5mm	≥ 6mm	≥ 8mm
		Avance par dent (fz mm/dent)						
Bois, CTP	500	0.025	0.030	0.035	0.060	0.070	0.090	0.10
Bois dur	450	0.020	0.025	0.030	0.055	0.065	0.085	0.095
MDF	450	0.050	0.070	0.100	0.150	0.200	0.300	0.400
PVC expansé (Forex, Komacel,...)	300	0.040	0.060	0.15	0.200	0.250	0.350	0.400
PMMA, PC, POM, ...	250	0.015	0.020	0.025	0.050	0.060	0.080	0.090
Aluminium (2017A, 5083, ...)	100-150	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.020	0.030
Bronze, cuivre, laiton	150-300	0.010	0.010	0.020	0.025	0.030	0.040	0.050
Acier doux	80	0.010	0.010	0.010	0.020	0.030	0.035	0.045

Source : [cncFraises.com](http://cncFraises.com)



## 2- Notions de base / Exemples

**Fraiser de l'aluminium, ébauche avec une fraise 1 dent de diam 3 mm :**

1. Selon le tableau : Vitesse de coupe  **$vc = 150$  m/min.**
2. calcul Vitesse de rotation:  $N = (150 * 1000) / (3.14 * 3) = 15923$  T/min (**265 Hertz**)
3. Selon le tableau :  $fz = 0.010$  mm  
→ Avance :  $f = 15923 * 0.01 * 1 = 159$  mm/min

### Démo usinage alu:

**Matériau:** Alu, plaque épaisseur 4.5mm  
**Fraise:** 1 dent special alu, 3mm  
**Fichier gcode:** Cercle50

- Montage fraise alu
- Maintien de la pièce
- Mise en rotation à 265 Hz
- Lubrification



## 2- Notions de base / Profondeur de passe et vitesse de descente

- **Profondeur de passe « step down »**

- La profondeur de passe idéale permet le débit de copeau maximum ; dans le bois peut être  $\geq$  diam fraise !
- Ne doit jamais excéder la longueur de la « flute » pour permettre d'évacuer les copeaux
- AP profondeur par passe en mm =  $k \times d$

Matériaux	Diamètre de coupe de l'outil (d en mm), outils avec longueur utile standard					
	< 2mm	$\geq 2$ mm	$\geq 3$ mm	$\geq 4$ mm	$\geq 5$ mm	$\geq 6$ mm
	Coefficient k (0.1 .. 1)					
Tendre	NC	0.5	0.8	1	1	1
Durs (non ferreux)	NC	0.2	0.4	0.5	0.6	1
Aluminium	NC	0.1	0.2	0.25	0.35	0.35

- Exemple fraise 3mm dans matériau tendre :  $AP = 0.8 \times 3 = 2,4$  mm  
dans alu:  $AP = 0.2 \times 3 = 0,6$  mm

- **Vitesse de descente**

- Selon la capacité de perçage de l'outil ... typiquement vitesse d'avance divisé par 3 ou 4

- **Recouvrement « step over »**

- Au max le diamètre de l'outil ...

Attention à ne pas trop « charger » : déformation de l'outil, voire dégradation de la broche (roulements).

Laisser chauffer la broche en rotation à vide qq minutes



## 2- Notions de base / Quelques valeurs pratiques CNC MCJ

- DEPRON
  - 400 tr/s, fraise à bois diam 2mm, Avance 1500 mm/mn, profondeur de passe 1 mm
- CTP
  - 350 tr/s, fraise 2 dents diam 3mm, Avance 800 mm/mn, profondeur de passe 0.5 mm
- Alu:
  - 170 tr/s avec fraise HSS 2 dents diam 3 mm, avance 300mm, profondeur de passe 0.3 mm
  - IMPERATIF de lubrifier (8 en 1, ...) et évacuer les copeaux, idéalement refroidir soufflette air comprimé

### Vérifications:

- Juste après l'arrêt rotation l'**outil doit être tiède/chaud, mais pas brulant !!**
  - Sinon augmenter la vitesse d'avance ou diminuer la vitesse de rotation
- Fraise qui fume, fraise foutue.
- Si le **bord de coupe n'est pas franc** (ondulations, ...)
  - Réduire la vitesse d'avance ou augmenter la vitesse de rotation
- Ecouter le bruit de la fraise ...



## 2- Notions de base / Maintient de la pièce à usiner

- **Matériau « tendre »**

- Le maintient avec des poids sur un « martyr » est suffisant
- Le « martyr » évite d'usiner la table.  
Plaque bois, dépron, ...

- **Matériau « dur »**

- Fixation avec plaques et boulons ( « crapauds » ou « mors » )
- Plaque bois ou balsa pour écarter de la table

**pièce mal tenue = DANGER**  
**projection pièce ou casse outils**  
*... ou pièce à refaire.*



# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces

1. Présentation de la table
2. Notions de base de fraisage
3. Piloter la CNC avec Mach3
4. La chaine logicielle « de la conception au fraisage »
5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode
6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF
7. Annexes
  - Checklistes
  - Sources & crédits



### 3- Mach3 / Interface onglet « Program Run »

Lancement Mach3, sélectionner « **MILL** » (fraisage) puis OK  
→ onglet principal « Program Run » de Mach3:

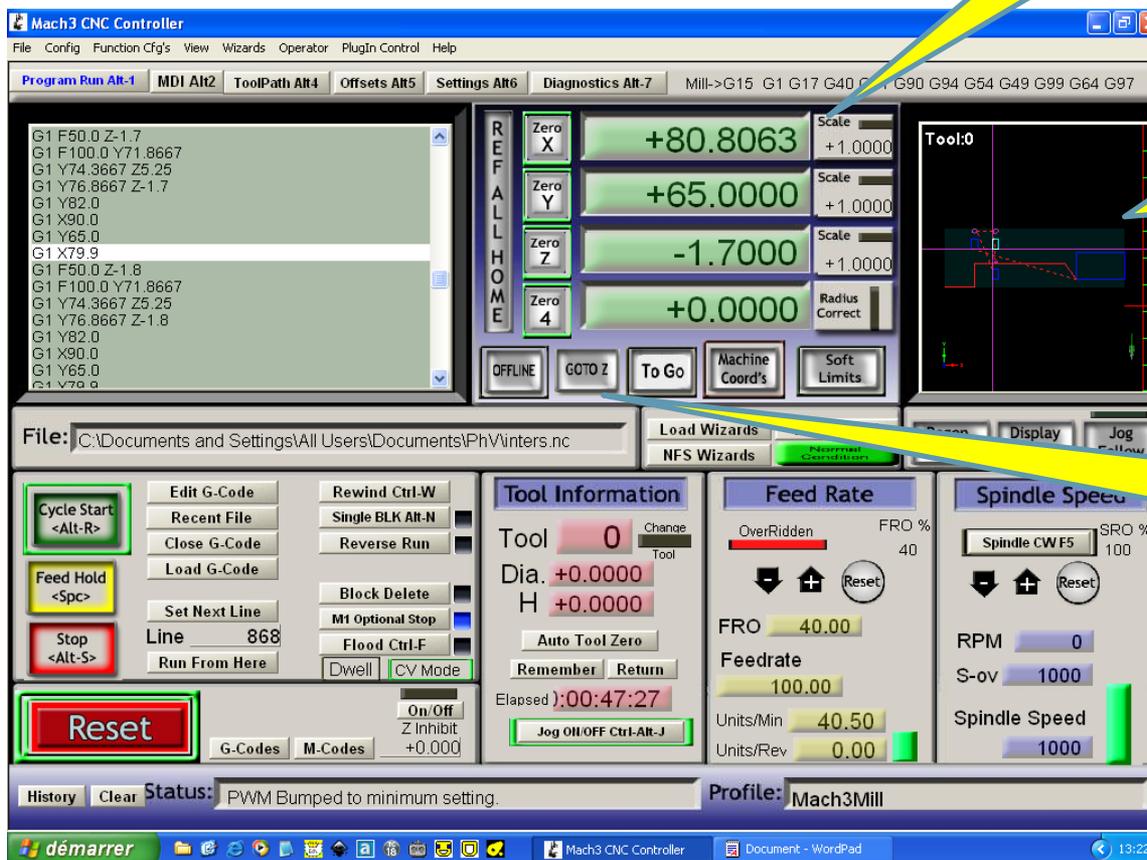
Position outil  
référentiel pièce  
sauf si « Mach  
coord » actif

gcode

Visualisation  
parcours  
outil

actions

Goto Z  
retour  
position  
origine



## 3- Piloter la CNC / Déplacement en direct de l'outil depuis Mach3

- **Déplacement avec les flèches du clavier**

- Cliquer sur le bouton « RESET » en bas à gauche → cerclé vert
- Axe X : flèches gauche et droite
- Axe Y : flèches haut et bas
- Axe Z : page suivante et précédente

Appui simultané sur « shift » pour vitesse plus élevée

### [ Démo ]

1. Déplacements manuels « en l'air »

sensibilisation: ne pas aller jusqu'aux butées physiques

molettes réglage fin sur chaque axe

Affichage des coordonnées sur l'écran Mach3

2. Mise en rotation fraise

Start / Stop, Arrêt Urgence console et écran



## 3- Piloter la CNC / Systèmes de coordonnées

### La table n'est pas équipée de détecteurs de positions

→ Le logiciel commande les déplacements à partir d'une position origine 0, 0, 0

### Mach3 gère plusieurs systèmes de coordonnées X Y Z

- **Référentiel de la table**

- Bouton « Machine coord's » entouré de rouge → affichage des coordonnées ABSOLUES
- Origine arbitraire que l'on choisit où on veut

- **Référentiel de la pièce**

- Bouton « Machine coord's » gris → affichage des coordonnées RELATIVES à la pièce
- Origine sur un point remarquable de la pièce (centre, coin, ...)
- Z= 0 à la surface de la pièce, positif vers le haut, négatif vers le bas

- **Référentiel de l'outil**

- Non couvert dans ce module (permet les changements d'outils)

**Indispensable d'avoir les idées claires sur les origines des deux référentiels table et pièce pour éviter les dégâts sur les pièces et les casses d'outils.**



### 3- Piloter la CNC / Fixer l'origine des référentiels

- **Boutons « Zero X », « Zero Y », « Zero Z »**
  - Chaque axe prends la position actuelle comme nouveau 0
  - Si le bouton « Machine Coord's » est cerclé rouge, on est dans le référentiel table
  - Si le bouton « Machine Coord's » est gris, on est dans le référentiel pièce
- **Bouton « REF ALL HOME »**
  - La position actuelle deviens la nouvelle origine de la **table**.  
(si la table était équipée de fin de courses sur chaque axe elle se serait repositionnée automatiquement en 0,0,0)
- **Bouton « GOTO Z »**
  - Déplacement rapide de la tête vers la position 0,0,0 de la **pièce**.
  - Equivalent à entrer « G0 X0 Y0 Z0 » dans l'onglet MDI

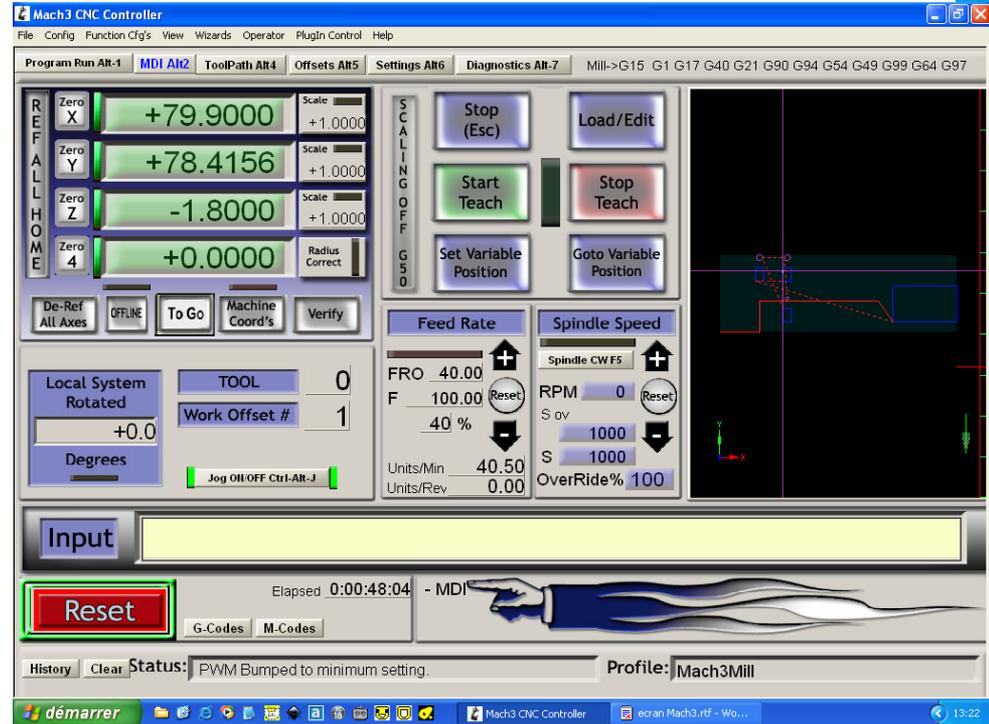
#### **Simplification: pour garder les deux référentiels pièce et table confondus:**

- Déplacer l'outil à la position X Y Z voulue
- Cliquer successivement sur chaque bouton « Zero X », « Zéro Y », « Zéro Z »
- Cliquer sur « REF ALL HOME »
- Cliquer de nouveau sur chaque bouton « Zero X », « Zéro Y », « Zéro Z »



## Onglet « MDI » (raccourci Alt 2)

- Ligne « Input »
- Commande G0 : déplacement rapide
  - Exemple: « G0 X50 Y30 Z5 »  
→ position X=50, Y=30, Z=5
- Commande G1 : déplacement interpolé
  - Exemple « G1 F400 »  
→ vitesse d'avance 400 mm/mn  
« G1 X50 Y30 Z5 »



## • Mode apprentissage d'un parcours

- « Start Teach » et « Stop Teach »
- → enregistrement des mouvements successifs, dans un fichier script g-code
- → permet ensuite de refaire une pièce



### 3- Mach3 / Exécuter un fichier gcode

Pièce fixée,

Onglet « Program Run »

- **Etape 1: faire les zéros des référentiels table et pièce**
- **Etape 2: charger le fichier gcode**
  - « Load gcode »
  - Vérifier dans la visu le parcours de l'outil / origine OK
- **Etape 3: usinage**
  - Console:
    - Inter « PUMP » sur ON → pompe en marche et liquide en circulation
    - Inter « VFD-SP » sur ON
    - Bouton vert « Run », puis réglage vitesse
  - Mach3:
    - Vérifier bouton « RESET » cerclé vert
    - Cliquer sur « Cycle Start »
- **Etape 4: mise en sécurité**
  - Console: Bouton rouge « Stop »
  - Mach3:
    - Bouton « GOTO Z »
    - Remonter l'outil avec « page up » + « shift »
    - Libérer la pièce



# Demo chargement et execution fichier gcode

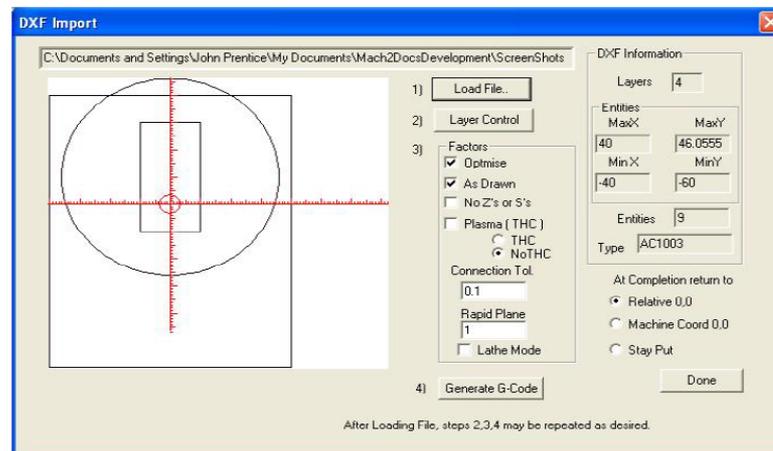
- **Fichier :** plaque\_moteur
  - **Matériau :** ctp ep 6mm  
maintien par clamps
  - **Fraise :** 2 dents droite  
diam 2mm
1. Changement fraise
  2. Maintient matériau, par clamps
  3. Positionnement origine 0,0,0
  4. Ouverture du fichier
  5. Vérifications
  6. Mise en rotation de la broche, 400 Hz
  7. Lancement découpe
  8. Démo mise en pause et reprise
  9. Arrêt de la broche



### 3- Générer directement le gcode par Mach3

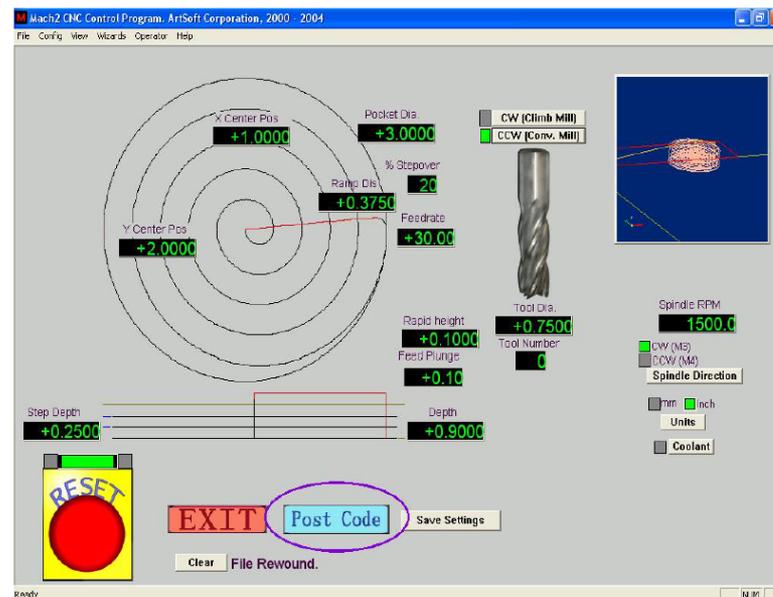
- **A partir d'un fichier DXF:**

- Menu Fichier, ouvrir un DXF
- Un assistant permet de décrire les opérations d'usinage pour chaque calque et tronçon du DXF
- ➔ gcode généré



- **Pour des opérations élémentaires:**

- Bouton « Load Wizards » de l'onglet 1 Program Run
- Liste de wizards (assistants) pour opérations élémentaires: (usiner une poche, réseau de perçage, ....)
- Une fenêtre dédiée pour entrer les paramètres
- ➔ gcode généré

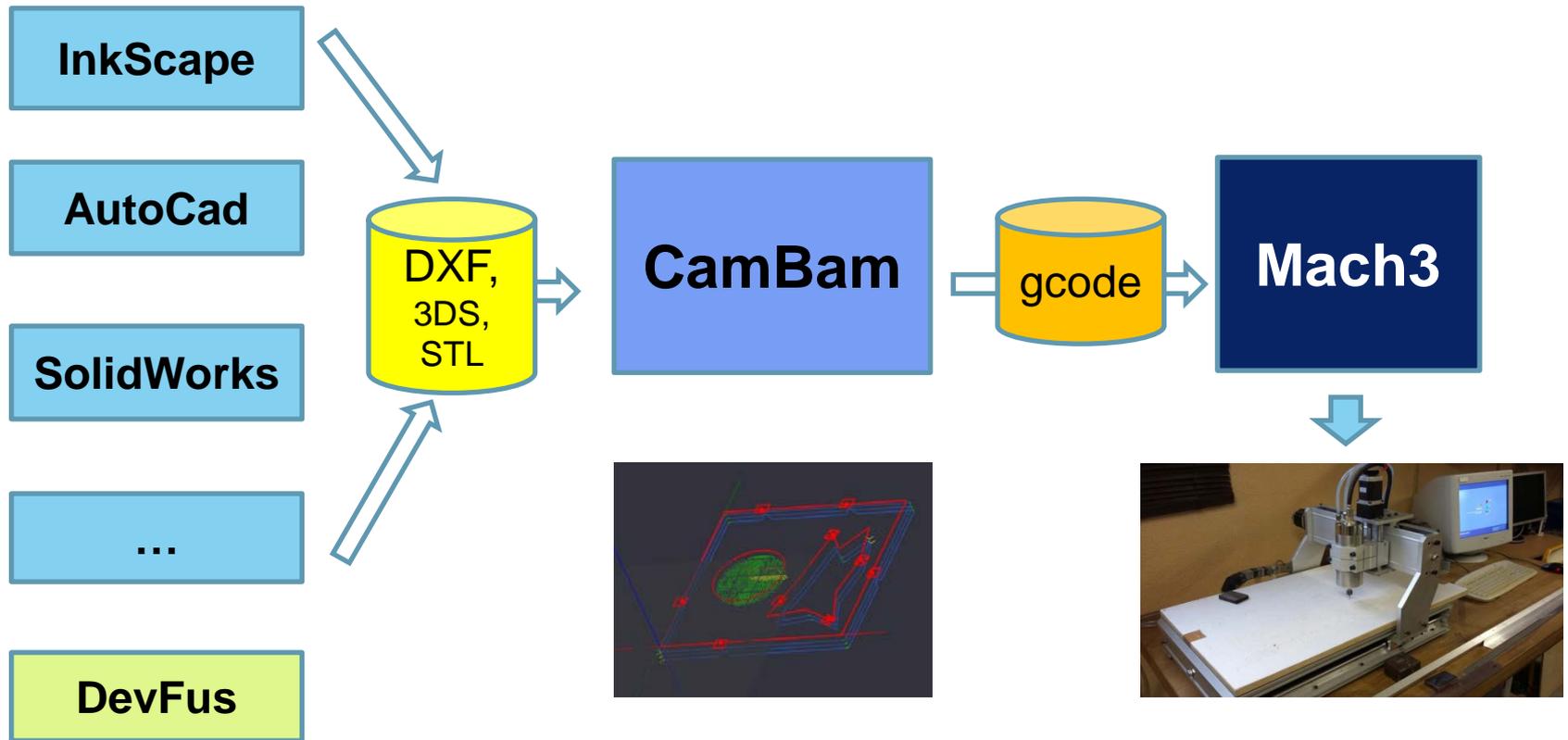


# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces

1. Présentation de la table
2. Notions de base de fraisage
3. Piloter la CNC avec Mach3
4. La chaine logicielle « de la conception au fraisage »
5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode
6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF
7. Annexes
  - Checklistes
  - Sources & crédits



## 4- Chaîne logicielle « de la conception au fraisage »



# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces

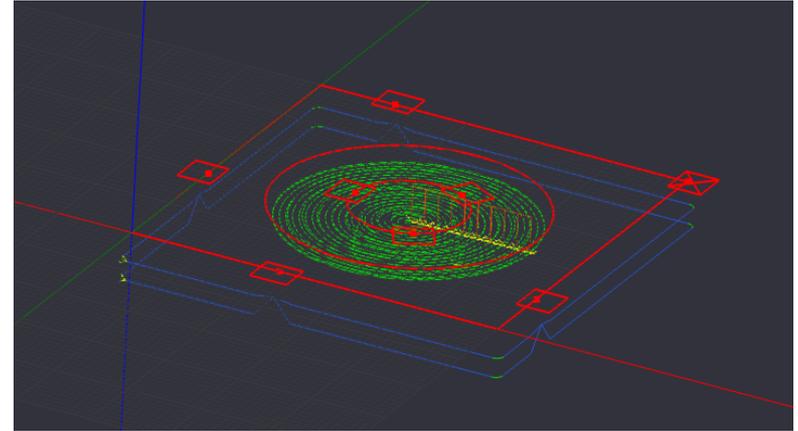
1. Présentation de la table
2. Notions de base de fraisage
3. Piloter la CNC avec Mach3
4. La chaîne logicielle « de la conception au fraisage »
5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode
6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF
7. Annexes
  - Checklistes
  - Sources & crédits



## 5- CamBam / pour générer un fichier gcode

- **CamBam génère le fichier gcode de parcours de l'outil à partir de :**

- La **géométrie de la pièce**:  
contours, formes géométriques, surfaces, ...
  - Les **opérations d'usinage**:  
couper, évider, percer, ...
  - Les **paramètres d'usinage**:  
diamètre fraise, vitesse de déplacement,  
onglets de maintien, ...
- ➔ calcul des déplacements de l'outil



- **Deux possibilités pour la géométrie de la pièce:**

- Dessiner directement dans CamBam, qui intègre des capacités CAO classiques
- Ouvrir un fichier DXF produit par un autre logiciel  
( InkScape, Autocad, DevFus, SolidWorks, ...)

- **Documentation CamBam en français: sur [www.cambam.info](http://www.cambam.info)**

<http://www.cambam.info/doc/fr/doc-cambam098l-fr-v1-34.pdf>



# 5- CamBam / interface

Raccourcis formes

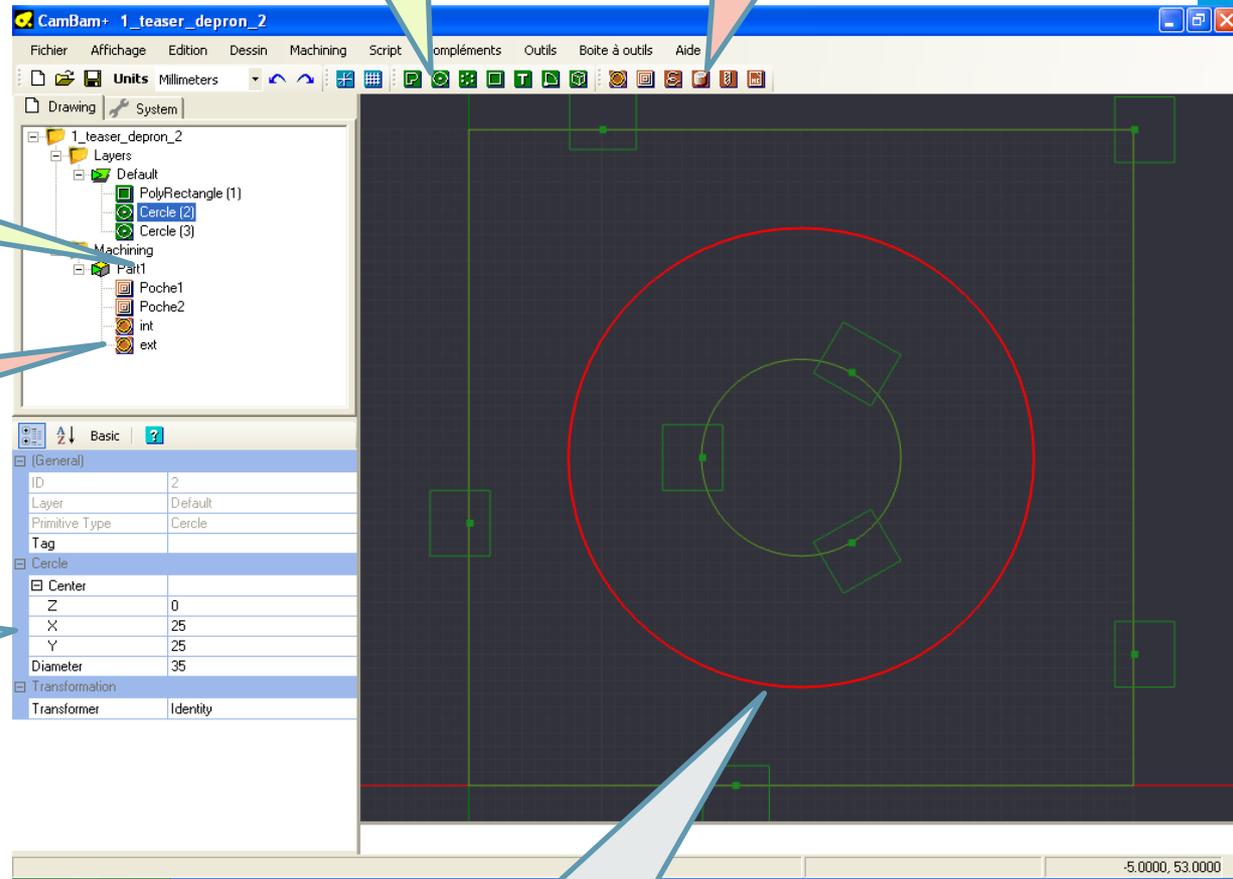
Raccourcis opérations

Listes des formes géométriques

Opérations d'usinage (couper, évider, percer, ...)

Paramètres de l'objet sélectionné

Objet sélectionné en rouge



## 5- CamBam / Dessin de la pièce « CAO équivalent Autocad »

- **Navigation:**
  - Clic gauche sélection
  - Clic droit menu contextuel
  - Bouton central pour déplacement de la vue
  - Alt + bouton souris pour faire tourner la vue en 3D
- **Affichage:**
  - Affichage axes coordonnées et grille
  - Options alignement sur grille et sur points
- **Manipulations sur les formes:**
  - Déplacements
  - Rotation
  - Echelle
- **Combinaisons de formes:**
  - Union, intersection, ...

Le motif de base est une polyline fermée, pour décrire un contour ou une poche  
=> vérifier que l'attribut « fermée » est Vrai

### Démo :

#### « Rond dans un rectangle »

- Rectangle X80 sur Y80
- Rond diam 30, centre X25 Y25
- Une Polyline fermée



## 5- CamBam / Origine et dimensions

- **Positionner le point d'origine (0,0,0) de la pièce**
  - Mach3 réalise le parcours par rapport à cette origine dans le référentiel pièce
  - Choisir un point remarquable : coin inférieur gauche, centre, ...
  - Sélectionner la pièce, option déplacer, positionner la pièce pour avoir 0,0,0 à l'emplacement voulu.
  
- **Contrôle des dimensions / changement d'échelle**
  - CTRL + E
  
- **Rotations**
  - CTRL + R
  
- **Combinaisons de formes**
  - Union, soustraction, segments élémentaires, ...

### Démo :

- Placer 0, 0, 0 coin inf gauche
- Déformations, rotations



# 5- CamBam / Operations d'usinage

- **Profile (« Profil »)**

- Découpe selon un profil, décale outil à l'intérieur ou extérieur de la forme fermée
- Multiples options pour gérer les bords, les coins

- **Pocket (« Poche ») :**

- Enlève la matière à l'intérieur d'une figure, à une profondeur fixée
- Multiples options; usuellement une étape **d'ébauche** (« rough ») puis  **finition**

- **Perçage**

- Parcours outils pour obtenir un diamètre > outil

- **Gravage**

- Textes: utiliser les fontes « baton »  
*CamBam Stick* 1 à 9

- **3D**

(Module 2)

## Démo :

- **Poche 3mm dans cercle**
- **Découpe dans la polyline**
- **Découpe autour du carré**



## 5- CamBam / Paramètres d'usinage

- **Surface et profondeur de coupe**
  - « Stock surface » → forcer valeur 0
  - « Target depth » en mm → entrer « -6.1 » (négatif car en dessous de la surface)
- **Profondeur de passe → détermine le nombre de passes**
  - « Increment depth » : **Attention** si 0 usinage en une seule passe !
- **Vitesse d'avance et de descente**
  - « Cut feedrate » en mm/mn → 1000 pour du Depron
- **Outils**
  - « Tool Diameter » → 2 mm
- **Onglets de maintien « tabs »**
  - Ajouter / déplacer / enlever  
Autocalc

### Démo :

- Depron 6mm
- Fraise à bois 2mm
- Increment 2mm



# 5- CamBam: générer le parcours d'outil / fichier gcode

Menu usinage « Machining »

Option « Produire gcode »

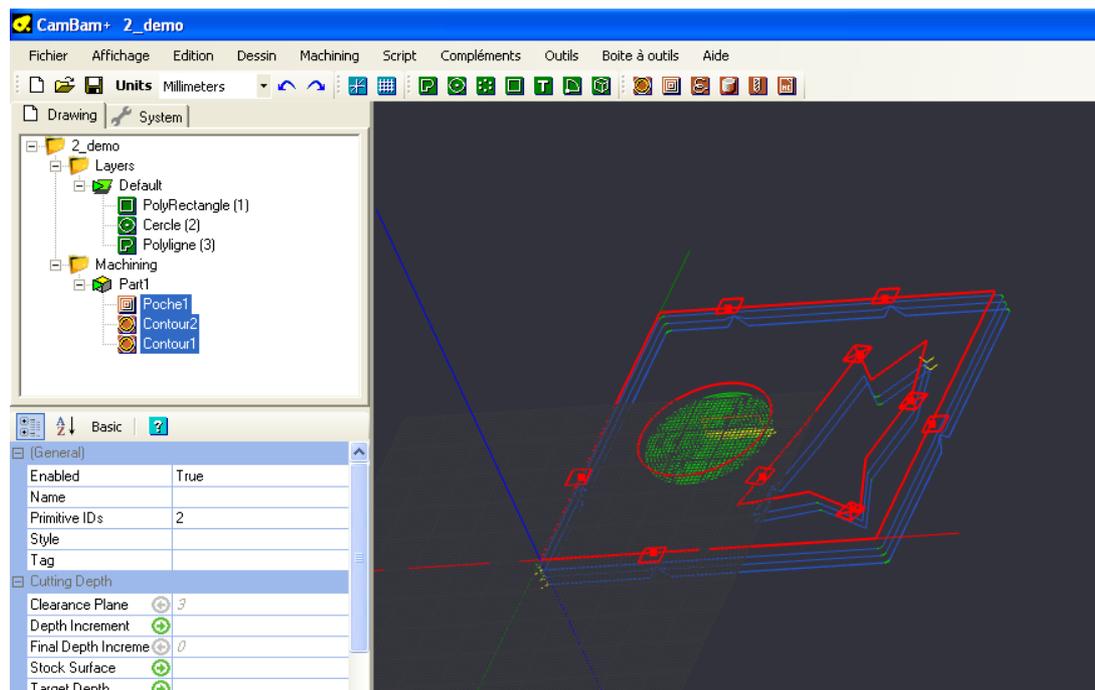
## → Parcours de l'outil

En vert pour les arcs

En bleu pour les lignes droites

« Alt » + souris pour déplacer vue 3D

« Alt » + double clic gauche retour vue XY



## Démo :

- Ouverture du fichier dans Mach3
- Découpe pièce



## 5- CamBam: à partir d'un fichier DXF

- **Ouvrir le fichier DXF** par « Fichier », « Ouvrir »
- **Positionner la pièce dans le repère**
  - Sélection
  - « Transformer » et « Déplacement » (ou CTRL-M)
- **Regrouper les segments:**
  - Sélectionner les segments
  - CTRL-J et tolérance de 1mm pour regrouper les extrémités de segments
- **Créer les opérations d'usinage**
  - Profil



Cette opération de regroupement des segments en une seule polygone fermée est indispensable car sinon CamBam ne peut pas déterminer où est l'intérieur ou l'extérieur de la forme

### Démo :

- Ouverture Couple.dxf dans CamBam
- Positionnement 0,0,0
- Vérification dimensions



# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces

1. Présentation de la table
2. Notions de base de fraisage
3. Piloter la CNC avec Mach3
4. La chaine logicielle « de la conception au fraisage »
5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode
6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF
7. Annexes
  - Checklistes
  - Sources & crédits



## 6- InkScape

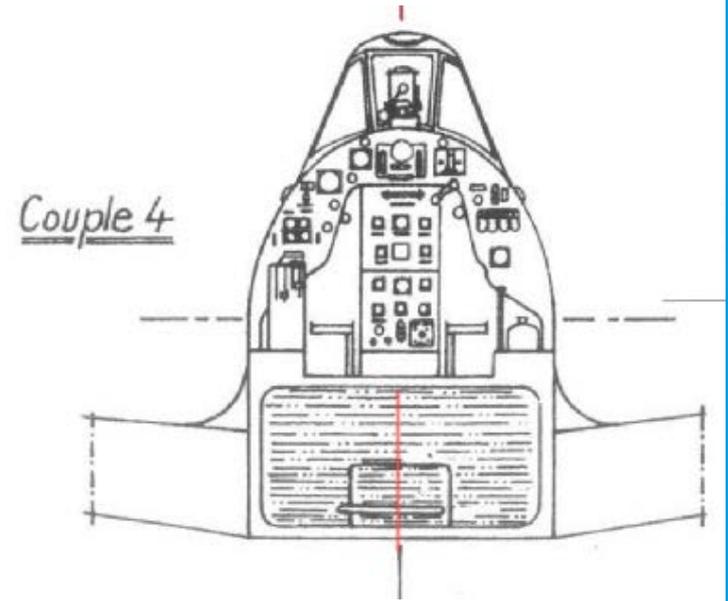
- **InkScape est un logiciel de dessin (et non de CAO)**
  - Meilleur résultat avec un logiciel de CAO pour pièces complexes
- **Fonctionnalités intéressantes:**
  - Vectorisation à partir d'un scan (cf doc Eric Payan)
  - B-splines pour modéliser des lignes courbes
- **Générer un fichier DXF pour CamBam:**
  - **Dans Inkscape:** « Fichier », « Enregistrer sous » et format: « **Better DXF** »
    - Le module « Better DXF » est à installer en même temps que Inkscape (le « DXF » de base de Inkscape est bugué (polylines incorrectes))
  - **Dans CamBam :**
    - « Fichier », « Ouvrir »  
CamBam ouvre aussi formats STL (impr 3D), 3ds, gbr
    - Fusionner les segments: sélectionner tout, puis joindre par CTRL-J



## 6- Inkscape / relever le contour d'une forme scannée

### Démo :

- **Dans Inkscape: ouvrir une image**
  - Nouveau doc
  - « Propriétés », unités en « mm » (au lieu de « px »)
  - « Fichier », « Importer »: format png, jpeg, bmp ... mais pas pdf !!
- **Relever forme en b-spline**
- **Export Better DXF et ouverture dans CamBam**



# Utiliser la CNC en sécurité pour découper des pièces

1. Présentation de la table
2. Notions de base de fraisage
3. Piloter la CNC avec Mach3
4. La chaine logicielle « de la conception au fraisage »
5. Logiciel CamBam – générer un fichier gcode
6. Logiciel Inkscape – générer un fichier DXF
7. Annexes
  - Checklistes
  - Sources & crédits



## 7a- Checklists

### Mise en route de la CNC

1. Démarrer le PC, user Test
2. Lancer Mach3, sélectionner « MILL » (fraisage) puis OK
3. Interrupteur Alimentation Console sur ON
4. Lancer le logiciel « Mach3-Mill »
5. Click sur bouton « Reset » → les déplacements claviers sont actifs
6. Fixer la pièce
7. Vérifier fraise bon type et bien montée
8. Faire le zéro X, Y, Z, référentiels table et pièce

#### Fraisage:

1. Interrupteur Console PUMP sur ON, vérifier la circulation de liquide
2. Interrupteur Console VFD-SP sur ON
3. Mettre la broche en rotation, vitesse 150 Hertz : lancer chauffer 2mn



## 7a- Checklists

### Arrêt de la CNC

- **Interrupteur Console VFD-SP sur OFF**
- **Interrupteur Console PUMP sur OFF**
- **Interrupteur Console Alimentation sur OFF**
  
- **Interrupteur Alimentation Console sur OFF**
- **Quitter le logiciel Mach3**
  
- **Arrêter le PC, menu Démarrer, bouton Arrêter**
  
  
- **Evacuer les chutes de coupe**
- **Aspirer les poussières**
- **Coup de balais au sol si nécessaire**



## 7a- Checklists

### Fermeture du local

- **Vérifier tous les appareils hors tension**
  - CNC Fraiseuse, CNC fraiseuse, tour
- **Vérifier Cafetière hors tension et débranchée et lavée**
- **Vérifier si la poubelle a besoin d'être sortie**
- **Vérifier la fermeture de toutes les fenêtres, et occultation par les rideaux**
- **Eteindre les deux éclairages ( porte et partie évier )**
- **Verrouiller porte**
  - Attention vérifier à la poignée – le loquet intérieur peut être débrayé ...
- **Verrouiller portail**



**Mach3**

**CamBam**

**InkScape**

**Ce support est une synthèse de nombreux documents public.**

**Utilisation et communication libre sans modération pour tout usage non commercial.**

## Remerciements tous particuliers

À **Xuan** pour l'investissement initial de la CNC,  
à **Jean-Luc** pour la promotion de ces outils, à **Jacques** pour l'achat par le club  
à **Eric** pour m'avoir formé et conseillé lors de mon arrivé dans le club.



# G-code quelques codes utiles

Référence : [http://linuxcnc.org/docs/html/gcode/gcode\\_fr.html#sec:G54-a-G59\\_3](http://linuxcnc.org/docs/html/gcode/gcode_fr.html#sec:G54-a-G59_3)

- **G0: déplacement linéaire rapide** (exemples: « G0 X50 Y10 Z5 », « G0 Z0 », « G0 X40»)  
N'est pas destiné à l'usinage, mais à positionner l'outil ; chaque axe est optionnel
- **F: fixe la vitesse de travail** (exemple: « F250 » pour 250 mm/mn)
- **G1: déplacement linéaire à vitesse de travail, interpolation depuis la position actuelle**
- **G53** : G53 dans une ligne de code indique à l'interpréteur de se déplacer aux positions réelles des axes (positions absolues), commandées dans la ligne (exemple « **G53 G0 X0 Y0 Z0** » )
- **G2: déplacement en arc de cercle, interpolation depuis la position actuelle**
  - Point d'arrivée et décalage - Cf doc
- **G90 et G91: mode de déplacement absolu et relatif**
  - G90 (passe en mode de déplacement absolu)
  - G0 X2.5 (déplacement linéaire en vitesse rapide à la coordonnée X=2.5 en incluant tous les offsets en cours)
  - G91 (passe en mode de déplacement relatif)
  - G0 X2.5 (déplacement linéaire en vitesse rapide, à +2.5 en X de la position courante)

