

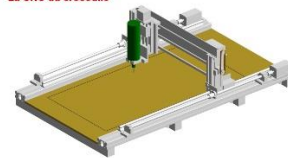


# La fraiseuse CNC du crocodile

Version : V1.0 Date : 27 fev 2022

Auteur : croco31(jlc)

La CNC du crocodile



## Résumé :

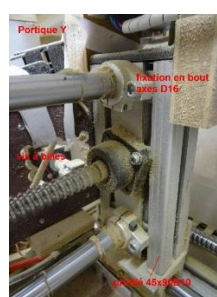
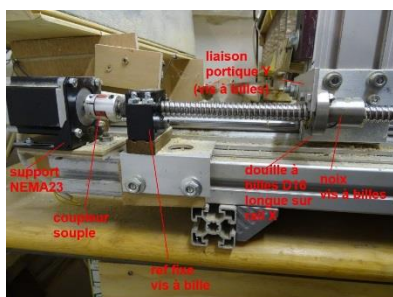
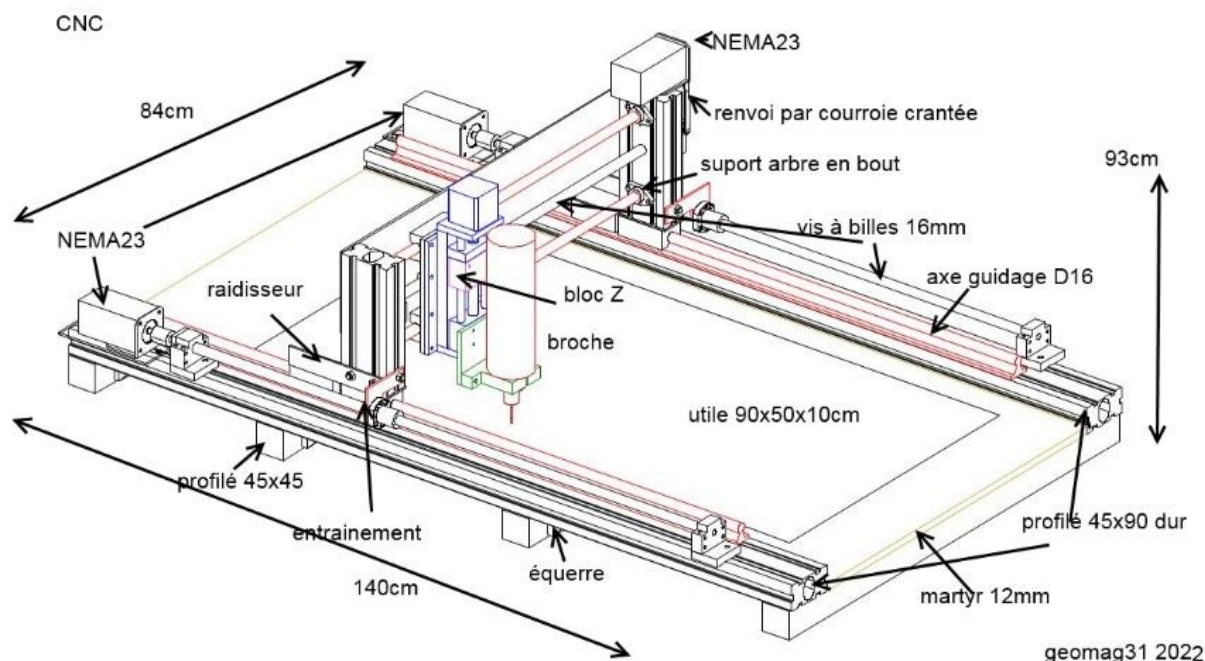
Ce document décrit la construction d'une fraiseuse CNC similaire à celle réalisée il y a plusieurs années (10 ans) par l'auteur, et utilisée pour la découpe de bois, d'aluminium et la réalisation de circuits imprimés par gravure anglaise, ainsi que de la gravure en 3D (à partir d'une photo par exemple). A l'époque elle avait été bâtie avec des profilés de récupération et des courroies crantées (remplacées il y a 5 ans par des vis à billes), mais aujourd'hui l'offre de matériel nécessaire est beaucoup plus étoffée, ce qui permet une réalisation plus facile car les mêmes profilés sont toujours disponibles. La description inclut les aspects mécanique, électronique et logiciel. Pour un budget d'environ 1500<sup>€</sup>, on peut fabriquer une machine quasi-professionnelle très rigide atteignant une précision de 0.05mm sur chaque axe (si le bridage du brut est bien fait), pour une dimension de fraisage de 90x50x100mm voire plus en adaptant la longueur des rails, profilés et vis à billes.



**Avertissement :**

Les informations données ici sont destinées à la réalisation expérimentale d'un montage mécanique et électronique. L'auteur décline toute responsabilité suite à leur usage.

## 1 Vue d'ensemble



## 2 Mécanique

### 2.1 Les contraintes prises en compte

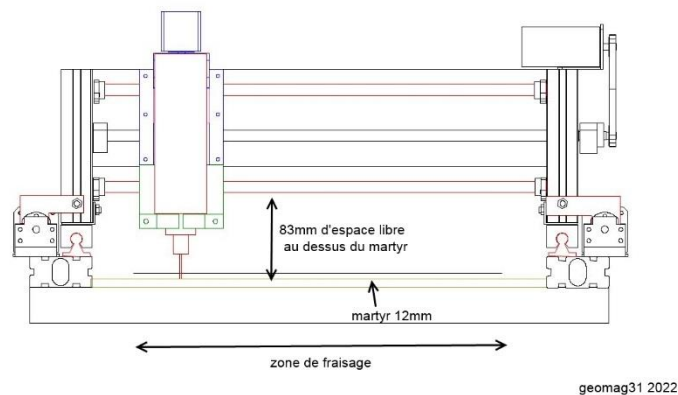
La conception de la machine a pris en compte les contraintes suivantes :

- Réalisation avec des outils simples : perceuse à colonne, scie sauteuse, scie à métaux
- Un minimum de pièces à réaliser, en utilisant au maximum les possibilités de découpe à la dimension des fournisseurs
- Pas de soudure des profilés, mais usage de boulons et écrous, ce qui permet un réglage fin des positions
- Réglage facile de la précision mécanique finale
- limitation du poids de manutention en utilisant l'aluminium et des parties démontables pour le transport

### 2.2 Dimensions

La machine fabriquée à l'origine (et toujours utilisée), a une surface utile de fraisage de 800x400x100mm, ce qui est suffisant en pratique pour l'axe X, mais un peu juste pour l'axe Y, car cela passe juste pour les panneaux standards en bois de 400mm que l'on trouve dans les magasins de bricolage, c'est pourquoi on vise ici un axe Y de 500mm pour avoir une bonne marge. Noter aussi qu'en prenant des précautions pour le référencement de l'origine, on peut passer des longues planches sous le portique Y, dans la mesure où la place est disponible autour de la table de la fraiseuse (ce n'est pas mon cas).

La hauteur de déplacement Z de 100mm est largement suffisante, car de toute façon les fraises couramment utilisées (axe de 3.175mm et longueur en dehors du mandrin de la broche de 30mm environ) limitent la profondeur de fraisage : en pratique on arrive à fraiser 25mm dans du hêtre (bois dur). Aller plus loin demanderait des fraises plus longues et plus fragiles. Pour le perçage, des forets permettent de descendre plus bas, au moins pour les forts diamètres.

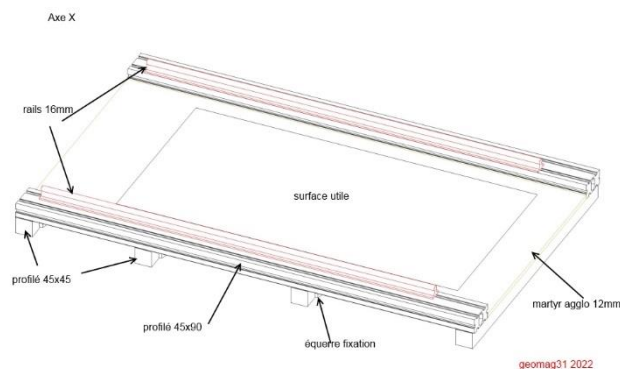


Un espace de 83mm environ sous le portique Y permet de glisser des objets épais.

La planéité du martyr est peu critique quand on fait de la découpe 2D, mais devient un paramètre important si on fait de la gravure 3D et du fraisage de circuit imprimé avec une fraise javelot en pointe triangulaire (bien que la surface utilisée soit généralement petite).

### 2.3 Axe X

L'axe X est constitué de deux profilés en alu 90x45mm « dur » de 1400mm, c'est-à-dire avec assez de matière pour pouvoir tarauder dedans.

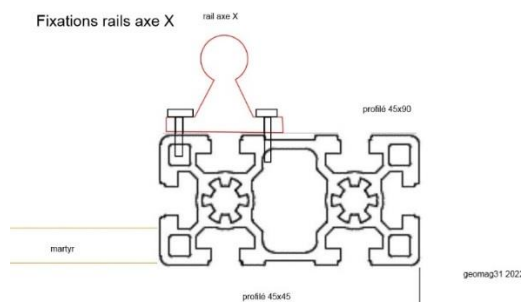


Ces deux profilés sont reliés en dessous par quatre profilés 45x45mm qui peuvent être plus légers car assemblés avec des équerres 90° et des boulons, ce qui permet un réglage facile de l'écartement pour assurer le parallélisme des rails où glissent les douilles supportant le portique Y.

Ces profilés 45x45 servent de support pour le martyr en agglo de 12mm, qui doit être fixé par des boulons sur les coins (en dehors de la surface utile de fraisage) pour qu'il ne bouge pas lors du fraisage (efforts importants pendant le fraisage transmis au bâti par le martyr, donc conditionnant la précision).

On pourrait utiliser une plaque avec rainures en T (hors de prix), mais de toute façon il faudrait un martyr sous le panneau pour que la fraise n'attaque pas cette plaque. Personnellement j'ai toujours utilisé des vis à bois vissées dans l'agglo du martyr pour fixer les pièces.

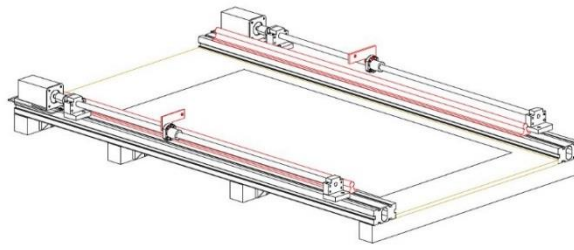
Le rail de 1200mm est positionné à 50mm d'une extrémité du profilé, et se termine à 150mm de l'autre bout, ceci pour tenir compte de la position de la broche par rapport à la douille du portique Y. Néanmoins le rail pourrait avoir la longueur du profilé.



Les rails 16mm (arbre rectifié sur support) sont fixés sur le bord de chaque profilé, en taraudant un trou sur deux en M6, en utilisant des vis 6x15 (RS : ) dont la tête est peu épaisse car les douilles du portique Y doivent passer au-dessus. Pas trop long non plus pour ne pas bloquer la rainure latérale du profilé, qui est bien pratique pour fixer des cales coulissantes au-dessus du martyr. On pourrait éventuellement utiliser seulement de gros rivets « pop » en perçant seulement les trous adéquats dans le profilé après avoir positionné les rails.

Les efforts sont surtout longitudinaux, ce qui ne demande pas beaucoup de boulons sur le côté externe des rails (vers le milieu du profilé qui n'a pas beaucoup de matière).

On pourrait utiliser la rainure du profilé, mais cela conduirait à trop décaler la vis à bille vers l'extérieur.



Les vis à billes SFU1605 de 1050mm hors tout de l'axe X sont fixées par leurs supports BF12 et BK12 sur des cales de hauteur adéquate, cales boulonnées sur la rainure du profilé 45x90. La cale est nécessaire pour mettre dans l'axe le moteur pas à pas NEMA23 monté sur son support. La cale (alu + bois) permet aussi de décaler l'axe moteur pour que la glissière du portique Y puisse passer sur le côté du moteur quand le portique est en position minimale X. Ces ensembles moteur/vis seront assemblés en dernier pour laisser coulisser librement le portique Y pendant les ajustements, portique qui sera ensuite lié aux vis par les pièces en L en alu 4mm. C'est le support BK12 au plus près du moteur qui fixe la précision en X, et qui doit donc être bien boulonné. Le support BF12 laisse la vis libre en longitudinal.

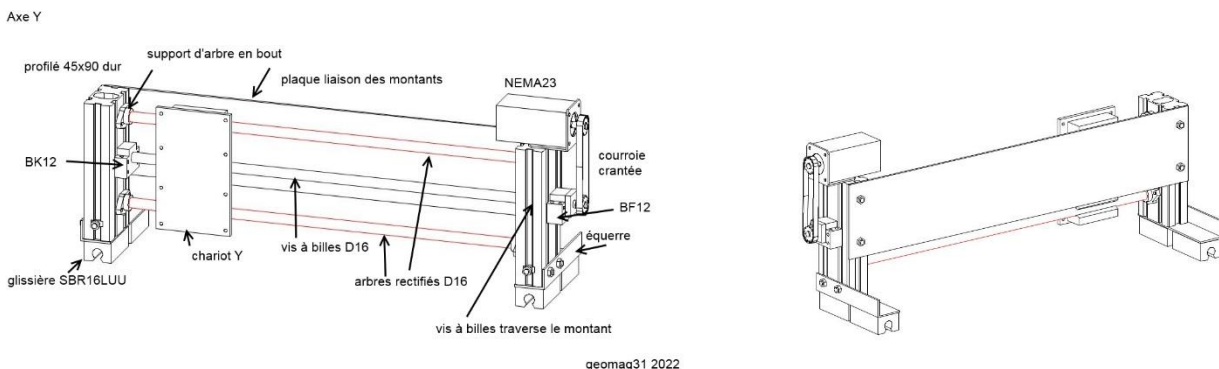
Note : Une alternative serait de fixer l'ensemble moteur/vis sur la rainure latérale du profilé, auquel cas la pièce de liaison avec le portique sera différente. Je n'ai pas fait ainsi pour pouvoir utiliser la rainure latérale comme support du pupitre éventuel de commande manuelle de la machine. L'épaisseur des moteurs pourrait gêner pour poser l'ensemble sur une table. De plus ce côté latéral est pratique pour fixer le chemin de câbles et l'échelle plastique de guidage des câbles.

Dans ce cas le portique pourrait utiliser la rainure externe du profilé, mais il vaut mieux rester sur la rainure interne, car cela ménage une plage latérale de 50mm non accessible par la fraise, ce qui est utile pour fixer sur le martyr une bande de calage du panneau à usiner, ou comme stockage d'ustensiles.

Il faut noter aussi que les moteurs X1 et X2 doivent être parfaitement calés et pilotés ensemble pour ne pas décaler en biais le portique Y, avec des contraintes néfastes sur les glissières. Le calage se fait facilement en tournant à la main une des vis pour le déplacement en Y de la fraise soit parfaitement perpendiculaire au déplacement en X.

## 2.4 Axe Y

L'axe Y est constitué d'un portique dont les montants verticaux sont des morceaux de 220mm de profilé dur 45x90 reliés par une plaque d'aluminium de 4mm boulonnée sur les rainures de leur face arrière. On pourrait utiliser deux profilés 45x45 pour cela, mais il faudrait rajouter des équerres et boulons en T, ce qui est serait plus coûteux.



Le jeu de +/- 1mm du boulon M8 dans la rainure 10mm du profilé 45x90 permet d'ajuster précisément le parallélisme entre les deux montants verticaux, parallélisme critique car difficile à rattraper par l'ajustage des axes de guidage du chariot porte-Z.

Une équerre en alu 4mm fixe les glissières longues à billes SBR16LUU ouverte sur le bas du profilé, cette équerre étant boulonnée sur les rainures du côté du profilé par des boulons en T, le jeu M8 des rainures permettant là aussi d'ajuster précisément la perpendicularité du montant par rapport aux guides de l'axe X.

**NOTE** : contrairement au schéma, il vaut mieux boulonner l'équerre sur le montant intérieur, afin que les écrous ne butent pas contre le moteur quand le portique recule en position minimale sur l'axe X. IL peut être utile d'araser le boulon au raz de l'écrou pour que le chariot Y ne bute pas dessus.

Cette équerre est assez longue pour permettre l'ajout d'une autre glissière à billes (une courte SBR16UU peut suffire) en arrière qui reprend en compression (c'est pourquoi elle est en arrière) les efforts de basculement du portique lors du fraisage.

Les arbres de guidage D16mm sont fixés sur l'intérieur des montants par des supports en bout, dont l'écartement des trous de fixation tombe quasiment sur l'écartement des rainures du profilé. A priori il n'est pas nécessaire de percer le montant en D18mm en bout des arbres, le support permettant un ajustement de quelques millimètres en longueur. Les rainures permettent l'ajustement en hauteur et le parallélisme des arbres.

La vis à billes SFU1605 de 750mm hors tout traverse le montant droit (perçage de D20mm) au milieu. Le support de référence BF12 est monté à l'extérieur sur une plaque permettant sa fixation sur les rainures du profilé. Des vis à têtes fraisées fixe le support sur cette plaque. La rainure permet d'ajuster précisément la vis en hauteur et en parallélisme avec les arbres guides.

Le support BK12 libre de la vis est monté à l'intérieur du montant gauche, mais peut être remplacé par une plaque recevant seulement le roulement à billes du support, ceci pour gagner en course latéral du chariot porte-Z, et faciliter la fixation sur les rainures du montant.

Le bout D10mm de la vis reçoit une poulie crantée (12 à 20 dents suivant dispo) qui renvoie le mouvement avec une courroie crantée vers une poulie identique fixée sur le moteur NEMA23 placé sur le haut du montant. Le réglage de hauteur du moteur permet de s'adapter à la longueur de la courroie. Ceci évite d'avoir une excroissance qui déborde sur le côté de la machine, mais il est possible, quand la place dans l'atelier n'est pas un problème, de le monter en ligne avec un manchon de liaison comme sur les axes X.

Le support du moteur peut dans ce cas être fixé sur la rainure du montant par une équerre alu 4mm comme celle des glissières.

Le moteur peut aussi être monté sur le montant gauche en inversant la vis à bille. Ceci permet d'avoir le point de référence de la vis du côté de l'origine de l'axe Y (et coté de l'opérateur), ce qui peut améliorer la précision Y si les pièces usinées sont peu larges habituellement. Dans ce cas il vaut mieux le monter au-dessus du montant pour ne pas être gêné par son excroissance.

Le chariot port-Z est constitué d'une plaque alu 4mm (ou plus si on veut tarauder) fixée sur les glissières SBR16LUU fermées (pas les mêmes que l'axe X) par 6 vis à tête fraisée M5x10 avec des trous D5.5 pour permettre un réglage fin du parallélisme, permettant de fixer dessus une autre plaque supportant le bloc axe Z. Ceci permet de rendre le bloc Z facilement démontable et ses vis accessibles. Les trous doivent être parfaitement calés entre eux.

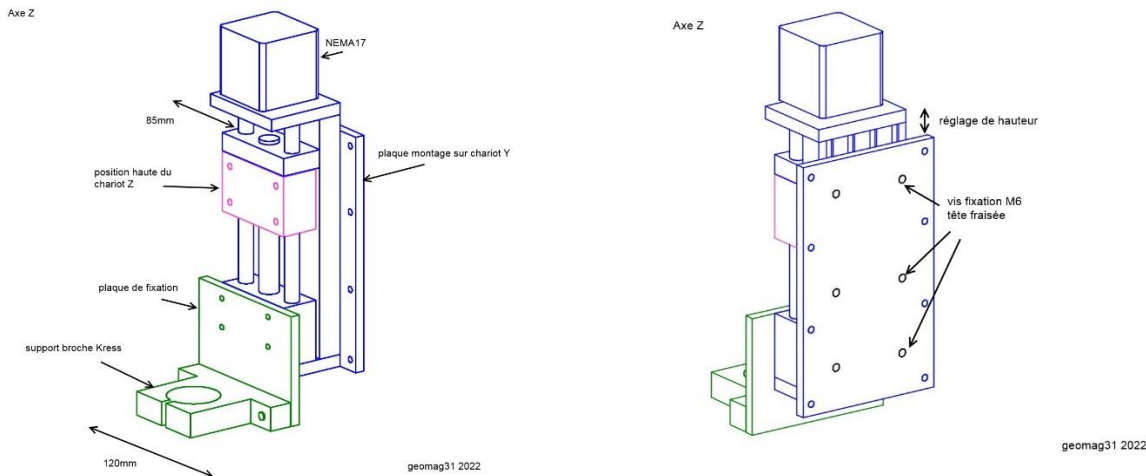
L'usage de 4 glissières SBR16UU courtes est possible mais demande le double de vis de fixation et un réglage plus difficile.

**Note** : il est possible de réaliser les montants latéraux avec une plaque alu rigide de 5mm, dont les perçages seront faits simultanément pour avoir la précision nécessaire au bon glissement de la vis à billes et des axes de guidage. Le reste de la machine est similaire. Il faudra deux équerres pour fixer la plaque arrière sur les montants et les rendre bien parallèles.

## 2.5 Axe Z

L'axe Z pourrait être réalisé avec des arbres et une vis à billes montées sur un bâti, mais il est plus efficace d'utiliser un bloc compact tout fait. La largeur du bloc impacte la longueur Y usinable. Le bloc choisi n'utilise que 85mm, donnant un encombrement en Y de 120mm pour rendre accessibles les vis de fixation du bloc.

Une course de 100mm est suffisante. Le bloc retenu possède des glissières à l'arrière qui permettent de régler sa hauteur en fonction de la broche utilisée. Le bloc est fixé sur une plaque alu 4mm par 6 vis à tête fraisée M6x10 qui permettent de monter à plat cette plaque sur la plaque du chariot Y, en gardant accessibles les vis et écrous de fixation sur le côté de la broche. Tarauder la plaque du chariot Y évite de chercher les écrous.



La broche est montée sur un support alu spécifique, lui-même fixé sur une plaque alu 4mm boulonnée par des vis M5x10 sur le chariot mobile du bloc Z. Des rondelles d'écartement peuvent être nécessaires pour que cette plaque ne coince pas.

## 2.6 Pièces à réaliser

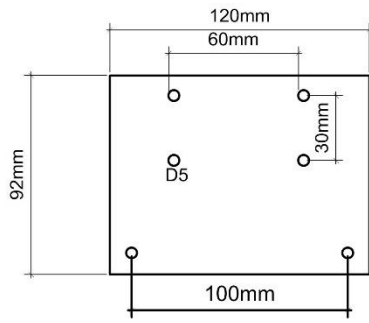
Plusieurs pièces sont à réaliser à partir d'aluminium d'épaisseur 4mm ou plus suivant disponibilité, à partir d'une plaque d'épaisseur 4mm et d'une cornière 45x45mm voire 50x50mm :

- Plaque arrière de liaison de montants Y
- Plaque de fixation du support de broche sur le bloc Z
- Plaque de montage du bloc Z sur le chariot Y
- Plaque de liaison des glissières et noix de la vis à billes du chariot Y
- Plaque éventuelle remplaçant le BK12 de la vis à billes de l'axe Y
- Cornière fixant le support du moteur de l'axe Y sur le montant
- Cornières (2 ex) supportant les glissières des montants du portique Y
- Plaques (2) de fixation des supports des moteurs de l'axe X sur le profilé
- Plaques (2) de fixation des BK12 des vis à billes de l'axe X
- Plaques (2) de fixation des BF12 des vis à billes de l'axe X
- Plaques (2) de liaison du portique Y aux vis à billes de l'axe X

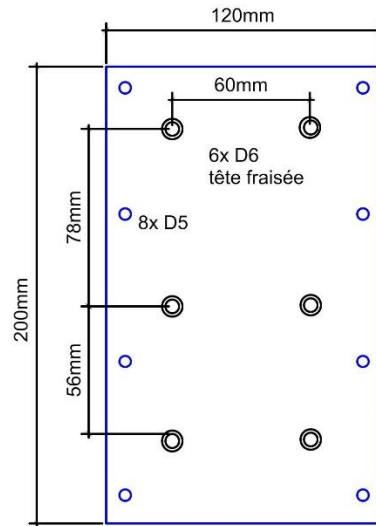
**Note :** Vérifier les cotes des trous en fonction du matériel disponible, car ces cotes correspondent à ma machine.



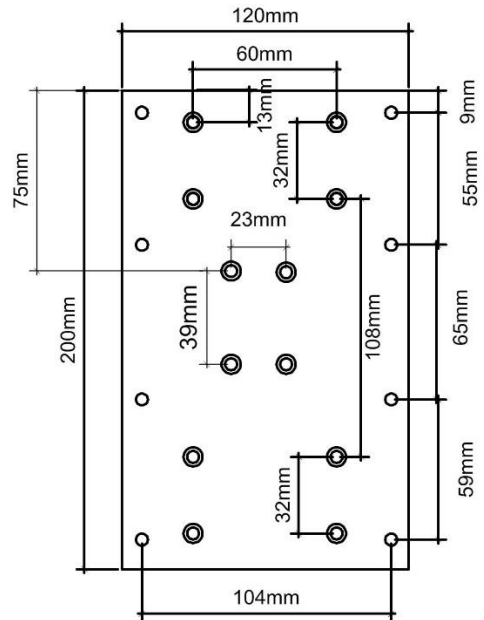
**Plaque arrière (1):**



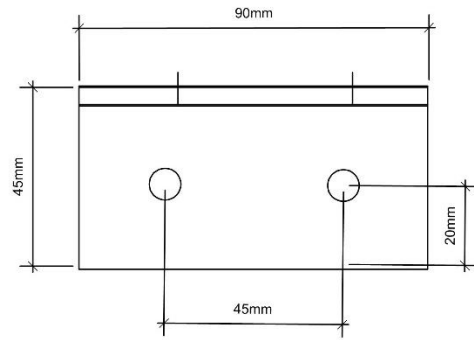
**Plaque fixation support de broche (1):**



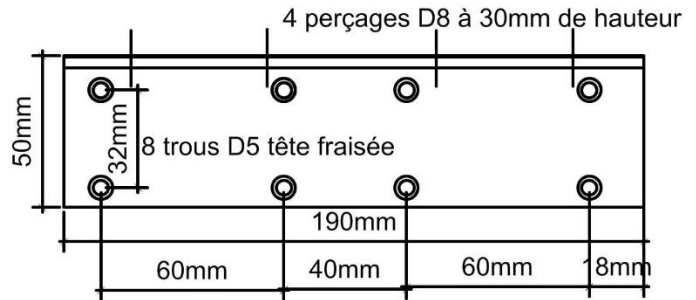
**Plaque montage bloc Z (1):**



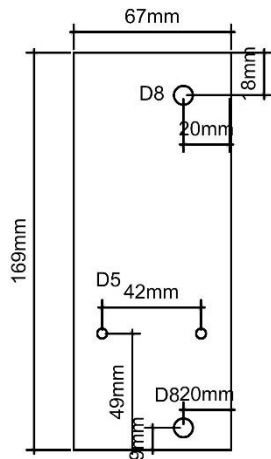
**Plaque liaison des glissières Y et noix de la vis à billes Y (1) :**



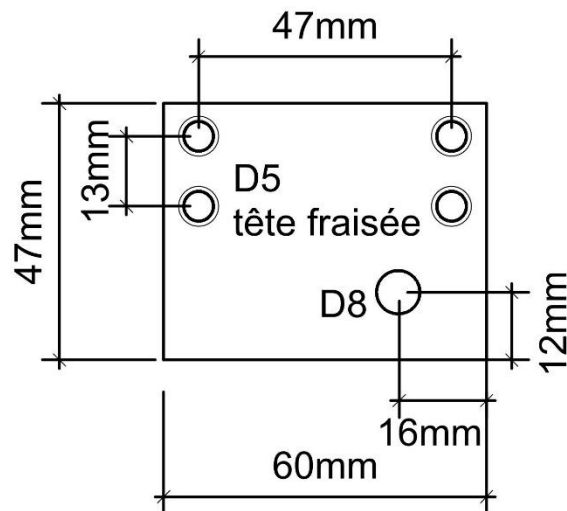
**Cornière moteur Y (montage en haut du montant) (1):**



**Cornière glissières portique Y sur les montants (2):**

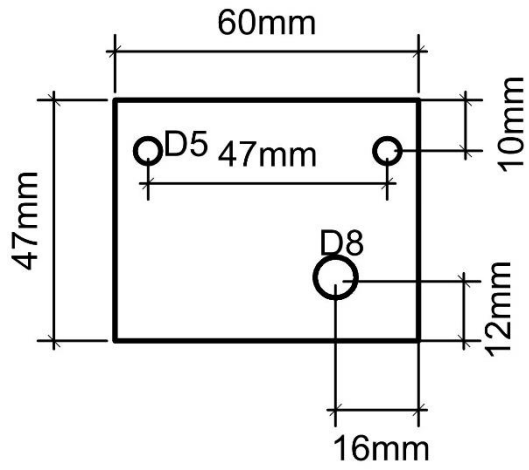


**Plaque fixation moteurs X (2):**



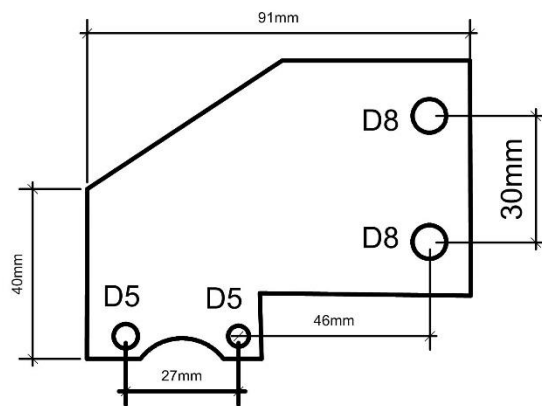
**Plaque BK12 vis axe X (2):**



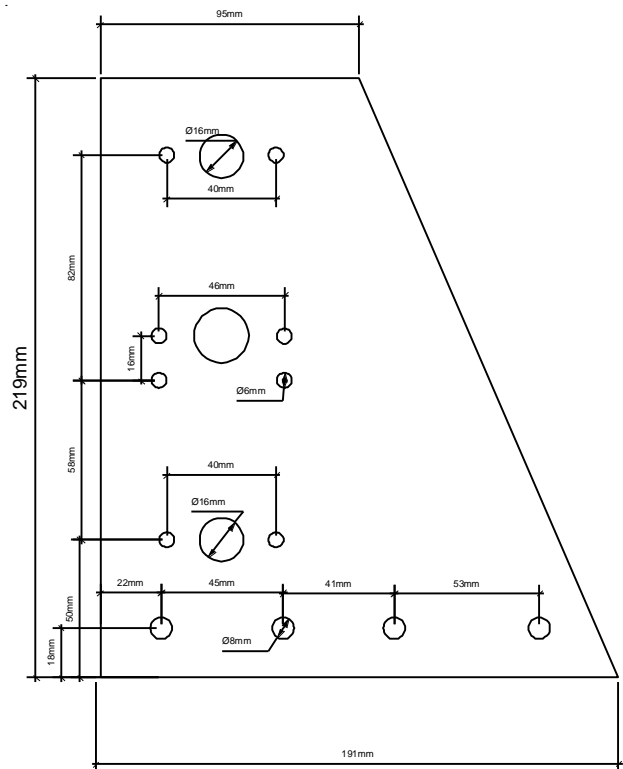


**Plaque BF12 vis axe X (2):**

Plaque remplaçant BF12 axe Y (option) (1) :



**Liaison portique vis axe X (2):**



**Option plaque latérale au lieu de montants profilés (2) :**

## 2.7 Montage et réglages

Le montage doit respecter un ordre pour pouvoir faire les ajustements :

- Eviter des contraintes latérales fortes sur les vis à billes
  - Assurer un bon coulisement des douilles sur la longueur des arbres rectifiés
  - Ajuster le parallélisme du déplacement du chariot Y par rapport au plan du martyr (conditionne la précision de la hauteur Z du fraisage utile pour le fraisage de circuit imprimé, même si un surfaçage du martyr peut corriger les choses)
- 1) Fabriquer les diverses pièces spécifiques et tester la compatibilité des perçages avec les douilles et noix en montant les vis à blanc
  - 2) Fixer les rails X sur les profilés 45x90, à la bonne distance des extrémités, en perçant un trou sur deux. La précision n'est pas très critique car le parallélisme se règlera ensuite par ajustement des profilés 45x45 qui solidarissent les profilés X. Faire glisser la douille du montant pour vérifier que les têtes des boulons ne gênent pas.
  - 3) Fixer sans trop serrer les profilés 45x45 qui relient à 90° les profilés X, l'écartement sera ajusté avec la longueur des axes de guidage du chariot Y. Un profilé servira de repère pour régler la hauteur de l'axe de guidage Y inférieur.
  - 4) Fixer les douilles sur les équerres avec des vis à tête fraisée pour garder une surface plane de pose des montants et fixer les équerres sur la tranche des montants
  - 5) Monter les douilles Y sur la plaque du chariot Y, en enfilant les axes de guidage en ajustant au mieux leur parallélisme.
  - 6) Monter les supports en bout des axes sur les montants, ne pas trop serrer
  - 7) Enfiler les douilles X sur les rails X et enfiler les axes de guidage Y dans les supports en serrant un peu ceux-ci: cela permet
    - a. De régler l'écartement des rails X et la verticalité des montants
    - b. De fixer la plaque arrière reliant les montants
    - c. De régler la hauteur du chariot Y / martyr en réglant la hauteur et la parallélisme de l'axe Y inférieur à 95mm pour un martyr de 12mm
    - d. De repérer à 1mm près la position du perçage de la traversée de la vis Y dans le montant. Le chariot Y peut être déplacé contre le montant pour servir de repère en traçant une ligne au milieu des trous de fixation de la noix de la vis sur la plaque du chariot Y
  - 8) Percer le montant à D20 (cela laisse 2mm de marge de réglage autour de la vis) là où la vis à bille Y doit traverser
  - 9) Insérer la vis à billes munie de sa noix dans le montant et remonter les axes et les supports de la vis
  - 10) Serrer le support BF12 de la vis et l'écrou de maintien de la vis à billes, cela peut imposer un ajustement de la longueur des axes insérée dans leur support, vérifier que la vis est maintenue en latéral dans le roulement à billes du support BK12. Si les axes de guidage sont trop longs il est possible de percer le montant, mais ils doivent être bien maintenus par le support en bout.
  - 11) Fixer la noix de la vis sur la plaque du chariot Y en serrant les vis
  - 12) Ajuster la position des supports pour que le déplacement du chariot se fasse sans point dur, en tournant la vis à la main
  - 13) Serrer le tout avec éventuellement du frein filet, le portique Y est terminé
  - 14) Ajuster le parallélisme des rails X pour que le portique Y se déplace (à la main) sans point dur et serrer les boulons des équerres 45x45
  - 15) Vérifier la verticalité de la plaque du chariot Y par rapport au plan du martyr. On peut ajuster grâce aux boulons de l'équerre des douilles des montants
  - 16) Monter les vis à billes de l'axe X et vérifier que le portique n'est pas gêné dans son déplacement
  - 17) Pour fixer la pièce de liaison de la noix de la vis avec le montant, il faut attendre de commander simultanément les moteurs X

## 3 Broche

### 3.1 Broche Kress et AMB

La broche Kress de 1KW était très commune, mais cette marque a été reprise par AMB qui offre un modèle identique, la AMB1050, dont les pinces sont identiques.

Elle est refroidie par air, alimentée en 230V et comporte un réglage de vitesse interne de 4000 à 20000tr/mn, ce qui va bien pour le bois ou l'alu, mais un peu lent pour le fraisage de circuits imprimés, bien que cela fonctionne bien. Elle est livrée avec une pince 8mm, les pinces sont spécifiques donc plus chères que des pinces ER11. Une pince 3.175mm est nécessaire pour les fraises chinoises 1/8 pouce. En pratique j'ai surtout utilisé les pinces 4mm, 6mm et 8mm pour le surfacage.

Elle se monte sur un support de 43mm qui prend bien le col de la broche. Son bouton de blocage d'axe est bien pratique pour changer la fraise.

Un simple relais dans l'électronique permet de démarrer la broche, mais la commande de vitesse par logiciel n'est pas possible, ce qui n'est pas très gênant en pratique.

La broche est plutôt bruyante, mais la fraise dans le bois dur dépasse ce bruit.

La longueur de fraise qui dépasse du mandrin est généralement de l'ordre de 30mm, ce qui limite la profondeur maximale de fraisage car le mandrin va buter. Une course Z de 100mm est de ce fait suffisante pour avoir le recul de dégagement sur des matériaux épais.

### 3.2 Broche 400Hz

On trouve sur le marché des broches plus rapides alimentées en 400Hz qui demandent un boîtier inverseur VFD permettant le contrôle de la vitesse par un signal analogique commandé par logiciel.

Elles sont données pour être plus silencieuses, surtout le modèle à refroidissement par eau qui n'a pas de ventilateur (donc moins de bruit), mais par contre il faut une pompe et un réservoir d'eau de 30 à 40l (en circuit fermé).

La commande par l'électronique est un peu plus complexe, mais permet d'exploiter les Gcodes de logiciels Mach3/Mach4 ou autre Openbuilds pilotant la vitesse de rotation de la fraise.

## 4 Electronique

### 4.1 Moteurs

Les moteurs pas à pas sont des moteurs à deux phases, généralement à 200pas par tour, d'où sortent deux paires de fils. Le sens de rotation peut être inversé en inversant les deux fils d'une paire.

Des modèles NEMA23 4A longs (113mm) sont utilisés sur les axes X pour avoir assez de force pour bouger le portique. Le même moteur est utilisé pour l'axe Y (lot de 3 moteurs). L'axe Z utilise un moteur plus court.

On configure les drivers pour utiliser du 1/2 à 1/16 pas, ce qui rend plus doux le mouvement mais demande plus d'impulsions pour une même vitesse d'avancement. En pratique 1/4 ou 1/8<sup>ème</sup> de pas est suffisant.

Les deux moteurs de l'axe X doivent être commandés de manière synchrone pour ne pas décaler l'axe du portique. Ceci peut se faire en connectant les deux moteurs sur le même driver de puissance mais je préfère dédier un driver par moteur, en les commandant par contre avec le même signal STEP/DIR.

### 4.2 Drivers de puissance

Au début j'utilisais une carte 4 voies comportant les 4 composants TB6560, directement commandée par le port parallèle 25 broches du PC. L'inconvénient était que ces composants ne sont pas protégés contre les court-circuits, ce qui a demandé de rajouter un circuit de protection.

Au passage des courroies crantées aux vis à billes, la carte a été remplacée par 4 drivers indépendants 5A basés sur le nouveau composant TB6600 (protégé), commandé par la carte IPL5X spécifique au logiciel RPFMS.



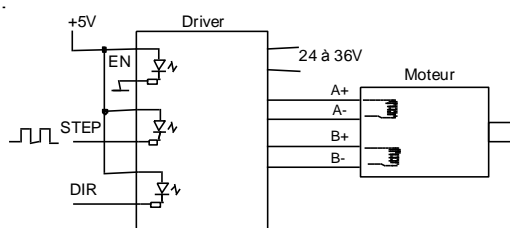
Ces nouveaux blocs comportent une isolation par des optocoupleurs et permettent de régler le courant maximal et le nombre de micropas utilisés. Un gros radiateur améliore la dissipation thermique. Les câbles des moteurs et des signaux de contrôle sont connectés sur des borniers vissés facilement débouchables.

Ils acceptent une alimentation de 24V ou 36V.

Trois signaux de commande par optocoupleur sont prévus :

- Un ENABLE qui active le contrôle du moteur et le maintien de son couple (utile pour l'axe Z), en pratique ENABLE est toujours actif
- STEP dont le flanc montant fait avancer le moteur d'un micropas
- DIR indiquant la direction du déplacement

La commande se fait en tirant la diode de l'optocoupleur vers la masse (qqns 15mA) en ayant une tension de +5V commune aux 3 signaux, ce qui demande des transistors en collecteur ouvert, mais peut aussi se faire par un circuit logique CMOS totem-pole ou un port de microcontrôleur.



### 4.3 Interface PC

L'interface PC utilisé dépend du PC que l'on veut dédier à la CNC ainsi que du logiciel utilisé. Le port parallèle disparaît des PCs actuels mais il existe des convertisseurs USB-port\_parallèle qui peuvent rendre service pour réactiver un vieux logiciel (une ancienne version de MACH3 dont je dispose ne peut piloter que le port parallèle). Il en est de même pour CNFRAISE que j'utilisais au début et que j'ai remplacé par RPFMS utilisant USB (qui n'est lui aussi plus maintenu mais que l'on peut encore trouver sur le web)..

L'interface actuelle privilégiée utilisée sur les cncs est le port USB voire Ethernet en direct ou Wifi.

Un vieux PC tournant sous WINXP-SP3 peut très bien convenir (notamment avec RPFMS). Des logiciels freeware LINUX existent aussi pour piloter la CNC.

#### 4.3.1 Port parallèle

Le port parallèle originellement destiné à la connexion d'une imprimante permet de sortir les signaux DIR, STEP pour les 3 axes, la commande de marche de la broche, et lire les signaux détectant les limites de la CNC ainsi que le signal d'urgence.

La carte initiale était connectée directement sur le port parallèle du PC.

Comme les signaux DIR, STEP sont directement manipulés par le logiciel, le système Windows (qui n'est pas temps réel) peut perturber ces signaux et limiter la vitesse maximale des moteurs que l'on peut atteindre.

C'est pourquoi les cartes modernes utilisent une carte « interpolateur » gérée par un microprocesseur local assurant le contrôle de ces signaux à partir d'ordres de plus haut niveau envoyés par le logiciel de contrôle via le bus USB généralement. Ceci donne un mouvement plus régulier et rapide des moteurs.



On trouve sur ebay une carte pour port parallèle facile à connecter permettant à MACH3 de piloter les drivers. Cette carte doit être alimentée séparément par une alim dédiée 12V en plus du 5V prélevé sur le bus USB. C'est une boîte éclatée du port parallèle, le bus USB ne sert qu'à alimenter les circuits côté PC pour isoler et protéger celui-ci. Ce n'est pas interpolateur ni un convertisseur USB-PORT\_parallèle, carte qui existe aussi et peut être connectée en amont :

<https://www.ebay.fr/itm/333831816399?hash=item4db9ed44cf:g:SnwAAOSwgRh37Ph>



### 4.3.2 USB

Le port USB permet de commander la carte interpolateur, en envoyant des ordres spécifiques (cas de RPFMS/IPL5X) ou des ordres standardisés GCode vers des interpolateurs dont LA version Opensource est GRBL.

Le bus USB est plus sensible et doit utiliser un câble blindé et des protections pour éviter les parasites émis par les moteurs même si les drivers retenus sont optoisolés.

Il peut alimenter directement une carte d'interface en 5V jusqu'à 500mA, ce qui peut éviter une alim 5V dédiée. (cas de la carte  $\mu$ IPL5X pouvant directement piloter les drivers).

### 4.4 Carte IPL5X

La carte IPL5X a été développée par le groupe d'aéromodélistes ayant produit le logiciel RPFMS et RPFM (découpe au fil chaud). Hélas ce groupe a disparu et le logiciel n'est plus maintenu depuis la version 4.11 que j'utilise toujours.

J'ai simplifié la carte en  $\mu$ IPL5X en la réduisant à ses fonctions essentielles de pilotage de la CNC : commande des 3 axes, détection des limites (que je n'utilise pas en pratique sauf en commande manuelle) et activation de la broche. En effet j'avais déjà fait un pupitre de contrôle manuel de la machine. Cette carte impose le logiciel RPFMS car elle lui est spécifique. Par contre elle revient à seulement 20-30€ de composants environ.



En rajoutant 4 drivers de moteurs, on arrive à faire une électronique de pilotage pour 100€ environ. La carte sort un connecteur identique au port parallèle du PC et permet de piloter les cartes utilisant cette interface .

### 4.5 OpenBuilds Blackbox

La Blackbox est un boîtier récent issu de la communauté open-source Openbuilds utilisant GRBL. Ce boîtier utilisant le bus USB contient tout le système de contrôle de la CNC y compris les drivers des moteurs. Il suffit de rajouter une alimentation 24V. <https://openbuilds.com/>



Il suppose l'usage du logiciel OpenbuildsControl (d'autres logiciels peuvent aussi contrôler la blackbox car elle est basée sur l'environnement Arduino) qui ne digère que du GCode produit par OpenBuildsCAM ou autre CAO type Fusion360 d'Autodesk (équipé d'un post processeur pour générer du Gcode).

Noter qu'OpenBuildsCAM est un logiciel Web qui demande une connexion internet : il n'est pas installé sur le PC.

Son inconvénient est qu'il demande un PC récent tournant sous WIN10, mais son coût est plutôt intéressant car on a toute l'électronique nécessaire incluant les drivers des moteurs pour 240€ environ. On peut lui rajouter le boîtier Interface ( 200€ de plus environ) qui permet d'avoir une commande manuelle en se passant du PC en exécutant les programmes GCode à partir de fichiers d'une clef usb flashdrive chargée sur un autre PC.

D'autres contrôleurs de moteurs existent sur le marché.

## 4.6 Commande manuelle

La plupart des logiciels de contrôle ont une fonction de déplacement manuel de la fraise sur les 3 axes, mais cela oblige à regarder l'écran du pc et manipuler la souris sur son tapis, ce qui n'est pas toujours facile si l'atelier est poussiéreux et encombré. C'est pourquoi j'ai équipé ma cnc d'un pupitre manuel permettant de régler l'origine par exemple en étant très proche visuellement de la fraise.

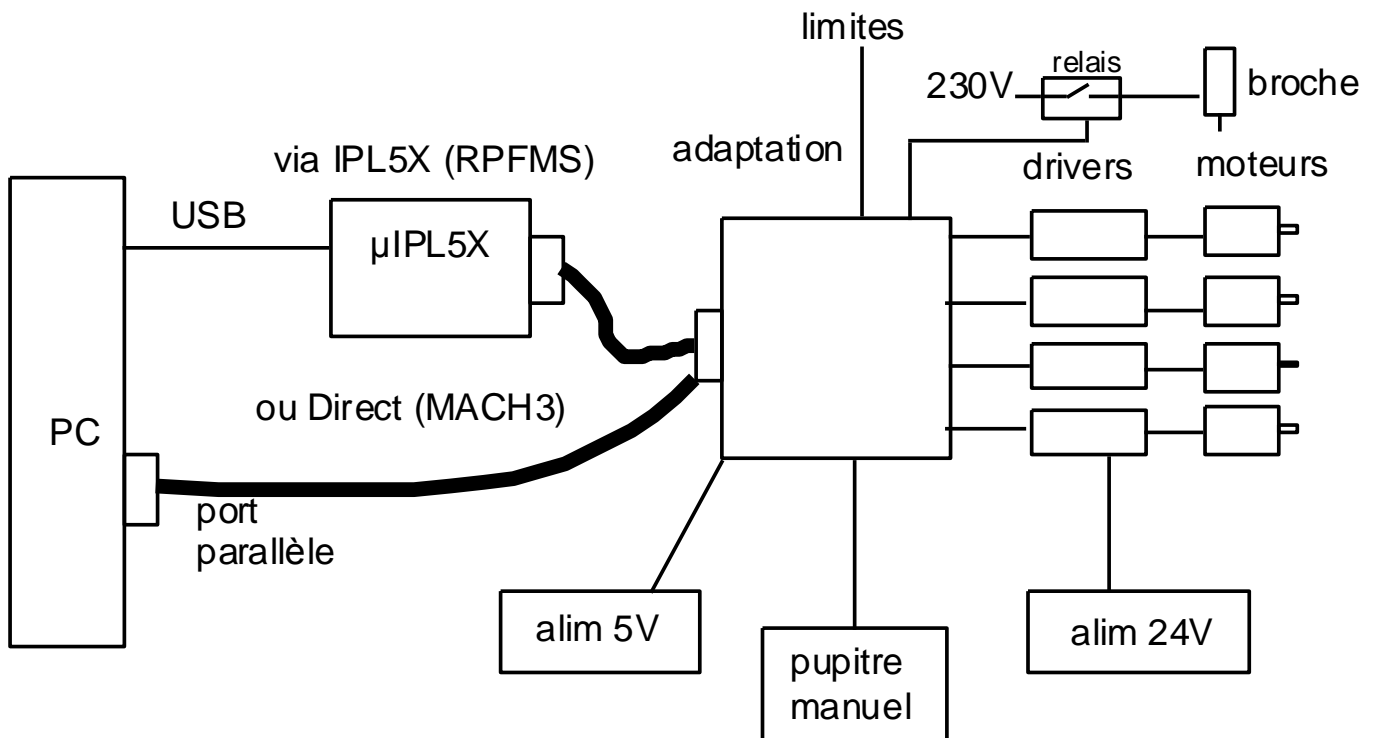
Ce type de pupitre doit comporter au minimum :

- Un interrupteur général du secteur éventuellement en coup de poing
- Un interrupteur validant le mode manuel, sinon les boutons sont sans effet. Il peut servir de blocage d'urgence des ordres venant du PC et évite de perturber (et gâcher de la matière) un programme en cours par inadvertance
- Un voyant bien visible indiquant qu'on est en mode manuel (pour éviter de lancer le fraisage dans ce mode)
- des poussoirs +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z pour déplacer la fraise
- Un contrôle des limites évitant de trop insister en butée des moteurs
- Des leds indiquant la limite atteinte sur chaque axe
- Un interrupteur (protégé) d'activation de la broche
- Un potentiomètre de réglage de la vitesse de déplacement pour un calage précis

L'affichage de la position sur ce pupitre est peu utile dans la mesure où c'est compliqué et déjà fait par le logiciel de contrôle quand celui-ci pilote la machine.

Un petit  $\mu P$  permet de générer facilement les signaux STEP et DIR de chaque axe dans un « paddle » déporté relié à la carte d'adaptation de la carte  $\mu IPL5X$  (ou du port parallèle direct du PC) avec les drivers des moteurs, le relais de la broche et les microswitches des limites.

Le panneau manuel est utile pendant la construction de la cnc car il permet de contrôler l'électronique « à blanc » avant de monter les moteurs sur la machine et ensuite activer ceux-ci pour le réglage des vis à billes et guidages.



Synoptique de la cnc

## 5 Logiciels

### 5.1 CAO

Le logiciel CAO permet de dessiner les plans des pièces à découper, soit en 2D vectorisé (déjà suffisant) soit en 3D (plus difficile), de générer les fichiers que peut avaler le logiciel de contrôle de la cnc : DXF voire Gcode directement avec des plugins adéquats.

Il faut noter que le Gcode exécuté par le contrôleur demande des infos supplémentaires telles que profondeur de fraisage, vitesse d'avance, ce qu'un logiciel de dessin ne propose pas (sauf astuces). Le Gcode demande généralement de passer par un logiciel traducteur intermédiaire (OpenBuildsCAM par exemple).

Il vaut mieux utiliser un logiciel de dessin vectoriel permettant de gérer précisément la dimension des objets produits.

Les logiciels courants qui s'installent sur le PC:

- AutoCAD LT : ancien et son ergonomie n'est pas terrible
- Fusion360 d'AutoDesk : <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/personal>
- Inkscape : opensource et gratuit <https://inkscape.org/fr/>
- VectorWorks de Nemetschek: logiciel 2D/3D que j'utilise par habitude depuis le début (vieux version 2008 en anglais), les plans 3D de ce document ont été faits avec lui.  
<https://www.downloadkeeper.com/vectorworks-2008-key-free-crack-serial-download.html>
- autres

### 5.2 RPFMS

RPFMSV4.11 est le logiciel de contrôle de ma cnc intégrant la traduction de fichiers DXF, DAT (profil d'aile), EPS, Excellon, que l'on peut ensuite enrichir en rajoutant les infos de fraisage telles que la profondeur de chaque séquence tracée, le rayon de la fraise, la vitesse d'avance, l'origine de la découpe, que l'on peut ensuite sauvegarder dans son fichier spécifique .FMS.

Noter que les fichiers texte de points .DAT peuvent être facilement créés avec des outils mathématiques tels que MathCAD pour faire des découpes ou tracés complexes.

Il peut aussi générer directement le tracé d'un texte issu d'une police choisie, ce qui est très pratique pour de la gravure.

Il peut aussi exécuter du Gcode issu par exemple de CAMBAM pour lequel un post-processeur adéquat est disponible.

Le changement de rayon de fraise est répercuté immédiatement sur le trajet de découpe. Les coordonnées des points des séquences peuvent être édités.

Il n'est hélas plus maintenu mais toujours disponible sur le web : <https://www.cncpartage.fr/archive-5xproject/5xproject.dyndns.org/5XProject/tiki-indexc2ed.html?page=LE%20Projet>

Il a quelques bugs (erreur 9 due au registre windows) parfois de plantage, mais ce n'est pas très gênant.

Avantages :

- Intégré : on peut modifier les profondeurs de fraisage sans repasser sur le pc de création du dessin
- Simple d'usage et import de fichiers DXF et autres formats de dessin
- Exécution de fichier Gcode
- Tourne sur vieux PC sous WIN-XP ou WIN7
- Pilote la carte IPL5X peu coûteuse à réaliser
- Gestion des limites X,Y,Z: désactivable, je ne m'en sers pas en pratique



Inconvénients :

- Non maintenu depuis la V4.11
- Qqs plantages
- Pas de gestion d'un palpeur Z en cas de changement de fraise : c'est faisable facilement en mode manuel par détection de contact

### 5.3 Mach3

Mach3 (et Mach4 maintenant) est (ou était) LE logiciel de contrôle professionnel des cncs. Il est très complet.

<https://www.machsupport.com/software/mach3/>

Il ne prend que des fichiers Gcode.

La version Mach3 que j'utilise, pour fraiser des objets en 3D (peu souvent car c'est long), ne pilote que le port parallèle du PC. Pour cela l'électronique de ma cnc est pilotable soit avec la carte  $\mu$ IPL5X (qui sort un DB25 compatible du port parallèle) soit directement depuis le port parallèle du pc.

### 5.4 Openbuilds

S'il fallait partir de zéro aujourd'hui j'envisagerais d'utiliser les outils de la communauté OpenBuilds utilisant GRBL, notamment la Blackbox (240<sup>E</sup>) et OpenBuildControl (gratuit) au moins, qui prend le Gcode.

C'est un peu plus coûteux mais ne demande pas de compétences de construction en électronique.

Si la connexion web imposée par OpenbuildCAM est gênante, on peut trouver d'autres logiciels produisant du gcode (CAMBAM par exemple).

<https://openbuilds.com/>

### 5.5 Cambam

Cambam est un logiciel payant (100<sup>E</sup>) permettant de générer le gcode pour les passes de fraisage d'un objet en 2D ou 3D.

La version d'essai permet 50 utilisations.

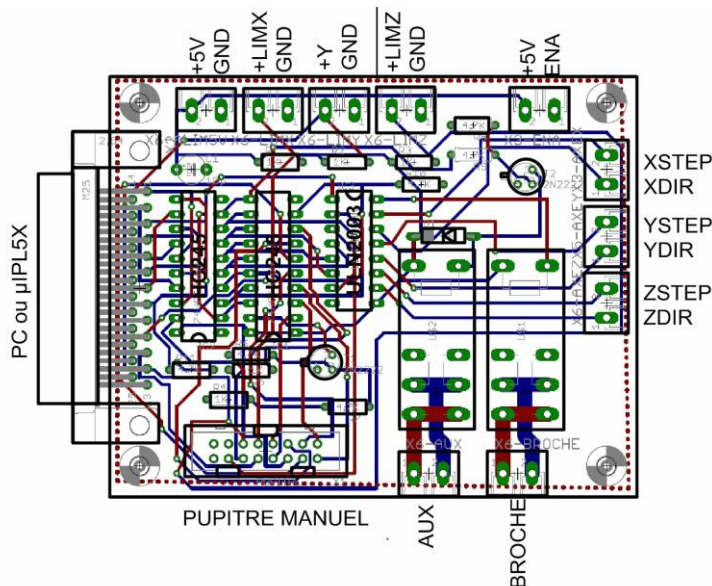
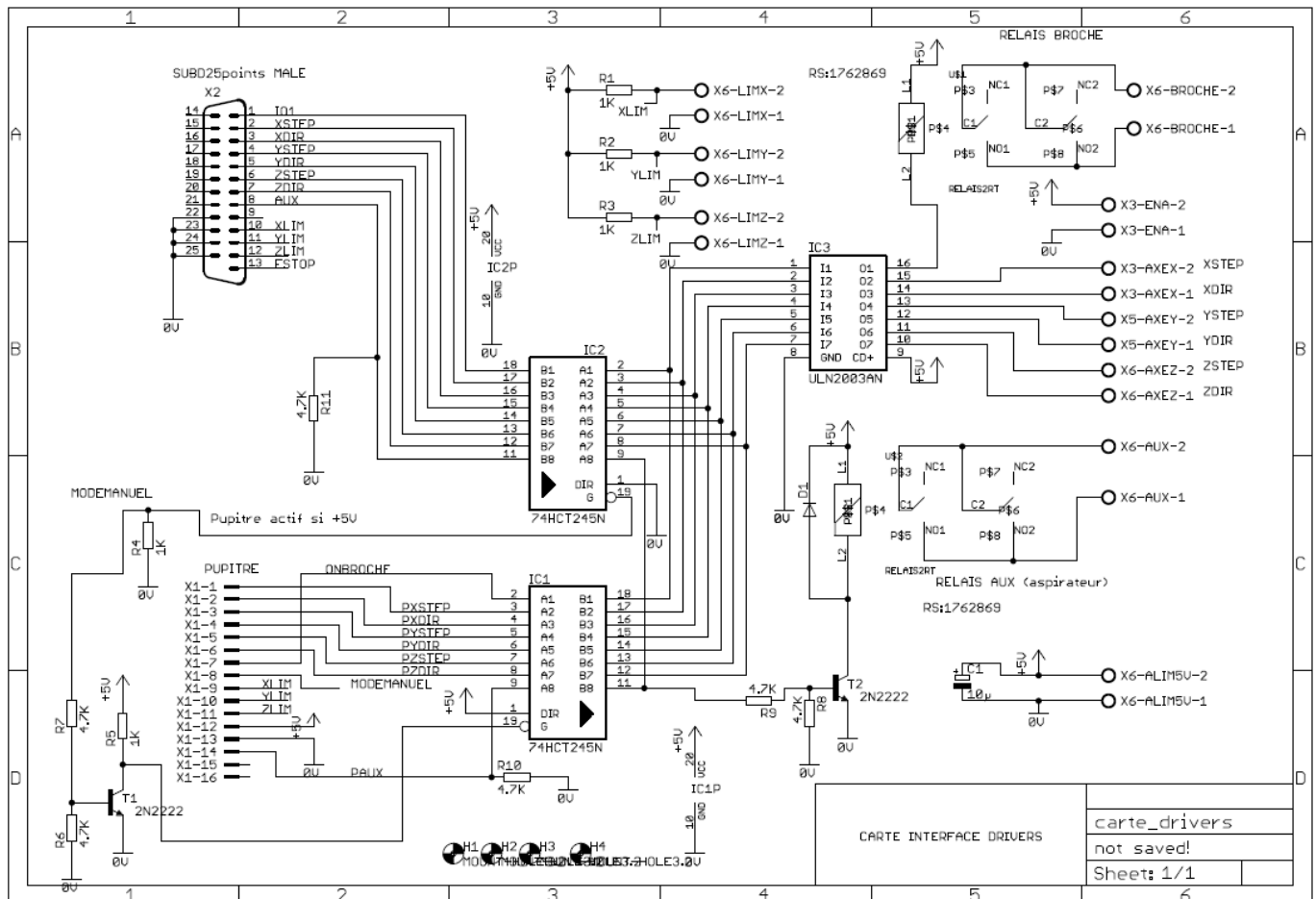
<http://www.cambam.info/>

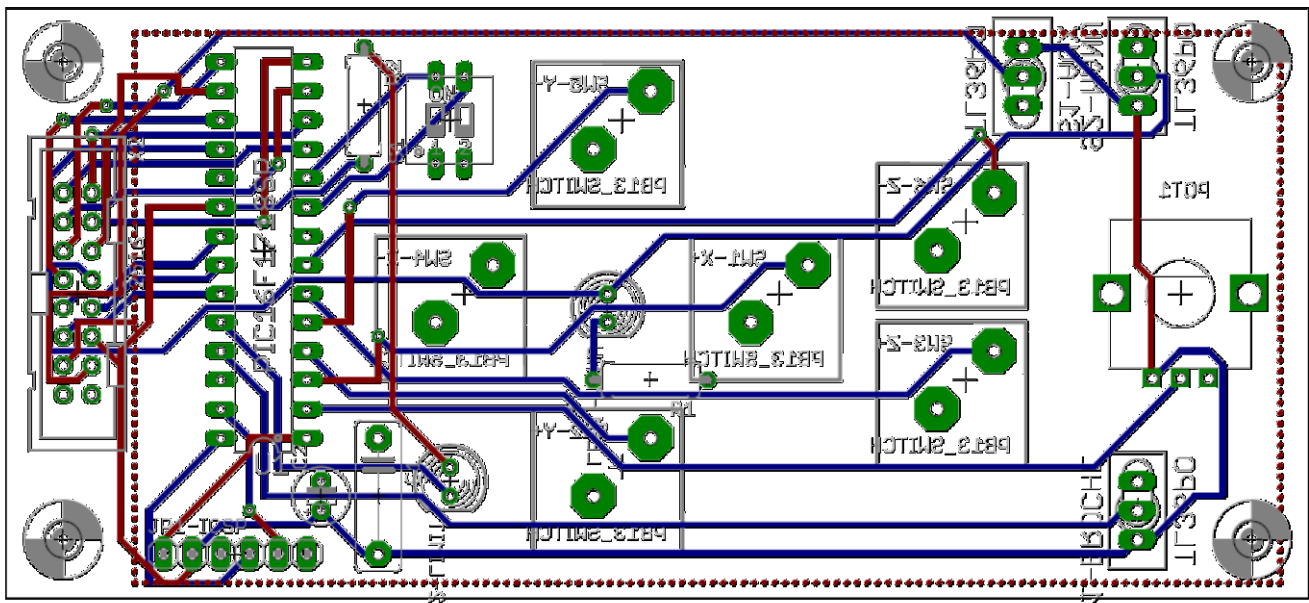
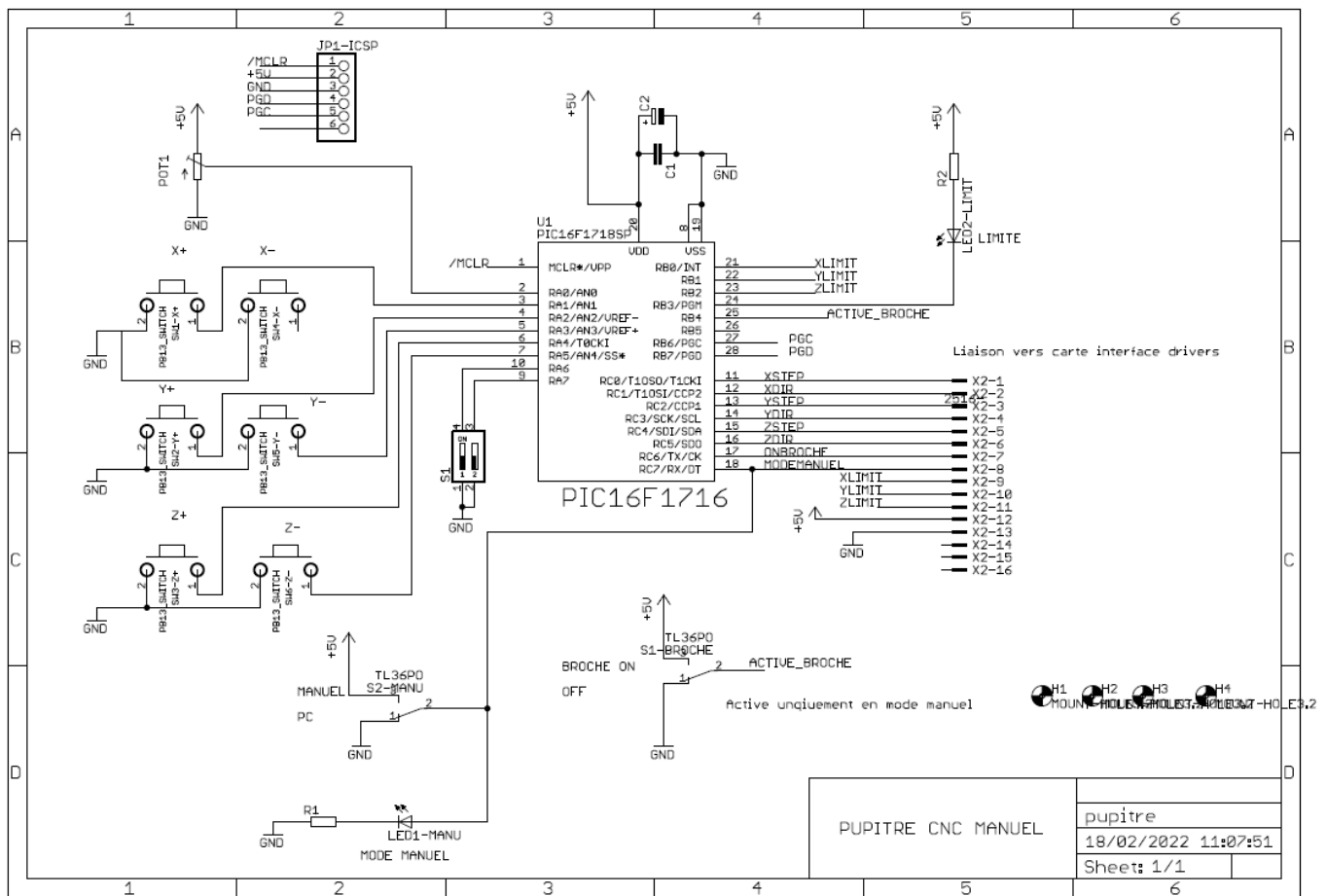
## 6 Annexes

### 6.1 Schémas du pupitre manuel et carte interface drivers

La carte interface relie la carte  $\mu$ IPL5X aux drivers des moteurs et permet la connexion de la carte de commande du pupitre manuel. Cela permet de se connecter au PC soit par le port parallèle DB25 avec un câble « imprimante » 25points mâle-25points femelle fil à fil (usage de MACH3 par exemple) , soit en utilisant la carte  $\mu$ IPL5X pour exploiter RPFMS, qui sort avec un connecteur 25 points femelle comme le PC.

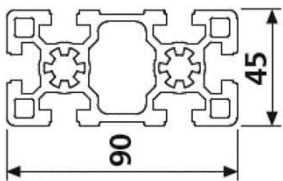
Elle permet aussi de relier la carte pupitre manuel, par un câble plat 3M 2x8 broches ou un SUBD15 à sertir.





## 6.2 Liste et source des constituants

Profilé 90x45 dur : <https://www.ebay.fr/itm/275158203378?var=575427800330>



Douille à billes longue pour rail X (2) <https://www.ebay.fr/itm/284555215531>



Linearlager mit Gehäuse - offen - lang

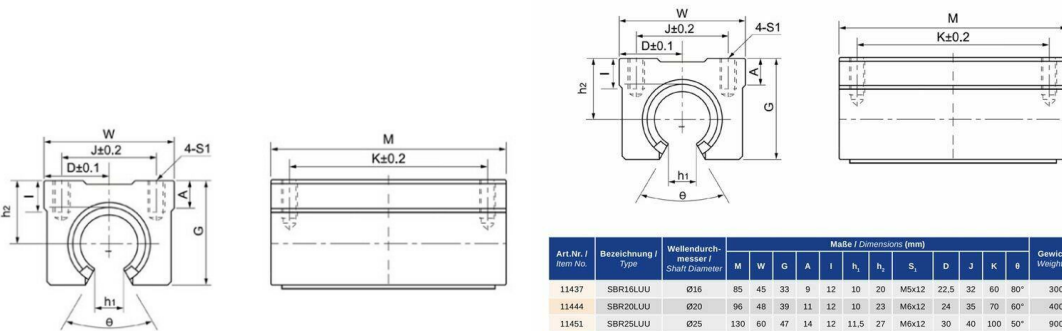
SBR...LUU



| Bezeichnung /<br>Type | Linearlager /<br>Linear Bearing | Tragzahl / Basic load rating |                              |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                       |                                 | Dynamisch C N<br>Dynamic C N | Statisch Co M<br>Static Co M |
| SBR16LUU              | 2xLM16UUOP                      | 1548                         | 2360                         |
| SBR20LUU              | 2xLM20UUOP                      | 1764                         | 2740                         |
| SBR25LUU              | 2xLM25UUOP                      | 1960                         | 3140                         |
| SBR30LUU              | 2xLM30UUOP                      | 3140                         | 5480                         |
| SBR40LUU              | 2xLM40UUOP                      | 4320                         | 8040                         |



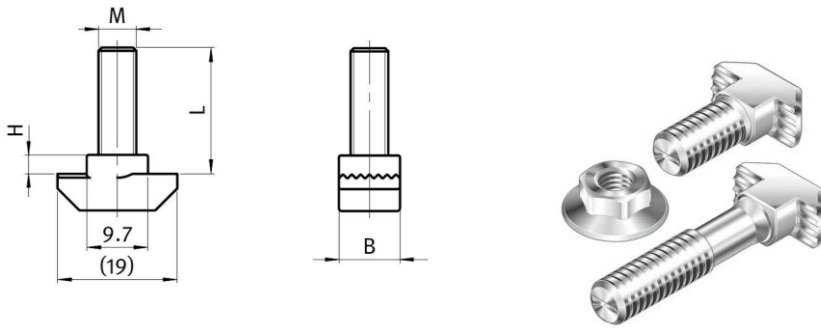
Linearlager mit Aluminiumgehäuse für unterstützte Wellenführungen (Supported Rails).  
Dieses Lager lässt sich sowohl mit SBS als auch TBS Supported Rails kombinieren.  
Das Linearlager vereint zwei Kugellaufläufchen in einem Gehäuse.  
UU = Schmutzabstreifer an beiden Seiten.



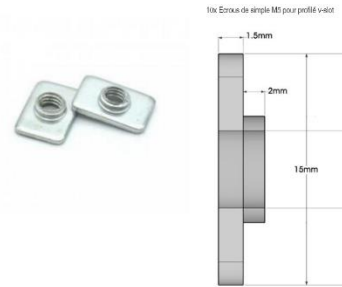
| Art.Nr. /<br>Item No. | Bezeichnung /<br>Type | Wellendurch-<br>messer /<br>Shaft Diameter | Maße / Dimensions (mm) |    |    |    |    |                |                |                |      |    |     |     |      |  | Gewicht /<br>Weight (g) |
|-----------------------|-----------------------|--|------------------------|----|----|----|----|----------------|----------------|----------------|------|----|-----|-----|------|--|-------------------------|
|                       |                       |  | M                      | W  | G  | A  | I  | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | S <sub>1</sub> | D    | J  | K   | θ   |      |  |                         |
| 11437                 | SBR16LUU              | Ø16  | 85                     | 45 | 33 | 9  | 12 | 10             | 20             | M5x12          | 22.5 | 32 | 60  | 80° | 300  |  |                         |
| 11444                 | SBR20LUU              | Ø20  | 96                     | 48 | 39 | 11 | 12 | 10             | 23             | M6x12          | 24   | 35 | 70  | 60° | 400  |  |                         |
| 11451                 | SBR25LUU              | Ø25  | 130                    | 60 | 47 | 14 | 12 | 11.5           | 27             | M6x12          | 30   | 40 | 100 | 50° | 900  |  |                         |
| 11468                 | SBR30LUU              | Ø30  | 140                    | 70 | 56 | 15 | 18 | 14             | 33             | M8x18          | 35   | 50 | 110 | 50° | 1260 |  |                         |
| 11475                 | SBR40LUU              | Ø40  | 175                    | 90 | 72 | 20 | 20 | 19             | 42             | M10x20         | 45   | 65 | 140 | 50° | 2660 |  |                         |

Vis en T : <https://www.ebay.fr/itm/275055233786?var=575341615310>

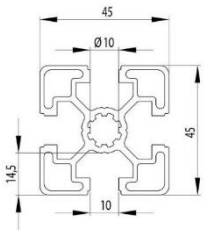
On en trouve aussi chez RadioSpares : RS1971384 avec écrou pour le même prix.



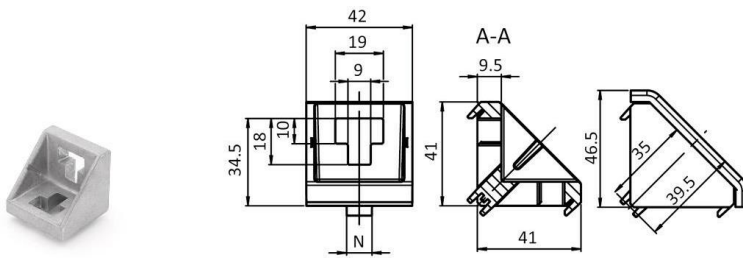
**Ecrous simples M5 pour profilé à rainure 10mm :** <https://www.imp3d-france.com/article/912/10x-ecrous-simple-m5-pour-profilé-v-slot>



**Profilé 45x45 léger :** <https://www.ebay.fr/itm/275158203381?var=575427982674>



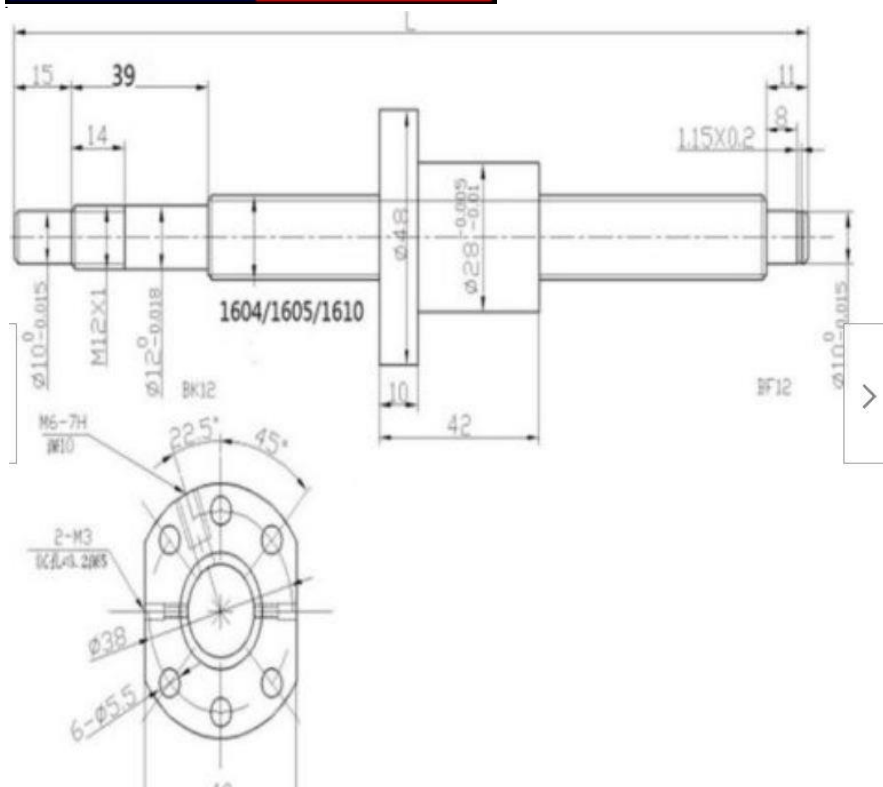
**Angle 90° pour profilé 45 :** <https://www.ebay.fr/itm/284445062649>



**Axes et roulements fermés pour axe Y (2) :** <https://www.ebay.fr/itm/275087432885>



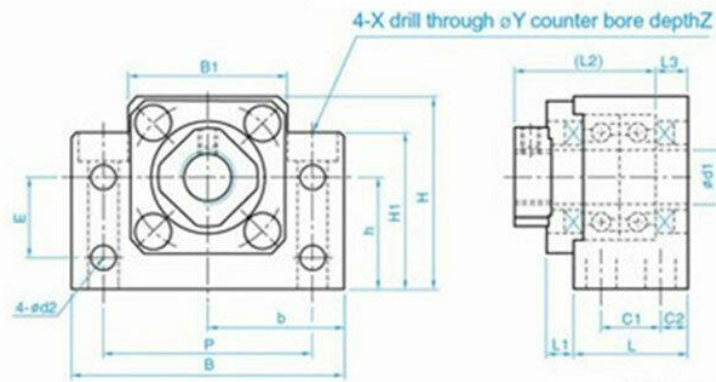
Vis à bille Y (1) de 750mm : <https://www.ebay.fr/itm/353302159798?var=622490317623>



Vis à billes X1 et X2 (2) 1050mm : <https://www.ebay.fr/itm/353302159798?var=622490317628>



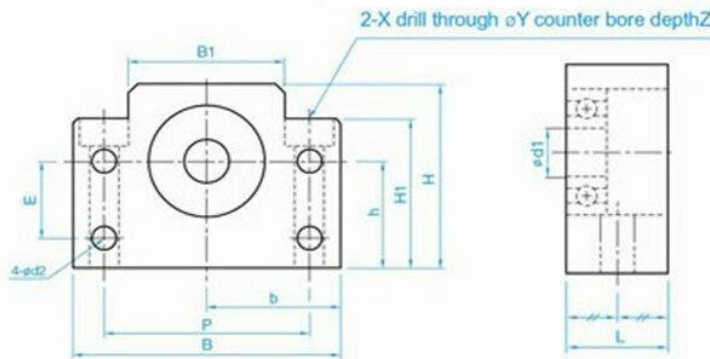
# BK



(Unit) : mm

| Model No. | d1 | L  | L1 | L2 | L3 | C1 | C2 | B  | H  | b <sup>+0.02</sup> | h <sup>+0.02</sup> | B1 | H1   | E  | P  | d2  | X   | Y    | Z   |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------|--------------------|----|------|----|----|-----|-----|------|-----|
| BK 10     | 10 | 25 | 5  | 29 | 5  | 13 | 6  | 60 | 39 | 30                 | 22                 | 34 | 32.5 | 15 | 46 | 5.5 | 6.6 | 10.8 | 5   |
| BK 12     | 12 | 25 | 5  | 29 | 5  | 13 | 6  | 60 | 43 | 30                 | 25                 | 34 | 32.5 | 18 | 46 | 5.5 | 6.6 | 10.8 | 1.5 |
| BK 15     | 15 | 27 | 6  | 32 | 6  | 15 | 6  | 70 | 48 | 35                 | 28                 | 40 | 38   | 18 | 54 | 5.5 | 6.6 | 11   | 6.5 |

# BF



(Unit) : mm

| Model No. | d1 | L  | B  | H  | b <sup>+0.02</sup> | h <sup>+0.02</sup> | B1 | H1   | E  | P  | d2  | X   | Y    | Z   |
|-----------|----|----|----|----|--------------------|--------------------|----|------|----|----|-----|-----|------|-----|
| BF 10     | 8  | 20 | 60 | 39 | 30                 | 22                 | 34 | 32.5 | 15 | 46 | 5.5 | 6.6 | 10.8 | 5   |
| BF 12     | 10 | 20 | 60 | 43 | 30                 | 25                 | 34 | 32.5 | 18 | 46 | 5.5 | 6.6 | 10.8 | 1.5 |
| BF 15     | 15 | 20 | 70 | 48 | 35                 | 28                 | 40 | 38   | 18 | 54 | 5.5 | 6.6 | 11   | 6.5 |

Rails guidage X D16mm (2) 1200mm : <https://www.ebay.fr/itm/353218760395?var=622419195056>



Montage broche Kress ou MAB (1) : <https://www.ebay.fr/itm/272956672992>



**Broche AMB1050 (remplace Kress) :**

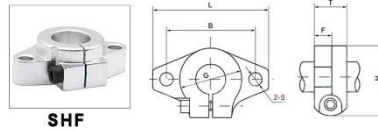
<https://www.ebay.fr/itm/284648949352?hash=item4246664668:g:t9kAAOSw3xViBksY>



**Support axe Y en bout (4) D16mm :** <https://www.ebay.fr/itm/124246902339?var=425103514995>

**Linear Shaft Support Bracket**

- SHF8/8mm
- SHF10/10mm
- SHF12/12mm
- SHF13/13mm
- SHF16/16mm
- SHF20/20mm
- SHF25/25mm
- SHF30/30mm
- SHF35/35mm
- SHF40/40mm
- SHF50/50mm

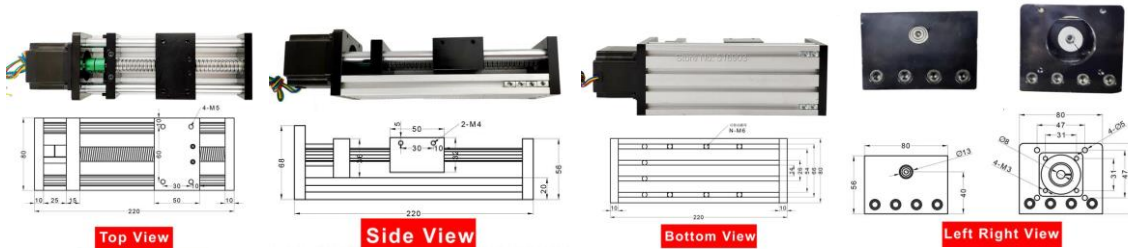


Unit:mm

| Model | Shaft diameter | L   | T  | F  | B  | G  | H  | S   | Mounting hole | Clamping hole |
|-------|----------------|-----|----|----|----|----|----|-----|---------------|---------------|
| SHF8  | Ø8             | 43  | 10 | 5  | 32 | 20 | 24 | 5.5 | M6            | M6            |
| SHF10 | Ø10            | 43  | 10 | 5  | 32 | 20 | 24 | 5.5 | M6            | M6            |
| SHF11 | Ø11            | 47  | 13 | 7  | 36 | 25 | 28 | 5.5 | M6            | M6            |
| SHF13 | Ø13            | 47  | 13 | 7  | 36 | 25 | 28 | 5.5 | M6            | M6            |
| SHF16 | Ø16            | 50  | 16 | 8  | 40 | 28 | 31 | 5.5 | M6            | M6            |
| SHF20 | Ø20            | 60  | 20 | 8  | 48 | 34 | 37 | 7   | M6            | M6            |
| SHF25 | Ø25            | 70  | 25 | 10 | 56 | 40 | 42 | 7   | M6            | M6            |
| SHF30 | Ø30            | 80  | 30 | 12 | 64 | 46 | 50 | 9   | M8            | M8            |
| SHF35 | Ø35            | 92  | 35 | 14 | 72 | 50 | 58 | 12  | M10           | M8            |
| SHF40 | Ø40            | 102 | 40 | 16 | 80 | 56 | 67 | 12  | M10           | M10           |
| SHF50 | Ø50            | 112 | 50 | 19 | 96 | 70 | 83 | 14  | M12           | M12           |

**Ensemble axe Z complet (course 100mm) :** <https://fr.aliexpress.com/item/32600066607.html>

ou <https://www.ebay.fr/itm/124901959532>



**Alimentation 36V 10A (1) :**

<https://www.ebay.fr/itm/264913481065?hash=item3dae12ed69:g:ON4AAOSwv2pfgXeg>

36V 10A 360W



|                      |                      |                      |                |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Input Voltage:       | 100-220VAV           | Model:               | JC-360-36      |
| Output Current:      | 10A                  | Output Voltage:      | DC 36V         |
| Size(L x W x H):     | 215mm x 115mm x 50mm | Output Power:        | 360W           |
| Work Efficiency:     | 85%                  | Ambient Temperature: | -15°C - 55°C   |
| Overload Protection: | >105%                | Certification:       | EU CE FCC ROHS |
| Ripple:              | <150mV               | Cooling Method:      | Fan cooling    |



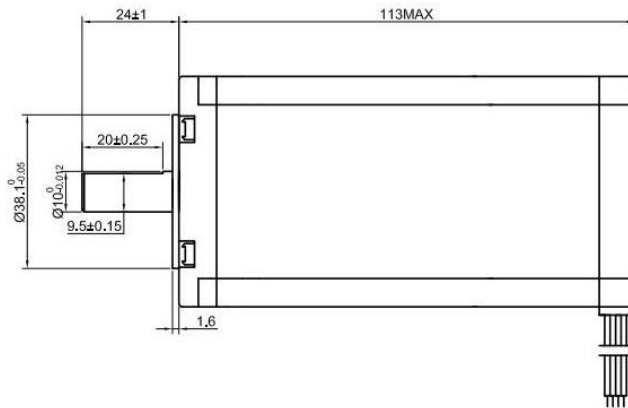
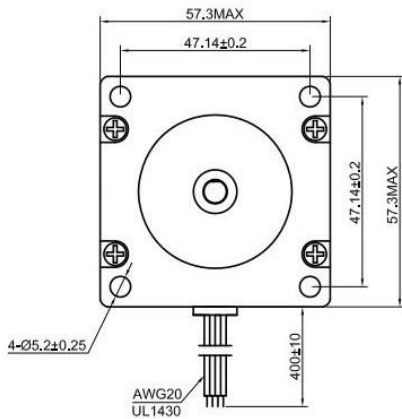
Ou en 24V 15A : <https://pccnc-shop.fr/alimentations/46-alimentation-24-v-350-watt-15-a.html>



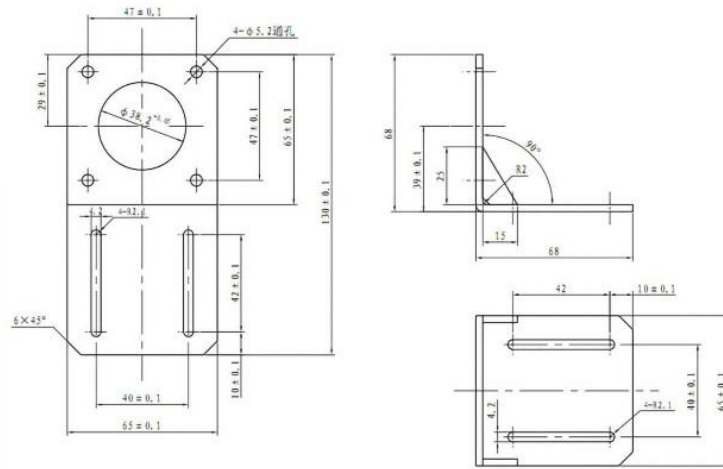
Drivers de moteur (4) : <https://www.ebay.fr/itm/234383654785>



Moteur NEMA23 (3) : <https://www.ebay.fr/itm/392927899415>

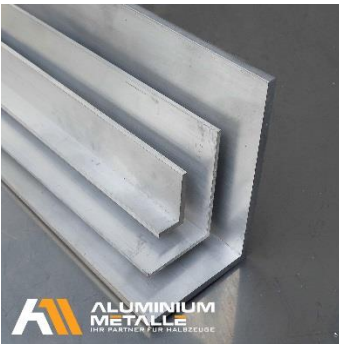


Support moteur (3) : <https://www.ebay.fr/itm/273543730036>



Aluminium et Cornières :

<https://www.ebay.fr/itm/182410172497?hash=item2a787e5851:g:pMEAAOSwax5Ypb7i>



Blackbox : <https://pccnc-shop.fr/openbuilds/47-openbuilds-blackbox-systeme-de-controle.html>



Carte d'interface /parallèle pour MACH3 :

<https://www.ebay.fr/itm/304035879595?hash=item46c9f35aab:g:s2cAAOSwBgpbzty~>



Guide-câbles : <https://www.ebay.fr/itm/113538752383?var=413713168825>



Câble 4 conducteurs 0.75mm2(moteurs) :

<https://www.ebay.fr/itm/284566778361?hash=item42418071f9:g:9r0AAOSwqWlhtwQI>

