Généralités

On vise une utilisation dans un cadre amateur (modélisme) d'une fraiseuse à portique (CNC router). Elle sera destinée à produire des découpes de tôle mince de laiton ou cuivre (1,5 mm maxi et 0,5mm en standard) et usiner en 2,5D de l'aluminium ou du laiton (épaisseur maxi 10mm).



Principes directeurs du projet

- un budget tournant autour de 1500 à 1600€ pour une configuration opérationnelle complète
- une solution robuste, sans prise de tête, l'objectif étant d'usiner et non de devenir un expert en électronique numérique
- comme le projet va consommer l'essentiel de mon budget annuel de loisirs personnels le développer par étapes avec un stop and go à chaque fin d'étape
- utiliser massivement les logiciels gratuits, open source ou non, pour alléger la facture finale avec en ligne d'horizon fiabilité/flexibilité et l'existence d'une communauté active
- avoir un ensemble matériel dédié et qui reste à l'atelier (qui est chauffé en hiver)

Principes d'un CNC amateur

Une CNC amateur va comprendre

- une chaîne logicielle
- une chaîne matérielle de contrôle commande
- un ensemble d'usinage avec son portique mobile

La tête d'usinage est en général une électrobroche à grande vitesse. Sur certains équipements, à la place de l'électrobroche, on peut indifféremment monter : un couteau de découpe, une tête d'impression 3D, un graveur laser.

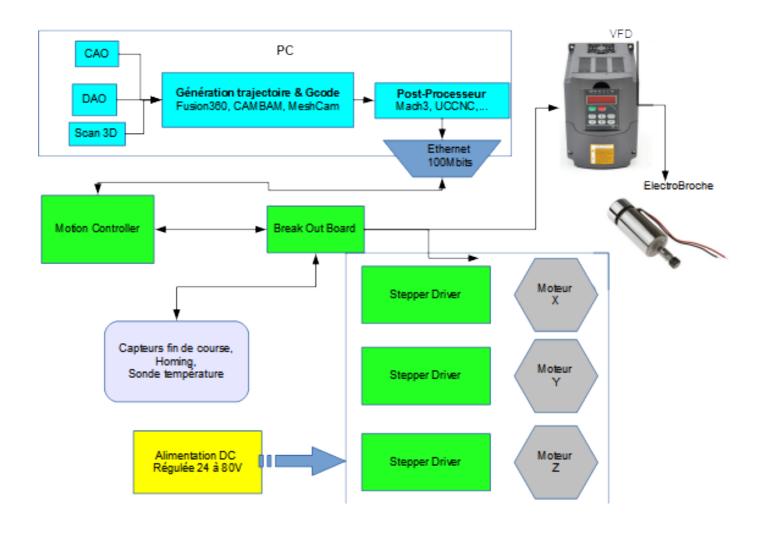
---> Contrairement à une idée fortement ancrée une CNC n'est pas nécessairement destinée à produire des pièces en grande série. Une fois passé l'investissement lié à l'apprentissage de la partie modélisation (CAO), produire à la volée une pièce unitaire c'est même plus rapide que la méthode traditionnelle avec un taux de rebut très faible.

---> Une CNC peut s'actionner en manuel comme une machine conventionnelle qui serait équipée de règles d'affichage (DRO). Cela peut se faire en conversationnel à partir du post-processeur qui se trouve sur le PC ou à l'aide d'un manette¹, radio ou filaire.



Le schéma suivant illustre la configuration la plus courante pour ce type de machine.

¹ CNC jog pendant



3/

PL/16/12/16

Chaîne Logicielle:

PC



Il est recommandé d'utiliser un PC dédié de type PC « statique » (Fanless Barebone Computer). Il s'agit de PC grand public inspirés des PC industriels. Les dimensions de ces PC ne dépassent pas 20*15*5 cm pour une consommation de 15 à 25W à pleine puissance. Les besoins en calcul de la CNC sont très modestes et un « chipset » d'entrée de gamme suffit amplement. Il est cependant utile d'avoir en plus un écran, un clavier, une souris et des applications minimales pour pouvoir faire directement à l'atelier des usinages à la volée, des modifications/prototypage, prendre des notes....

Exemple de configuration:

- mémoire DDR3 4Gb à 8Gb mini
- disque dur statique (SSD) de 128 à 256 Go
- 2 prises Ethernet >=100 Mb/s
- au moins 4 prises USB dont au moins 2 en USB 3,0. Les prises USB 3.0 ont un haut débit et permettent de connecter un disque dur externe de grande capacité
- Wifi 300 Mb/s, pour liaison Internet (mise à jour, connexion CAO,...)
- Prises vidéo classique (SVGA, HDMI)

On trouve ce type de configuration, très confortable à l'usage, pour le prix d'un notebook bas de gamme.

Chaine logicielle

Génération des modèles numériques

Cette section logicielle fabrique les modèles numériques qui sont nécessaires pour alimenter l'aval de la chaîne de fabrication.

Il existe un grand nombre de logiciels gratuits ou peu s'en faut. Pour ma part, après avoir utilisé Creo 6.0 Express modelling je suis passé à Fusion360 d'Autodesk qui est une solution intégrée, CAO+CAM².

---> L'apprentissage et la maîtrise d'un logiciel de DAO 2D (Dessin Assisté par Ordinateur) demande autant d'effort et de pratique qu'une CAO 3D moderne pour une productivité bien moindre. Avec la DAO 2D : pas de coupe ni de perspectives automatiques, pas de sections automatiques, pas d'assemblages avec cinématique et liaisons physiques, pas de mise en plan prenant en compte les modifications du modèle en temps réel.

Génération des trajectoires d'outils, scripts d'usinages

Ces logiciels vont aider

- à gérer la bibliothèque d'outillage
- à générer les trajectoires des outils
- à définir et calculer les usinages
- à simuler l'usinage
- à produire les fichiers de Gcode nécessaires aux machines outils.

---> Il existe un nombre important de ces logiciels. Tous ne se valent pas, loin s'en faut, ni du point de vue interface/productivité ni malheureusement du point de vue des qualités des types d'usinages et du Gcode produit.

Parmi ceux les plus connus et bien noté pour le grand public citons Fusion360, Galaad, Cambam, Meshcam.

Les logiciels intégrés (CAO+CAM) comme Fusion360 ou Galaad sont à préférer.

Les logiciels distincts nécessitent l'import du modèle numérique via des formats comme DXF ou STL qui présentent de gros inconvénients : il faut retravailler les fichiers, vue par vue, pour éliminer les vertex en double ou orphelins, fermer les contours polygonaux, éliminer les segments redondants ou trop nombreux. Bref un travail fastidieux, souvent long, et minutieux. La plupart des logiciels de ce type offrent un module DAO intégré, qui peut suffire dans certains cas, mais trop limité pour du modélisme mécanique.

² Computer Aided Manufacturing

Post-Processeur

Le post-processeur récupère le fichier de Gcode, l'interprète et le convertit en fonction :

- de la carte de contrôle de mouvement (motion controller)
- du fichier de configuration qui décrit très précisément l'environnement d'usinage.

---> La qualité du fichier de configuration et l'exactitude des renseignements rentrés, la pertinence des choix de paramétrage contribuent pour une part importante au bon fonctionnement et à la qualité de l'usinage

Il n'est pas rare que le constructeur de la carte de contrôle fournisse un post-processeur lié à ses produits. Il s'en suit bien moins de soucis pour le débutant.

Pour les post processeurs généralistes comme Mach3³ et Mach4, il faut leur adjoindre des plug-ins propres à la carte motion controller utilisée.

L'apparence de l'écran principal des post-processeurs ressemble à celle des consoles conversationnelles des premières machines outil à commande numérique (MOCN).



^{3 &}lt;a href="http://www.mach3fr.com/V2/produit/licence-mach3/">http://www.mach3fr.com/V2/produit/licence-mach3/

Chaîne de contrôle-commande

---> la chaîne matérielle doit être robuste et homogène en termes de performances.

Le projet prévoit d'utiliser des moteurs pas à pas (PAP) en boucle ouverte, c'est à dire sans boucle de régulation à rétroaction comme les servo-moteurs. Les PAP en boucle fermée ne se justifient pas pour ce projet compte tenu qu'il n'y a pas d'exigence en accélération/vitesse pour cette application. D'ailleurs la structure légère de la fraiseuse à potence chinoise se déformerait de trop.

Liaison post-processeur-motion controller4

Le post-processeur va communiquer avec la carte de contrôle de mouvement (motion controller).

```
--> Le débit de donnée n'est pas un problème
```

Historiquement les machines grand public communiquaient via le port parallèle LPT (imprimante) du PC. C'était le PC lui-même qui générait les trains d'informations vers la carte BOB⁵. Ce n'était pas la panacée car :

- les performances sont faibles
- communication unidirectionnelle (PC-->Imprimante) sur certains modèles
- la distance de transfert faible (3 à 5m maximum)
- les paquets d'information sont envoyés par le PC lui-même, or les OS comme Windows n'ont pas de noyau temps réel. Cela veut dire que Windows interrompt les programmes en cours, en fonction des besoins et des requêtes d'interruption, puis les reprend et les relance depuis le point d'arrêt temporaire. Pour notre cas cela signifiait qu'il pouvait se produire des interruptions du flux des commandes vers la fraiseuse. Pas cool, pas cool. En effet si la fraiseuse a reçu un ordre d'avance rapide mais ne reçoit pas à temps la position d'arrêt ou l'ordre de mise en pause on imagine le carnage, pareil sur les trajectoires.

---> Les cartes motion controller ont un stockage tampon (buffer d'entrée) qui élimine presque totalement les soucis de rupture de flux de donnée. La conversion des commandes en signaux et la transmission ne sont plus liées au PC mais sont réalisées dans la carte elle-même.

Pour pallier à la disparition du port parallèle LPT et autres problèmes on fait communiquer le post-processeur avec la motion controller via USB ou via Ethernet. Les deux options cohabitent aujourd'hui dans l'offre commerciale. Tous les PC aujourd'hui ont un port Ethernet à 100 Mb/s ou plus. Ce port est souvent noté LAN.

Il est préférable de choisir une communication Ethernet pour les raisons suivantes :

- Ethernet a une isolation électrique des composants
- la portée atteint 100 m à 100Mb/s (câble RJ45 cat 6e blindé) contre 5 m en USB

⁴ Parfois nommée smoothstepper

⁵ BOB= Break Out Board= Carte de séparation

- checksum de vérification à l'arrivée des paquets de données, avec retour d'erreur à l'émetteur si le checksum n'est pas bon (donc données "parasitées"),
- la mise en service d'un carte ethernet est simple,... aujourd'hui
- Dans le cas de l'USB, les jeux de composants disponibles sur le marché ont une vitesse et une capacité mémoire limitées. Par exemple CNCDRIVE⁶, ne pense pas pouvoir aller en USB, avec leur carte et leur firmware, très au-delà des 100kHz actuels de génération de pulses pour les drivers de puissance. Les jeux de composants dont ils disposent pour Ethernet sont plus récents, plus puissants en calcul et disposent de plus de mémoire (environ 10 fois plus que pour l'USB). Ils estiment avoir encore une bonne marge de progression sur leur carte motion controller UC300ETH. Leur carte Ethernet est donnée actuellement à 400kHz de génération de pulses. Si l'aval de la chaîne, carte BOB + drivers de puissance + moteurs PAP, est capable d'avaler cela, il en résulte un accroissement de vitesse et une plus grande précision de suivi de trajectoire. Accroissement de vitesse intéressant pour les grands déplacement sans usinage mais aussi pour le travail en micropas avec les PAP.

---> Du câble Ethernet cat5 blindé est largement suffisant pour la liaison. Au-delà de 20m ou si le câble Ethernet est contigu d'un câble de puissance avec un fort ampérage (cas des torches plasma) il faudra passer en catégorie cat6.

Liaison motion controller-carte BOB

La carte BOB assure:

- un découplage électrique entre la carte motion controller (TTL 5volts) et l'aval de la chaîne en particulier les séquenceurs, relais, sondes, capteurs de fin de course, arrêt d'urgence
- découple les signaux pour les envoyer sur des borniers de raccordement à vis.

La liaison motion controller ---> BOB doit être la plus courte possible. La liaison est souvent réalisée par des câbles à connecteurs Dsub25 (prises imprimantes parallèles).

---> Le découplage électrique est réalisé par des optocoupleurs. Ces composants sur les cartes bas de gamme peuvent avoir des performances de transmission (vitesse-qualité de transmission) tout à fait déplorables et ruiner des cartes motion controller ou des séquenceurs de bonne qualité.

Liaison BOB-séquenceurs

Les séquenceurs (stepper driver) sont souvent appelés drivers.

^{6 &}lt;a href="http://www.cncdrive.com/products.html">http://www.cncdrive.com/products.html

La liaison BOB--->séquenceur doit être la plus courte possible. Les avis sont partagés sur l'utilisation de simple câble torsadé ou de câble blindé avec mise à la terre du blindage. Je n'ai pas pu me faire un avis sur la question.

Liaison séquenceur-moteur PAP

La liaison doit être courte car au-delà d'1m les signaux émis par le séquenceurs se dégradent progressivement. Cela peut devenir un handicap lorsqu'on pilote les PAP à fréquence d'impulsions élevée, par exemple lors de fonctionnement en micropas. La liaison est réalisée par connecteur à vis et câble multibrins.

L'intensité sera en général comprise entre 2,5 et 4,2 A dans la gamme qui nous intéresse. Donc ne pas prendre des câbles trop fins.

Choix des composants pour le projet

CAO	Fusion 360 ⁷ http://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview
CAM	Fusion 380
Post-Processeur	UCCNC (CNCDRIVE) http://www.cncdrive.com/UCCNC.html
MotionController	UC300ETH-5LPT (CNCDRIVE) Ethernet 5 voies à 400 kHz http://www.cncdrive.com/UC300ETH.html
ВОВ	HDBB2 (CNCDRIVE) http://www.cncdrive.com/HDBB2.html
Drivers	DM542-A (Longs motors ⁸) 36V DC -4,2A http://www.longs-motor.com/
Alimentation drivers	DC 350W-36V +/- 5 % – No name
Alimentation 5V	DC 5V-5A ajustable Weho-DR-45-5 sur rail DIN
Moteurs PAP	23HS8430 (Longs motors) 3,0A- 1,8°/pas

PL/16/12/16 9/

Gratuit pour usage privé et société start-up de moins de 100000\$ de CA annuel

⁸ Ils possèdent une boutique Ebay avec un dépôt en Allemagne