

TUTORIEL

La CN du Doc

PARTIE 2 : essais et mises au point



Préambule

Si vous n'avez pas encore lu la première partie de mon tutoriel je vous invite à le faire pour que cette suite ait un quelconque sens. En résumé je souhaite simplement, comme tant d'autres, partager ma modeste expérience dans la découpe numérique pour laquelle je me suis récemment passionné en concevant et en fabriquant intégralement une fraiseuse CNC.

Nous sommes au mois de septembre 2012 et les pages qui suivent sont un recueil de détails techniques, de mises au point, de modifications quelques fois imposées par les erreurs de conception ainsi que de remarques ou d'observations liées aux usinages.

La configuration informatique

Un ordinateur destiné à commander une machine numérique se doit d'être le plus épuré possible tout en possédant des ressources confortables. Pour info voici dans les grandes lignes la configuration dont je dispose :

- Processeur AMD double cœur à 2,9 GHz, la vitesse de ce composant est primordiale.
- Mémoire vive 2Go ce qui est amplement suffisant, voire superflu.
- Carte vidéo à mémoire dédiée pour libérer le CPU de la gestion de l'affichage.
- Système d'exploitation Windows XP, plus léger que ses successeurs.
- Désactivation des veilles, thèmes, services inutiles, etc.
- Pas d'antivirus ou de programmes résidents (attention toutefois vis-à-vis d'une éventuelle connexion à Internet, dans mon cas je n'exploite le réseau que pour échanger les fichiers en local).

Quoi qu'il en soit, lorsque le logiciel de FAO est en fonctionnement il est fortement recommandé qu'aucune autre application ne tourne.

A propos du logiciel

J'ai rapidement opté pour NINOS qui s'avère être excellent de par sa simplicité et ses performances. Possédant un module de CAO capable de basculer directement sur FAO, il est réellement bien adapté à une utilisation générale. Sa mise en œuvre est rapide et son efficacité incroyable. Composé de quatre logiciels, son tarif est justifié d'autant que les mises à jour et l'assistance sont incluses, on ne vous laisse jamais tomber.

Lien vers le logiciel NINOS : www.iprocam.com

L'agencement

Dans tout système informatique la connectique et les câbles sont la bête noire lorsqu'il s'agit de les organiser. Des mesures s'imposaient pour régler le problème :

- L'interpolateur NeoPLT et le Dongle sont dorénavant intégrés dans l'unité centrale du PC.
- L'écran est fixé sur un support mural.
- Le clavier et la souris filaires sont remplacés par un dispositif wireless.

Outre la diminution du nombre de cordons, ces maigres aménagements font qu'aucun faisceau ne se promène. Le clavier et la souris sont posés sur un petit meuble roulant qui peut être orienté à volonté.

Première erreur de conception (mais résolue)

J'ai foncé tête baissée sans prêter réellement attention à la position des butées, si bien que je me suis retrouvé avec une origine machine en bas à droite par rapport à la pièce ! Après bien des heures de manipulations je suis parvenu à faire fonctionner l'ensemble sous Ninos car tout y est paramétrable.

Je remercie au passage Jean-Noël Carlier de IPROCAM, développeur du logiciel, pour son excellente communication et ses conseils. Il répond toujours aux mails et ce même le dimanche !

Mais comme il m'est extrêmement perturbant de travailler avec une ordonnée positive et une abscisse négative j'ai préféré effectuer quelques modifications mineures sur ma CN pour enfin retrouver une configuration géométriquement logique et ne pas avoir à me torturer les neurones ou risquer une catastrophe à chaque usinage.

Résultat :

- L'OM se situe désormais en bas à gauche de la pièce.
- Les limites de déplacement et les jauges sont réglées.
- Le palpeur est opérationnel.
- Les sens d'avance sont corrects.
- L'arrêt d'urgence est efficace (y compris les contacts de sécurité X et Y).
- Le bouton coup de poing est situé « à main droite ».

Premières impressions

La machine semble rigide et sans jeu apparent bien que les matériaux qui composent le portique lui confèrent une certaine souplesse qui se trouve augmentée par sa taille.

Je ne suis jamais parvenu à supprimer totalement le très léger cliquetis perceptible au niveau des curseurs sur l'axe Y alors que tout s'ajuste parfaitement. Je suppose que cela vient du fait que les quatre curseurs sont ramassés et que dans ce cas de figure le moindre écart, même infime, vient perturber leur fonctionnement. Rappelons aussi qu'il s'agit de matériel d'entrée de gamme, ce qui n'empêche pas les chariots de circuler sans effort et les transmissions de tourner librement.

Côté géométrie ne rêvons pas, il s'agit d'une machine somme toute artisanale et très loin de la perfection mais les faibles variations angulaires observées restent négligeables pour l'utilisation à laquelle elle est destinée. La verticalité de la broche se joue au dixième de degré et la table, sans aucun calage préalable, présente moins de 1mm de défaut.

Les courses théoriques XY sont de 1000x600mm, en prenant une marge de sécurité les valeurs efficaces sont réduites à 970x580mm. Tout cela reste confortable.

Poursuivons les mises au point

Avant d'entreprendre un quelconque usinage il me reste à aligner la table de découpe sur un plan horizontal parallèle à celui décrit par l'outil.

La première passe est faite au réglet pour dégrossir les quatre angles, la seconde avec un comparateur fixé sur le support de broche. La table étant composée d'un plateau en medium de 16mm rigidifié par trois profilés acier de 20x20mm, elle reste malgré tout légèrement flexible sur sa portée de presque 1m30 et le résultat après calage laisse encore apparaître une variation globale de plus ou moins 8/100 de millimètre. Cela suffira dans un premier temps et me permettra de procéder enfin aux essais.

Les premiers essais

Nous sommes le dimanche 9 septembre et voici le moment tant attendu (ou redouté) depuis le début de cette entreprise, l'aboutissement de longues heures de travail !

La sagesse m'impose que les premiers tests se fassent dans une matière très tendre (je choisis le dépron de 3mm et une fraise usagée de 2mm), à des vitesses d'avance de 10mm/s et avec une épaisseur de martyr importante. Ça gondole un peu mais tant pis pour la précision en Z et intéressons-nous dans un premier temps aux autres axes.

Après bridage du brut, rien de mieux que de découper un rectangle pour vérifier la géométrie d'une CN. Détourage d'une pièce de 150mmx200mm en opposition. L'équerrage est correct, les cotes en revanche sont augmentées de 2/10mm. Je garde ces résultats sous le coude en attendant de confirmer tout ça avec une matière plus noble et un outil neuf.

Tant que mon brut est collé sur le martyr j'en profite pour découper quelques pièces plus complexes pour parfaire les réglages logiciels, en particulier les rampes d'accélération et le palpeur. Pour l'instant les résultats sont très satisfaisants.

Une évolution de plus

A vitesse maximale (60mm/s pour X et Y) un retour à l'OM s'effectue en moins de 25 secondes sur une diagonale de 1130mm. Vitesse impressionnante qui m'a causé des frayeurs en voyant le portique foncer vers les butées !

Tout cela m'a fait réfléchir et j'ai préféré changer de stratégie pour privilégier la résolution en descendant au 1/16^{ème} de pas en XY puis au 1/32^{ème} de pas en Z, obtenant ainsi des déplacements plus fluides mais avec une vitesse réduite à 30mm/s (15mm/s pour Z) qui pourrait me suffire... mais les mouvements en Z sont à présent si doux que je me demande si je ne vais pas finir par me procurer l'interpolateur NeoLPT à 50kHz.

Et bien si, ou plutôt 100kHz soit 5 fois plus ! Pour une somme modique ce cher Nono de IPROCAM a rapidement mis à jour ma carte et me voici désormais avec les trois axes fonctionnant au 1/32^{ème} de pas soit 6400 pas par tour.

La vitesse peut atteindre 60mm/s (je ne suis que sous 24V) et je la bride par sagesse à 50mm/s. Quel silence, quelle fluidité, un véritable régal !

Me trouvant en limite de tension j'ai décidé de remplacer l'alimentation de puissance en passant à 36V. Ceci évitera tout risque de perte de pas à haute vitesse car au cours des réglages j'ai fait une malheureuse tentative à 70mm/s : les moteurs se sont mis à vibrer et lors de la remise à l'origine qui a suivi la butée des X a été défoncée ! En cause la perte de pas importante et donc la CN « se croyait plus loin ».

D'autres erreurs sont découvertes

Je ne m'attendais pas à la perfection mais j'avoue que je n'ai pas su éviter certains pièges et le résultat me déçoit un peu.

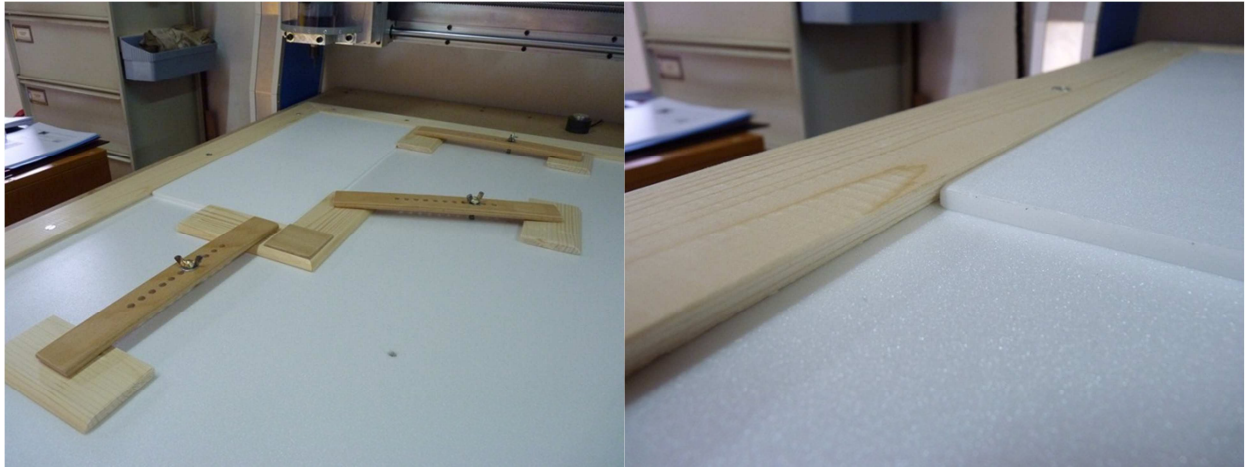
- Le portique complet est lourd (environ 25kg) et j'ai appris un peu tard qu'il fallait monter la vis X sur deux paliers équipés de butées à billes plutôt que de l'immobiliser au niveau du seul roulement. Effectivement après moins d'une heure de fonctionnement un jeu non négligeable est apparu. Copie à revoir !
- Positionner la vis Y derrière la poutre m'aurait permis de la protéger efficacement des poussières et copeaux en tout genre.
- En élargissant un peu le châssis j'aurais pu gagner 20mm sur la course des Y car une fois le chariot arrivé en butée on se rend compte que les rails de guidage ne sont pas totalement exploités.

Quelques modifications devront se voir appliquées et tout rentrera dans l'ordre mais ceci impose à nouveau de démonter, régler, caler, avec sans cesse l'impression de ne jamais en voir la fin et toujours cette angoisse de découvrir un défaut insoupçonné.

Le bridage du brut

Sur l'ancienne CN j'avais conçu un système à glissière composé de plinthes en bois, profitant ainsi de leur chanfrein qui maintenait les plaques d'une épaisseur inférieure au centimètre. Ce dispositif fonctionnait assez bien mais imposait que les bruts aient deux côtés quasi parallèles. D'autre part la fixation de pièces plus épaisses posait problème...

Après quelques heures de réflexion je m'en suis inspiré en réalisant d'une part une équerre fixe venant caler la pièce à l'origine, et d'autre part des cales mobiles placées à l'opposé. Ces cales, elles aussi issues de plinthes, sont pressées par les brides qui ne sont autre que tronçons de lattes en hêtre provenant tout bêtement d'un sommier. En voici quelques photos qui vaudront mieux qu'un long discours :



L'avenir me dira dans quelles limites ce procédé est fiable et polyvalent mais il paraît prometteur.

Le palpeur

La position fixe du palpeur d'outil sur la table me condamnait à sacrifier environ 60mm sur un axe, chose qui me paraissait absurde. Celui-ci restera donc mobile et je m'en tiendrai à palper directement sur le brut, procédé qui somme toute me convient assez bien et évite à la CN des allées et venues inutiles.

La protection de base

De chaque côté de la table, une bavette amovible en carlène est glissée entre deux profilés aluminium fixé sur le plateau. Ceci évite la dispersion des poussières et copeaux vers l'extérieur de la machine, protégeant particulièrement les guidages X et l'électronique située en dessous.

L'aspiration

L'évacuation constante des poussières, copeaux ou autres limailles est cruciale pour conserver une machine et un environnement propres et éviter toute insertion de corps étranger dans la mécanique. Jusqu'à présent je me tenais en permanence au-dessus de la CN, aspirateur à la main, tentant de limiter au maximum des dégâts. Situation pénible tant pour mes reins que pour mes oreilles, et puis on a la désagréable impression de perdre son temps.

J'avais bien tenté de fabriquer un système mais il se trouve que la force d'éjection de la fraise est plus forte que la dépression, en particulier sur les plastiques et l'aluminium, et donc l'efficacité quasi nulle. Si l'on s'en réfère aux machines professionnelles, l'outil doit être coiffé d'une cloche souple de type brosse qui canalise la montée des particules.

Fort de ces constatations il ne me reste plus qu'à réaliser un dispositif similaire et je vais pour cela bricoler des prototypes divers et variés que j'expérimenterai jusqu'à trouver la bonne solution.

Voici un premier système qui fonctionne plutôt bien composé d'un cyclone et d'une jupe en mousse souple qui me récupère 95% de la poussière et des copeaux sur le CTP, intéressant pour tout ce qui est dépron et bois (à tester sur le plastique et l'aluminium).

Inconvénients :

- on ne voit pas ce qui se passe sous l'outil, un peu inquiétant lorsqu'on n'est pas habitué.
- il faut soit laisser des attaches, soit ne pas détourner jusqu'au fond et faire une dernière passe sans la jupe car les morceaux qui se détachent peuvent rester coincés sous la jupe ou entre le cyclone et la tête de broche.

Avantages :

- la poussière et les copeaux restent canalisés et sont avalés en quasi-totalité.
- l'usinage restant propre, la chauffe est limitée.
- le flux d'air contribue au refroidissement de l'outil.
- la jupe ne peut pas (avec une longueur adéquate) toucher l'outil ou être avalée par le cyclone, la mousse permettant le passage de l'air tout comme un filtre.
- l'outil est retenu en cas de casse (sécurité).
- la mousse est une matière qui ne raye pas le dépron.

Je vais tenter le même dispositif en plexi (pour la transparence) incluant des LED blanches pour contrôler ce qu'il se passe au niveau de l'outil...

A suivre...

Les premiers usinages

A venir....

Rappel sur les calculs

La résolution (finesse et fluidité) :

Soit un moteur de type 200 pas par tour et un driver de puissance réglé au $1/32^{\text{ème}}$ de pas

Soit un déplacement de l'axe de 5 mm pour 1 tour moteur

Le moteur effectuera $200 \times 32 = 6400$ pas/tr

La résolution sera de $5/6400 = 0.00078$ mm (0.78 μ)

La fréquence est égale à :

pas/tr x (Vmax / déplacement/tr), soit dans notre exemple et pour 50mm/s :

$6400 \times (50 / 5) = 64000$ Hz ou 64kHz.

La vitesse maximale :

On peut admettre une vitesse de rotation moteur de 720tr/mn sous 24V soit un déplacement de 60mm/s avec une transmission de 5mm/tr. Cette vitesse pourrait doubler avec une alimentation 48V si la fréquence admissible de l'interface de commande le permettait.

Le couple :

Le couple maximal ne peut être obtenu que sous le courant nominal indiqué en Ampères dans les caractéristiques des moteurs.

Il est préférable de choisir des moteurs suffisamment puissants et de les faire fonctionner à seulement 60% ou 70% de leur capacité pour éviter les surchauffes et leur conférer un mouvement plus doux.

Notes personnelles sur les méthodes d'usinage

Les matériaux tendres tels que le dépron, le contre-plaqué, le médium, la plupart des essences de bois ou encore certains plastiques peuvent être directement usinés en opposition. L'aluminium en revanche sera traité en avalant car dans le cas contraire le copeau aura tendance à repasser entre l'outil et la pièce donnant un état de surface de très mauvaise qualité. L'inconvénient majeur de cette méthode est que la cote est augmentée et il faut corriger soit en anticipant cet écart, soit en terminant par une passe en opposition ce qui est difficilement envisageable dans le cas d'un détournage complet.

Autres défaut de l'usinage en avalant :

- L'utilisation de fraises un peu longues et de faible diamètre fera que l'outil flambera car poussé vers l'extérieur de la pièce, donnant un aspect conique à la coupe.
- La friction sera plus importante occasionnant une montée en température du point d'attaque.

Le couple « fréquence de broche/vitesse d'avance » est à déterminer pour chaque fraise et chaque matériau. L'outil doit faire des copeaux, pas de la poussière ! Sinon il va chauffer, ce qui d'une part le détériore et d'autre part brûle la matière (ou la fond s'il s'agit de plastique).

Ma modeste expérience m'a appris qu'il était préférable de travailler avec une vitesse d'avance relativement rapide et de multiplier le nombre de passes. Certes l'usinage sera plus long mais les risques de casse seront moindres et les cotes mieux respectées. Il est conseillé de ne pas dépasser 80% du diamètre de la fraise par plongée et je n'hésite pas à descendre à 50%, voire en dessous pour l'aluminium.

Conclusion

Après toutes ces semaines de travail acharné ma CN n'est hélas toujours pas totalement opérationnelle :

- Le jeu apparu sur la transmission doit être corrigé.
- Certains points sont à revoir.

Je ne m'étonnerai pas de rencontrer encore quelques déboires au fil temps, tels que l'apparition de jeux ou d'usures prématurées. Je ne me fais pas d'illusion car même en ayant apporté un maximum de soin à la réalisation de cette machine, j'ai employé les matériaux que j'avais sous la main et je suis loin de maîtriser les contraintes imposées par ce type de mécanique. D'un autre côté je ne la destine pas à un usage professionnel ou intensif même si je souhaiterais la rentabiliser un tant soit peu.

Mais regardons le bon côté des choses : la machine qui trône au centre de mon atelier reste une création unique et 100% personnelle, des premières ébauches de dessins à la mise en service.

Les déceptions et les coups de blues font partie de la règle du jeu, il faut savoir les accepter et partir du principe que tout défaut, d'une manière ou d'une autre, peut être corrigé... et servira de leçon !

Courage Phil, tu finiras bien par y arriver!

Phil, alias le Doc...

La galerie photo complète de la construction est accessible ici :

<http://acam.dnsalias.com/acam/index.php?pg=212&dossier=Fraiseuse CNC du Doc&photo=1&a=24&b=36&crit=>

La première partie du tutoriel :

<http://acam.dnsalias.com/acam/fichiers/download/tutoriels/Construction de la CN du Doc.pdf>