

# COMMENT FABRIQUER UNE PERFORATRICE POUR CARTONS D'ORGUE DE BARBARIE - **version 2**

Jean-Claude GERMAIN [germain9@free.fr](mailto:germain9@free.fr)  
Jean-Marc GUEGUEN [jeanmarc.queguen@aliceadsl.fr](mailto:jeanmarc.queguen@aliceadsl.fr)



*Des p'tits trous, des p'tits trous, encore des p'tits trous...*

## AVERTISSEMENT

**Cette nouvelle description annule et remplace celle parue en Août 2012. Bien qu'étant opérationnelle, la première version a fait l'objet de modifications techniques visant à obtenir une meilleure fiabilité notamment sur les pertes de pas et les blocages du poinçon en position basse, mais aussi par l'ajout d'une carte Arduino pour la commande de l'ensemble.**

## 1 - PREAMBULE

Avant même d'avoir terminé la construction de notre propre orgue de barbarie, nous nous sommes posés la question cruciale « Comment se procurer des cartons ? »

La réponse qui vient immédiatement à l'esprit est de les acheter tout fait chez les noteurs. C'est le nom donné aux professionnels. Effectivement cette solution a bien des avantages :

- C'est simple - les cartons sont livrés prêts à l'emploi
- C'est rapide - il suffit de faire un chèque
- Le répertoire existant est très vaste
- La musique est très bien arrangée
- Si l'on ne trouve pas le carton au catalogue du fabricant, on peut leur passer des commandes spécifiques (moyennant bien sûr un supplément de prix)

En contrepartie, il y a un inconvénient de taille, à savoir le prix.

Le coût moyennement élevé d'un carton fait qu'à moins d'avoir gagné au loto, on ne va pas pouvoir en commander beaucoup. Un nombre limité de cartons rend très vite rengaine l'utilisation de l'orgue (c'est comme avoir une belle chaîne HIFI avec 1 seul CD, qui plus est avec un seul titre....)

Comment alors comment contourner cet inconvénient ?

« Tout simplement en devenant son propre fournisseur de cartons en fabriquant sa perforatrice ». Par ailleurs, le fait d'avoir votre propre machine, vous permet de perforer des cartons qui ne devraient pas servir souvent, et donc qui ne justifient pas vraiment leur achat auprès d'un noteur.

Exemple : vous voulez souhaiter l'anniversaire de votre copain Gaston. Vous lui préparez une petite chanson sur l'air « Gaston y'a le téléphone qui son ». Partant du principe que c'est le seul Gaston que vous connaissez, il y a peu de chance de réutiliser le carton très souvent.

Une remarque tout de même à prendre en compte : malgré tout le soin apporté à la réalisation de la perforatrice, et à la création des fichiers MIDI pour l'alimenter, et à moins d'être un musicien chevronné, il sera quasiment impossible d'obtenir la qualité et la musicalité des cartons issus des noteurs. C'est un peu normal - chacun son métier !

Aussi votre répertoire pourra reposer sur un mixte de cartons achetés chez un noteur, et des cartons « home made ».

Comme nous l'avons fait pour la construction de l'orgue, nous sommes allés sur Internet pour profiter de l'expérience d'autres amateurs. Une fois de plus, merci 300 000 fois à Pierre PENARD et Jean Pierre COSSARD.

Ce dossier se « limitera » à la description de la fabrication d'une perforatrice automatique commandée par un ordinateur lui-même commandé par un petit logiciel savamment bien écrit.

Le sujet de la mise en forme des fichiers MIDI nécessaires à alimenter le logiciel ne sera pas traité. A vous de chercher sur Internet ou dans votre entourage les informations nécessaires pour traiter ces fichiers MIDI.

Concernant la construction mécanique, nous avons eu de la chance en ayant accès à une fraiseuse "pro".

Cela n'est pas donné à tout le monde.

Dans ce cas, il vous faudra trouver des solutions alternatives mettant en œuvre la simple machine Black et Decker de chez Castorama.



Nous attirons votre attention sur le fait que la partie mécanique requière une précision extrême pour fonctionner parfaitement. Dernier point : Comme pour l'orgue, la réalisation et les réglages vous prendront du temps....



**Nous vous conseillons vivement de lire l'intégralité de ce document avant de vous lancer.** Il serait dommage de devoir arrêter la construction en cours de route du fait du manque de connaissances, de savoir faire, ou d'outillage.

Il est aussi conseillé d'approvisionner tous les composants, sachant que la taille des uns peut déterminer la taille des autres.

Les constructeurs : On garde la « dream team » qui a mis au monde les 2 orgues de barbarie (un cahier de construction des orgues est aussi disponible).



Jean-Claude pour les plans,  
la carte électronique, et les tests



Jean-Marc pour la partie mécanique

L'ensemble fait appel à des domaines de compétences bien distincts :

- Une partie purement mécanique pour le déplacement du carton et celui du poinçon
- Une partie électronique pour la commande des moteurs pas à pas (avancement du carton, et translation du chariot) et pour la commande du moteur du poinçon.

La description qui va suivre est basée sur les pièces mécaniques que nous avons récupérées (exemple du roulement rectiligne à billes) ou que nous avons achetées (exemple des moteurs pas à pas).

Il vous appartiendra d'adapter l'ensemble à vos composants. Quoiqu'il en soit, essayez de faire en sorte de rester le plus simple possible, en limitant au maximum le nombre de pièces en mouvement.



De plus, il faut savoir que la machine va être soumise à rudes épreuves avec des à-coups dus aux mouvements du poinçon, et aux démarrages et arrêts répétés des moteurs pas à pas. Donc, prévoyez du costaud. Qui peut le plus peut le moins...



Remarque 1 : Ce document est un complément à ceux qui sont présentés et téléchargeables sur le site de Pierre PENARD.

Si notre document laisse une grande place à la construction proprement dite, il fait l'impasse sur toute la partie paramétrage qui est parfaitement abordée par Pierre.



Remarque 2 : Ce document ne peut être vendu pour 2 raisons :

1 - il ne nous a rien coûté mis à part du temps. Si on devait chiffrer le nombre d'heures, ce serait très cher...

2 - il est en très grande partie basé sur des éléments communiqués par Pierre PENARD et Jean-Pierre COSSARD. Chez ces deux personnes tout est gratuit. Chez nous aussi !



Remarque 3 : Malgré tout le soin apporté à la rédaction de ce document, nous ne saurions être rendus responsables pour une éventuelle erreur ou mauvaise explication qui vous obligerait à recommencer la fabrication d'une pièce.

## 1 - 1 - LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Pour mener à bien la construction, il est préférable de bien comprendre le fonctionnement de l'ensemble.

On part d'un fichier MIDI adapté aux restrictions de notes de l'orgue.

Peu importe le support (disquette / CD / clé USB) et la provenance (locale / internet)

Le fichier MIDI est « lu » dans l'ordinateur par l'intermédiaire d'un logiciel spécifique.

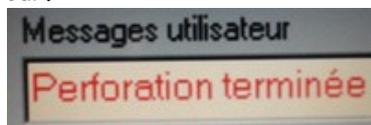
Pour le PC, pas besoin d'une bête de course. Il faut juste un port USB pour y raccorder la carte Arduino.

Le programme attribue à chaque note les coordonnées de perçage.

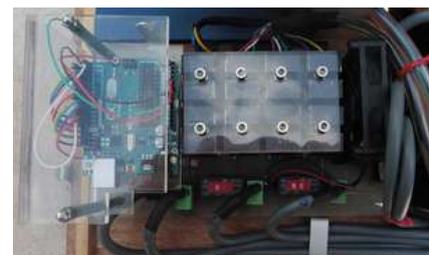
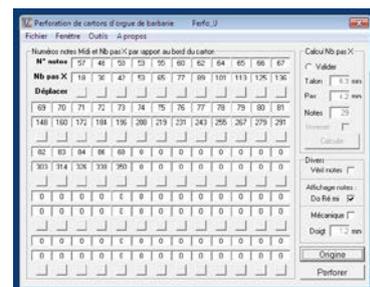
Ces coordonnées sont converties en impulsions de commande et sont envoyées vers une carte d'interface, qui ne se trouve pas dans le commerce, donc que vous allez devoir fabriquer.

Cette carte d'interface pilote à son tour deux moteurs pas à pas pour positionner le poinçon au bon endroit sur le carton et aussi pour envoyer des ordres à un troisième moteur pour la perforation.

Le but de l'opération est en finalité l'obtention d'un fameux message libérateur.



On récupère à la sortie le carton tant convoité.



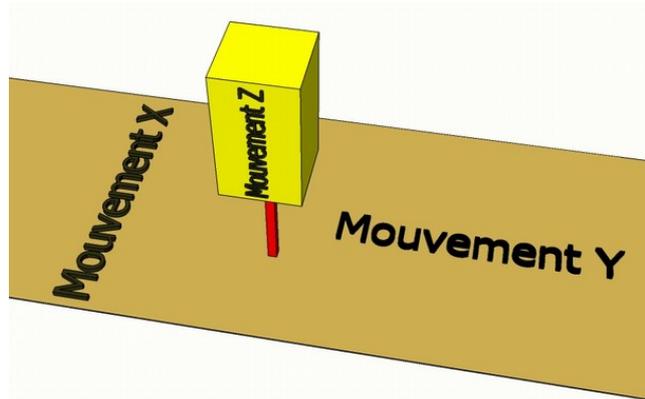
## 1 - 2 - LES TROIS MOUVEMENTS EN PRESENCE

Pour arriver au résultat escompté, notre perforatrice doit gérer une combinaison de 3 mouvements distincts.

1 - Mouvement longitudinal **Y** = avance du carton (un seul sens)

2 - Mouvement transversal **X** = déplacement du chariot qui supporte le système de perforation (deux sens)

3 - Mouvement vertical **Z** = descente du poinçon (remontée automatique)



Le logiciel qui pilote la perforatrice est assez malin pour ne pas déplacer le carton ou le chariot tant que le poinçon est en position basse.

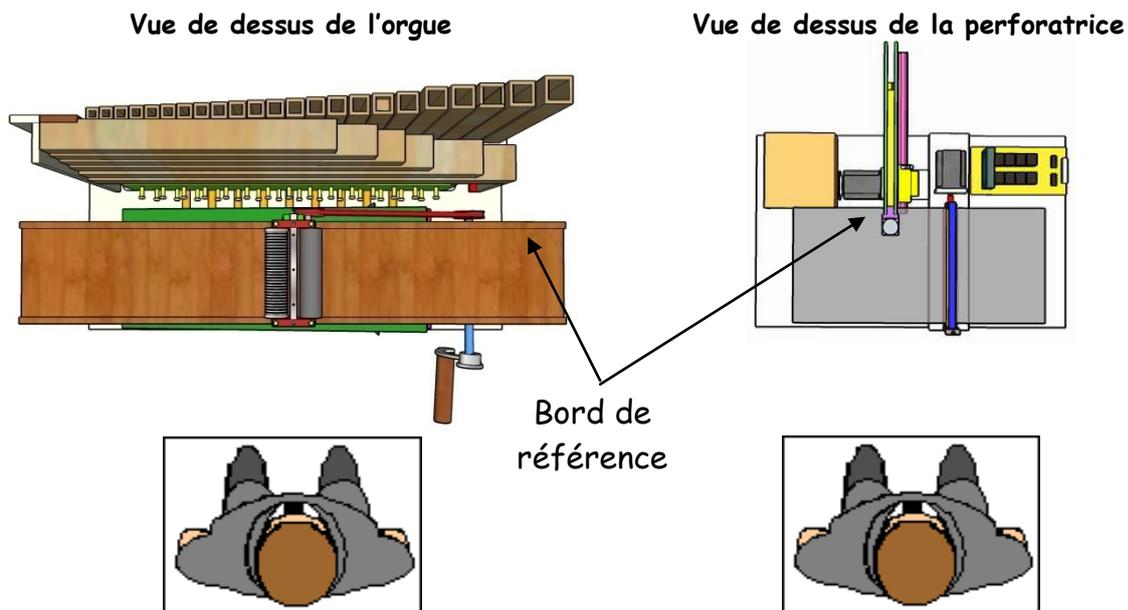
## 1 - 3 - LE BORD DE REFERENCE

Dans les explications qui suivront, il sera parfois question du « bord de référence ». Donc autant définir tout de suite à quoi il correspond et où il se trouve.

C'est contre ce bord que sera appliqué le carton musique durant son défilement.

Le plus simple est de faire l'analogie avec le défilement du carton sur l'orgue, à savoir :

- On se place derrière les machines (orgue et perforatrice)
- Le bord de référence du carton va se situer à l'opposé, donc côté basses
- Le carton va défiler de la gauche vers la droite



## 1 - 4 - FORMAT DES CARTONS ADMISSIBLES

Il est peu probable que vous disposiez d'une multitude d'orgues avec des largeurs différentes de cartons.

Aussi, il serait normal de fabriquer une perforatrice uniquement apte à faire passer des cartons dont la largeur correspond à celle de votre orgue.

Mais dans la mesure, où la seule incidence est la largeur du chemin de défilement, il serait dommage de se priver de pouvoir y faire passer des cartons de largeurs différentes.

Nous allons tout de même nous limiter à 230 mm ce qui correspond à la plupart des cartons que l'on peut trouver en France.

Cela vous permettra si besoin de fabriquer des cartons pour d'autres personnes non équipées de la machine infernale.

## **2 - LES QUESTIONS A SE POSER AVANT DE COMMENCER**

Avant de commencer à faire des copeaux, il faut faire des choix techniques assez cornéliens :

- Quelle solution choisir pour entrainer le chariot mobile ?
- Quelle solution choisir pour la mise en mouvement du poinçon ?
- Quelle forme de poinçon choisir : un carré ou un rond ?

Une lecture attentive des sujets sur Internet risque de semer un peu le trouble dans votre tête, car on y voit tout et son contraire.

On peut penser que toutes les solutions soient bonnes mais nous, nous pensons que certaines sont meilleures que d'autres, car nous en avons essayé plusieurs.

Nos choix nous paraissent les plus judicieux, mais cela ne veut pas dire que les autres solutions ne fonctionnent pas - la preuve en est que certains constructeurs les ont utilisées avec succès.

### 2 - 1 - QUELLE SOLUTION CHOISIR POUR ENTRAINER LE CHARIOT MOBILE ?

Le chariot mobile doit translater de façon douce, précise, et si possible le plus silencieusement possible.

Si l'on écarte la vis à billes qui est assez coûteuse, il nous reste donc le choix entre au moins deux systèmes bien différents l'un de l'autre :



Entrainement par un pignon denté  
et une crémaillère



Entrainement par 2 pignons crantés  
et une courroie crantée

Le fait de vous présenter les deux photos prouve que nous avons testé les deux systèmes, et c'est la raison pour laquelle nous sommes en mesure de vous conseiller lequel choisir.

Dans la version 1 de notre perfo, nous avons opté pour l'entraînement par crémaillère. Dans la pratique cela se traduit par un réglage assez délicat à obtenir. Il faut en effet avoir un écartement optimum entre les dents du pignon et celles de la crémaillère.

Si le jeu est réduit à son minimum, il y a risque de blocage. A l'inverse, avec un jeu plus grand, on perd en précision dans le positionnement du chariot mobile et donc du poinçon.

Il ne faut pas alors s'étonner que le logiciel détecte des pertes de pas, se traduisant alors par des trous dans le carton à de mauvais endroits.



Le réglage du jeu pignon/crémaillère a aussi une incidence non négligeable sur le niveau de bruit.

Dans la version 2 décrite ici, nous sommes donc passés à la transmission par courroie crantée.



- A droite le moteur d'entraînement avec son pignon
- A gauche un second pignon monté sur un système de tendeur
- Entre les 2, une courroie crantée avec une bride qui sera solidement fixée au chariot mobile

C'est la solution la plus souvent présentée sur le net par ceux qui ont déjà fabriqué leur perfo. On peut donc se conforter en partant du principe que c'est le bon choix !

## 2 - 2 - QUELLE SOLUTION CHOISIR POUR LA MISE EN MOUVEMENT DU POINCON ?

Toutes les perforatrices qui existent à ce jour semblent fonctionner sur le même principe en ce qui concerne le déplacement du chariot mobile (mouvement X) et pour l'avancement du carton (mouvement Y), à savoir l'utilisation de 2 moteurs pas à pas.

Par contre, pour la commande du poinçon (mouvement Z), il y a plusieurs écoles :

- Système pneumatique avec vérin et compresseur d'air
- Système à base d'électro-aimant
- Système à base de moteur électrique

Là encore, nous avons testé les différents systèmes, et c'est en pleine connaissance de cause que l'on peut maintenant vous conseiller.

Notre tout premier choix aura été vers le système pneumatique.



L'avantage est la facilité relative de réalisation dans la mesure où le guidage du poinçon est fait par le vérin.



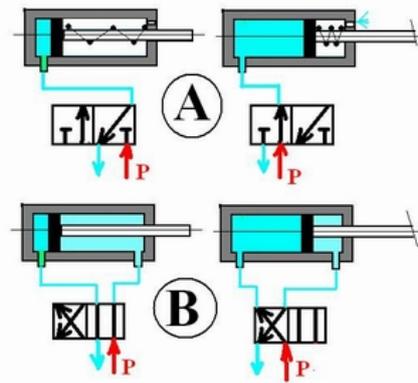
Par contre, il y a quelques inconvénients :

- Solution encombrante du fait du compresseur - le nôtre était fait à partir de pièces de récupération de provenances diverses (on doit pouvoir en trouver un silencieux)
- Gestion du niveau d'huile
- L'huile qui chauffe ça ne sent pas très bon
- Système assez bruyant

Lors des premiers essais, ces inconvénients nous ont un peu stoppé dans notre élan. De toute façon, si nous avions persisté, nous aurions été confrontés au retour en position haute du poinçon, à savoir :

Si l'on utilise un vérin simple effet, il faut gérer la remontée du poinçon en trouvant le bon ressort pas trop fort pour pouvoir bien transpercer le carton, mais quand même assez costaud pour faire remonter le poinçon.

On peut alors utiliser un vérin double effet, mais cela complique un peu la partie pneumatique.



Pensant tout de même pouvoir gérer le sujet du ressort, nous nous sommes alors tournés vers le système à base d'électroaimant, avec pour objectif principal de ne plus avoir besoin du compresseur, encombrant, bruyant, et mal odorant....



Après avoir récupéré l'électroaimant dans une agrafeuse électrique, nous avons testé sa force dans un montage de fortune. Bon pour le service...



Nous avons fabriqué ensuite un joli support en alu pour maintenir la bobine en place, ainsi qu'un sérieux système de guidage pour le noyau dont l'extrémité venait taper comme un marteau sur le support de poinçon.

Malgré une réalisation mécanique très soignée, nous avons été encore confrontés à des blocages du poinçon en position basse.

Les alignements ont été vérifiés, notamment le bon positionnement de la matrice support de poinçon.

La machine a tourné longtemps pour effectuer un rodage. Non, rien à faire, cela bloquait de façon aléatoire.

De plus, selon le carton utilisé, les blocages étaient plus ou moins présents.



Un grand nombre de ressorts a été testé. Si le ressort est un peu faible, on peut toujours le remplacer par un plus costaud. Mais on ne peut pas impunément augmenter la puissance de ce ressort, car sa force vient se retrancher à la force avec laquelle descend le poinçon.



Le recours à la solution de l'électroaimant s'accompagne encore de quelques inconvénients :

- Les secousses sont assez fortes, donc la mécanique est soumise à rudes épreuves
- Le système fonctionne selon le principe du marteau, donc de ce fait est assez bruyant

Si vous n'êtes pas encore convaincu que l'électroaimant n'est pas (selon nous) la meilleure solution, voici encore un autre inconvénient :

Dans son utilisation première, la bobine de l'agrafeuse est alimentée en mode PWM (Pulse Width Modulation), qui correspond à une succession d'impulsions très courtes. Il faut absolument conserver cette alimentation au risque de cramer la bobine si l'on alimente directement en 220 volts.

C'est la raison pour laquelle, dans l'agrafeuse on trouve une platine avec quelques composants électroniques. Dans le cas de notre perforatrice, c'est ce circuit qui calcule le temps d'impulsion de commande et non le logiciel. De ce fait, nous n'avons pas la main sur ce réglage.

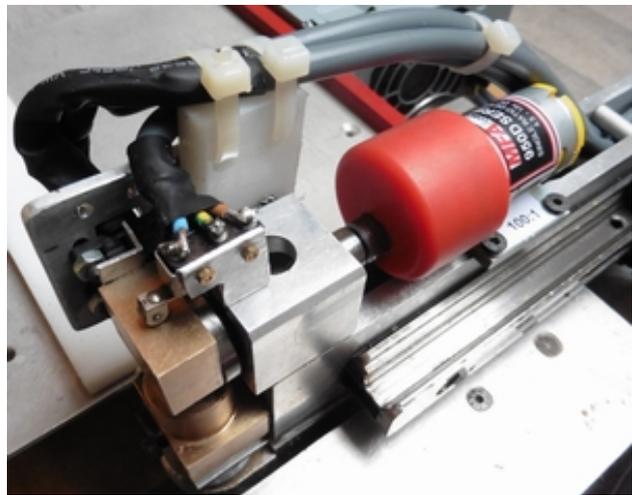


Quand un ordre de perforation est lancé, on voit bien le poinçon descendre, mais l'impulsion étant très courte on a pas le temps suffisant pour voir jusqu'où il descend. On part du principe qu'il est descendu suffisamment, mais on n'en est pas sûr.

Compte tenu de tout ce qui précède, nous avons donc définitivement opté pour la commande de poinçon par moteur électrique.

Le principe est simple : un système à excentrique fixé sur l'axe du moteur fait translater verticalement le support de poinçon.

Il faut prévoir un contacteur switch qui détectera la position haute de l'excentrique et bloquera alors le moteur au moment opportun avant qu'il ne reparte pour la perforation suivante.



### 2 - 3 - QUELLE SOLUTION CHOISIR POUR LE POINÇON : UN ROND OU UN CARRE ?



Faut-il un poinçon de section ronde ou de section carrée. C'est une question qui fait débat.

Il suffit pour s'en convaincre de taper dans votre moteur de recherche « poinçon rond ou carré pour orgue de barbarie »

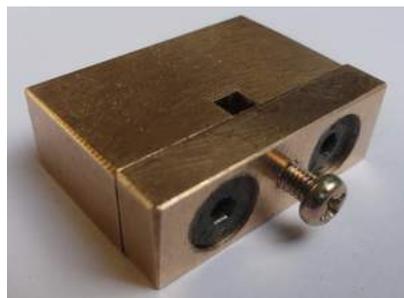


Nous recommandons la solution d'un poinçon rond pour les 3 raisons suivantes :

- On n'a pas à se soucier de la nécessité de faire conserver au poinçon une position parallèle au bord du carton.
- Un poinçon rond évite les bavures, qui sont elles-mêmes génératrices de blocage du poinçon.
- Il est plus facile de faire un trou rond dans le guide poinçon et dans la matrice qu'un trou carré

Voici pour info les deux pièces que nous avons réalisées dans la version précédente avec le poinçon carré.

Faisable mais pas simple....



Le guide poinçon



La matrice

Rappel des solutions retenues :

- **Translation de la tête de perforation par pignon et courroie crantée**
- **Commande d'un poinçon rond par moteur électrique et excentrique**

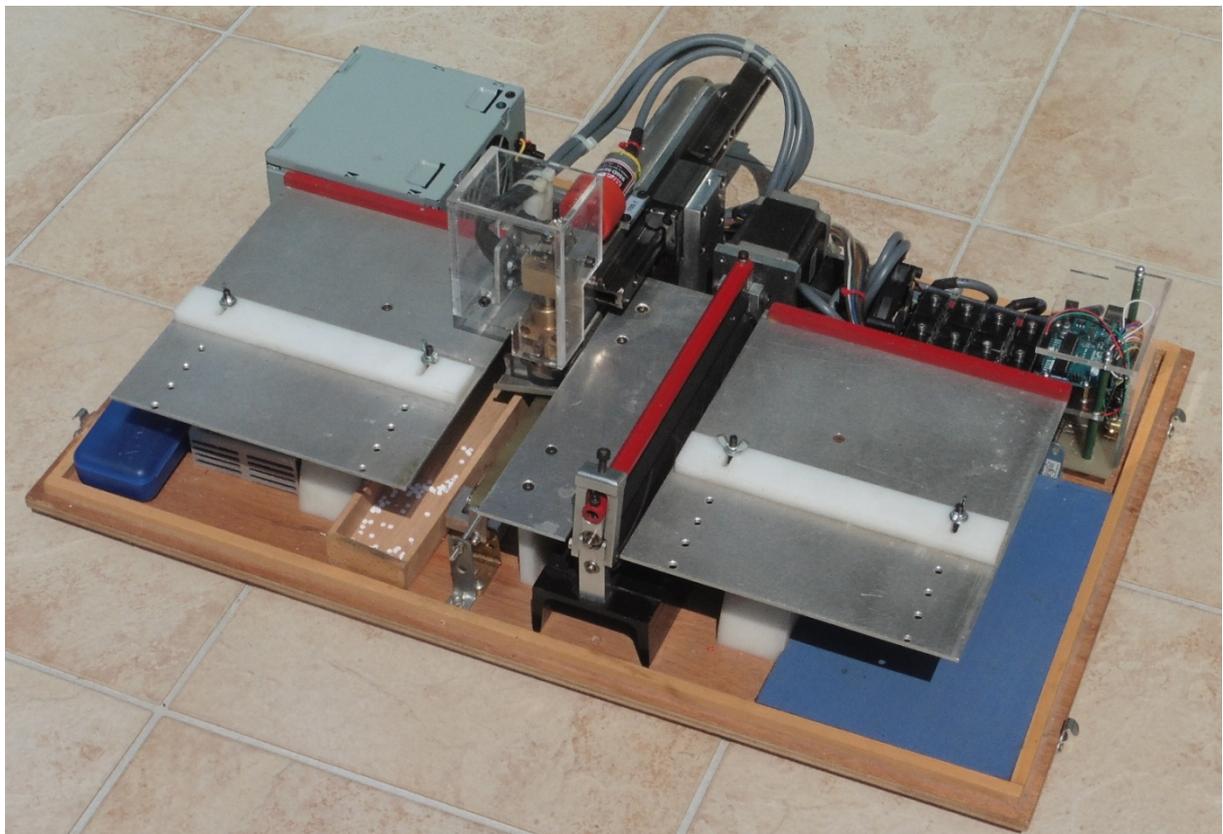
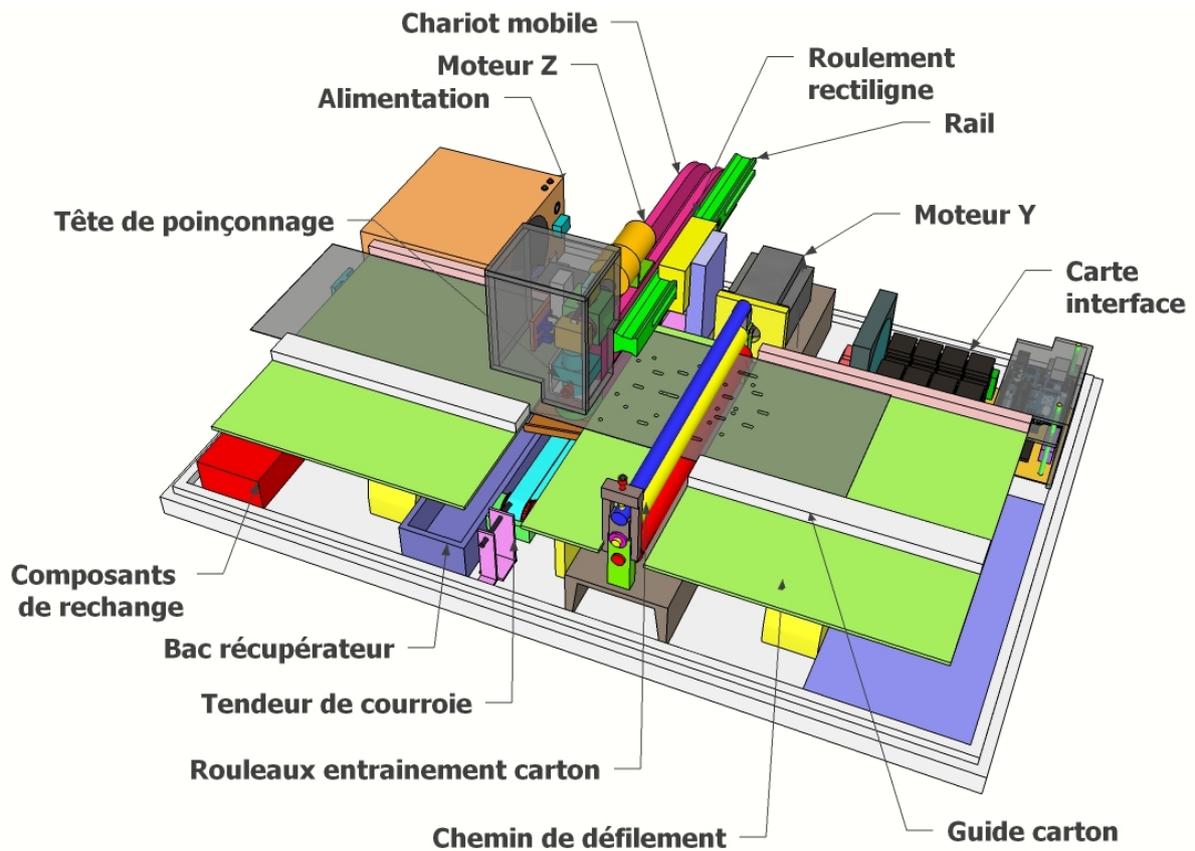
Dimensions et poids :

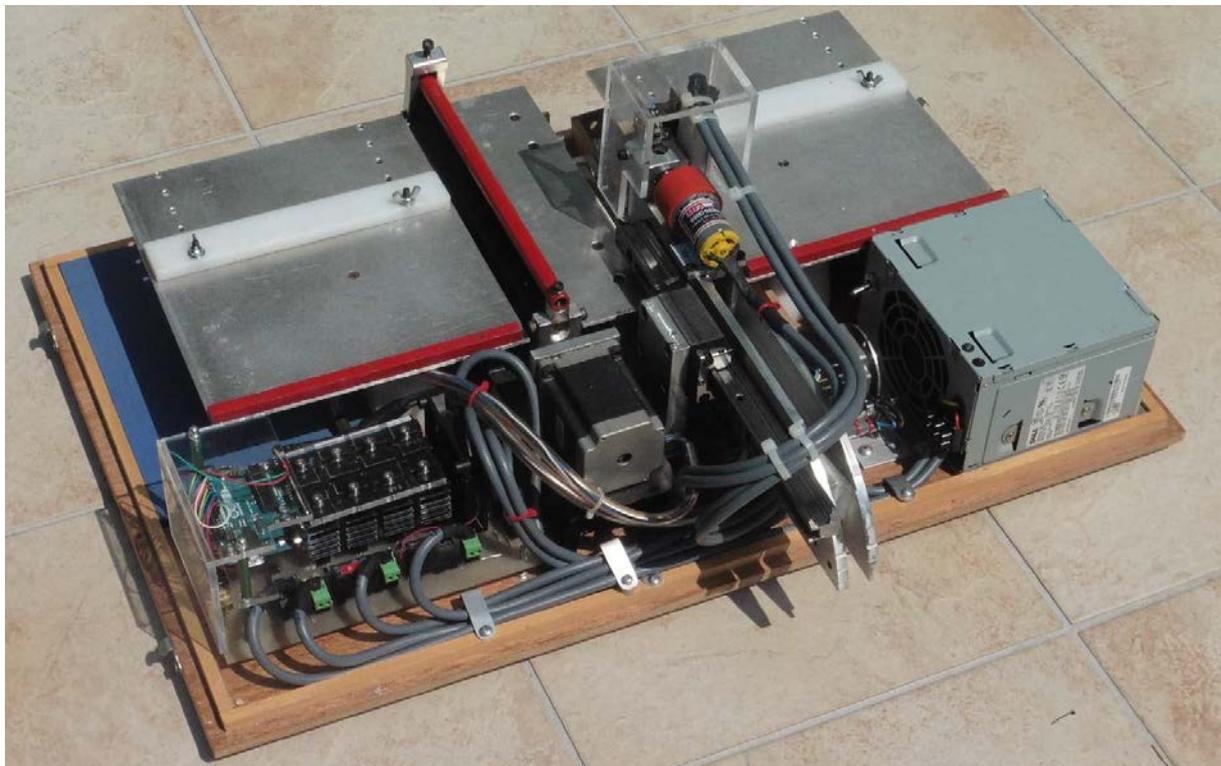
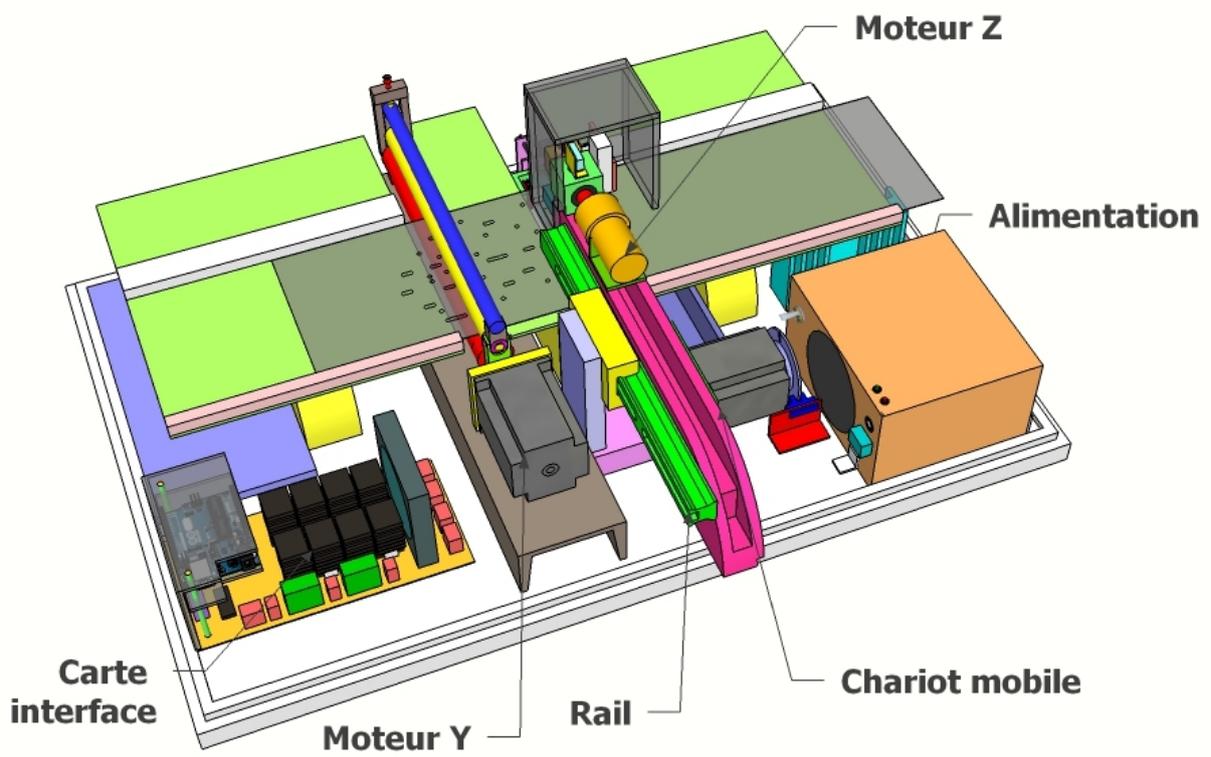
Dimensions = 700 x 220 x 460 mm (LxHxP)

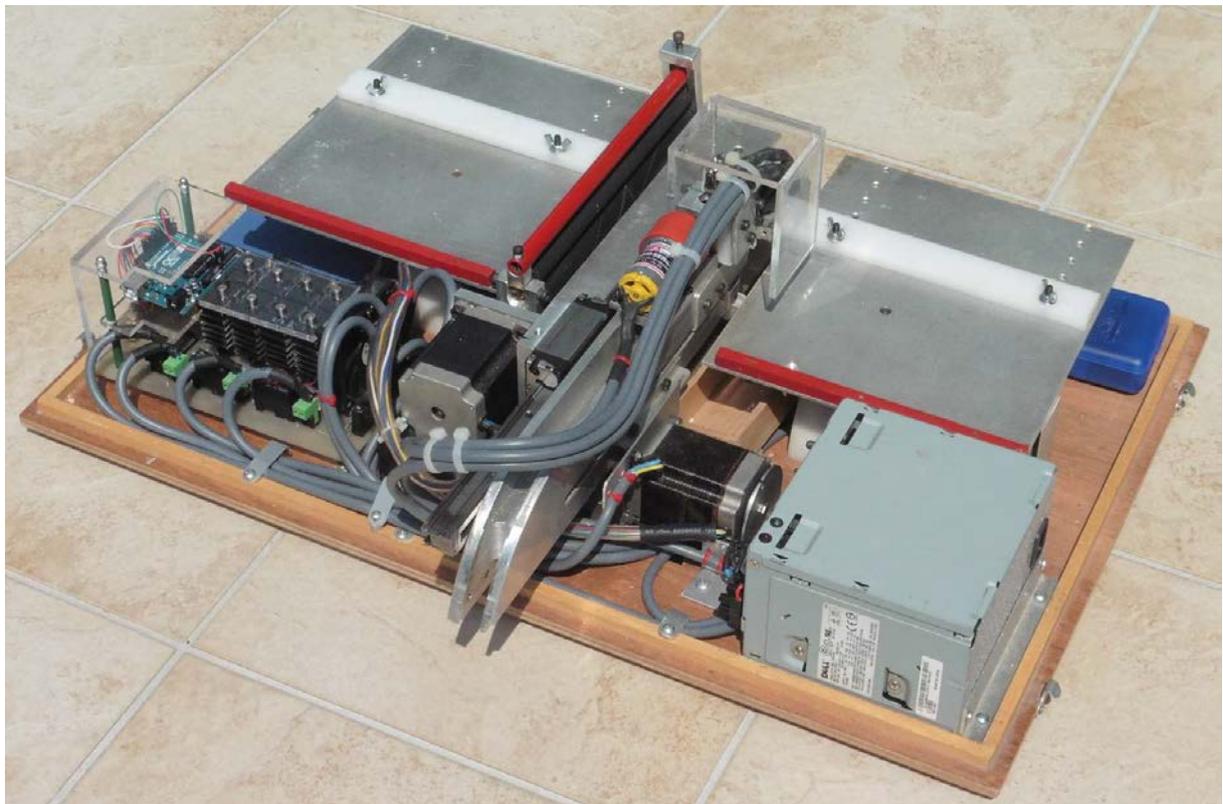
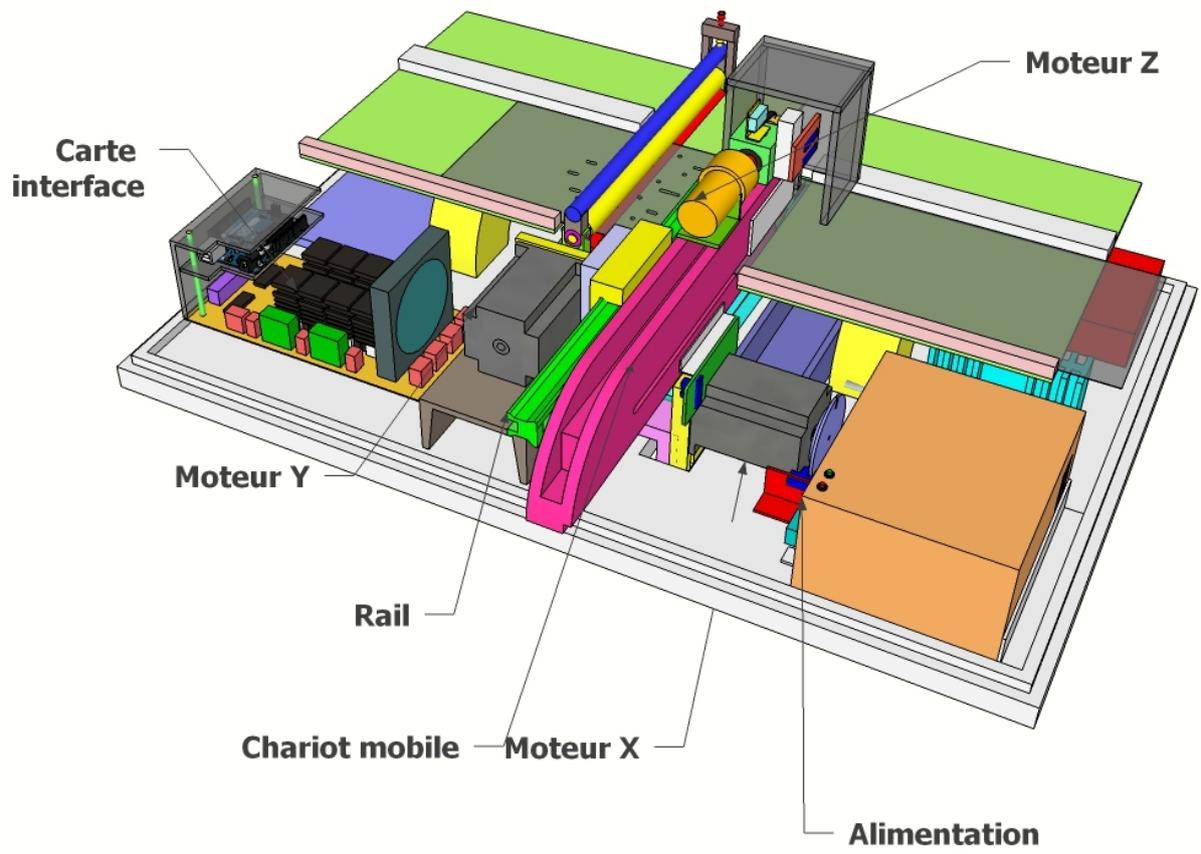
Poids = 17 kg

### 3 - QUELQUES CROQUIS ET PHOTOS D'ENSEMBLE

Voici, dessinés sur le logiciel SKETCHUP, quelques croquis d'ensemble et les photos correspondantes :







### 4 - 1 - PHOTO DU SOUS-ENSEMBLE



### 4 - 2 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

C'est le mouvement le plus simple à gérer dans la mesure où le moteur qui fait avancer le carton n'est pas contrôlé par un opto-coupleur. Contrairement au moteur qui assure le déplacement du poinçon, ce moteur tournera toujours dans le même sens.

Le carton doit être entraîné de façon très régulière par les rouleaux, d'où la nécessité d'une parfaite réalisation mécanique.

Il est préférable de se tourner vers une solution mécanique où le carton est tracté et non poussé. Cela suppose donc que les rouleaux soient placés en aval de la tête de perforation.

L'ensemble « moteur + rouleaux » sera solidement fixé sur rail en acier.

Un petit coup de peinture protège le rail de la rouille et lui donne un bel aspect.



Ce rail va être fixé sur une planche de contreplaqué. Au fur et à mesure, les autres parties de la perforatrice seront ajoutées. A moins de faire un calcul précis à l'avance, on peut partir sur une planche de grandes dimensions, que l'on réduira ensuite.

### 4 - 3 - LE MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT

Pour assurer le déplacement du carton, on fait appel à un premier moteur « pas à pas ».

Pas facile de récupérer le bon moteur « pas à pas » qui convienne parfaitement.

Aussi, pour mettre toutes les chances de notre côté nous avons investi dans 2 moteurs neufs (l'un pour l'avance du carton, l'autre pour le déplacement du chariot). Les deux moteurs sont identiques.



Nous avons trouvé notre bonheur chez SELECTRONIC. <http://www.selectronic.fr>

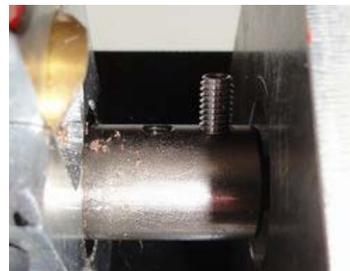
Vous y trouverez également tous les composants électroniques nécessaires à la fabrication de la carte d'interface.

Voici les caractéristiques des moteurs :

Référence	Angle de pas	Pas/tour	Couple de blocage	Courant par phase	Tension
15.6157-12	1.8°	200	13 kg.cm	3 A	3 V

Si vous optez pour ce moteur, vous n'avez pas besoin de prévoir une démultiplication.

La précision de perforation sera de 1/200 de la circonférence du rouleau d'entraînement. C'est assez, sachant qu'une précision de l'ordre du 1/10 de mm est suffisante.



L'axe du moteur sera donc directement relié à l'axe du rouleau entraineur.

Pour assurer une transmission parfaite, il faut impérativement faire un plat à la lime sur l'axe du moteur.

#### 4 - 4 - LE ROULEAU ENTRAINEUR ET LE ROULEAU PRESSEUR

Le rouleau entraineur se trouve en partie basse, donc sous le carton.

Le rouleau presseur se trouve en partie haute, donc sur le carton

On peut trouver ces rouleaux sur des photocopieurs. Dans ce cas, pensez à récupérer en même temps les roulements à billes.



Le recours à un rouleau entraineur assez souple vous dispensera de prévoir la mise en rotation du rouleau presseur supérieur par un jeu d'engrenages.

Dans ce cas, le rouleau supérieur est uniquement entraîné par friction contre le carton.

Il est vivement conseillé de prévoir une articulation du rouleau presseur. Elle n'est nullement indispensable mais très utile.

Cela facilite la mise en place du carton et permet aussi de commencer la perforation d'un carton, et en mettant le logiciel en pause, on peut ainsi enlever le carton pour le tester sur l'orgue pour ensuite le remettre sur la perforatrice.

Dans ce cas, il est bien sûr indispensable de noter très précisément sur le carton son emplacement avant qu'il ne soit enlevé. Cela permet aussi de fabriquer un carton en plusieurs fois, grâce à la fonction « sauver contexte » développée par Pierre dans le logiciel.





Il faut prévoir un système de blocage pour que le rouleau supérieur soit toujours bien en pression sur le carton.

Cela peut prendre la forme d'un étrier articulé dans sa partie basse, et bloqué dans sa partie haute par une simple vis qui vient en butée.



#### 4 - 5 - LA LUTTE ANTI-BRUIT



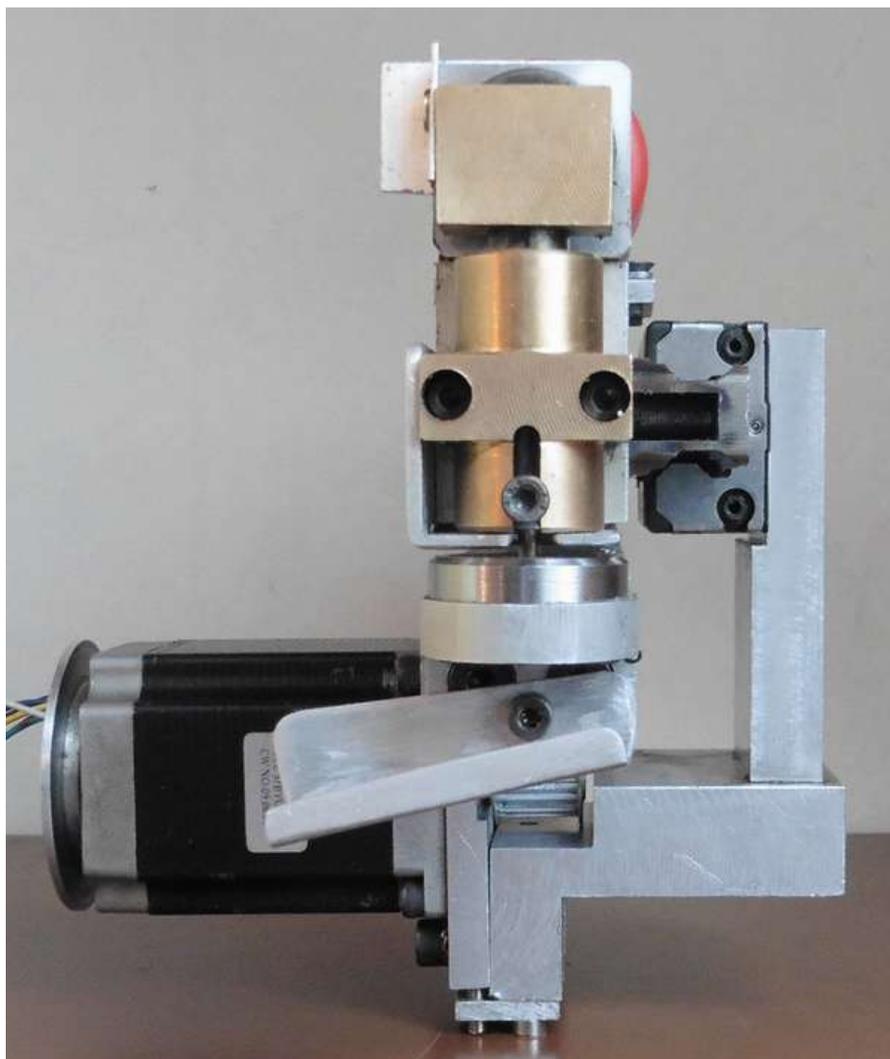
A la première mise en route du moteur monté sur sa base et relié au rouleau entraineur, nous avons eu la surprise d'entendre un bruit très désagréable.

On arrive à éliminer le bruit de la façon suivante :

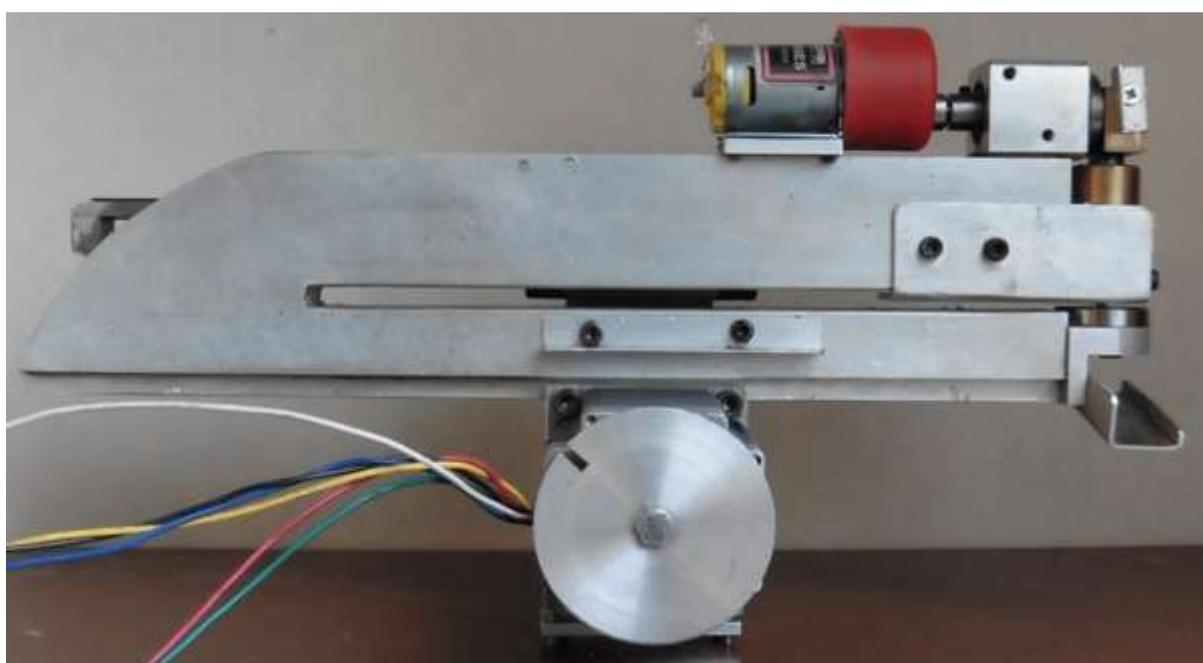
- Dévisser légèrement les deux petites potences qui maintiennent en place les rouleaux. Pour cela, il faut avoir au préalable percé le panneau support à la verticale des vis
- Laisser tourner le moteur longtemps
- Les potences vont alors trouver leur bonne position
- Bloquer les vis



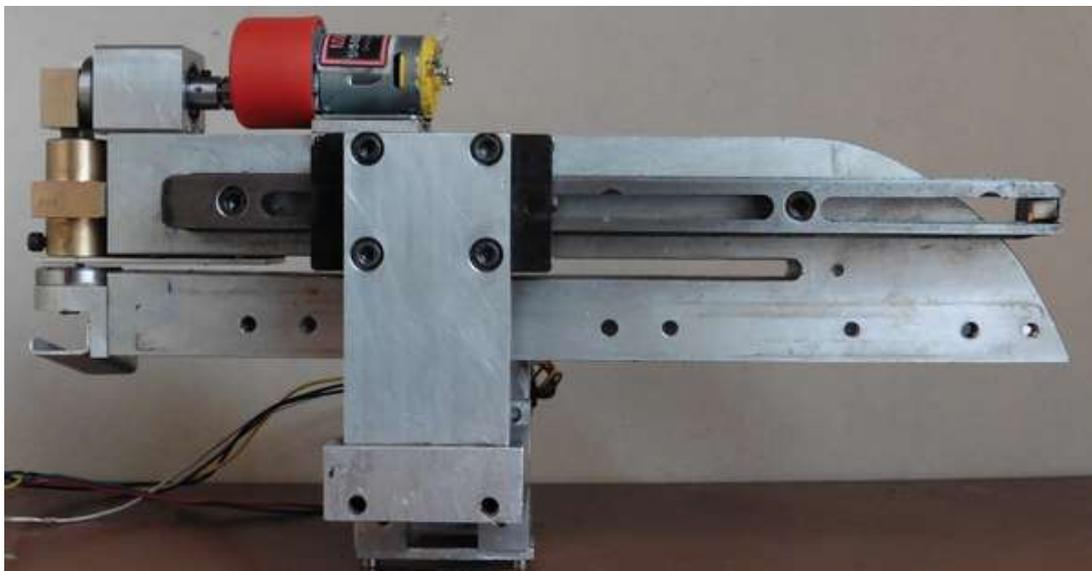
5 - 1 - PHOTOS DU SOUS-ENSEMBLE



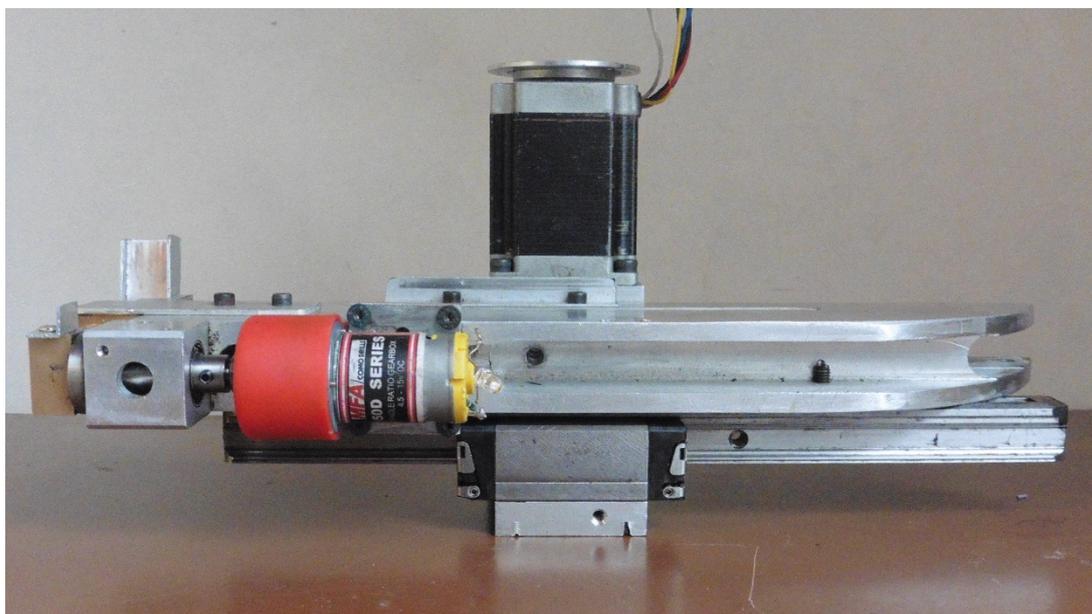
Vue de face



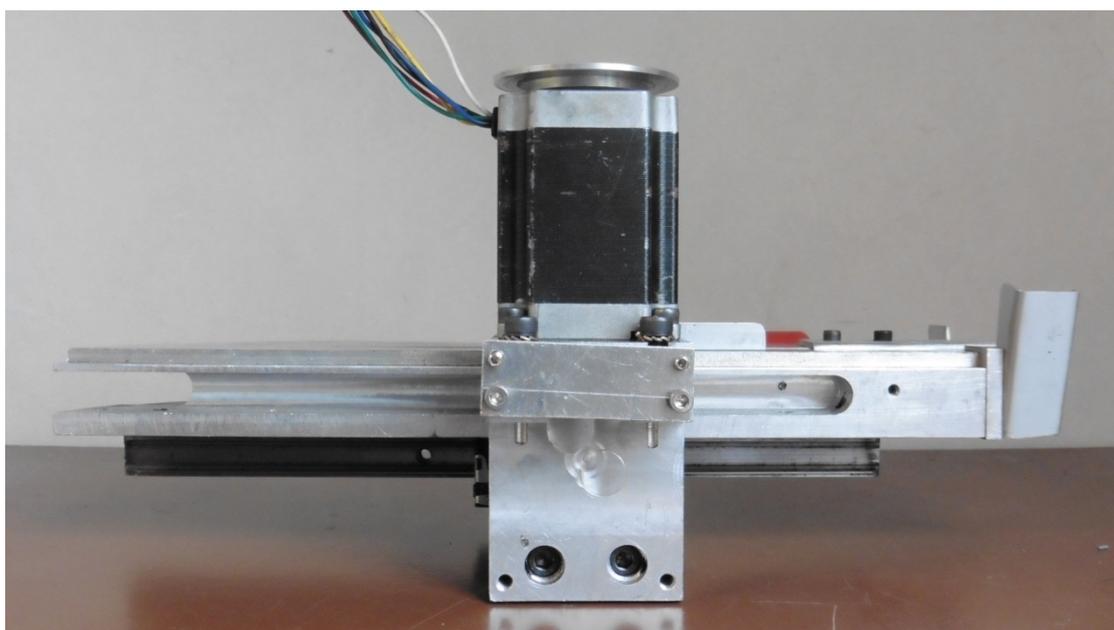
Vue coté ouest



Vue coté est



Vue d'avion



Vue de dessous

- Poids total = 4.100 kg
- Poids de la partie fixe = 2.00 kg
- Poids de la partie mobile = 2.100 kg

Voyons maintenant chaque pièce dans le détail.

## 5 - 2 - LE CHARIOT EN « U »

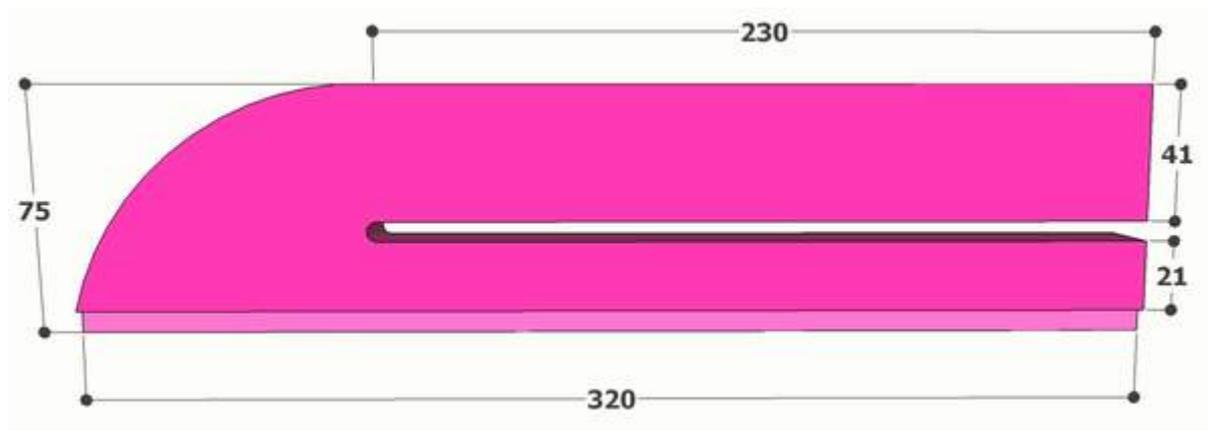
Notre chariot est usiné d'une seule pièce dans un bloc d'alu de 30 mm d'épaisseur pour lui assurer une bonne rigidité.

Une profonde échancrure est faite au milieu pour « avaler » le carton.

Ce chariot va servir d'armature pour maintenir en place plusieurs pièces :

- Le rail de guidage qui coulisse dans le roulement rectiligne
- La bride de fixation de la courroie crantée
- Le moteur de commande du poinçon
- L'ensemble « excentrique + guide poinçon + poinçon + déchaussoir + matrice + support de matrice »
- Les opto-coupleurs + le switch de frein pour le moteur de poinçon
- La cornière d'obturation de l'opto-coupleur linéaire de position

Chariot vue côté moteur d'entraînement (dimensions hors tout données à titre indicatif)



Si le chariot est trop lourd, et compte tenu de l'énergie cinétique qu'il emmagasine, il aura un peu de mal à stopper net au bon endroit.

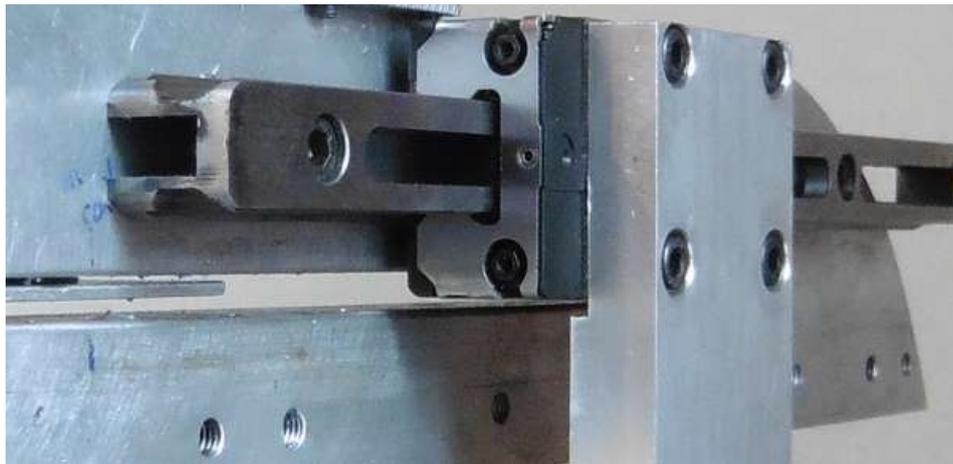
Aussi, il est conseillé de l'alléger soit en faisant de gros trous en travers, où en évidant certaines parties intérieures à l'aide d'une fraiseuse.



### 5 - 3 - LE SYSTEME DE GUIDAGE EN TRANSLATION

Nous avons fait dans le costaud en faisant appel à un rail et un roulement rectiligne à billes.

C'est de la récup. Sachez que l'on a du mal en trouver même dans les très bonnes merceries !



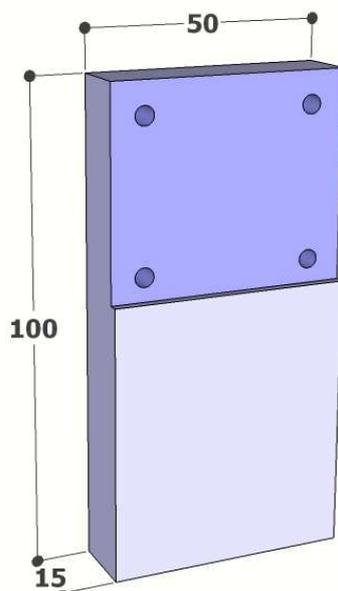
Contrairement à la précédente version de notre perfo, nous avons positionné le rail au dessus de l'échancrure qui avale le carton.

De cette manière, il n'y a aucun risque qu'un confetti ou même d'infimes poussières de carton ne viennent se loger dans le roulement rectiligne. Le rail a été allégé dans sa partie centrale. De cette façon, le chariot mobile aura moins d'inertie.

### 5 - 4 - LA FIXATION DU ROULEMENT RECTILIGNE ET DU MOTEUR

Le roulement rectiligne sera fixé sur une platine en alu.

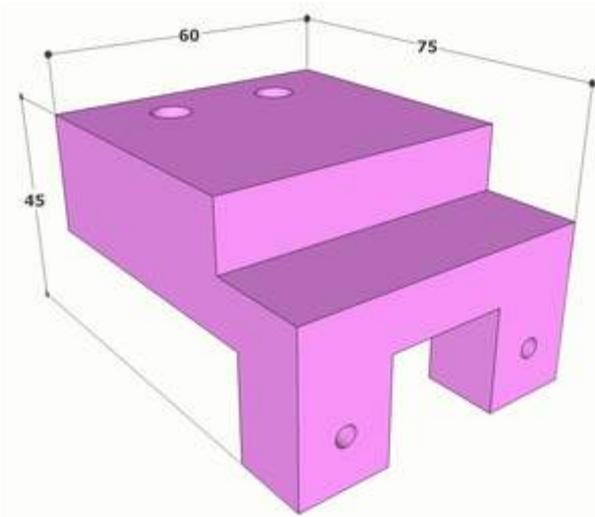
Cette platine doit être d'épaisseur assez forte pour assurer une très bonne rigidité.



*(dimensions hors tout données à titre indicatif)*



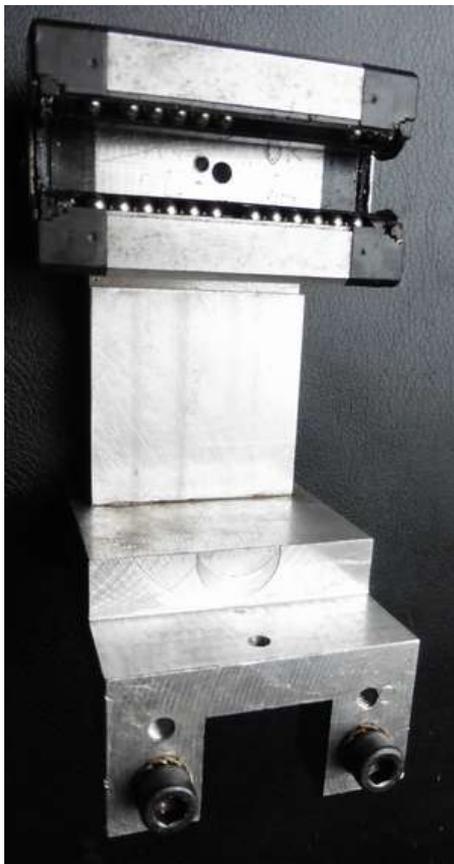
Cette platine en alu vient se fixer sur un support en forme de L.



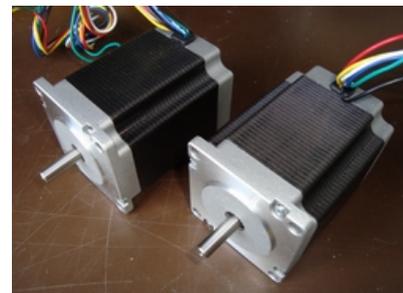
*(dimensions hors tout données à titre indicatif)*



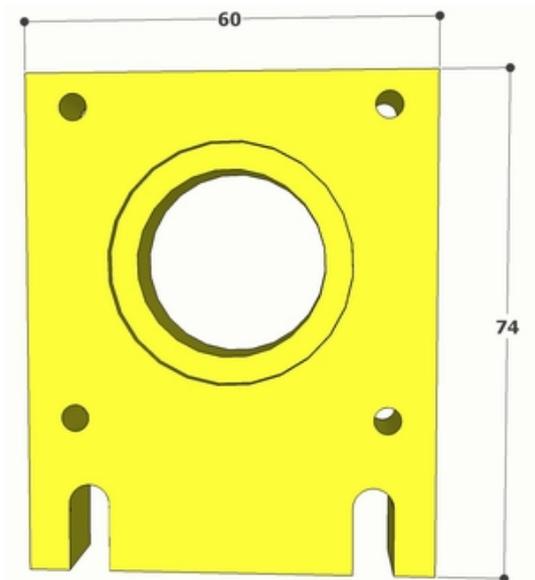
C'est sur cette pièce que viendra se fixer la platine support du moteur de translation du chariot.



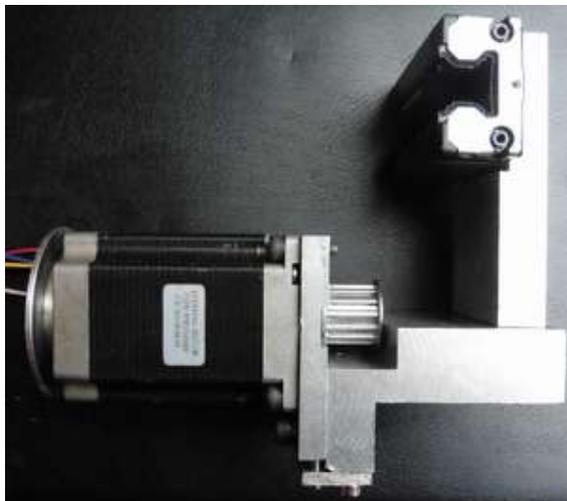
Pour la mise en mouvement du chariot mobile, nous avons utilisé le même moteur que celui qui assure le défilement du carton.



Ce moteur vient solidement se fixer sur une seconde platine support en alu.



(dimensions hors tout données à titre indicatif)



Vue d'ensemble avec en partie basse une petite platine solidaire du bloc principal, et munie de 2 mini vis pointeau qui permettront d'ajuster au mieux la position en hauteur de la platine qui supporte le moteur.

### 5 - 5 - LA TRANSMISSION PAR COURROIE

C'est un ensemble composé de plusieurs éléments distincts :

#### Deux pignons crantés et une courroie



Diamètre +/- 20 mm



Longueur développée +/- 620 mm  
Largeur +/- 15 mm (adaptée au pignon)

Côté moteur, le pignon doit être parfaitement solidaire de l'axe du moteur dont les vibrations ont une fâcheuse tendance à desserrer la vis pointeau.

Si le pignon tourne sur lui-même, le point d'origine de la machine va se déplacer de façon surnoise.

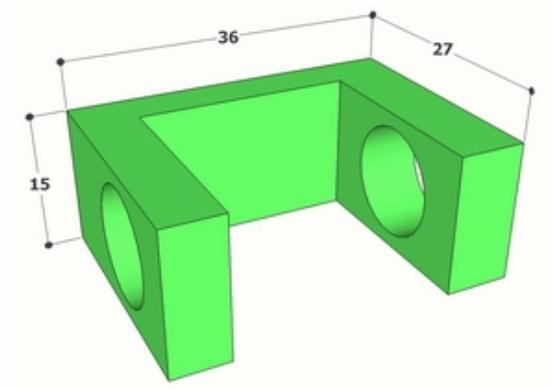
Pour empêcher cela, il faut :

- Faire un plat à la lime sur l'axe du moteur
- Mettre un peu de "frein filet" sur la vis pointeau
- Serrer la vis à fond

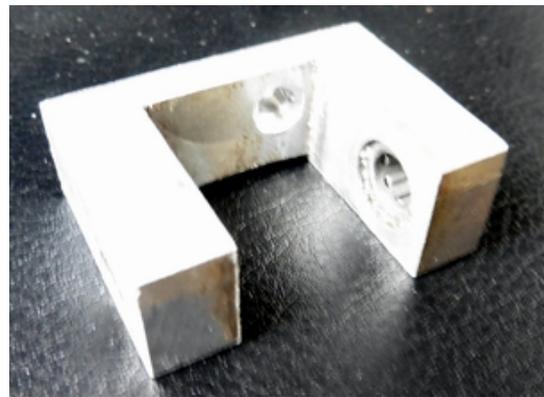


### Le tendeur de courroie

C'est une chape en alu. Nous avons poussé le luxe en insérant deux mini roulements à aiguilles.



*(dimensions hors tout données à titre indicatif)*



L'ensemble chape/poulie est fixé sur une charnière.

Cela lui permet de bouger sur 1 axe. Une vis et deux écrous papillons permettent de régler la tension sur la courroie.

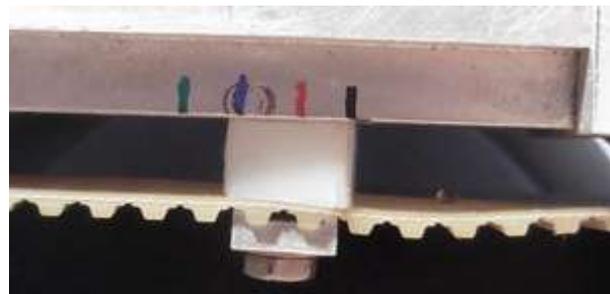
Si la courroie n'est pas assez tendue, on perdra des pas.

Si la courroie est trop tendue, le moteur va peiner et le bruit sera plus important.



La fixation de la bride : La courroie est percée en son milieu. Une bride est fabriquée en tenant compte de l'espacement et de la forme des dents.

Il faudra bien veiller à ce que la position de fixation choisie permette un déplacement du chariot sur toute la longueur utile, sans venir buter contre les pignons dentés.

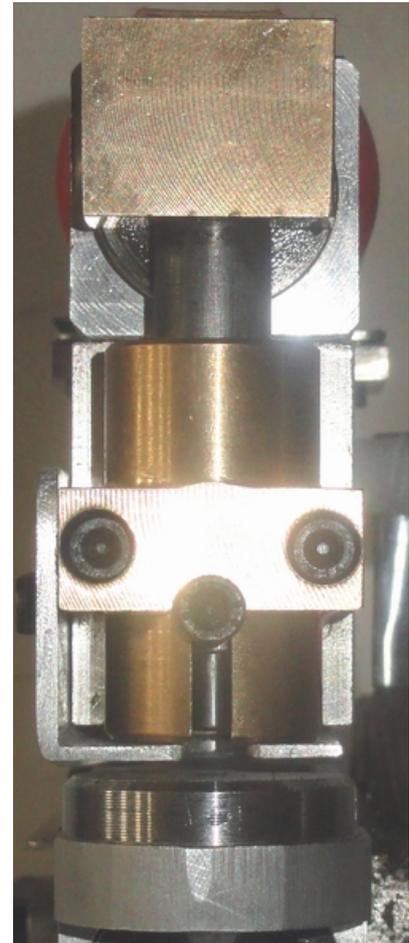
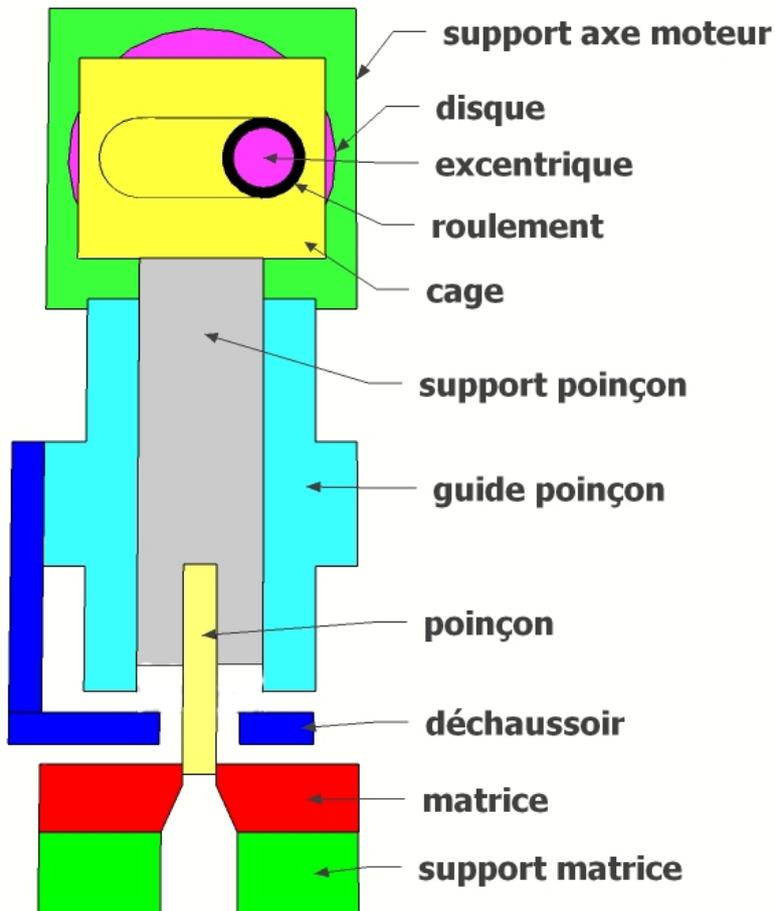


On trouvera la bonne position par tests successifs, en marquant les différentes positions déjà testées.

## 5 - 6 - LA TETE DE PERFORATION

C'est un sous-ensemble qui est composé du poinçon, et de son système de mise en mouvement.

Un moteur à courant continu fait tourner un excentrique dans une cage en laiton. A la base de cette cage est fixé le support poinçon qui va coulisser dans un guide poinçon.



Remarque : sur le croquis ci-dessus, la cage a été retournée latéralement sur elle-même pour pouvoir visualiser l'excentrique fixé sur le disque entraîné par le moteur.

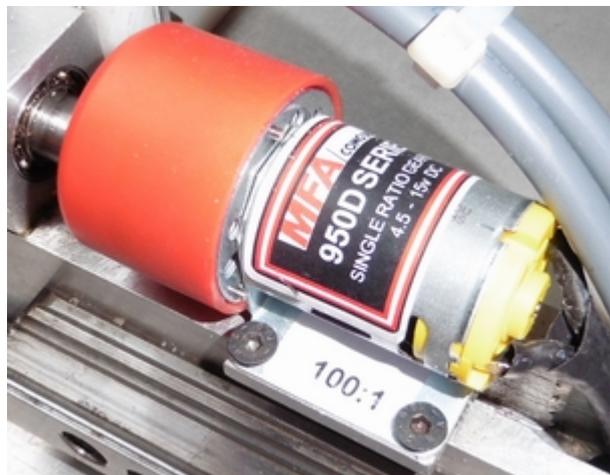
Voyons en détail chaque partie de ce sous-ensemble.

## 5 - 7 - LE MOTEUR DE POINCON ET SA FIXATION

Nous avons utilisé un motoréducteur fixe avec rapport de réduction de **100:1**.

Soit avec peu de chance, vous trouvez le moteur dans un vieux tournevis électrique hors service, soit vous commandez chez Sélectronic ou Gotronic.

Moteur 8W- Série MFA 950D  
Tension d'alimentation = 12 volts  
Couple maxi théorique = **77 N.cm**



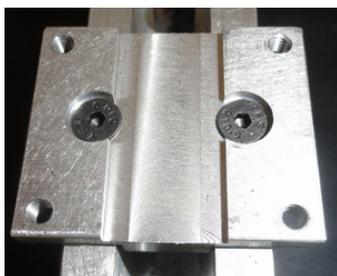


Dans un premier temps, nous avons mis en place un moteur de la même série, mais avec un couple maxi théorique de 38.5 N.cm.

C'est trop juste, et on s'expose à des erreurs durant le cycle de perforation.

Avant la mise en place du moteur, pensez à retirer le capot rouge pour vérifier le serrage des 3 vis qui maintiennent le train d'engrenages.

Sur notre moteur, 2 vis sur 3 étaient quasiment sorties.



Une semelle de fixation pour le moteur vient se visser sur les montants du chariot mobile.



Quand vous allez percer la fine platine de fixation qui est livrée avec le moteur, il faut prendre le soin d'envelopper le moteur dans un petit sac plastique.



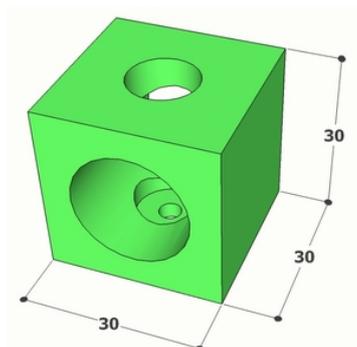
Dans le cas contraire, les aimants du moteur font attirer les copeaux et ceux-ci vont se loger partout à l'intérieur. Cela nous a amené à commander un second moteur.

## 5 - 8 - LE SYSTEME A EXCENTRIQUE

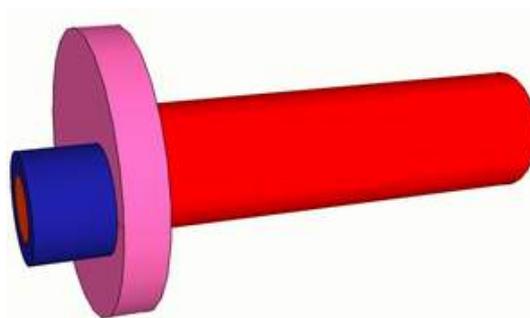
Le bout d'axe qui sort du motoréducteur est raccordé sur un axe d'un diamètre plus grand.

Cet axe traverse un bloc en alu équipé en entrée et en sortie de deux roulements à billes.

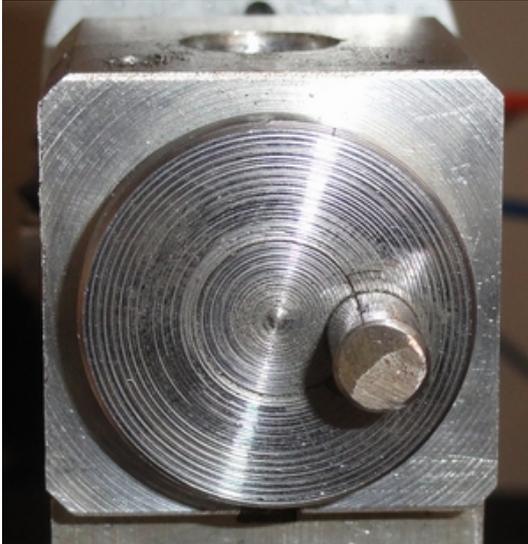
En bout de cet axe a été usiné un disque d'épaisseur +/- 4 mm et de diamètre 25 mm.



(dimensions hors tout données à titre indicatif)



Un trou à la verticale du bloc permet de passer une vis de fixation sur le chariot avant l'insertion de l'axe.



Sur la face du disque, un perçage est fait de façon excentrée. Un petit morceau d'axe de 6 mm de diamètre en inséré en force.

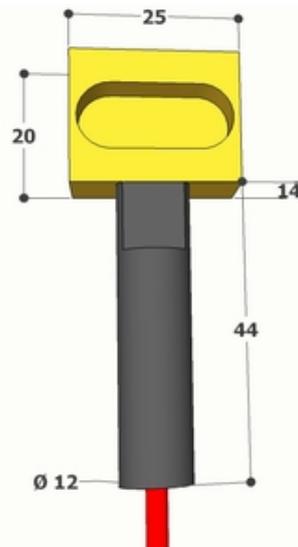


Un mini roulement à aiguilles est glissé sur l'axe.

Si l'on multiplie par 2 la distance séparant l'axe du disque et l'axe sur lequel est fixé le roulement à aiguilles, on obtient la course totale du poinçon. C'est donc une distance qui a son importance. Dans notre cas, nous avons un écart de 6 mm ce qui donne donc une course de 12 mm.

La cage à excentrique est usinée dans un petit bloc de laiton.

Un coup de fraiseuse est fait à l'intérieur pour que l'excentrique puisse y coulisser latéralement.



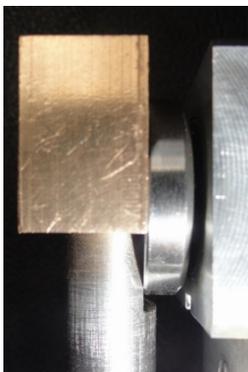
(dimensions hors tout données à titre indicatif)



La profondeur d'usinage doit être tout juste supérieure au diamètre du roulement à aiguilles.

La cage laiton est rendue solidaire de l'axe par une courte section de tige filetée.





Une fois que les 2 pièces sont jointes, il faut faire un méplat sur la partie haute de l'axe pour ne pas que l'axe vienne buter contre le disque qui support l'excentrique.

Dans sa partie basse, la pièce est percée à un diamètre de 3.2mm ce qui correspond au diamètre du poinçon.

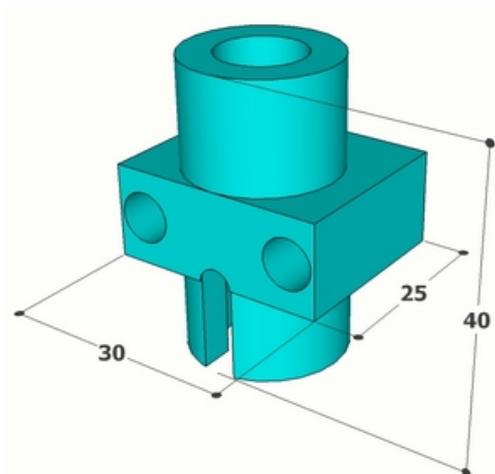
Un perçage avec un taraudage M4 permet de loger une vis qui vient bloquer le poinçon. Il est donc facile de régler la profondeur de perforation.



### 5 - 9 - LE GUIDE DU SUPPORT DE POINÇON

C'est une pièce en laiton dans laquelle viendra coulisser librement la tige support de poinçon. Ce guide poinçon sera solidement fixé sur la face avant du chariot mobile.

Ce n'est pas une nécessité absolue que cette pièce ait exactement la forme extérieure que nous lui avons donnée. Cela pourrait être un parallélépipède tout bête, mais nous on aime bien faire du copeau...



*(dimensions hors tout données à titre indicatif)*



L'entaille faite à la base permet de laisser coulisser la vis de fixation du poinçon.

### 5 - 10 - LE POINÇON

Comme indiqué dans les premières pages de ce document, nous avons opté pour un poinçon rond de diamètre 3.2 mm

Quelle matière pour le poinçon ?

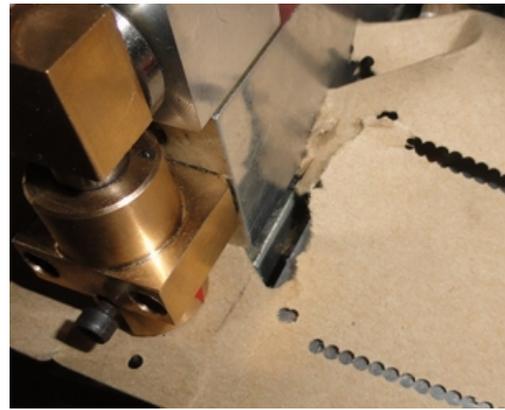
Il faut de l'acier très résistant type « Rapide ». Un foret de très bonne qualité peut faire l'affaire.

## 5 - 11 - LE DECHAUSSOIR

Il faut que le carton soit toujours parfaitement plaqué contre le chemin de défilement, et faire en sorte qu'en aucun cas il ne remonte en même temps que le poinçon.

Le déchaussoir permet de plaquer le carton contre la matrice.

Dans le cas contraire, le carton reste parfois « attaché au poinçon » et se déchire quand le poinçon change de position (voir ci-contre)



Pour plaquer vers le carton vers le bas, nous avons fixé sur le chariot une cornière an alu.

Idéalement, il faudrait un système à ressort pour plaquer le carton à 100% et aussi tenir compte de son épaisseur qui peut être variable selon la provenance.



La pièce est percée largement pour laisser passer le poinçon. L'entaille faite en bout est là pour ne pas venir en conflit avec la vis de blocage du poinçon.

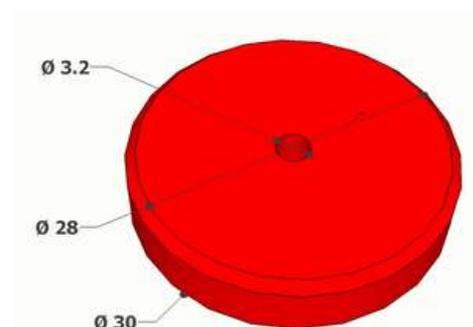


Toutes les arrêtes qui sont en contact avec le carton doivent être bien arrondies à la lime pour éviter de crocher dedans.

## 5 - 12- LA MATRICE

C'est la partie située sous le carton et dans laquelle viendra rentrer le poinçon.

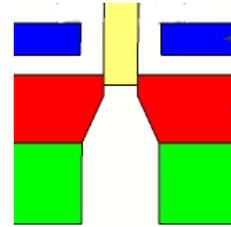
- Bloc d'acier
- Un trou rond de 3.2 mm
- Deux trous filetés M 3 pour fixation sur le support de matrice



*(dimensions hors tout données à titre indicatif)*



Pour éviter que le poinçon ne frotte sur toute l'épaisseur de la pièce, la partie où il coulisse a été réduite à 2 millimètres en faisant un trou conique sur sa face inférieure.



Si l'on ne prend pas cette précaution, les confettis vont s'empiler les uns sur les autres, jusqu'à venir empêcher la descente du poinçon

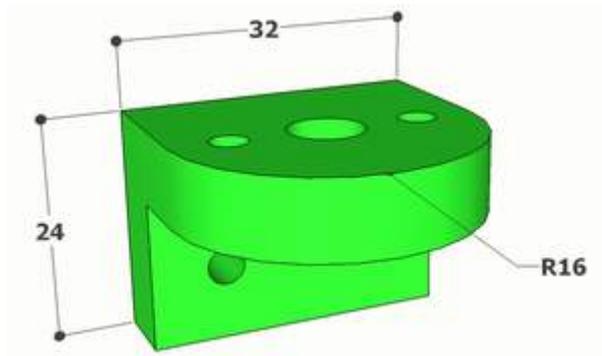
En cas d'usure il faut passer le dessus de la matrice à la pierre à huile pour retrouver des arêtes bien nettes autour du trou.

Faut-il prévoir du jeu entre le poinçon et la matrice ?

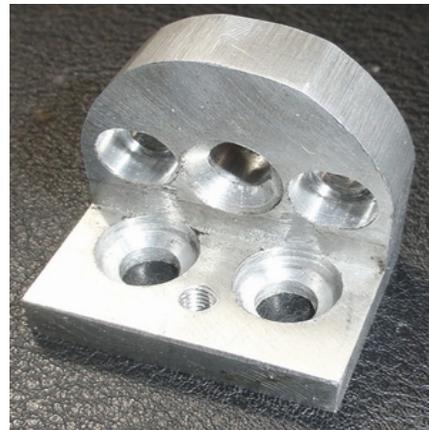
Dans l'idéal, le jeu doit être réduit au minimum. Cela est la garantie d'une découpe hyper nette du confetti. Cela suppose donc une réalisation mécanique de précision.

### 5 - 13 - LE SUPPORT DE MATRICE

C'est la pièce en alu qui va servir de fixation de la matrice sur le chariot mobile.



*(dimensions hors tout données à titre indicatif)*



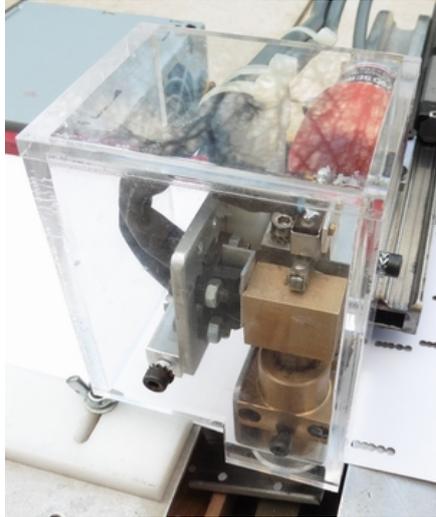
Le trou dans l'axe du poinçon est d'un fort diamètre pour faciliter l'évacuation des confettis vers le bas.

La matrice doit être dans un alignement parfait du poinçon. Cette précision est très difficile à atteindre. Aussi, on peut contourner l'obstacle en faisant des trous un peu plus grands que les vis qui serviront à fixer la matrice.



Lors de la mise en place, on amènera manuellement (moteur coupé) le poinçon en position basse, et ce n'est seulement qu'à ce moment là que les vis seront serrées à bloc.

## 5 - 14 - LE CAPOT DE PROTECTION DE LA TETE DE PERFORATION



Cette partie est en option et n'est pas nécessaire au bon fonctionnement de la perfo

En fait, le capot n'est pas fait pour protéger la tête qui ne craint pas grand-chose, par contre il est très utile pour éviter d'approcher les doigts là où ça fait mal.

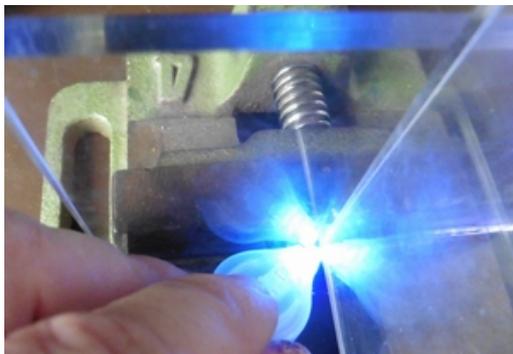
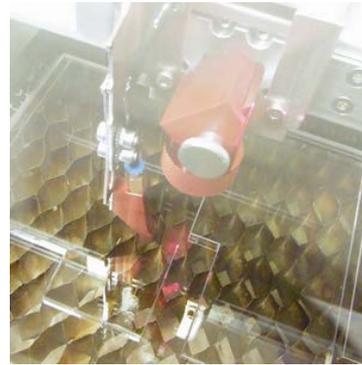
Bien que le moteur de descente du poinçon soit relativement peu puissant, par le jeu du réducteur on obtient en sortie un couple assez important, au moins suffisant pour vous déchieter un bout de doigt. On sait de quoi on parle...

Le risque n'est pas sous le poinçon, mais dans le système de commande.

Le capot est réalisé avec des morceaux de plexiglas passés à la découpeuse laser.

Il est peu probable que vous disposiez d'un tel outil chez vous. Donc 2 solutions :

- découper le plexiglas à la scie à métaux
- adhérer au FABLAB le plus proche de chez vous et bénéficier d'un outillage hyper sophistiqué.



Pour coller le plexiglas, nous avons essayé plusieurs colles sans succès. Soit cela ne colle pas, soit ça laisse des traces blanches.

La meilleure, mais encore un peu faible, est la CYANOLIT "spéciale matériaux transparents". Une mini LED bleue permet de durcir la colle.

## 5 - 15 - LA GESTION DES CONFETTIS

Pour éviter que les confettis se dispersent dans toute la perfo, il faut très vite les récupérer.



A leur sortie du support de matrice, les confettis tombent dans un toboggan. Les vibrations de la machine les font gentiment descendre vers un bac récupérateur.

**A la fin de la perforation d'un carton, et avant de renfermer la perforatrice dans sa caisse, il faut penser à vider le tiroir à confettis. Dans le cas contraire, vous aller en tartiner un peu partout et notamment sur le rail et à l'intérieur du roulement rectiligne à billes.**

### 6 - 1 - POURQUOI VOULOIR CONTROLER LES POSITIONS ?

A tout moment du processus de perforation, le programme informatique va recevoir des informations qui lui seront transmises par des capteurs de positions.

En effet, pour définir exactement l'emplacement où le poinçon doit descendre, il faut connaître de façon très précise la position géographique de l'emplacement de perçage (mouvement X et Y)

Il faut aussi connaître constamment la position haute ou basse du poinçon (mouvement Z) pour que le logiciel envoie les ordres de perçage au bon moment.

De plus, le logiciel doit s'assurer que le poinçon est bien en position haute avant de lancer les ordres d'avance du carton ou de translation de la tête de perforation. Dans le cas contraire, le carton va irrémédiablement se déchirer.

On va donc placer à des endroits stratégiques des opto-coupleurs qui vont détecter la présence ou la non présence de pièces mécaniques mobiles, elles-mêmes solidaires des pièces dont la position est à contrôler.

Un opto-coupleur est un composant composé de 2 éléments distincts qui se font face mais sont séparés l'un de l'autre :

- Une source de lumière
- Une cellule photoélectrique



La source de lumière est permanente. Si aucun obstacle ne vient se placer entre elle et la cellule, cette dernière va envoyer un ordre au logiciel par l'intermédiaire de la carte d'interface.

Si par contre un obturateur mécanique vient couper le faisceau lumineux, la cellule réagit aussitôt en envoyant un ordre différent du premier.



Si vous ne voyez pas la lumière émise par la LED de l'opto-coupleur, n'en déduisez pas qu'il est mort.

Pour éviter les perturbations avec une source de lumière extérieure, la LED émet dans le spectre de l'infrarouge..

### 6 - 2 - LE CONTROLE DU MOTEUR D'AVANCEMENT DU CARTON

Notre montage comporte 4 capteurs. Logiquement, on pourrait penser que le premier capteur contrôle le moteur d'avance du carton, le deuxième capteur pour contrôler le moteur de translation du chariot et que les deux derniers capteurs contrôlent les positions haute et basse du poinçon. **Eh bien non !**

Pour le déplacement du carton, il n'y a pas de retour d'informations à prévoir. Le carton défile toujours dans le même sens, et l'ordre envoyé par le programme est TOUT ou RIEN.

### 6 - 3 - LE CONTROLE DU MOTEUR DE POSITIONNEMENT DU CHARIOT

Là, cela se complique un petit peu. Le chariot va et vient constamment et on a besoin de connaître sa position de façon très précise.

Pour ce faire, on va utiliser deux opto-coupleurs (disponibles chez SELECTRONIC - réf MCT 8 ou équivalent)

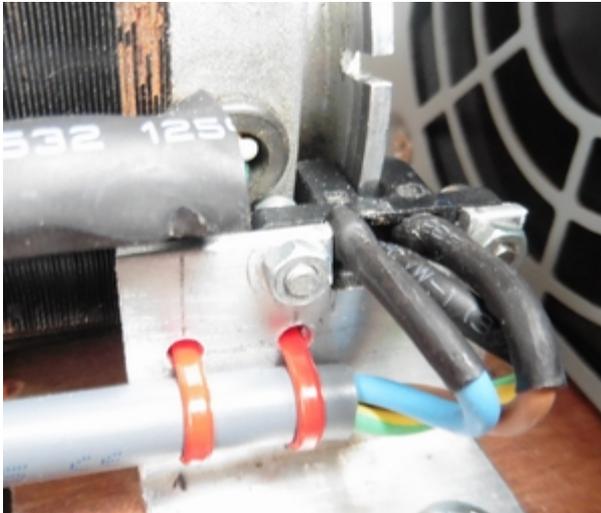
**Un premier opto-coupleur** détectera la position linéaire du chariot à l'aide d'un occulteur rectiligne solidaire du chariot.

Pendant la moitié de la course de la tête côté basses, l'opto-coupleur est masqué et est démasqué pendant l'autre moitié de la course.

Ce qui fait donc qu'il y a un changement d'état vers le milieu de la course.

Pour une meilleure efficacité, l'opto-coupleur doit être situé environ au milieu de la largeur du chemin de roulement.

Cela sera développé plus tard.



**Un second opto-coupleur** sera masqué et démasqué par un disque placé à l'arrière du moteur qui déplace le chariot.

Ce disque a une fente à sa périphérie.

L'opto-coupleur, qui lui est fixe, vient à cheval sur la périphérie du disque pour détecter le passage de la fente.

Au démarrage de la perforation d'un carton, la machine part en recherche de sa position d'origine. En mécanique, on appelle cela le P.O.M (point d'origine machine). Chez les bricoleurs de perforatrices, on l'appelle simplement le « point d'origine »

Le moteur va tourner et faire bouger la tête jusqu'à ce qu'elle revienne en position capable de masquer l'opto-coupleur linéaire.

Ensuite, le moteur va continuer à tourner dans le même sens jusqu'au moment où l'opto-coupleur rotatif va détecter le passage de la fente située sur le disque tournant solidaire de l'axe du moteur.

La prise en compte de ces deux positions (opto-coupleur linéaire masqué et opto-coupleur rotatif démasqué) détermine le fameux point d'origine.

Nous avons donc à faire à une fonction « ET LOGIQUE » qui correspond au remplissage indispensable de 2 conditions distinctes.

Ce point d'origine est donc situé "quelque part" vers le milieu de la course de la tête. Lors du réglage initial de la machine, on définit une bonne fois pour toutes à combien de pas moteur, ce point d'origine se situe du bord du carton.

C'est une manip toute simple qui est décrite dans le mode d'emploi du logiciel.

Pourquoi avoir opté pour ce mode de fonctionnement particulier ?

En définissant le point d'origine vers le milieu du carton, on va faire un contrôle de la position d'origine à chaque fois que la tête se déplace dans cette zone, sans avoir besoin de revenir vers un bord.

Ce contrôle est donc complètement "gratuit" en termes de temps, et on ne crée pas de mouvement supplémentaire pour le faire.

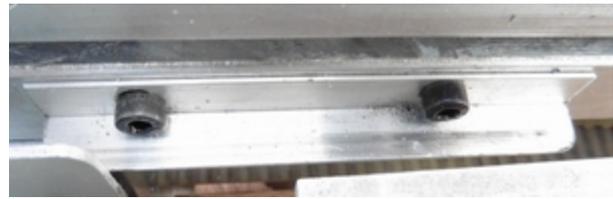
La combinaison des 2 opto-coupleurs linéaire et rotatif peut paraître assez "tirée par les cheveux". En fait, ca permet de faire un contrôle très précis, même avec des opto-coupleurs bas de gamme, dont la finesse du faisceau peut être quelconque.

C'est le principe mis au point par l'anglais Bob ESSEX.

Pour des explications beaucoup plus détaillées, nous vous renvoyons sur le site de Pierre PENARD où un document très complet a été mis en ligne.

Où placer l'occulteur de la détection linéaire de position du chariot ?

L'occulteur est une simple cornière alu en « L » qui est fixée contre le flasque situé à l'opposé du rail de guidage du roulement rectiligne à billes.



Sur le sujet de sa fixation, il y a au moins deux questions à se poser :

La première question : A quelle distance du bord de référence faut-il placer idéalement l'opto-coupleur linéaire ?

Réponse : Il faut faire en sorte que l'opto-coupleur change le plus souvent possible d'état pendant la perforation d'un carton.

Donc en théorie il faudrait le placer au beau milieu de la largeur du carton le plus grand, ce qui dans le cas présent, si l'on prend en compte la capacité maximale de la machine, donne 115 mm (230 mm / 2).

Si on part sur une perforatrice destinée à perforer UNIQUEMENT des cartons 27-29, on le met donc +/- à 65 mm (130 mm / 2).

Si on envisage une machine qui puisse également perforer des cartons beaucoup plus larges, ce qui est notre cas, il ne faut pas mettre l'opto-coupleur pour autant beaucoup plus loin que ces 65 mm !

En le plaçant à 115 mm, cela avantage les cartons de grande largeur, mais ça pénalise les cartons de faible largeur, qui sont en toute logique plus répandus.

En effet, si on imagine un opto-coupleur à 115 mm, et que l'on perfore un carton en 130 mm, pour peu qu'il n'y ait pas de notes aigues sur une partie du morceau, l'origine ne serait jamais contrôlée à ces endroits. En revanche, il y a toujours des basses, quelque soit la largeur du carton et le morceau de musique.

Conclusion : il faut placer l'opto-coupleur linéaire à +/- 65 mm du bord de référence, et ça marchera bien pour tout type de carton.

Avant de fixer de façon définitive la cornière, il est préférable de la fixer de façon temporaire à l'aide d'un bout de scotch double-face. Ce n'est qu'après avoir validé sa bonne position que la cornière sera fixée à l'aide de 2 petites vis sur le corps de la tête mobile.

#### La seconde question :

Dans le couple « cornière/opto-coupleur linéaire » quel élément est mobile, et quel élément est fixe ?

- La cornière est mobile (solidaire du chariot), et l'opto-coupleur est fixe (solidaire de la base)
- Ou la cornière est fixe (solidaire de la base), et l'opto-coupleur est mobile (solidaire du chariot)

En fait, cela revient strictement au même. C'est purement mécanique. Pour info, nous avons opté pour un opto-coupleur fixe, ce qui a quand même l'avantage de ne pas faire bouger les fils de connexion.

#### 6 - 5 - LA DETECTION ROTATIVE DE LA POSITION DU CHARIOT

Pour masquer et démasquer l'opto-coupleur rotatif, on utilise un simple disque en alu qui est solidement fixé sur l'axe du moteur assurant la translation de la tête mobile.

Le rayon doit être assez grand pour aller s'engager dans l'opto-coupleur, mais pas trop quand même pour ne pas frotter sur la base support. Chez nous, le disque fait 60 mm de diamètre

A la périphérie de ce disque, il faut faire une petite fente afin que le faisceau lumineux de l'opto-coupleur puisse illuminer la cellule photo électrique. La largeur de la fente est d'environ 3 mm.



L'épaisseur du disque n'est bien sûr pas critique, mais elle doit être suffisamment faible pour ne pas venir frotter contre les faces internes de l'opto-coupleur.

Vous pouvez indifféremment placer ce disque d'un côté ou de l'autre du moteur.

Dans notre cas, nous l'avons placé à l'arrière en ayant au préalable percé et taraudé l'axe du moteur (opération délicate)



Le disque doit être parfaitement fixé sur l'axe pour l'empêcher de tourner sur lui-même. Si ce n'est pas le cas, le contrôle de position ne pourra être assuré de façon fiable

## 6- 6 - LA DETECTION DE POSITION HAUTE OU BASSE DU POINÇON

Le poinçon peut avoir plusieurs positions....

Le programme informatique aura besoin de savoir à tous moments où se trouve le poinçon, à savoir en position haute ou position basse.

On pourrait se poser la question de savoir pourquoi le programme a besoin de savoir où est le poinçon dans la mesure où c'est lui qui lui donne les ordres de descente et de montée.

Logiquement cela devrait être le cas. Mais il se peut que dans certaines situations extrêmes le poinçon soit coincé en position basse.

Cela arrive au bout d'un certain temps quand il n'est plus aussi tranchant qu'à la première heure.

Si dans ce cas le logiciel envoie un ordre d'avancement du carton, celui-ci va très mal supporter la situation et va se déchirer.

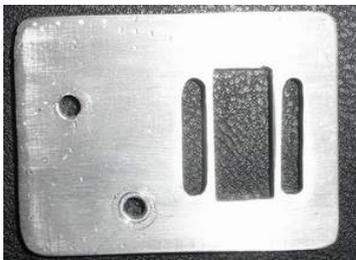
L'inverse est aussi vrai : le poinçon peut rester bloqué en haut, et en arrivant au bout du carton, on s'aperçoit qu'il manque plein de perforation.

**Les détections de positions haute et basse sont donc obligatoires.**

La durée du signal de commande se règle dans le soft.

## 6 - 7 - LA FIXATION DES CAPTEURS DE POSITION HAUTE OU BASSE ET DU SWITCH

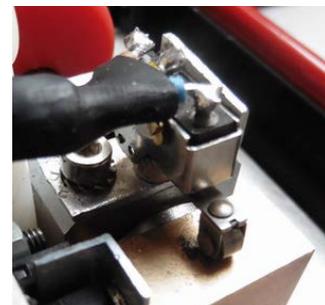
Il faut prévoir une solide fixation pour maintenir en place les opto-coupleurs. Une fixation "branlante" vous exposera à un mauvais coulisement de l'occulteur.



Un support en alu de 3 mm d'épaisseur garantit une bonne rigidité.

Des lumières doivent être pratiquées pour permettre de régler facilement et précisément la hauteur de fixation des opto-coupleurs pour être sûr qu'ils soient masqués et démasqués quand il le faut.

Il faut aussi prévoir une fixation pour le switch qui sera utilisé pour faire en sorte que le moteur de poinçon s'arrête bien au bon moment, à savoir quand le poinçon est bien remonté.



## 6 - 8 - LE REGLAGE DE LA POSITION DES OPTO-COUPLEURS HAUT ET BAS

*Il est évident que cette phase de réglage ne pourra avoir lieu qu'une fois que la carte électronique aura été testée avec succès.*

La position du poinçon a une grande incidence sur le bon déroulement du programme. La détection de position est basée sur les informations qui sont renvoyées par les 2 opto-coupleurs (haut et bas).

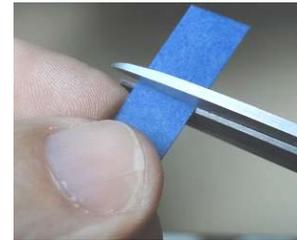
Le réglage de la position des capteurs semble à première vue très simple dans la mesure où l'on a tendance à penser qu'il suffit de découper un occulteur dont la hauteur correspondrait plus ou moins à l'épaisseur des opto-coupleurs, et qu'il masque alternativement le faisceau haut ou le faisceau bas.

Eh bien non, ce n'est pas du tout comme cela que ça marche !

En fait, la hauteur de l'occulteur doit être suffisamment grande pour qu'à un moment donné il masque à la fois les deux faisceaux. Le fait d'avoir eu recours à un support réglable permet d'affiner au mieux la position des opto-coupleurs.

Il faudra alors agir sur la hauteur de l'occulteur qui est solidaire de la tige supportant le poinçon.

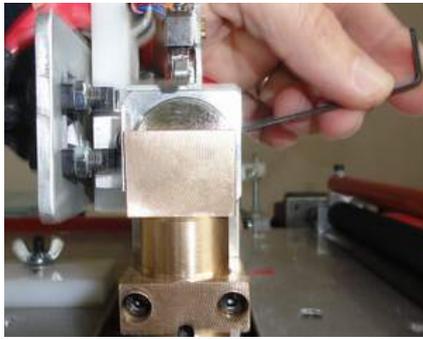
Pour trouver la bonne hauteur de l'occulteur, il est plus simple de faire des essais avec une feuille de carton. Une fois la bonne taille déterminée, on peut passer à la fabrication d'un occulteur en alu.



Au final, il faut bien veiller à ce que la position des opto-coupleurs et la taille de l'occulteur vous amènent au résultat suivant :

Cycle	Position poinçon	Etat des voyants
<p><u>Phase 1</u> : Poinçon en haut.</p> <p>Il faut être sûr que dans tous les cas, le poinçon soit dégagé quand "poinçon haut" s'allume.</p>		
<p><u>Phase 2</u> : Poinçon au milieu (phase de transition)</p> <p>Aucun des 2 voyants ne doit être allumé. En fait, les voyants doivent être considérés comme des contacts « fin de course »</p>		
<p><u>Phase 3</u> : Poinçon en bas</p> <p>Seul le voyant "Poinçon bas" s'allume</p>		

*Pour une meilleure visualisation du poinçon, le déchaussoir n'a pas été mis en place sur les photos ci-dessus.*



Pour pouvoir effectuer de façon précise les réglages de la position des opto-coupleurs et de la taille de l'occulteur, il faut passer en mode "manuel".

A savoir débrancher l'alimentation du moteur et faire descendre et remonter le poinçon à la main en insérant une clé à molette dans la vis de fixation sur l'axe moteur.

## 7 - LE CHEMIN DE DEFILEMENT DU CARTON

Il est indispensable que le carton soit parfaitement guidé en largeur lors de son défilement. Dans un plan vertical, il doit glisser juste à fleur de la matrice qui reçoit le poinçon et doit s'engager ensuite pile poil entre les deux rouleaux entraineurs.

Dans notre perfo, le chemin est découpé en trois tronçons :



N°	Position	Dimensions
1	à gauche de la position de perçage	Largeur 215 mm Profondeur 250 mm
2	entre la position de perçage et les rouleaux entraineurs	Largeur 60 mm Profondeur 250 mm
3	à droite des rouleaux entraineurs	Largeur 215 mm Profondeur 250 mm

- Les largeurs ne sont pas critiques
- La profondeur est liée à la taille maxi des cartons que vous pensez faire passer

Les deux chemins situés aux extrémités sont équipés de réglettes pour assurer le parfait guidage du carton.

- Les réglettes situées le long du bord de référence sont bien sûr fixes.
- Les réglettes situées à l'opposé sont rendues réglables pour s'adapter à la largeur du carton à faire passer.





Chaque tronçon est solidement fixé sur la base support de l'ensemble de la perforatrice.

Nous avons utilisé des blocs de rilsan.

Leur forme particulière est liée à ce que nous avons pu récupérer à moindre frais...

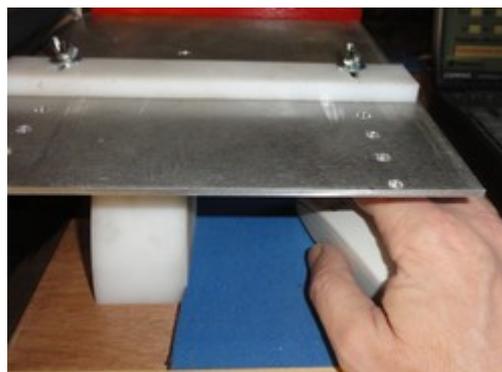
Lors de la fixation, il faut bien veiller à ce que le bord de défilement du carton soit parfaitement à 90° par rapport à la course du chariot mobile. Dans le cas contraire, des notes qui sont sensées être jouées en même temps ne le seront pas.

Le parfait équerrage se vérifie avec une simple équerre.



Toutes les vis doivent être fermement serrées pour éviter les vibrations et les bruits générés par les moteurs pas à pas.

En fonction de l'emplacement du support du chemin de défilement du carton, vous aurez peut-être la place pour placer un bout de tapis de souris.



### 8 - 1 - RETOUR SUR LA VERSION PRECEDENTE DU LOGICIEL DE PERFORATION

Ce n'est pas faire ombrage à Pierre PENARD, et Jean-Pierre COSSARD de constater que le programme PERFO version 4 précédemment utilisé était un peu "ancien."

Cette version avait été optimisée pour Windows XP. Bien qu'elle pouvait tourner sur des versions plus récentes en passant par le mode "compatibilité", Pierre PENARD conseillait quand même de faire tourner le programme sous Windows 95, ce qui en 2016 est quand même un peu anachronique.



Les ordres transitaient par le port parallèle, qui est de moins en moins répandu sur les PC récents. Cela obligeait donc à utiliser un vieux PC.

Le programme PERFO V4 s'accommodait assez mal du mode multitâche de Windows. Aussi, il fallait le faire tourner sur une machine spécifique, sans anti-virus, sans économiseur d'écran, et sans connexion réseau.

Durant la perforation, il était fortement conseillé de ne rien toucher au risque d'avoir des pertes de pas, ou des plantages.

Avec la difficulté de faire reconnaître le port USB sur les très vieux PC, seul le transfert par disquette était possible pour charger les fichiers MIDI. A l'inverse, les PC récents n'ont plus de lecteur de disquettes. C'était donc un peu galère de passer par un PC intermédiaire disposant à la fois d'un port USB et d'un lecteur de disquettes.

Ne crachons tout de même pas dans la soupe, car même si le système présentait quelques faiblesses, il fonctionne encore !

Pierre Pénard a donc encore une fois fait bouillonner ses neurones en nous concoctant une nouvelle interface à base d'une carte Arduino.

Le fin du fin aura été de mettre au point une interface complémentaire à l'ancienne interface.

Il fallait en effet tenir compte des nombreuses perforatrices déjà en service.



On conserve donc l'ancienne interface telle quelle, et on vient y rajouter une carte Arduino. La manip est hyper simple et vous trouverez toutes les explications sur le site de Pierre.

## 8 - 2 - LE FONCTIONNEMENT

Voilà très succinctement le fonctionnement de l'interface :

Par l'intermédiaire d'un câble USB, les informations sont échangées entre le PC et la carte Arduino. Ensuite, elles transitent via les connecteurs de la carte Arduino pour la carte de commande des moteurs pas à pas..

La carte fait appel principalement à deux circuits intégrés.



- Le premier circuit (74 LS 241) reçoit les signaux envoyés par la carte Arduino et les met en forme pour commander 8 transistors de puissance, qui vont à leur tour commander les 2 moteurs pas à pas.
- Le deuxième circuit (74 LS 240) agit en partie de la même façon pour commander le moteur qui actionne le poinçon, mais en plus récolte diverses informations en provenance des opto-coupleurs pour les renvoyer vers le PC toujours par l'intermédiaire de la carte Arduino. De cette façon le PC sait exactement où en est la partie mécanique.

La carte principale joue le rôle de carte de puissance avec ses buffers (74 LS 241 et 74 LS 240) et ses transistors Darlington (TIP 122)

Voilà vous en savez assez ! Pour des infos plus complètes, allez sur le site de Pierre.

## 8 - 3 - LE SCHEMA

Dans le schéma donné ici, l'alimentation du moteur X est faite en 3.3 Volts et celle du moteur Y en 5 Volts. Ces tensions correspondent à celle des moteurs de récupération utilisés par le concepteur de la carte.

Si vous utilisez les mêmes moteurs que nous, il faut savoir qu'ils sont faits pour être alimentés en 3 volts. Mais compte tenu de la chute de tension dans les transistors de commande (2 volts pour un TIP 122), nous sommes partis sur une alimentation en 5 volts.

Attention à bien prendre en compte le fait que l'alimentation des moteurs pas-à-pas se fait par l'intermédiaire d'un contact sec sur le relais R2, qui colle dès que la carte d'interface envoie son premier ordre qui peut être :

- Soit l'avancement du moteur Y (défilement du carton)
- Soit la marche avant ou arrière du moteur X (mouvement du chariot)
- Soit la commande du moteur de commande du poinçon

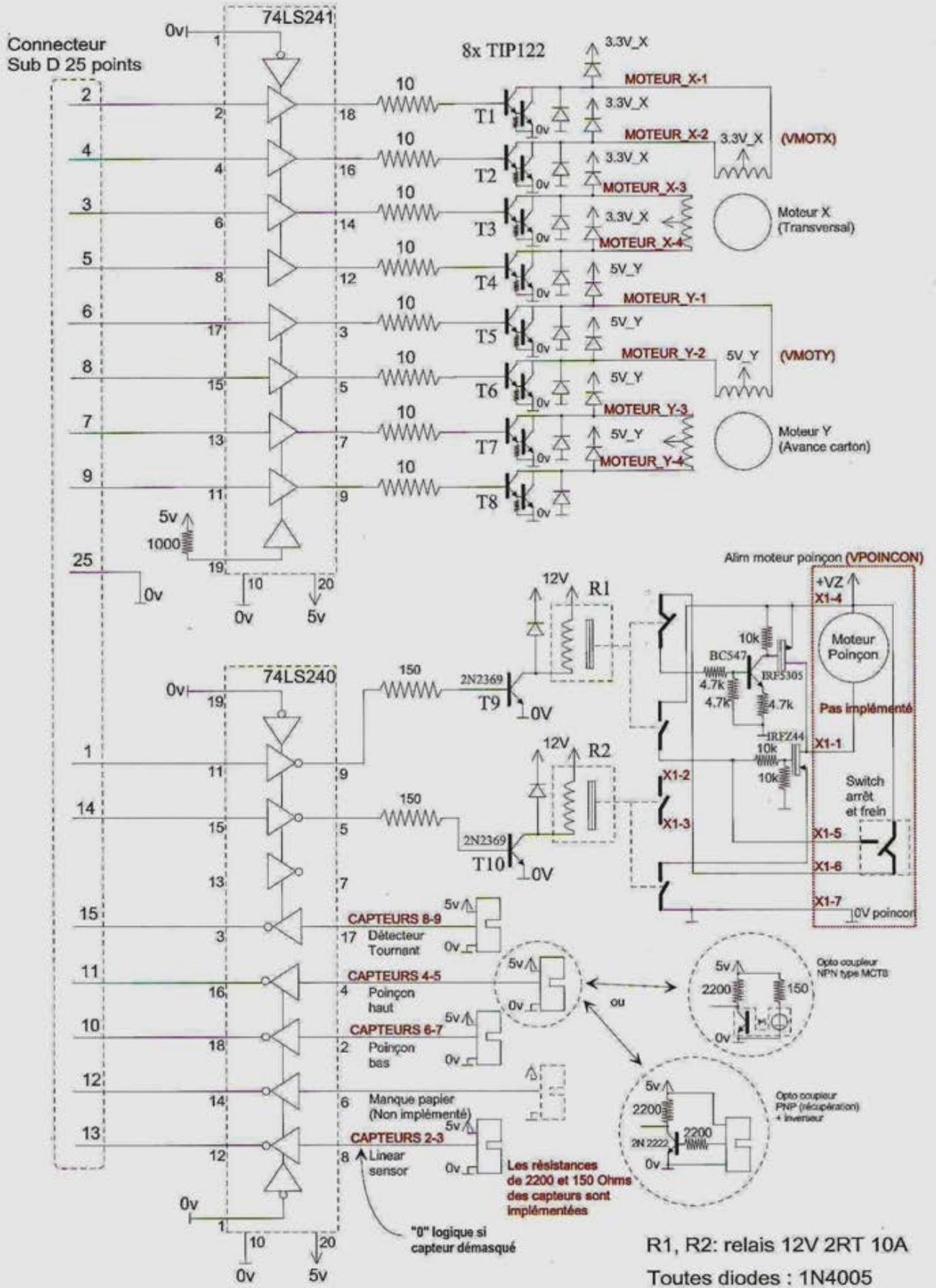
A partir de là, et si tout se déroule bien dans le process, le relais R2 reste collé en permanence.

Par contre si quelque chose cloche, le relais passe en position repos coupant ainsi l'alimentation sur les moteurs pas-à-pas. C'est une sécurité.



Le schéma donné ici est valable pour une commande de poinçon par moteur électrique. Dans le cas d'une commande de poinçon par électro-aimant ou par électrovanne pour vérin pneumatique, il faudra modifier l'étage final du schéma. Voir les infos sur le site de Pierre PENARD

# Schéma de la carte d'interface perforatrice



## 8 - 4 - RACCORDEMENT DE LA CARTE ARDUINO

Pour le raccordement de la carte ARDUINO, vous avez deux solutions, selon si vous avez déjà construit votre interface « ancienne version » ou si vous êtes parti de zéro.

<u>Cas n° 1</u> - Vous possédez déjà votre carte interface avec sa prise DB 25 mâle.	Il suffit de souder les fils de la carte Arduino sur une prise DB25 femelle, qui sera tout simplement enfichée sur la prise existante.
<u>Cas n° 2</u> - Vous n'avez pas d'ancienne carte, et vous n'avez pas prévu de prise DB 25 mâle sur la nouvelle.	Il faut souder les fils de la carte Arduino directement sur le circuit imprimé.

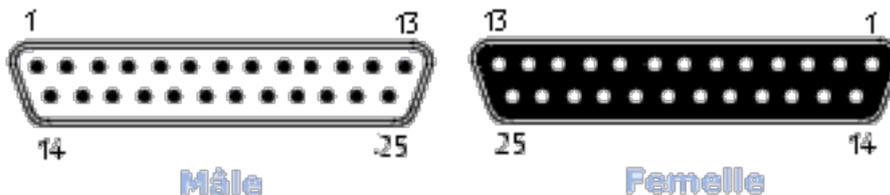
Voici la table de correspondance en fonction des 2 cas possibles :

	CAS n° 1 Carte avec DB 25 mâle 	CAS n° 2 Connexion directe sur le circuit imprimé 
Broches Arduino	N° des broches DB 25 femelle	Pistes du circuit imprimé
D 2	2	Broche 2 du 74LS241 (commande T1)
D 3	3	Broche 6 du 74LS241 (commande T3)
D 4	4	Broche 4 du 74LS241 (commande T2)
D 5	5	Broche 8 du 74LS241 (commande T4)
D 6	6	Broche 17 du 74LS241 (commande T5)
D 7	7	Broche 13 du 74LS241 (commande T7)
D 8	8	Broche 15 du 74LS241 (commande T6)
D 9	9	Broche 11 du 74LS241 (commande T8)
D 10	10	Broche 18 du 74LS240 (détection poinçon bas)
D 11	11	Broche 16 du 74LS240 (détection poinçon haut)
D 12	13	Broche 12 du 74LS240 (détection linéaire)
D 13	15	Broche 3 du 74LS240 (détection rotative)
A 0	1	Broche 11 du 74LS240 (commande relais 1)
A 1	14	Broche 15 du 74LS240 (commande relais 2)
GND	25	A la masse

Dans un cas comme dans l'autre, l'alimentation de la carte Arduino se fait via la prise USB.



La numérotation des broches n'est pas la même entre une prise DB 25 mâle et une prise DB 25 femelle.



### 8 - 5 - COMMANDE DE MOTEUR DU POINÇON

Pour commander le moteur qui met en mouvement le poinçon, on fait appel à deux transistors de puissance MOSFET. Dans le cas contraire, si on utilise des relais classiques, les contacts auront une durée de vie très limitée.

Voici le mode de fonctionnement de la partie "commande du moteur poinçon"

#### au démarrage de l'impulsion de commande :

- le contact du relais R2 se ferme. En cas de souci logiciel, le contact s'ouvre coupant ainsi l'alimentation du moteur.
- le contact fermé au repos du relais R1 s'ouvre pour empêcher que le BC 547 commande le IRF 5305 qui lui a pour mission de court-circuiter le moteur
- le contact ouvert au repos du relais R1 se ferme, ce qui a pour effet de relier le moteur à la masse via le transistor IRFZ 44.
- le moteur commence à tourner, et fait basculer le switch, qui agit comme un auto-maintenance du contact ouvert au repos du relais R1

#### après l'arrêt de l'impulsion de commande :

- le moteur continue à tourner jusqu'à temps que le switch revienne en position repos et alimente la base du BC 547 via le contact R1 se retrouve donc fermé
- Le BC 547 alimente la gate du IRF5305 qui court-circuite le moteur pour le bloquer juste en position haute

### 8 - 6 - LA FABRICATION

Dans la version précédente de notre perfo, nous avons une commande de poinçon par électro-aimant, donc nous n'avons pas réalisé la partie du montage qui comprend les transistors MOSFET. Le fait de passer au moteur électrique nous a conduit à ajouter un circuit imprimé supplémentaire.

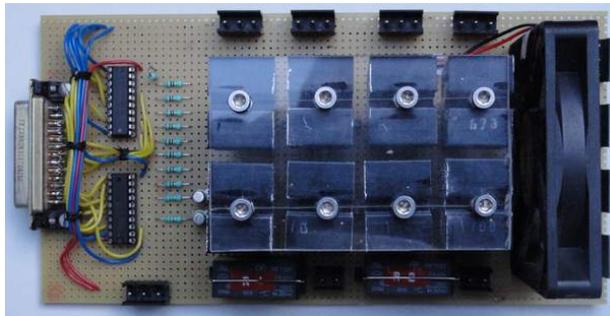
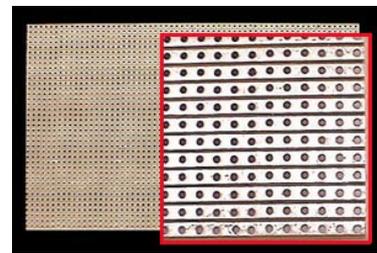
Vous avez le choix :

- Soit vous réalisez un circuit complet pour à la fois la partie puissance et la partie Mosfet
- Soit vous réalisez deux circuits distincts (c'est la solution que nous avons retenue)

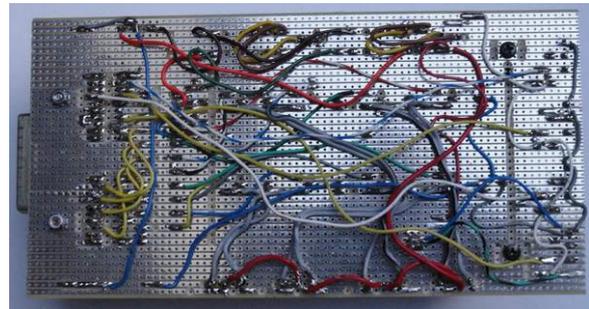
Pour le ou les circuits imprimés, vous avez encore un choix à faire :

### Choix A = Utilisation de plaquettes à bandes.

C'est la solution que nous avons choisie pour la version précédente de notre perfo.



Vue côté composants (ancienne perfo)



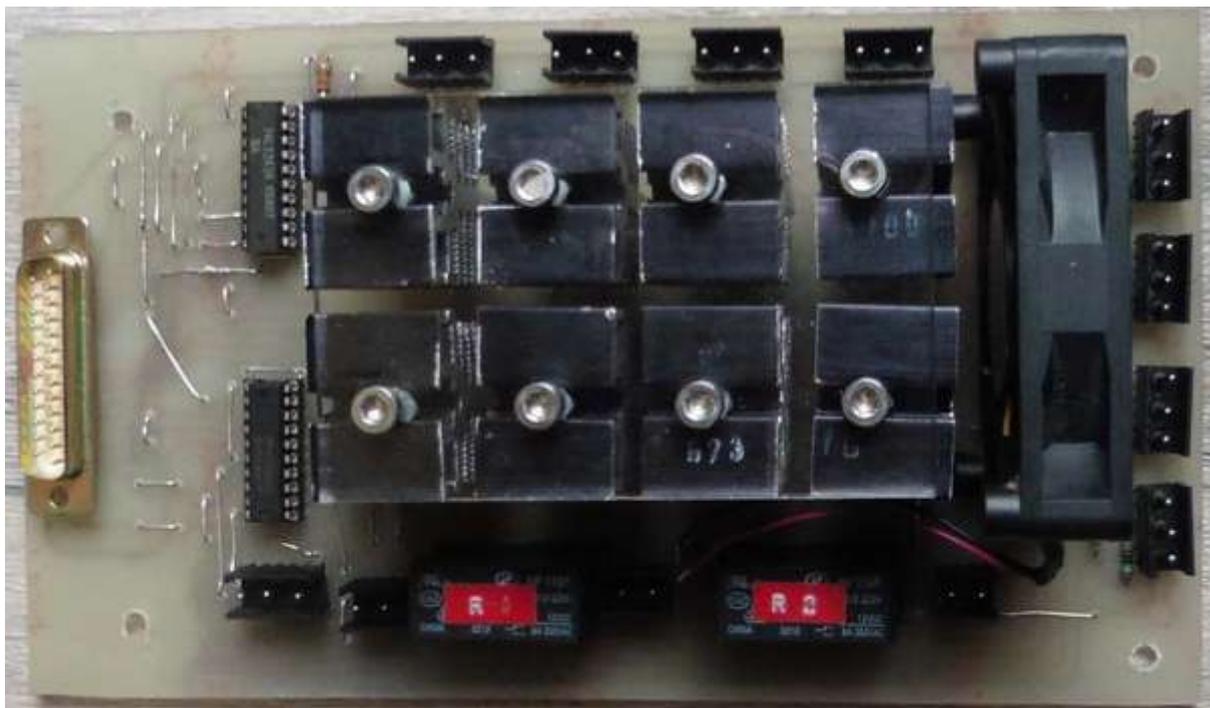
Vue côté pistes (ancienne perfo)

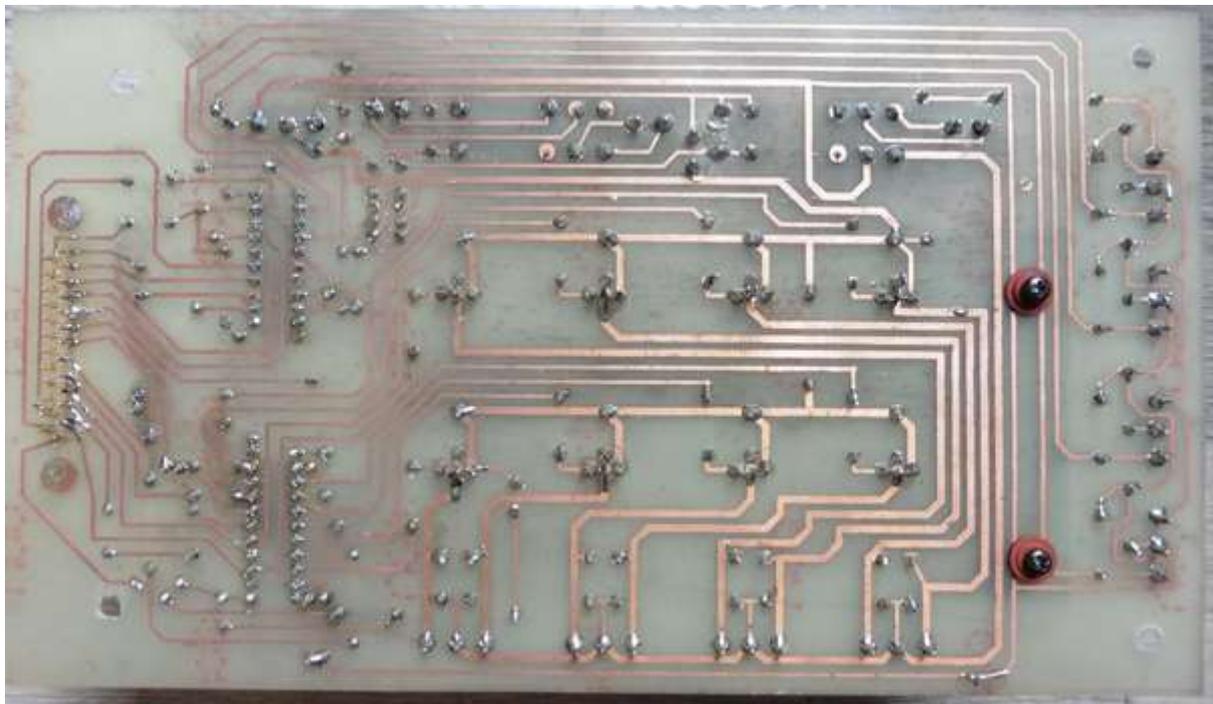
Ce n'est pas la solution que nous recommandons, et cela pour les raisons suivantes :

- Contrairement à ce que l'on pourrait penser, on passe beaucoup de temps dans la conception et la réalisation.
- réclame une extrême attention dans la mise en place des composants. Il faut bien veiller à sectionner les pistes, et à placer les straps nécessaires aux bons endroits.
- La vérification et la recherche de panne sont compliquées.
- Le remplacement d'un composant est délicat.
- Le look ne fait pas très pro.

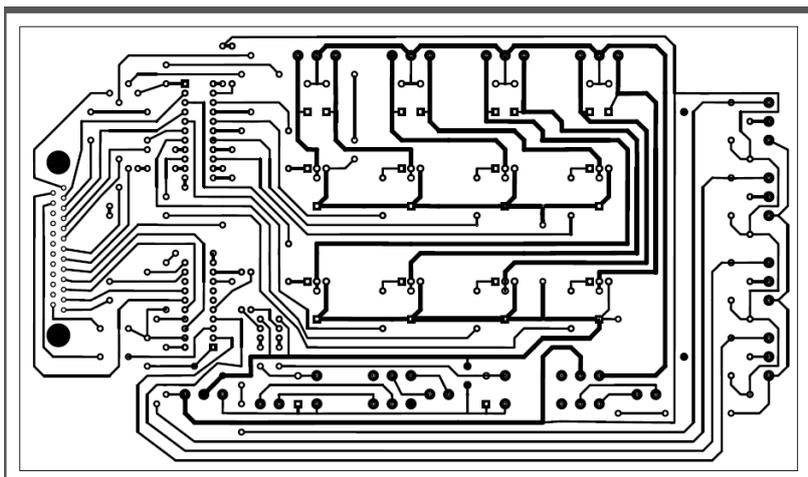
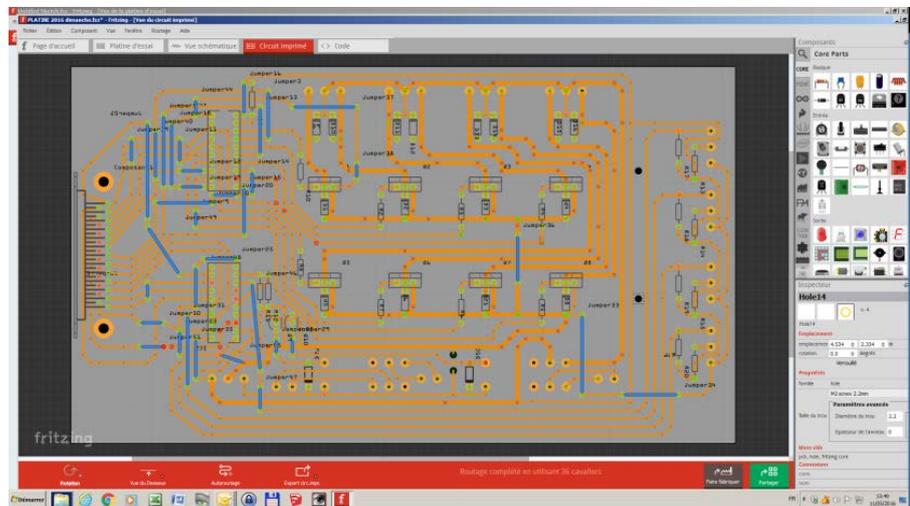
### Choix B = Fabrication d'un circuit imprimé dédié.

C'est de loin la solution que nous préconisons. Avec un circuit imprimé dédié le risque d'erreur lors de l'insertion des composants est très réduit (mais pas inexistant).





Vous pouvez concevoir votre propre circuit imprimé en utilisant le logiciel open-source FRITZING.



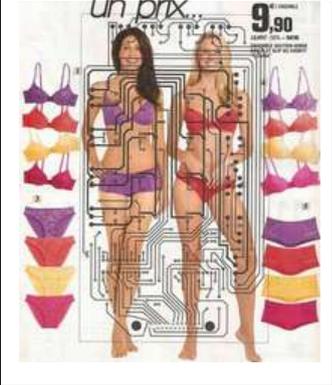
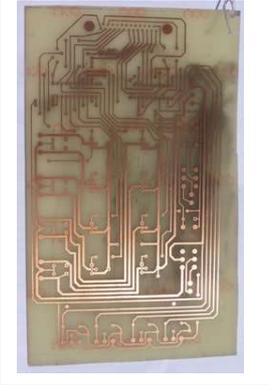
Autre solution : si vous nous le demandez gentiment, nous vous enverrons le fichier PDF du typon.

Trois remarques sur notre typon :

- il est basé sur l'utilisation d'un moteur pour la descente du poinçon
- il ne prend en compte que la partie « carte de puissance ». Faute de place, nous avons réalisé la partie « MOSFET » sur un tout petit circuit séparé. Compte tenu du faible nombre de composants, nous avons utilisé cette fois une plaquette à bandes pastillées.

- il est en simple face, donc plus facile à faire. C'est ce qui explique la présence de quelques straps.

Pour la gravure, nous avons abandonné la bonne vieille méthode "insolation au UV et attaque au perchlorure de fer" au profit de la technique "transfert de toner d'une imprimante laser »

			
Impression du typon sur un papier brillant (peu importe le motif primaire...).	Transfert du toner sur la face cuivrée avec un fer bien chaud durant +/- 2 minutes.	Attaque du cuivre par un mélange d'acide chlorhydrique + eau oxygénée + eau claire.	Décollage du papier dans de l'eau.

Il vous faudra faire quelques tests sur des chutes de circuit avant de faire le grand circuit. Cela permettra de tester la qualité du papier dont dépend en grande partie le résultat.

Pour info, nous avons utilisé les pages intérieures d'un dépliant publicitaire, sur lesquelles l'encre se fixe bien.

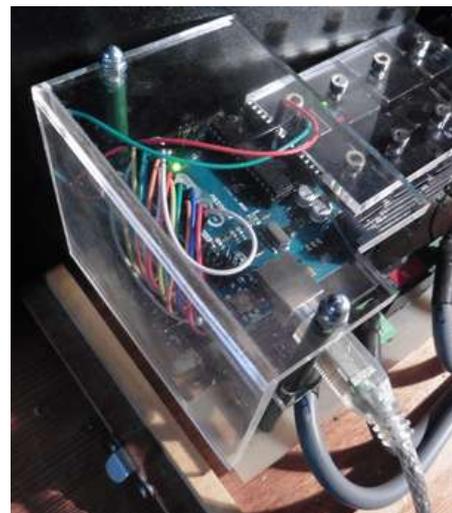
Vu la faible épaisseur de ces pages, il est préférable de les coller sur une feuille blanche A4 en mettant du scotch en haut et en bas sur toute la largeur. Cela évitera les coincements dans l'imprimante laser. La manip ne fonctionne pas avec une imprimante jet d'encre.

Pour de plus amples informations tapez dans votre moteur de recherche "gravure circuit imprimé par transfert de toner"

### 8 - 7 - MISE EN PLACE DE LA CARTE ARDUINO

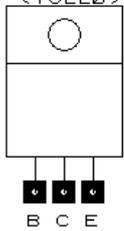
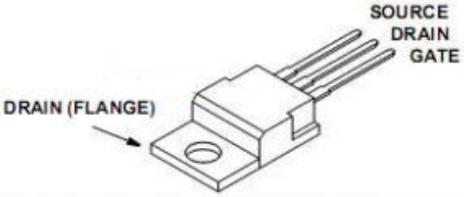
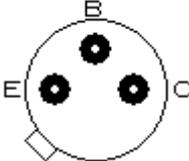
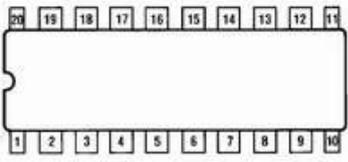
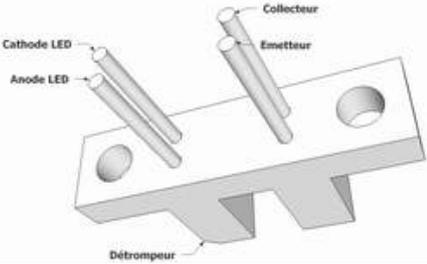
Comme tenu de l'espace dont nous disposions sur la base existante, nous n'avions pas la place de mettre la carte Arduino à côté de la carte de puissance.

Aussi, nous avons réalisé un petit support en plexi pour positionner la carte Arduino sur la carte de puissance, avec en plus un capot en forme de "L" pour recouvrir les parties les plus exposées.



## 8 - 8 - LE BROCHAGE DES COMPOSANTS

Quelque soit le mode de fabrication de la carte, le brochage des composants est le même et vous est communiqué ici pour vous éviter de chercher. Qu'est-ce qu'on dit ?

<p><u>Pour les 8 transistors TIP 122 :</u></p> <p>Boitier TO220, brochage donné vue de devant, c'est à dire avec la semelle métallique (à plaquer contre le radiateur de refroidissement) située à l'arrière</p>	<p>Vu de devant TIP122 (TO220)</p> 
<p><u>Pour les 2 transistors MOSFET :</u></p> <p>Boitier TO220,</p>	
<p><u>Pour le transistor BC 557 :</u></p> <p>Brochage donné vue de dessous</p>	
<p><u>Pour les 2 transistors 2N2369 :</u></p> <p>Brochage donné vue de dessous</p>	
<p><u>Pour les circuits intégrés 74 LS 240 et 74 LS 241 :</u></p> <p>Boitier Dual-in-line, brochage donné vue de dessus</p>	
<p><u>Pour les opto-coupleurs MC T8</u></p> <p>Brochage donné vue de dessous.</p>	



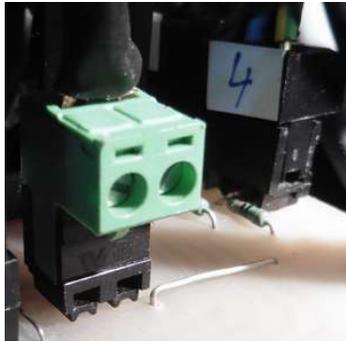
Un conseil : le prix de ces composants actifs et des relais est très faible. Aussi, si vous avez un peu de mal à les trouver localement, et que vous devez les commander par correspondance, prenez la précaution d'en prendre quelques uns en plus.

Mettez-les soigneusement dans une petite boîte vissée sur la base de la perfo, et vous serez bien content un jour de les avoir rapidement sous la main.

## 8 - 9 - CONSEILS DE MONTAGE

Les circuits intégrés sont montés sur support.

Cela évite leur destruction par surchauffe quand on les soude directement, et cela facilite aussi leur remplacement. **Attention : sur notre circuit, les 2 CI ne sont pas orientés dans le même sens.**



Toutes les entrées /sorties se font sur des connecteurs amovibles (c'est bien pratique pour inverser facilement le sens de rotation des moteurs lors de la phase de mise au point).

Il y a 12 connecteurs en tout, donc la nécessité de les numéroté.

Pour les transistors de commande des moteurs pas-à-pas, les radiateurs sont un peu surdimensionnés par rapport aux transistors. (c'est de récup...) Aussi pour éviter qu'ils ne bougent de trop, nous les avons rendus solidaires par une plaque de plexi.



Les deux relais sont eux aussi montés sur support pour faciliter leur remplacement

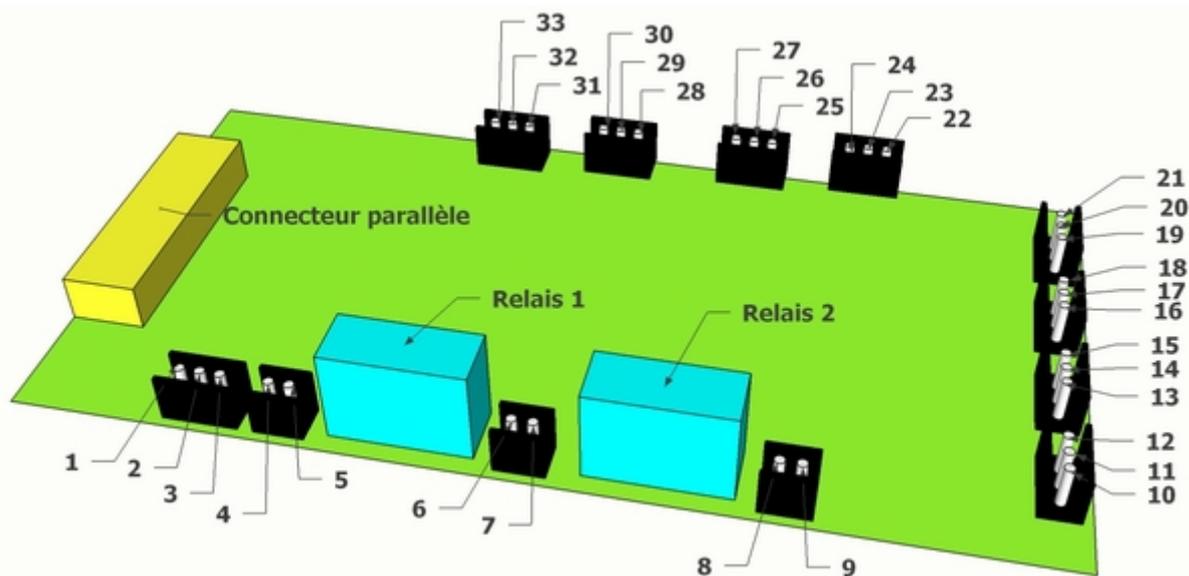
Il restait un peu de place pour placer un petit ventilateur récupéré dans une alim de PC (c'est facultatif)



## 8 - 10 - IDENTIFICATION DES ENTREES ET SORTIES DE LA CARTE PRINCIPALE

Pour faciliter les raccordements et aussi éviter les inversions, il est vivement conseillé de repérer avec précision les différentes sorties ou entrées sur les circuits imprimés.

Le croquis ci-dessous n'est qu'un exemple et doit être adapté à votre propre montage. Gardez précieusement ce type d'information, si un jour vous deviez intervenir à nouveau pour un dépannage.



CONNECTEURS	N°	LIAISONS SUR CARTE	LIAISONS EXTERNES
Alimentation	1	+ 5 volts	Alimentation + 5 volts
	2	Masse	Alimentation Masse
	3	+ 12 volts	Alimentation + 12 volts
Raccordement n° 1 vers la carte avec MOSFET	4	Contact sec fermé au repos du relais RL 1	Résistance 4.7 k de la carte avec transistors MOSFET
	5	Contact sec fermé au repos du relais RL 1	Alimentation + 12 volt par le switch du moteur quand le poinçon est position haute
Raccordement n° 2 vers la carte avec MOSFET	6	Contact sec ouvert au repos du relais RL 1	Résistance 10 k de la carte avec transistors MOSFET, mais aussi sur switch moteur poinçon
	7	Contact sec ouvert au repos du relais RL 1	Alimentation + 12 volts
Raccordement n° 3 vers la carte avec MOSFET	8	Contact sec ouvert au repos du relais RL 2	Source du transistor IRFZ44
	9	Contact sec ouvert au repos du relais RL 2	Masse
Opto-coupleur poinçon position basse (voir remarque à la suite de ce tableau)	10	Masse	Masse (cathode LED + émetteur transistor)
	11	Résistance 150 ohms	Anode LED de l'opto-coupleur
	12	Broche n° 2 du 74 LS 240	Collecteur transistor de l'opto-coupleur
Opto-coupleur poinçon position haute (voir remarque à la suite de ce tableau)	13	Masse	Masse (cathode LED + émetteur transistor)
	14	Résistance 150 ohms	Anode LED de l'opto-coupleur
	15	Broche n° 4 du 74 LS 240	Collecteur transistor de l'opto-coupleur
Opto-coupleur rotatif	16	Masse	Masse (cathode LED + émetteur transistor)
	17	Résistance 150 ohms	Anode LED de l'opto-coupleur
	18	Broche n° 17 du 74 LS 240	Collecteur transistor de l'opto-coupleur

Opto-coupleur linéaire	19	Masse	Masse (cathode LED + émetteur transistor)
	20	Résistance 150 ohms	Anode LED de l'opto-coupleur
	21	Broche n° 8 du 74 LS 240	Collecteur transistor de l'opto-coupleur
Moteur Y avancement du carton	22	Collecteur transistor T8	Extrémité 1 enroulement 1 (fil vert)
	23	Alimentation + 5 V (via relais)	Point médian enroulement 1 (fil blanc)
	24	Collecteur transistor T7	Extrémité 2 enroulement 1 (fil rouge)
	25	Collecteur transistor T6	Extrémité 1 enroulement 2 (fil jaune)
	26	Alimentation + 5 V (via relais)	Point médian enroulement 2 (fil noir)
	27	Collecteur transistor T5	Extrémité 2 enroulement 2 (fil bleu)
Moteur X déplacement du poinçon	28	Collecteur transistor T4	Extrémité 1 enroulement 1 (fil vert)
	29	Alimentation + 5 V (via relais)	Point médian enroulement 1 (fil blanc)
	30	Collecteur transistor T3	Extrémité 2 enroulement 1 (fil rouge)
	31	Collecteur transistor T2	Extrémité 1 enroulement 2 (fil jaune)
	32	Alimentation + 5 V (via relais)	Point médian enroulement 2 (fil noir)
	33	Collecteur transistor T1	Extrémité 2 enroulement 2 (fil bleu)

Remarque concernant le raccordement des opto-coupleurs haut et bas :

Contrairement à ce qui pourrait vous paraître logique, l'opto-coupleur qui est obturé lorsque le poinçon est en position haute est considéré comme étant l'opto-coupleur bas.

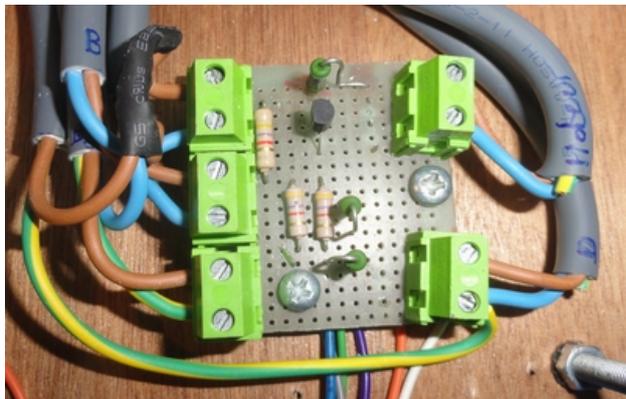
A l'inverse, l'opto-coupleur qui est obturé lorsque le poinçon est en position basse est considéré comme étant l'opto-coupleur haut.

C'est le fonctionnement "fin de course" qui veut ça. L'opto-coupleur est en haut, mais il envoie son info (il se découvre donc), quand le poinçon est en bas. Il faut donc en tenir compte lors du raccordement sur la carte d'interface.

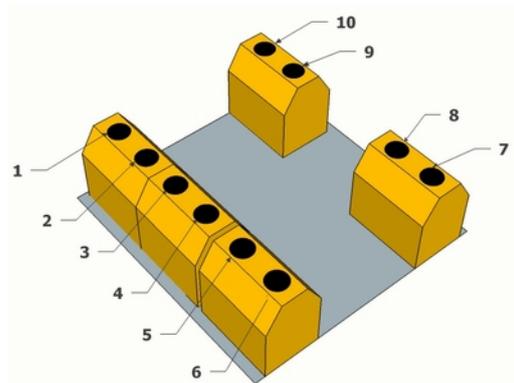
Sachez qu'il n'y a aucun risque à inverser les deux connecteurs sur la carte. Dans un cas, ou dans l'autre cela doit fonctionner. Si par contre, ce n'est pas le cas, il faut chercher ailleurs la cause qui peut être :

- Une erreur de raccordement sur les opto-coupleurs
- Une soudure sèche
- Un mauvais raccordement sur la carte
- Un opto-coupleur défectueux

## 8 - 11 - IDENTIFICATION DES ENTREES ET SORTIES DE LA CARTE MOSFET



Le circuit additionnel  
à base de transistors MOSFET



Le repérage des connecteurs de sortie

N°	LIAISONS CIRCUIT ADDITIONNEL	LIAISONS EXTERNES
1	Alimentation + 12 volts	Alimentation + 12 volts
2	Alimentation + 12 volt par le switch du moteur quand le poinçon est position haute	Contact sec fermé au repos du relais RL 1
3	Résistance 4.7 k	Contact sec fermé au repos du relais RL 1
4	Résistance 10 k de la carte avec transistors MOSFET, mais aussi sur switch moteur poinçon	Contact sec ouvert au repos du relais RL 1
5	Alimentation + 12 volts	Contact sec ouvert au repos du relais RL 1
6	Contact sec fermé au repos du relais RL 1	Alimentation + 12 volt par le switch du moteur quand le poinçon est position haute
7	Masse	Contact sec ouvert au repos du relais RL 2 + masse
8	Source du transistor IRFZ44	Contact sec ouvert au repos du relais RL 2
9	Drain du transistor IRF5305 + Drain du transistor IRFZ44	Masse moteur
10	Source du transistor IRF5305	+ 12 volts moteur

Les deux transistors MOSFET vont chauffer. Aussi, il est indispensable de les monter sur un radiateur pour dissiper la chaleur.

**Attention** : Les drains de chaque transistor MOSFET sont au même potentiel. Donc on peut monter directement les 2 semelles sur le radiateur sans feuille de mica, mais avec un peu de graisse.



Dans ce cas, le radiateur sera au potentiel des drains et il ne faudra pas qu'il touche une autre partie métallique de la perforatrice.



Un capot de protection recouvre la carte MOSFET. Il est réalisé avec une chute de tôle ajourée et récupérée sur un ancien appareil.

## 8 - 12 - L'ALIMENTATION ELECTRIQUE

Contrairement à l'orgue, ici l'huile de coude ne suffit pas. Pour fonctionner, la perforatrice a besoin de plusieurs tensions fournies par une alimentation électrique.



Tensions nécessaires	Pour alimenter
5 volts continus	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les deux moteurs pas à pas</li><li>• Les circuits intégrés</li><li>• Les opto-coupleurs</li></ul>
12 volts continus	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les relais de commande RL 1 et RL 2</li><li>• Le moteur de commande du poinçon</li><li>• Le ventilateur sur la carte (optionnel)</li></ul>

Vous avez deux possibilités pour faire face à ces besoins :

- 1 - partir de zéro et fabriquer l'alimentation complètement (transfo + redressement + filtrage + régulation)
- 2 - récupérer une alimentation toute faite dans un vieux PC.

Partisans de la loi du moindre effort, nous avons opté pour la solution n° 2.

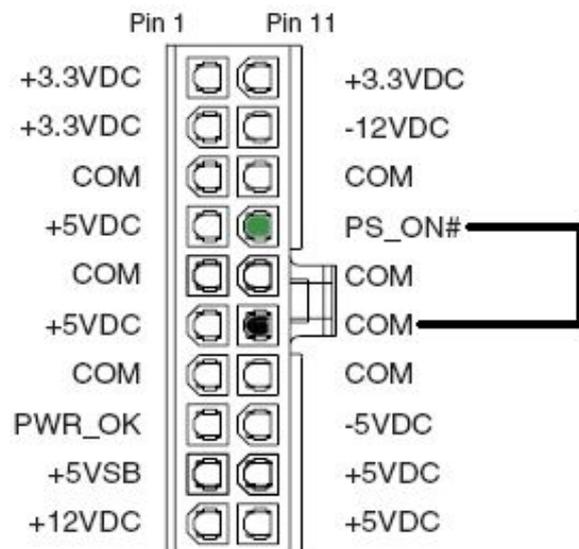
Non en fait, nous avons considéré qu'il y avait assez de boulot pour l'ensemble, et nous n'avons pas voulu en rajouter une louchette.

Ne soyez pas étonnés si dans un premier temps, votre alimentation ne sort rien.



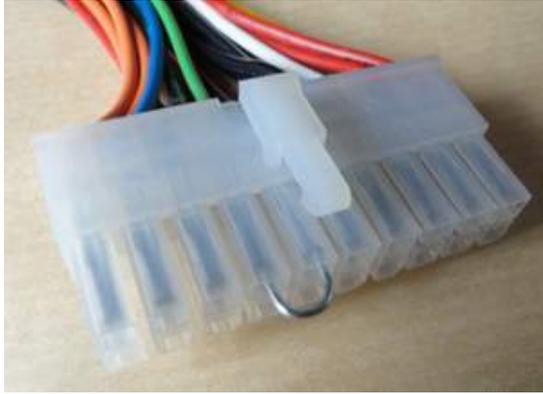
En fait pour la faire fonctionner en dehors de son utilisation normale à savoir connectée à une carte mère de PC, il faut faire un pont électrique entre deux fils de l'alimentation :

- le fil de la pin 14 - appelé PS\_ON#. Ce fil est généralement vert, mais aussi parfois blanc, et aussi parfois...
- le fil de la pin 16 - appelé COM qui n'est autre que la masse, et qui toujours noir (au moins à ce qui se fait à ce jour)



Vous avez alors 2 possibilités :

Mise en place d'un strap  
directement sur le connecteur



Démontage du boîtier  
et soudure des 2 fils



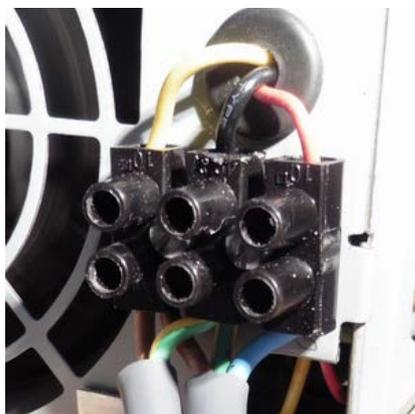
Dans les 2 cas, il faut protéger électriquement le raccordement.

Il est plus pratique de manipuler un interrupteur que de brancher et débrancher le cordon d'alimentation.

Les fils sont protégés par de la gaine thermo rétractable.



L'alimentation est fermement plaquée sur la base par des équerres en alu.



- Le + 12 volts (fil jaune)
- Le + 5 volts (fil rouge)
- La masse (fil noir)

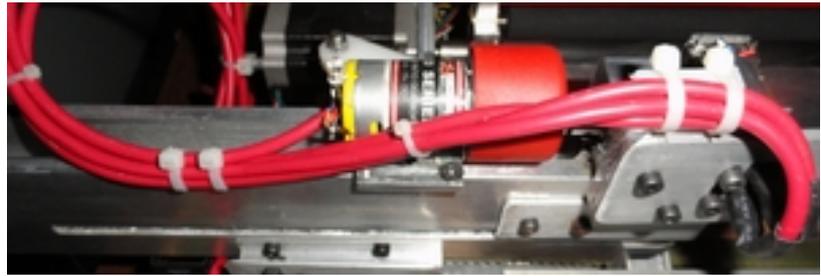


Prévoir deux LED pour le 12 V et le 5 V  
(ajouter des résistances pour abaisser les tensions)

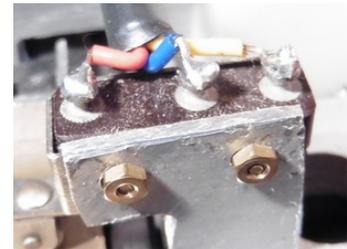
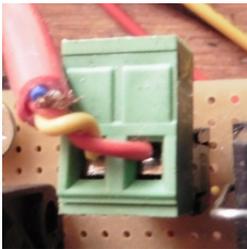
## 8 - 13 - LE CABLAGE DE L'ENSEMBLE

Dans la version 1 de notre perfo, nous avons tout câblé avec du très joli fil téléphonique rouge, car les courants qui passent dans les capteurs sont très faibles.

Cela donnait un look assez sympa à la machine car toute fabrication, outre le fait d'être fonctionnelle, doit aussi être jolie à regarder !



En fait, il ne faut pas raisonner uniquement en fonction de l'ampérage, mais aussi de terme de résistance mécanique. La perforatrice est sujette à des vibrations et des secousses qui vont à la longue casser les fils au niveau de leur raccordement.

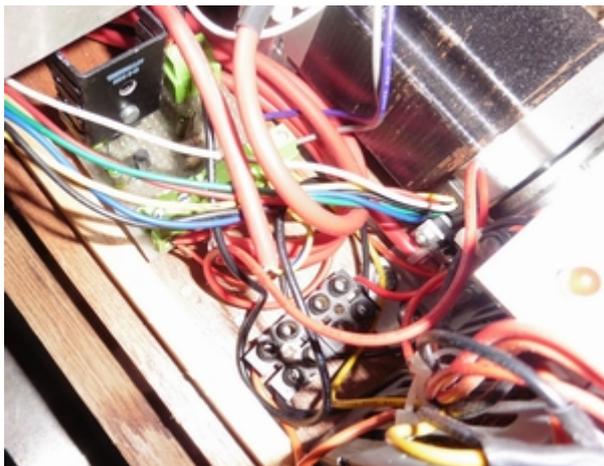


Dans la perfo version 1, les points de liaison ci-dessus ont parfois cédé, avec forcément une interruption dans la perforation.

Autre point à éviter : les raccordements "plat de spaghettis". Au cours de la construction, et parfois après on est parfois amené à changer le câblage, soit pour modifier une connexion, soit pour ajouter un élément (exemple de la carte MOSFET).

Au final, on peut arriver à un câblage fonctionnel, mais pas très lisible au moment de la recherche de panne.

Voici deux exemples à ne pas suivre (version 1 de la perfo)



De plus, avec des fils volants, il y a aussi un gros risque d'arrachage lorsque le chariot part complètement en position arrière.

Donc dans cette version 2, tout le câblage a été revu entièrement :

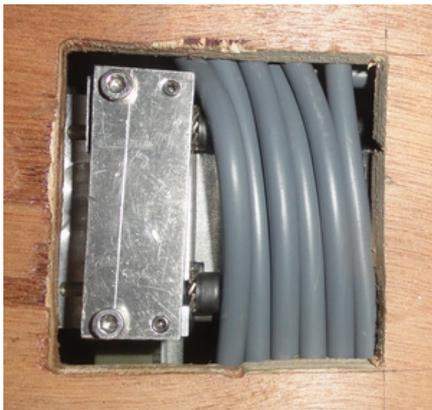
Tous les fils sont :

- en 1.5 mm<sup>2</sup> (1 mm<sup>2</sup> aurait suffi)
- marqués au stylo feutre
- terminés par de la gaine thermo rétractable.



Les 6 fils de chaque moteur pas à pas sont insérés dans un tuyau plastique transparent.

Les câbles sont plaqués contre la base avec des peignes en alu.



Les câbles doivent se frayer un chemin entre les différentes pièces mécaniques.

Ici, ils passent sous le moteur de commande du chariot. La base en bois a été évidée.

**Attention à ne pas mettre trop de colliers sur les câbles qui sont reliés au chariot mobile.**



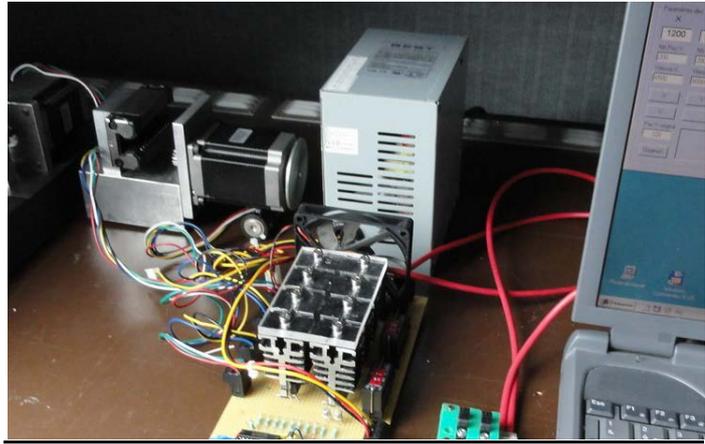
Si les câbles sont trop solidement fixés à la base, ils vont former un ressort à une spire qui aura un effet contraire au mouvement de translation du chariot. Dans ce cas, le moteur va déplacer la tête au bon endroit, mais les câbles vont la décaler un chouïa.

Ici, les choses sont rentrées dans l'ordre en supprimant le collier rouge fixé sur le moteur.

## 8 - 14 - LES TESTS DE LA CARTE

Dans le cas où vous auriez terminé la carte d'interface AVANT d'avoir terminé la partie mécanique, sachez qu'il est possible et même souhaitable de la tester.

Une fois que vous êtes sûr d'avoir le bon câblage, il suffit de lancer le soft.



Ensuite, aller dans le Menu "Moteurs et poinçon" accessible aussi par la touche rapide F2.

On peut alors faire tourner les moteurs, actionner le poinçon, et vérifier en retour que les infos transmises par les opto-coupleurs remontent bien jusqu'au PC en visualisant les voyants.

- Si on clique sur la touche X, le moteur de déplacement de la tête tourne dans un sens
- Si on clique X- il tourne dans l'autre sens
- Si on clique sur Y, le moteur d'avance du carton se met en marche. Un seul sens possible dans ce cas. Si ce sens n'est pas celui souhaité, il suffit d'inverser les 2 connecteurs sur la carte d'interface.

Dans le cadre en haut à droite de l'écran F2 du programme, il y a les différents voyants qui sont le reflet de l'état des opto-coupleurs.

Quand on bloque le faisceau lumineux en insérant un bout de plastique opaque, ou encore un morceau de carton, le voyant correspondant passe au BLANC. A l'inverse, si rien n'est inséré, le voyant passe au ROUGE.



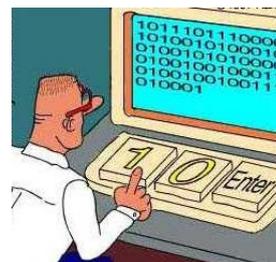
Ce contrôle doit bien sûr être fait sur les 4 opto-coupleurs (haut + bas + linéaire + rotatif).

Si les tests sont concluants, on peut considérer que la machine est terminée.

## 9 - LE LOGICIEL DE COMMANDE

Votre machine aussi belle soit-elle est très « bête ». Il lui faut un moyen pour la faire fonctionner.

Pour ce faire, on va faire appel à un très ingénieux programme développé par Jean-Pierre COSSARD et Pierre PENARD.



Nos deux amis se sont réparti l'écriture du programme :

- Jean-Pierre COSSARD a géré tout ce qui touche à l'exploration du fichier midi.
- De son côté, Pierre PENARD s'est occupé du contrôle de la partie mécanique et a aussi, par la suite, fiabiliser le fonctionnement, ajouter des fonctions supplémentaires comme la sauvegarde de contexte, les contrôles de perte de pas, et du package d'installation, et plus récemment a fait les modifications importantes pour la prise en compte de la carte Arduino.

Quelle est la fonction du programme ?

A chaque note de la gamme est attribué un numéro défini une fois pour toute par la norme internationale MIDI (exemple le DO 3 porte le n° 60). Le programme va donc gérer les notes par leur numéro et non par leur nom.

Dans le sens de la largeur du carton, chaque note doit être perforée à une distance précise par rapport au bord de référence du carton.

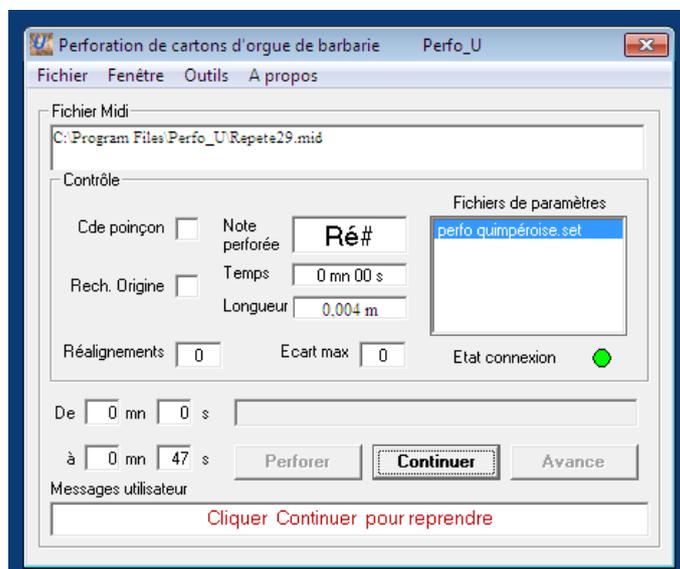
De cette façon, le trou sera placé au bon endroit lors du passage du carton sur la flûte de pan. Cette distance est connue du programme (calcul dans l'écran de paramétrage). Le programme va donc calculer le nombre de pas dont le moteur doit avancer pour amener le poinçon à sa bonne position. (mouvement X)

Le programme calcule aussi le nombre de pas que le moteur d'avance du carton doit faire pour respecter l'écart entre les notes successives. (mouvement Y). Une fois que le poinçon est à sa bonne position (X et Y) le programme envoie un ordre de perforation (mouvement Z), et vérifie si le poinçon remonte bien pour envoyer de nouveaux ordres pour la note suivante.

Le logiciel fonctionne sous environnement Windows, et est très convivial. Sur le site de Pierre PENARD, vous aurez toutes les infos sur la façon de lancer le programme.

A noter que ce logiciel n'effectue aucun traitement sur la musique, et la reproduit "telle quelle" sur le carton, en fonction des possibilités de l'orgue.

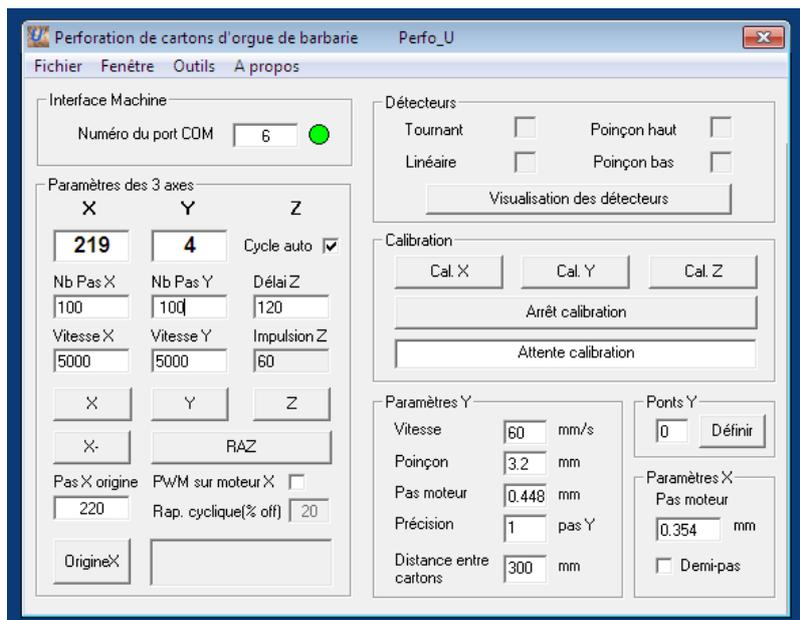
Le soft est cependant très bien conçu, et est très simple dans son utilisation.



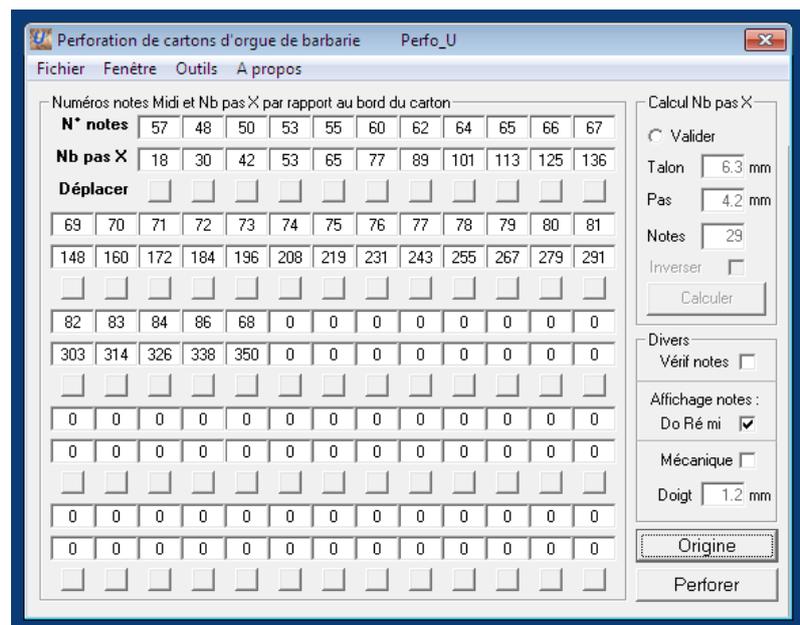
Le logiciel est assez malin pour attirer votre attention sur le nombre de notes qui pourraient ne pas être jouées par l'orgue.



Un deuxième écran permet de fixer les différentes calibrations nécessaires au bon fonctionnement des moteurs et du poinçon, et renvoie visuellement les informations transmises par les 4 opto-coupleurs (après avoir appuyé le bouton "visualisation des détecteurs").



Un dernier écran vous permet de paramétrer, donc de rendre parfaitement compatible votre perforatrice avec votre orgue.



Pas question ici de décrire à fond le fonctionnement du logiciel. Pierre PENARD (encore lui) a poussé le luxe à inclure dans le programme un fichier d'aide très complet (Bill Gates devrait s'en inspirer...)

En dehors de son parfait fonctionnement, le soft présente deux avantages :

- Il est en français
- Il est gratuit (Un grand merci à ses développeurs)

Pour télécharger la dernière version du logiciel (et donc aussi de la doc) rendez-vous sur le site de Pierre PENARD.

Comme nous sommes de bons garçons, nous allons vous faire part de notre modeste expérience, à savoir :

- Quelques conseils
- Comment résoudre les petits soucis que nous avons rencontrés lors de la mise au point.

### 10 - 1 - PREMIER POINT « CAPITAL »

Avant de se lancer dans les différents réglages mécaniques (exemple du calage du point d'origine) et du paramétrage du programme (exemple des vitesses moteur) il faut être sûr que toute la partie mécanique et la partie électronique soient opérationnelles à 300%.

Il faut faire la chasse aux défauts :

- Jeu excessif
- Jeu nul
- Vis mal serrées
- Soudures sèches
- Court circuits
- Connexions instables

Ce cahier de montage devrait vous éviter quelques écueils, mais à moins d'un formidable coup de bol, avec une machine qui marche du premier coup, il est plus que probable que la phase de réglage et mise au point soit un peu longue. Donc soyez patient !

Il faut aussi savoir que la machine a un pouvoir stressant dans la mesure où elle semble fonctionner parfaitement, et puis d'un coup sans raison apparente, elle se met à partir en vrille.

Tant que vous utilisez du carton de récup, le stress est moyen. Quand vous attaquez votre bobine de beau carton, on passe dans le rouge.

### 10 - 2 - CARTON POUR LES TESTS

Avant de perforer votre bobine de beau carton, faites vos premières perforations sur du carton de récup.

Pour les tous premiers test, on peut utiliser des bandes de papier peint.

En tout état de cause, l'opération de calibrage du poinçon (fonction Z) qui doit être faite sur du vrai carton.



Si vous avez du carton gratos, vous pouvez faire les tests directement avec. Dans ce cas, faites-nous partager votre bon plan....

Si vous utilisez des bandes de carton de faible longueur, il faut les assembler bout à bout. Dans ce cas, ne pas utiliser de scotch d'électricien pour les deux raisons suivantes :

- Cela fait deux surépaisseurs (1 dessus + 1 dessous) ce qui passe mal dans la boîte à rouleaux de l'orgue
- Le carton est sujet au patinage du fait de la texture trop lisse du scotch

Le mieux est d'utiliser du papier kraft gommé. On en colle de chaque côté en le mouillant. Ce papier est généralement utilisé pour les encadrements, et on le trouve dans les magasins de bricolage.

Si le raccord doit se trouver juste à l'endroit d'un pli, il faut en mettre uniquement sur la face interne. Vous pouvez aussi faire de nombreux test sans mettre de carton dans la machine.

### 10 - 3 - UTILISATION DE 2 PC

Dans notre cas, nous avons utilisé 2 ordinateurs bien distincts :



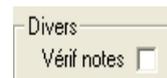
Un premier PC de bureau relié au Net, avec des outils de création ou de modification de fichiers MIDI

Un second PC portable plus ancien utilisé uniquement pour la commande de la perforatrice.

Durant les essais, nous avons constaté que lors du chargement d'un même fichier MIDI, le programme nous renvoyait selon le PC utilisé une information différente en ce qui concerne le nombre de notes non présentes sur l'orgue.

L'un disait « Prêt à perforer » tandis que l'autre disait « Attention : xxx notes ne sont pas la gamme de l'orgue ». Après avoir planché sur le sujet, nous avons trouvé la cause de la contradiction !

Tout s'explique par le fait que sur le premier PC (celui qui était prêt à perforer) la case « Vérif notes » dans l'écran F3 était décochée.



Sur le second PC (celui qui mettait en garde contre les notes non jouées) la même case était cochée.



Moralité : si vous utilisez plusieurs PC, il est indispensable que le paramétrage soit strictement le même.

### 10 - 4 - UTILISATION D'UN PC PORTABLE SUR BATTERIE



Si vous utilisez un PC portable alimenté par sa batterie, vous aurez du mal à perforer un carton entier.

Un carton moyen peut facilement demander 3 ou 4 heures de temps de perforation. Si la batterie est à sec avant la fin, le PC va s'arrêter et la perforatrice va devenir folle.

**Il faut donc impérativement brancher le PC sur le secteur.**

### 10 - 5 - LE MOTEUR NE TOURNE PAS DU TOUT OU TRES TRES PEU

Après avoir vérifié le montage et les raccordements, le moteur refuse de fonctionner.

S'il ne tourne pas du tout, il se peut tout simplement que la valeur « nb de pas X ou Y » soit à zéro. S'il ne fait que toutes petites rotations, il se peut que la valeur « nb de pas X ou Y » soit insignifiante.

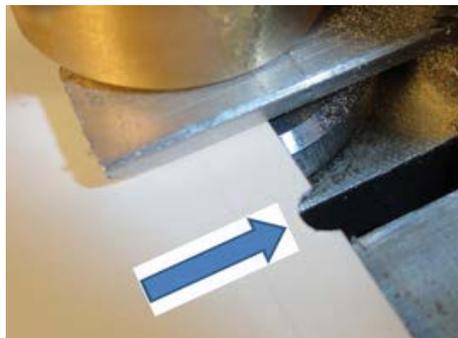
Dans les 2 cas, rentrez une valeur de 200 et tout ira bien.

## 10 - 6 - REPERAGE DE L'AXE DE DESCENTE DU POINCON

Lors de la phase de réglage de la position d'origine, il faut positionner pile poil l'axe du poinçon juste à la verticale du bord de référence. Pas facile de le faire précisément dans la mesure où le guide poinçon ne permet pas de bien voir les choses.

Voici l'astuce que nous avons trouvée :

- Manuellement, amenez le poinçon à l'endroit qui vous semble être le bord du carton
- En cliquant sur la commande Z, faites une perforation
- En cliquant sur Avance carton (réglée à +/- 30 pas), on voit le trou apparaître.
- Si l'axe du trou n'est pas aligné sur le bord du carton, agir sur Mouvement X ou -X (réglé à 1 pas)
- Recommencer l'opération jusqu'à un parfait alignement.



## 10 - 7 - PERFORATIONS DECALEES DANS LA LARGEUR

Vos perforations sont décalées latéralement dans le sens X.

Solution : il est indispensable de recalculer les pas dans l'écran F3.

Les pas par défaut correspondent à la position exacte des notes pour une machine donnée, et à moins d'un grand coup de bol, il n'y a aucune raison pour que le déplacement de la tête pour un pas moteur soit le même d'une machine à l'autre.

A vérifier aussi que l'axe du premier trou de votre flûte de pan soit bien à 6.3 mm du bord de référence. Dans le cas contraire, il faut rentrer la nouvelle côte dans la case « Talor ».

## 10 - 8 - LES PERTES DE PAS DU MOTEUR X

Aille aille aille, c'est le point qui nous a donné le plus de fil à retordre dans la version précédente de notre perfo qui utilisait une crémaillère et un pignon denté

Le fait d'être passé à la version de l'entraînement par courroie a été bénéfique, mais n'est pas la garantie absolue contre les pertes de pas qui peuvent encore subsister.

Une perte de pas se traduit par un petit décalage sur une suite de perforations sensées être sur une même ligne. A plusieurs reprises lors de la perforation d'un carton, le logiciel va vérifier si la tête de perforation ne s'est pas décalée par rapport à sa position normale.

Le logiciel gère les pertes de pas et les tolère dans la mesure où le défaut correspond à une demi-distance entre pistes. En dessous il corrige de lui-même. Au-dessus, il passe en pause et c'est à vous de trouver la cause.

Dans tous les cas, le logiciel vous averti des défauts en affichant le nombre de réaligements et le nombre maxi de pas perdus en 1 fois.

Notre record = 3 réaligements  
dont un de 36 pas....

Même si les pertes de pas sont peu nombreuses et de faibles valeurs, il ne faut pas se contenter d'un tel fonctionnement. On doit quasiment arriver à ZERO DEFAULT!

Pour info, sachez que vous pouvez provoquer des pertes de pas en contrariant le mouvement de la tête de perforation lors de sa translation. Il suffit de forcer dessus lors de son déplacement. Attention où mettre le doigt !



Cette manip met en évidence le fait que les pertes de pas ont généralement une origine mécanique.

<b>Les causes peuvent être multiples :</b>	<b>Et les remèdes aussi :</b>
Translation trop dure du chariot	Mettre une goutte d'huile sur le rail.
Vitesse excessive du déplacement de la tête mobile (vitesse X)	Réduire progressivement la vitesse. Il est de loin préférable de patienter un peu plus que d'avoir plus vite un carton avec des décalages.  Le fait d'agir sur les paramètres de contrôle du poinçon est une solution ayant une incidence plus forte qu'agir sur la vitesse du moteur d'entraînement.
Chariot trop lourd	Il faut l'alléger en enlevant de la matière partout où cela est possible sans pour autant lui faire perdre sa rigidité.
Couple moteur un peu faible pour faire face à de très légers blocages mécaniques	Mettre en place un moteur avec un couple plus important. Si le moteur en place ne chauffe pas de trop, on peut augmenter sa tension d'alimentation de l'ordre de 20%
Les fils électriques sont un frein au déplacement du chariot	Réduire la section des câbles mais pas trop. Vérifier que les câbles aient un débattement assez grand (donc pas trop attachés au chariot)
Le pignon du moteur tourne sur lui-même	Vérifier le serrage de la vis pointeau
Le disque de l'opto-coupleur rotatif tourne sur lui-même	Bloquer sa fixation
L'ordre de translation de la tête est lancé avant même que le poinçon ne soit remonté	Revoir la position des opto-coupleurs.

Sur l'ancienne version de la perfo, les causes de pertes de pas pouvaient aussi être d'origine informatique. Des éléments annexes (antivirus, connexion réseau, économiseur d'écran) pouvaient venir contrarier le bon déroulement du programme.

#### 10 - 9 - LES PERTES DE PAS DU MOTEUR Y

Le moteur Y n'est pas soumis à un contrôle de pertes de pas par le logiciel. Cela ne veut pas dire qu'il n'y est pas exposé. Effectivement, dans le cas d'une vitesse trop grande, le moteur peut sauter des pas de façon aléatoire, ce qui se traduit par des espacements non identiques sur deux cartons perforés de la même façon.

Dans ce cas, il suffit de réduire la vitesse, en augmentant la valeur Y.

## 11 - LA MISE EN BOITE DE L'ENSEMBLE

Compte tenu de la forme un peu spéciale de votre perforatrice, et de la fragilité de ses composants, il est conseillé de construire un coffret qui facilitera à la fois le transport et le rangement.

Pour éviter que le coffret ne soit trop grand, il faut prévoir sa taille en considérant que la tête mobile sera rentrée en position médiane durant les périodes de non utilisation.



La base support sur laquelle avait été placés les différents sous-ensemble est bordée par des baguettes à sa périphérie.

Une lumière permet un accès aux vis de fixation du moteur gérant le déplacement du chariot.



Chaque sous-ensemble de la perforatrice est solidement vissé. Des trous supplémentaires permettent d'atteindre les vis de fixation des paliers du rouleau entraîneur.



4 pieds en caoutchouc évitent la transmission des vibrations

## 12 - LES ACCESSOIRES

En plus de la perforatrice, il faut fabriquer 2 accessoires complémentaires et indispensables :

- Un dévidoir de carton
- Une plieuse de carton avec système de presse

### 12 - 1 - LE DEVIDOIR DE CARTON

Il faut un système capable de dérouler le carton facilement, tout en le maintenant parfaitement dans l'axe du chemin de défilement de la perforatrice.

Le système à prévoir est largement fonction des caractéristiques de votre bobine (diamètre extérieur et poids)

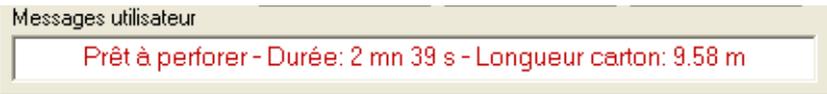
Dans notre cas, nous avons acheté une bobine de +/- 750 mètres de cartons, soit suffisamment pour 50 à 60 morceaux de musique.

Une telle bobine pèse +/- 32 kg, et fait 70 cm de diamètre.

Pour faciliter la manutention du carton, nous avons envisagé plusieurs pistes :

### 1 - Découper la longueur du morceau + une petite marge.

.La longueur du carton est automatiquement estimée par le logiciel.



Cela présente un inconvénient : si la marge est trop faible et qu'un incident de parcours arrive, vous êtes chocolat !

Si à l'inverse la marge est trop importante, et que tout va bien lors de la perforation, vous mettez la chute à la poubelle !

### 2 - Mise en forme de plusieurs petites bobines en partant de la grosse

On prend la grosse bobine de 32 kg et on en fait 4 petites de 8 kg chacune.

Outre la complication de mesurer les longueurs, il y a un inconvénient qui est que le risque de chute en fin de bobine est multiplié par 4.

### 3 - Construction d'un dévidoir costaud

En plaçant le dévidoir juste en amont de la perforatrice, il est possible que votre moteur d'entraînement du carton (mouvement Y) ait un peu de mal à tracter la bande.

Si comme nous vous avez utilisé un moteur 13 kg/cm, ça le fait....



Si votre moteur est un peu juste, vous pouvez placer le dévidoir quelques mètres en amont de la perforatrice, et avant la mise en route, vous déroulez à la main la longueur de carton estimée par le logiciel.



Dans un cas comme dans l'autre, il est important de bien positionner la bobine dans l'axe du chemin de défilement pour faciliter le passage du carton

Voici quelques photos de notre dévidoir :



Une planche sur 4 roulettes avec deux bras



Des roulements à billes au bout de chaque bras



Deux flasques en rilsan avec un axe en acier  
et une vis de serrage



Et le résultat...

## 12 - 2 - LA PLIEUSE DE CARTON

L'opération qui consiste à plier les cartons en accordéon est très délicate !  
Non ce n'est pas une plaisanterie.

Pour avoir un carton qui ne parte pas en tour de Pise, c'est vraiment prise de tête...



En allant sur Internet, vous trouverez plusieurs systèmes des plus simples aux plus élaborés,  
mais tous plus ingénieux les uns que les autres...



Version « Système D »



Version « NASA »

A vous de faire votre choix !

Voulant apporter un peu de nouveauté, nous avons "inventé" un nouveau système qui se devait être simple, rapide, et bien sûr très efficace.



Seul les deux premiers critères ont été remplis, mais pas le troisième, ce qui prouve bien que le sujet du pliage est très délicat à traiter.

Donc dans l'immédiat, nous avons retenu de système de Pierre PENARD (encore lui) avec sa boîte magique.

Voir sur le site de Pierre les explications pour mener à bien le pliage.



Nous avons remplacé le contreplaqué de Pierre par du plexiglas mis aux bonnes dimensions par la découpeuse laser du FABLAB de Quimper. Les trois montants sont solidement fixés par de la cornière alu.

Le marquage des plis doit être bien net.

Un séjour sous presse de quelques heures aplatira de façon définitive les plis. Un étau et deux plaquettes de bois peuvent faire l'affaire, mais rien ne vaut une bonne presse.

Le volant a été récupéré sur une machine outil qui partait à la casse. Si vous n'avez pas autant de chance que nous, un simple écrou et une clé à pipe feront l'affaire.



A noter l'astuce donnée par Pierre PENARD pour les cartons où une musique de courte durée est sensée être jouée de façon très répétitive, par exemple un air de danse bretonne.

Au lieu de perforer une bande d'une dizaine de mètres (voire plus), vous pouvez perforer juste une seule fois la phrase ou les deux phrases musicales à jouer. Il suffit alors d'assembler en boucle la bande ce qui donnera un faible diamètre. Il devient alors possible de faire tourner la bande jusqu'à épuisement des danseurs.



C'est très certainement moins facile à ranger, mais si on en a plusieurs, elles ne feront jamais la même dimension, et elles s'embêtent toutes les unes dans les autres. Avantage supplémentaire : vous faites une économie de carton.

Si l'on ne prend pas de précautions particulières, la boucle risque de se bloquer à l'endroit de son raccord à l'entrée de la boîte à rouleaux. A ce moment, le carton peut se plier à 90°

Pour éviter cela, il suffit de poser un tube cylindrique juste dans l'angle.

Cela peut être un bout de manche à balai, ou un bout de tuyau en métal.



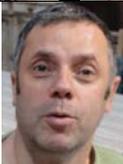
## 14 - CONCLUSION

Ce dossier ne prétend pas répondre à toutes les questions, mais il défriche pas mal le terrain.

Rien ne vous oblige à vous conformer à 100% à ce qui est décrit. Vous pouvez aussi trouver d'autres idées pour arriver au résultat escompté.

Pour aller encore plus loin, aussi bien sur la théorie que sur la pratique, INTERNET vous apportera très certainement le petit plus qu'il vous manque.

<b>Jean-Claude et Jean-Marc tiennent à remercier particulièrement les personnes qui ont permis de mener à bien ce beau projet.</b>	
	<p>Pierre PENARD</p> <p>Pour avoir très gentiment partagé son savoir faire sur l'ensemble de la réalisation.</p>
	<p>Jean-Pierre COSSARD</p> <p>Pour le développement du logiciel, conjointement avec Pierre PENARD.</p>
	<p>Jean-Claude AUGIRON</p> <p>Pour avoir conçu le circuit MOS FET</p>
	<p>René SERPOLLET</p> <p>Pour ses conseils sur le moteur de poinçon</p>
	<p>Didier DYOLE</p> <p>Pour ses conseils sur le poinçon.</p>
	<p>Gérard CARRE.</p> <p>Bien que le recours à un vérin ait été abandonné en cours de route, Gérard nous avait bien aidé sur la partie pneumatique.</p>
	<p>Dominique SPINOSI</p> <p>Pour avoir remis la main sur un vieux CD de Windows 95 lors de nos premiers essais</p>
	<p>Franck ECALARD</p> <p>Pour avoir offert son agrafeuse électrique (version 1 de la perfo)</p>

	<p>La Société de mécanique générale François MEUNIER</p> <p>L'agence de Quimper pour la mise à disposition des machines outils</p>
	<p>A Quimper, le FABLAB porte le nom de FABRI KERNE, qui est le FABLAB de Quimper</p> <p>Pour avoir donné l'accès à la découpeuse laser</p>
	<p>Pascal PARMENTIER - imprimeur à Quimper</p> <p>Pour avoir fourni le carton pour faire les premiers tests, et le plexiglas pour le capot de protection du poinçon.</p>
	<p>Monsieur Google SketchUP</p> <p>Pour avoir mis son logiciel de dessin 3D sur le net</p>
	<p>Emmanuelle FARAH et Sébastien CORDIER</p> <p>Pour avoir formé Jean-Claude au logiciel Sketchup</p>
	<p>Vincent GERMAIN</p> <p>Pour la relecture de ce document en tant que « candide »</p>

## TABLE DES MATIERES



<b>1 - Préambule</b> .....	<b>page 1</b>
1 - 1 - Le principe de fonctionnement.....	page 4
1 - 2 - Les trois mouvements en présence.....	page 5
1 - 3 - Le bord de référence .....	page 5
1 - 4 - Format des cartons admissibles .....	page 6
<b>2 - Les questions à se poser avant de commencer</b> .....	<b>page 6</b>
2 - 1 - Quelle solution choisir pour entrainer le chariot mobile ? .....	page 6
2 - 2 - Quelle solution choisir pour la mise en mouvement du poinçon ? .....	page 7
2 - 3 - Quelle solution choisir pour le poinçon : un rond ou un carré ? .....	page 10
<b>3- Quelques croquis et photos d'ensemble</b> .....	<b>page 11</b>
<b>4 - L'avancement du carton</b> .....	<b>page 14</b>
4 - 1 - Photo du sous-ensemble.....	page 14
4 - 2 - Principe de fonctionnement.....	page 14
4 - 3 - Le moteur d'entraînement .....	page 14
4 - 4 - Le rouleau entraineur et le rouleau presseur.....	page 15
4 - 5 - La lutte anti-bruit .....	page 16
<b>5 - Le chariot mobile et son système de déplacement</b> .....	<b>page 17</b>
5 - 1 - Photos du sous-ensemble .....	page 17
5 - 2 - Le chariot en "U" .....	page 19
5 - 3 - Le système de guidage en translation.....	page 20
5 - 4 - La fixation du roulement rectiligne et du moteur.....	page 20
5 - 5 - La transmission par courroie.....	page 22
5 - 6 - La tête de perforation .....	page 24
5 - 7 - Le moteur de poinçon et sa fixation.....	page 24
5 - 8 - Le système à excentrique .....	page 25
5 - 9 - Le guide du support de poinçon .....	page 27
5 - 10 - Le poinçon .....	page 27
5 - 11 - Le déchaussoir.....	page 28
5 - 12 - La matrice.....	page 28
5 - 13 - Le support de matrice.....	page 29
5 - 14 - Le capot de protection de la tête de perforation.....	page 30
5 - 15 - La gestion des confettis.....	page 30
<b>6 - Le contrôle de la position de la tête de perforation et du poinçon</b> .....	<b>page 31</b>
6 - 1 - Pourquoi vouloir contrôler les positions ? .....	page 31
6 - 2 - Le contrôle du moteur d'avancement du carton.....	page 31
6 - 3 - Le contrôle du moteur de positionnement du chariot.....	page 31
6 - 4 - Où placer l'occulteur de la détection linéaire de position du chariot .....	page 33
6 - 5 - La détection rotative de position du chariot.....	page 34
6 - 6 - La détection de position haute ou basse du poinçon.....	page 35
6 - 7 - La fixation des capteurs de position haute ou basse et du switch .....	page 35
6 - 8 - Le réglage de la position des opto-coupleurs haut et bas .....	page 35

<b>7 - Le chemin de défilement du carton .....</b>	<b>page 37</b>
<b>8 - L'interface.....</b>	<b>page 39</b>
8 - 1 - Retour sur la version précédente du logiciel de perforation .....	page 39
8 - 2 - Le fonctionnement.....	page 40
8 - 3 - Le schéma .....	page 40
8 - 4 - Raccordement de la carte Arduino .....	page 42
8 - 5 - Commande de moteur du poinçon .....	page 43
8 - 6 - La fabrication.....	page 43
8 - 7 - Mise en place de la carte Arduino .....	page 46
8 - 8 - Le brochage des composants.....	page 47
8 - 9 - Conseils de montage.....	page 48
8 - 10 - Identification des entrées et sorties de la carte principale.....	page 48
8 - 11 - Identification des entrées et sorties de la carte MOSFET .....	page 51
8 - 12 - L'alimentation électrique .....	page 52
8 - 13 - Le câblage de l'ensemble .....	page 54
8 - 14 - Les tests de la carte.....	page 56
<b>9 - Le logiciel de commande .....</b>	<b>page 57</b>
<b>10 - Notre expérience lors de la mise au point de l'ensemble .....</b>	<b>page 59</b>
10 - 1 - Premier point « capital ».....	page 59
10 - 2 - Carton pour les tests .....	page 59
10 - 3 - Utilisation de 2 PC.....	page 60
10 - 4 - Utilisation d'un PC portable sur batterie.....	page 60
10 - 5 - Le moteur ne tourne pas du tout ou très très peu.....	page 60
10 - 6 - Repérage de l'axe de descente du poinçon.....	page 61
10 - 7 - Perforations décalées dans la largeur.....	page 61
10 - 8 - Les pertes de pas du moteur X.....	page 61
10 - 9 - Les pertes de pas du moteur Y .....	page 62
<b>11 - La mise en boîte de l'ensemble .....</b>	<b>page 63</b>
<b>12 - Les accessoires .....</b>	<b>page 63</b>
12 - 1 - Le dévidoir de carton.....	page 63
12 - 2 - La plieuse de carton .....	page 65
<b>14 - Conclusion .....</b>	<b>page 67</b>