

Domaine Sciences de l'ingénieur
Rte du Rawyl 47
CH- 1950 Sion 2
Tél. +41 27 606 85 11
Fax +41 27 606 85 75
info@hevs.ch

www.hevs.ch

Filière Systèmes industriels

Orientation Design and Materials

Diplôme 2007

Antoine Varone

*Conception d'une machine
d'établi de haute précision
pour la rectification/polissage
de surfaces planes*

Professeur

Glenn Flückiger

Expert

Michel Regad

Sion, le 23 novembre 2007

HES-SO Valais

SI	TV	EE	IG	EST
X	X	X	X	

Données du travail de diplôme
Daten der Diplomarbeit

FO.0.2.02.07.DB
DD/18/05/2006

Filière / Studiengang : Systèmes industriels

Confidentiel / Vertraulich ☐

Etudiant / Student Antoine Varone	Année scolaire / Schuljahr 2006/07	No TD / Nr. DA SI/2007/42
Proposé par / vorgeschlagen von Missimi-Berney Sàrl		Lieu d'exécution / Ausführungsort HES-SO Valais, DSI Expert / Experte

Titre / Titel:

**Conception d'une machine d'établi de haute précision pour
la rectification/polissage de surfaces planes**

Description / Beschreibung:

Dans le domaine de l'horlogerie de luxe, les surfaces de certains composants de montres nécessitent un polissage parfaitement plan.

La société Missimi-Berney développe et commercialise divers types de machines spéciales destinées à l'industrie horlogère. Elle veut pouvoir offrir à ses clients une version d'établi de leur machine « BP6 » de rectification de surfaces planes par meulage, rodage et polissage.

Le travail de diplôme consiste à réaliser/améliorer le concept développé lors du travail de semestre.

Objectifs / Ziele:

Les points principaux du travail :

- Réaliser/améliorer le concept développé lors du travail de semestre
- Schémas et réalisation/câblage électrique du dispositif
- Programmation de l'automate de commande selon le cahier des charges du mandant
- Essais et mise au point du dispositif
- Analyse des points forts et faibles du dispositif, propositions concrètes d'amélioration
- Etablissement d'un dossier technique (mécanique, électrique, software)

Signature ou visa / Unterschrift oder Visum

Resp. de l'orientation design and materials

..... A. M. H.

Professeur/Dozent: Glenn Flückiger

..... G. Flückiger

Etudiant/Student:

..... Antoine Varone

Délais / Termine

Attribution du thème / Ausgabe des Auftrags:
03.09.2007

Remise du rapport / Abgabe des Schlussberichts:
23.11.2007

Exposition publique / Ausstellung Diplomarbeiten:
30.11.2007

Défenses orales / Mündliche Verfechtungen
Woche 49

Rapport reçu le / Schlussbericht erhalten am Visa du secrétariat / Visum des Sekretariats:

Conception d'une machine d'établi de haute précision pour la rectification /polissage de surfaces planes

Objectif

Conception d'une machine d'établi pour le polissage de surfaces planes.
Amélioration du système de dressage de la meule

Résultats

La machine fonctionne selon le cahier des charges.
La meule peut se faire dresser.
Les pièces se font polir et l'aspect du polissage est bon.

Mots-clés

Polissage
Rectification
Horlogerie

Konzeption von einer hochpräzisen Flächepoliermaschine

Ziel

Konzeption von einer hochpräzisen Flächepoliermaschine
Verbesserung des Schleifsteinabrichtungssystems

Resultate

Die Maschine funktioniert gemäß Pflichtenheft
Der Schleifstein kann man abrichten
Die Teile kann man polieren und die Oberfläche sieht gut aus

Schlüsselwörter

Polieren
Schleifen
Uhrenindustrie

Table des matières

1	But.....	5
2	Introduction.....	5
3	Principe de polissage de la BP6.....	5
4	Proposition du travail de semestre	7
4.1	Mouvement de la broche.....	8
4.2	Butée mécanique du mouvement vertical	9
4.3	Mouvement vertical de la broche et compensation de son poids	9
4.4	Entraînement de la broche sur la coulisse horizontale	10
4.5	Blocage de la broche sur la coulisse horizontale	10
4.6	Entraînement du plateau.....	11
4.7	Calculs.....	12
4.7.1	Calculs des coulisses.....	12
4.7.2	Calculs des moteurs	14
4.7.3	Calculs de la courroie trapézoïdale SPZ	16
5	Cahier des charges définitif	18
6	Amélioration du prototype : idée finale	19
6.1	Colonne	20
6.2	Broche	21
6.3	Montage des roulements du plateau	22
6.4	Montage des roulements de la broche	23
6.5	Transmission par courroie lisse pour le mouvement de dressage de meule.....	24
6.6	Mouvement vertical et horizontal de la broche	25
6.7	Moteur du plateau et éléments pneumatiques	26
6.8	Entraînement du plateau et protection de la transmission.....	27
6.9	Capteurs de fin de course	28
6.10	Armoire électrique	29
7	Calculs des nouveaux éléments	30
7.1	Ressort à gaz pour la compensation du poids de la broche	30
7.2	Calculs de la transmission par courroie lisse du mouvement horizontal	30
7.3	Ressorts à gaz pour la protection	31
7.4	Calculs des consignes en tension pour les moteurs.....	32
8	Liste des composants et des fournisseurs.....	33
9	Partie mécanique.....	34
10	Montage de la partie mécanique	34
11	Partie électrique et pneumatique	35
11.1	Schéma pneumatique	36
11.2	Schéma électrique	37
11.2.1	Schéma de puissance.....	37
11.2.2	Schéma de commande.....	38
11.3	Programmation de l'automate	41
11.4	Programmation des variateurs des moteurs.....	42
11.5	Implantation dans l'armoire électrique	43
12	Montage de la partie électrique.....	43
13	Tests et réglages.....	44
13.1	Dressage de la meule.....	45
13.2	Polissage de pièces.....	46
14	Critique de la polisseuse	47
15	Prix.....	47
16	Conclusions.....	48
17	Remerciements.....	48
Annexe : dossier technique		

1 But

Réalisation et amélioration de la polisseuse d'établi de précision développée lors du travail de semestre.

2 Introduction

L'entreprise Missimi Berney produit des machines outils spéciales pour l'industrie horlogère. Elle commercialise déjà une machine à polir les plats, appelée BP6, car certains composants de montres nécessitent un polissage parfaitement plan. Elle aimerait pouvoir offrir à sa clientèle une version d'établi de cette machine. Le travail de diplôme consiste donc à fournir un prototype de cette polisseuse d'établi. Le travail comprend :

- Le développement mécanique sur CAD Inventor
- La réalisation d'un dossier technique avec les plans de fabrication
- Le développement de la partie électrique ainsi que le montage et le câblage
- Le montage de la machine
- Les tests de la polisseuse
- La rédaction d'un rapport sur le travail

3 Principe de polissage de la BP6

La BP6 est une polisseuse conçue par l'entreprise Missimi Berney. Comme on le voit sur les illustrations ci-dessous, la machine dispose d'un plateau tournant sur lequel viennent posés soit des meules en étain soit des disques de polissage en feutre. L'abrasif est une huile spéciale diamantée. Il est appliqué par goutte sur la meule ou le feutre. Il y a deux broches sur la BP6 situées au-dessus du plateau. Les pièces à polir sont collées sur un disque en acier avec une colle spéciale. Les disques comportant les pièces viennent fixés sous les broches. Les pièces à polir sont entraînées par les broches et sont en rotation sur le bandeau de la meule, elle-même en rotation. Cette cinématique de polissage permet d'avoir des stries d'usinage croisées. La pression sur les pièces est gérée par un vérin pneumatique. Les vitesses de rotation de la meule et des pièces sont variables. La distribution d'abrasif est automatisée. Pour l'affûtage de la meule, un burin de tournage est fixé sur une des broches. L'autre broche est fixe. La broche avec le burin peut pivoter et ainsi dresser la meule. Pour le mouvement de rotation de la broche libre, un appareil avec une tige filetée vient se monter entre les deux broches et en faisant tourner la vis avec un moteur à vitesse de rotation variable, le burin peut se déplacer à la vitesse d'usinage voulue. Il est possible de faire une spirale d'une profondeur d'environ 0,1mm avec un pas de 0 à 8mm sur la surface de la meule avec une vitesse d'avance du burin élevée. Cette spirale a pour but de ramener l'abrasif vers l'intérieur, mais il faut la faire dans le bon sens. Il faut qu'on voie les stries de la spirale aller vers l'intérieur lorsque la meule tourne.

BP6

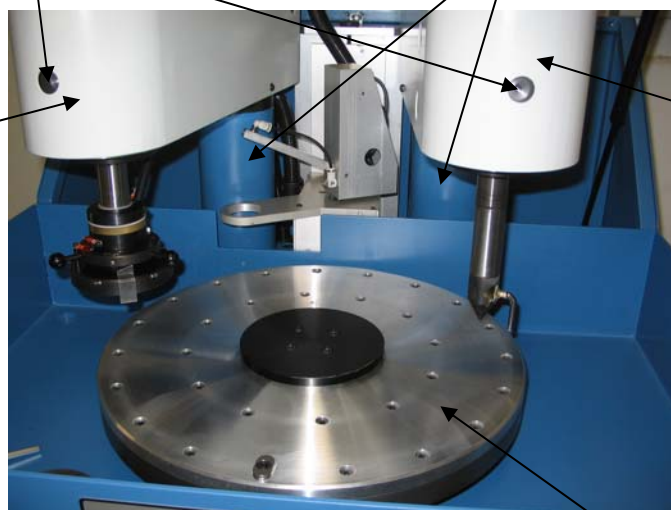


Fixation de la vis pour
le dressage de meule

Axe de pivotement des
broches

Broche fixe

Broche mobile
pour dressage de
la meule



Plateau pour la meule

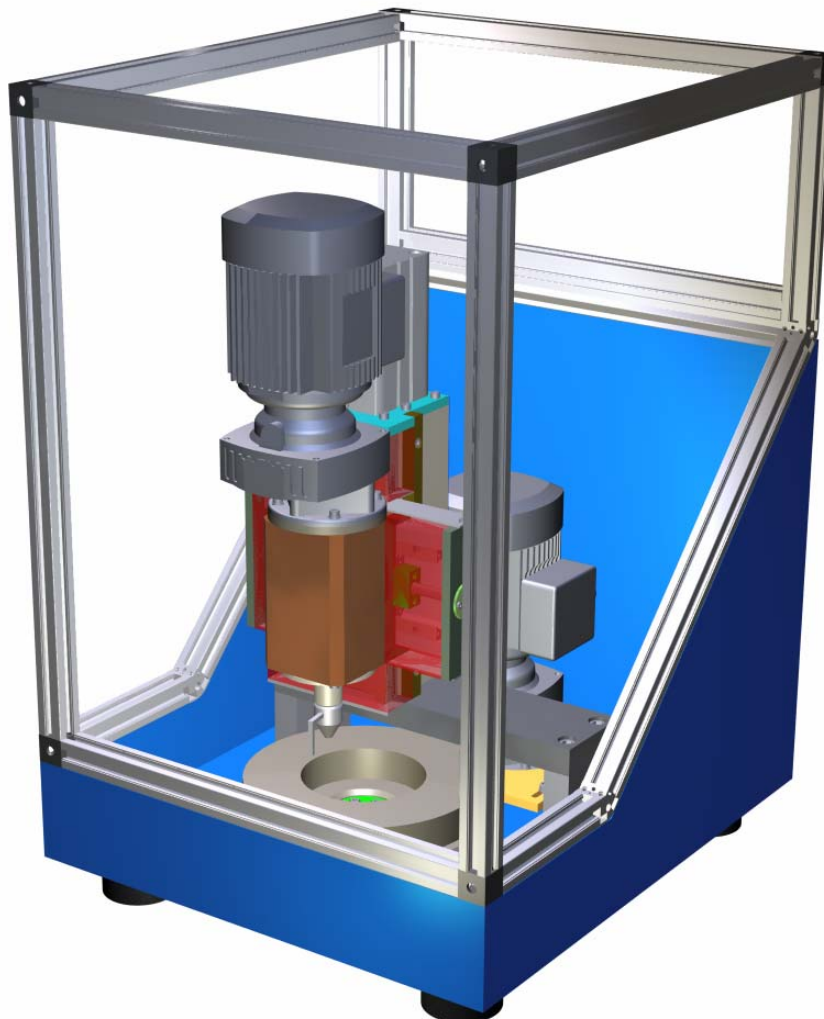
4 Proposition du travail de semestre

Le travail de semestre consistait à concevoir une polisseuse d'établi. Elle devait pouvoir faire le même travail que la BP6, mais être plus petite, c'est-à-dire passer sur une table ou un établi. Il n'y aurait qu'une seule broche de travail et le système de dressage de la meule serait intégré à la machine.

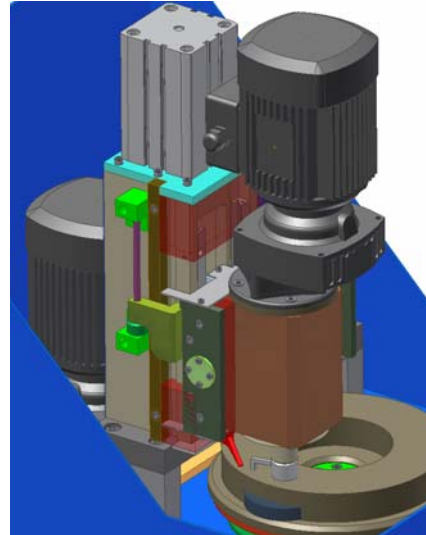
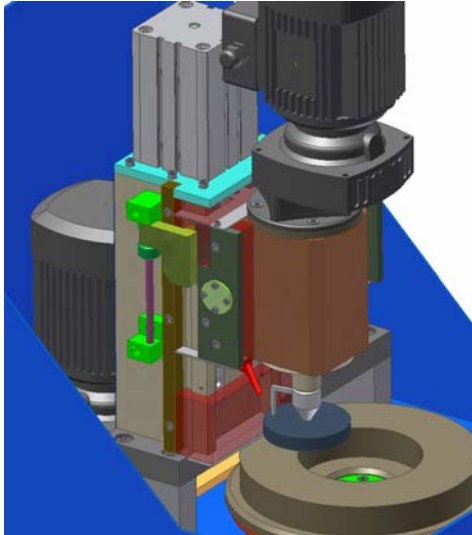
Voici l'idée retenue lors du travail de semestre.

La broche de travail est montée sur deux coulisses à aiguilles. Un mouvement vertical est actionné par un vérin pneumatique pour mettre sous pression ou dégager les pièces. Un mouvement horizontal actionné par une vis et un moteur permet de dresser la meule. Le plateau de la meule est actionné par un moteur fixé à l'arrière de la machine et une courroie trapézoïdale assure la transmission. Tout le système est posé dans un bac pour la récupération des copeaux d'usinage et de l'huile de polissage. Il y a une protection au-dessus en plastic transparent PET. Celle-ci se lève et pivote sur des charnières pour pouvoir accéder à la place de travail.

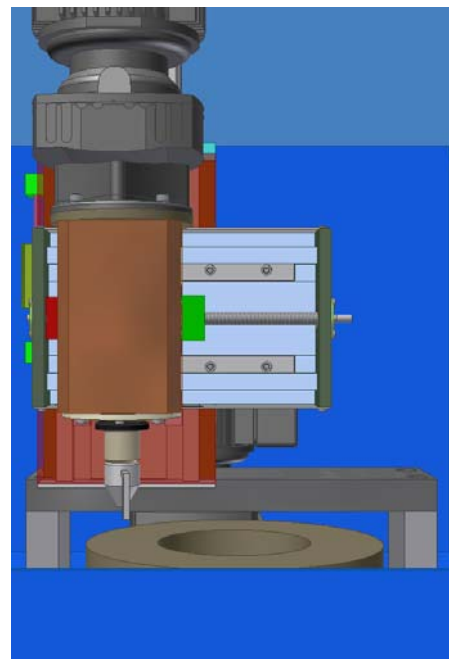
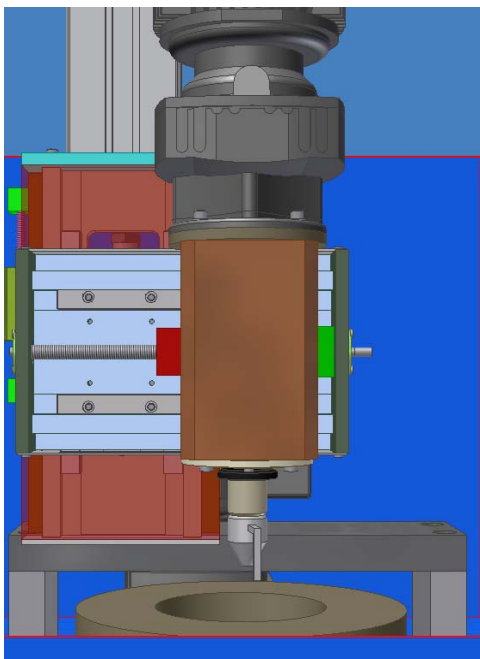
Dans la suite du rapport, les différentes parties sont détaillées.



4.1 *Mouvement de la broche*

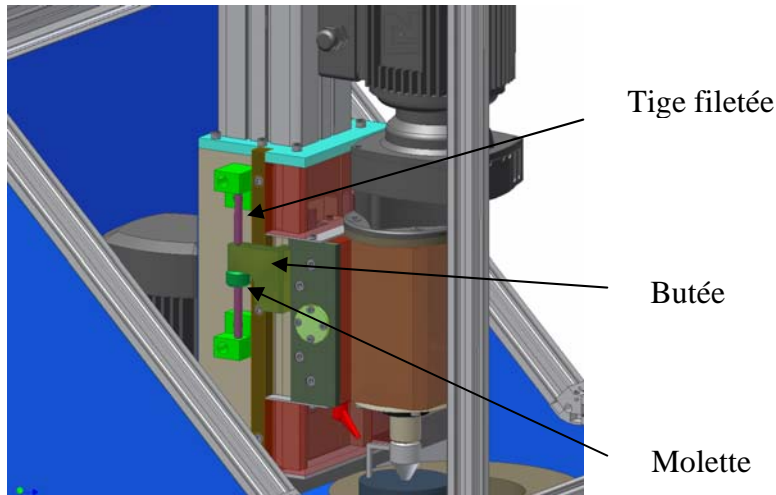


Mouvement vertical de la broche



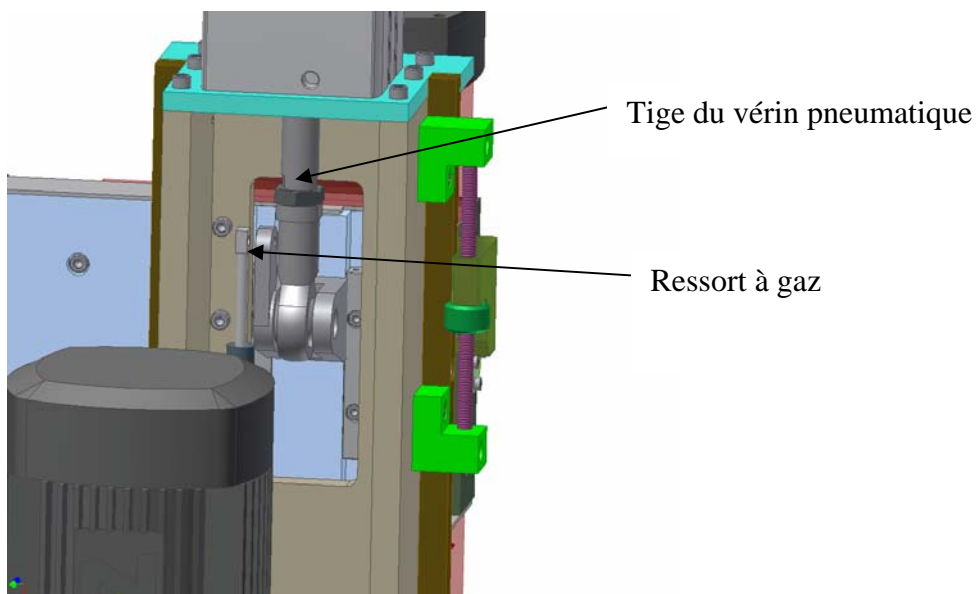
Mouvement horizontal de la broche

4.2 Butée mécanique du mouvement vertical



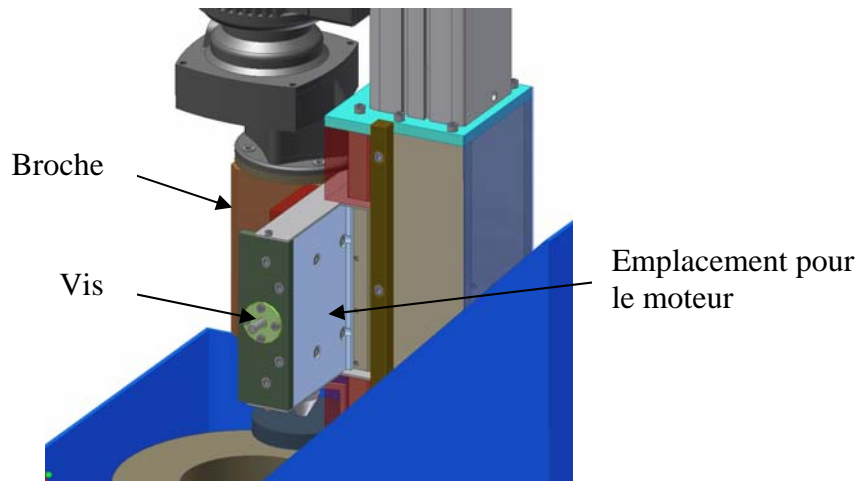
La butée mécanique de la broche sur le mouvement vertical est assurée par une molette. Celle-ci se déplace sur une tige filetée. Il suffit de tourner cette molette pour régler la position. La butée vient alors buter sur la molette. Ce système sert aussi de butée lors du dressage de meule. Il suffit de tourner un petit peu la molette pour descendre le burin de quelques dixièmes.

4.3 Mouvement vertical de la broche et compensation de son poids



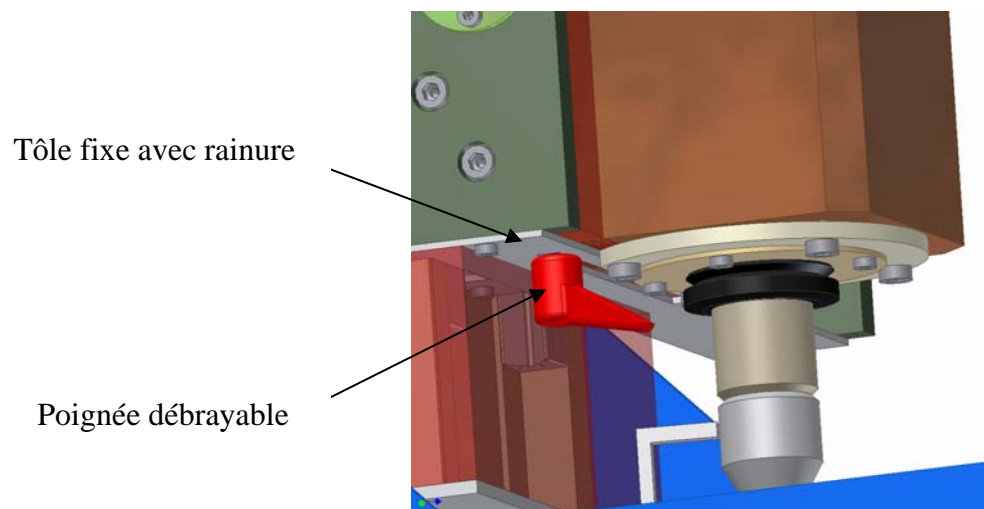
Le mouvement vertical est assuré par un vérin pneumatique. Un ressort à gaz compense le poids de la broche, lorsque la pression est nulle dans le vérin. Il a la même force que le poids de la broche et celle-ci est manipulable à la main quand le vérin pneumatique est libre.

4.4 Entraînement de la broche sur la coulisse horizontale



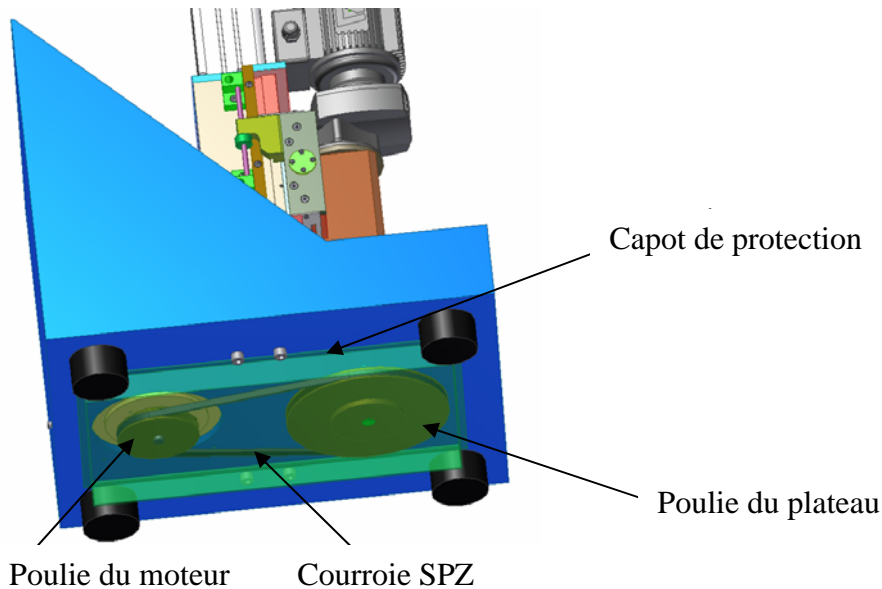
Le mouvement horizontal de dressage de la meule est assuré par un assemblage vis écrou. Une pièce filetée est fixée sur la broche et en faisant tourner la vis, la broche va se déplacer. Pour entraîner la vis était prévu un petit moteur placé à l'arrière du chariot. Une courroie crantée devait transmettre le mouvement du moteur à la vis.

4.5 Blocage de la broche sur la coulisse horizontale

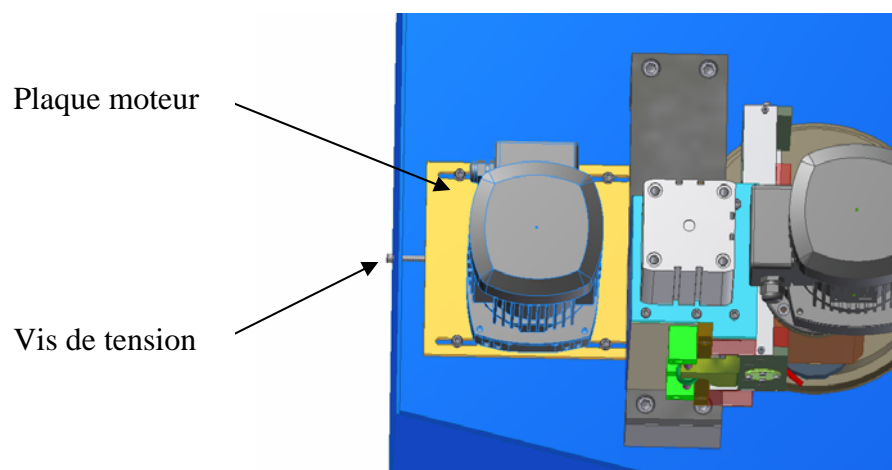


La broche doit être bloquée sur la coulisse horizontale lors du polissage. Ce blocage est assuré par une poignée débrayable fixée sur la broche. Lorsque la broche se déplace horizontalement la poignée se déplace dans une rainure faite sur une tôle, qui elle, est fixe. En serrant la poignée, la broche est plaquée contre la tôle et se trouve bloquée.

4.6 Entraînement du plateau



La transmission entre le moteur du plateau et l'arbre du plateau se fait avec une courroie trapézoïdale SPZ. Il y a un rapport de transmission de deux afin de doubler le couple du moteur. Le système de transmission est caché par un capot en tôle pliée.



Pour transmettre le couple au plateau de la meule avec une courroie, il faut pouvoir la tendre. Une des solutions est d'augmenter la distance entre l'axe de la poulie du plateau et l'axe de la poulie du moteur. Le moteur du plateau est donc monté sur une plaque et en vissant la vis de tension, la plaque et le moteur reculent et la courroie se tend.

4.7 Calculs

4.7.1 Calculs des coulisses

Calculs pour rails de guidage type N/O

- Rail type N 62015-200
- Rail type O 62015-100
- Cage à aiguilles HW 10 x 150 mm $\Rightarrow C = 530 \text{ N}$

Coulisse Verticale

Donnée: $RA = \frac{100}{4} = 25$ aiguilles

$$Kt = 100 \text{ mm}$$

$$R_{tmin} = \frac{RA}{4} \approx 6$$

$$x_1 = 250 \text{ mm}$$

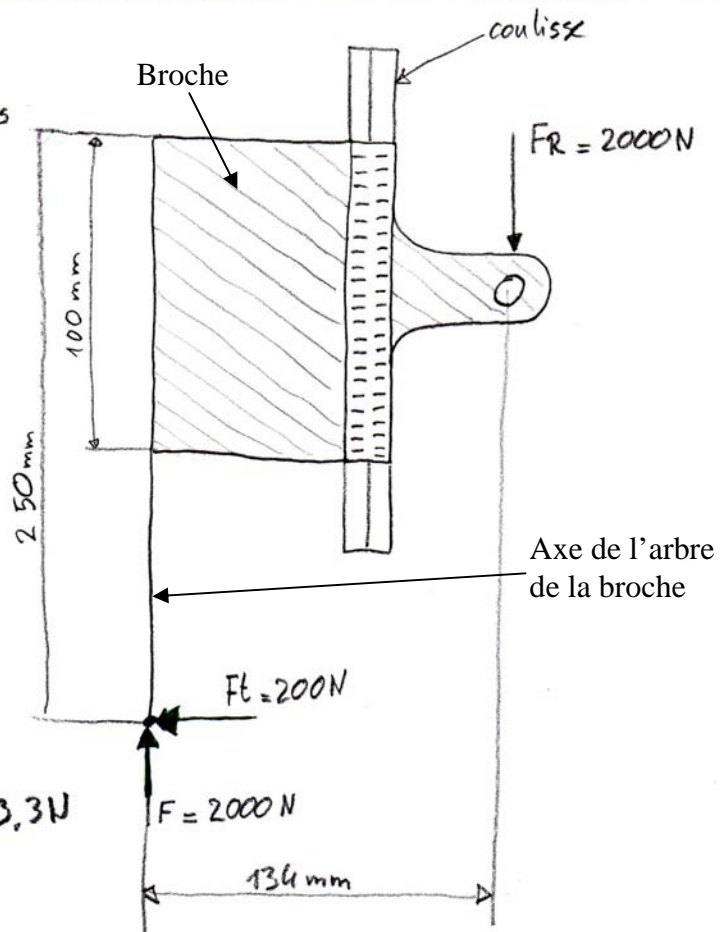
$$x_2 = 134 \text{ mm}$$

$$C = 530 \text{ N}$$

$$P_1 = \frac{R \cdot x_1}{2 \cdot Kt \cdot R_{tmin}} = \frac{200 \cdot 250}{2 \cdot 100 \cdot 6} = 41,6 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{F \cdot x_2}{2 \cdot Kt \cdot R_{tmin}} = \frac{2000 \cdot 134}{2 \cdot 100 \cdot R_{tmin}} = 223,3 \text{ N}$$

$$P_{tot} = P_1 + P_2 = 41,6 + 223,3 = 265 \text{ N} < C = 530 \Rightarrow \underline{\underline{OK}}$$



La force sur les aiguilles est inférieure à la force admissible d'un facteur deux. Ce qui laisse une marge de sécurité.

Coulisse Horizontale

Donnée : $RA = \frac{100}{4} = 25$ aiguilles

$$Q = 70 \text{ mm}$$

$$x_1 = 60 \text{ mm}$$

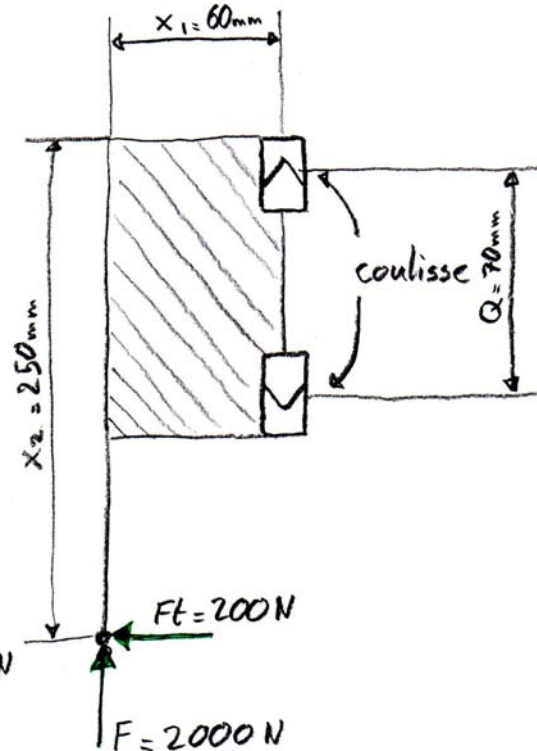
$$x_2 = 250 \text{ mm}$$

$$C = 530 \text{ N}$$

$$P_1 = \frac{F}{RA} = \frac{2000}{25} = 80 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{F \cdot x_1}{Q \cdot RA} = \frac{2000 \cdot 60}{70 \cdot 25} = 68,6 \text{ N}$$

$$P_3 = \frac{F_t \cdot x_2}{Q \cdot RA} = \frac{200 \cdot 250}{70 \cdot 25} = 28,6 \text{ N}$$



$$\begin{aligned}
 P_{\text{tot}} &= P_1 + P_2 + P_3 \\
 &= 80 + 68,6 + 28,6 = 177,2 \text{ N} < C = 530 \Rightarrow \underline{\underline{\text{OK}}}
 \end{aligned}$$

La force sur les aiguilles est inférieure à la force admissible d'un facteur trois. Ce qui laisse une marge de sécurité.

4.7.2 Calculs des moteurs

La situation de frottement que l'on a sur la polisseuse est similaire aux frottements que l'on retrouve dans un embrayage. C'est pourquoi la théorie des embrayages est utilisée pour calculer le couple à fournir aux moteurs.

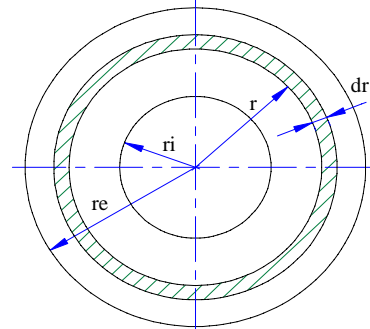
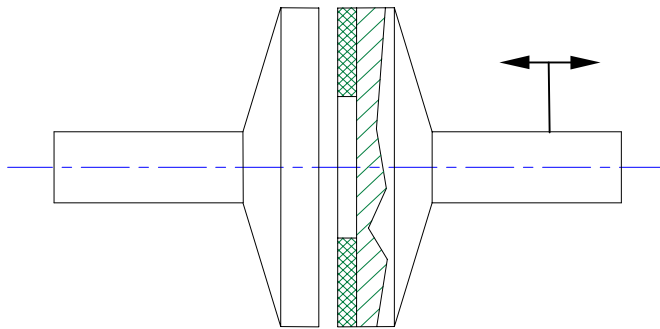
Théorie sur les embrayages

La fonction principale d'un embrayage est de permettre la mise en rotation graduelle et de désaccoupler deux arbres ayant un axe de rotation commun.

L'embrayage peut aussi servir de frein ou de limiteur de couple.

Der Hauptzweck einer Kupplung ist das stossfreie Anfahren einer Welle und das Trennen von zwei Wellen mit einer gemeinsamen Drehachse.

Eine Kupplung kann auch als Bremse oder als Drehmomentbegrenzer verwendet werden.



Modélisation 1

On admet que la pression de contact p entre les disques est constante.

Dans ce cas, la force axiale F_a nécessaire à garantir cette pression de contact peut se déterminer par :

$$F_a = \int_{r_i}^{r_e} dF = \int_{r_i}^{r_e} p \cdot dA = \int_{r_i}^{r_e} p \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr$$

Modell 1

Angenommen wird das der Pressdruck zwischen den Scheiben konstant ist.

In diesem Fall kann die zum Erreichen dieses Pressdruckes notwendige Axialkraft F_a bestimmt werden durch:

$$F_a = p \cdot \pi \cdot (r_e^2 - r_i^2)$$

Le moment transmissible sur une surface de frottement de l'embrayage se détermine par :

$$M = \int_{r_i}^{r_e} dM = \int_{r_i}^{r_e} r \cdot \mu \cdot dF = \int_{r_i}^{r_e} 2\pi \cdot p \cdot \mu \cdot r^2 \cdot dr$$

Das von einer Reibfläche übertragbare Drehmoment wird gegeben durch:

$$M = \frac{2\pi}{3} \cdot \mu \cdot p \cdot (r_e^3 - r_i^3)$$

Si on veut exprimer le moment transmissible en fonction de la force axiale F_a :

$$M = \frac{2}{3} \cdot \frac{\mu \cdot p \cdot \pi \cdot (r_e^3 - r_i^3) \cdot N \cdot F_a}{p \cdot \pi \cdot (r_e^2 - r_i^2)}$$

Wenn das übertragbare Moment in Funktion der Axialkraft ausgedrückt wird:

$$M = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_a \cdot \mu \cdot N \cdot (r_e^3 - r_i^3)}{(r_e^2 - r_i^2)}$$

Selon la théorie des embrayages il faut donner un certain couple pour faire glisser un disque qui subit une force axiale et appuie sur un autre corps.

$$M = \frac{2}{3} \mu \cdot F_a \frac{(r_e^3 - r_i^3)}{r_e^2 - r_i^2}$$

• Moteur broche Donnée: $\mu = 0,1$

$$F_a = 2000 \text{ N}$$

$$r_e = 45 \text{ mm}$$

$$r_i = 0 \text{ mm}$$

$$\omega_b = 56,5 \text{ rad/s} \rightarrow n = 540 \text{ t/min}$$

$$M_b = \frac{2}{3} 0,1 \cdot 2000 \frac{(0,045^3)}{0,045^2} = 6 \text{ Nm}$$

$$P_b = M_b \cdot \omega_b = \underline{\underline{340 \text{ W}}}$$

• Moteur plateau Donnée: $\mu = 0,1$

$$F_a = 2000 \text{ N}$$

$$r_e = 125 \text{ mm} \checkmark$$

$$r_i = 65 \text{ mm} \checkmark$$

$$\omega_m = 28 \text{ rad/s} \rightarrow n = 270 \text{ t/min}$$

$$M_p = \frac{2}{3} \mu \cdot 2000 \frac{(0,125^3 - 0,065^3)}{0,125^2 - 0,065^2} = 19,6 \text{ Nm}$$

$$P_p = M_p \cdot \omega_p = 550 \text{ W}$$

⇒ moteur broche 0,37 kW réducteur 2,5
1400 t/min

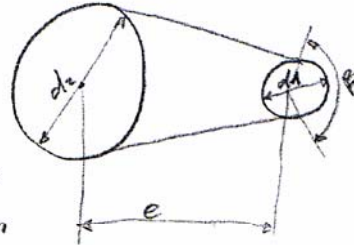
⇒ moteur plateau 0,55 kW réducteur 2,5 + courroie 2
réduction 5

possibilité de mettre 2 fois le même moteur. 2 fois 0,55 kW car la forme extérieure ne change pas.

4.7.3 Calculs de la courroie trapézoïdale SPZ

— Données:

- Puissance $P = 0,55 \text{ kW}$
- Rapport réduction $i = 2$
- Vitesse rotation entrée = 180 à 540 t/min
- Vitesse rotation sortie = 90 à 270 t/min
- Entraxe approximatif $e' = 300 \text{ mm}$



— Méthode utilisée : Roloff/Matek Maschinenelemente 17. Auflage
chapitre 16 Riementriebe

— Berechnungsbeispiele 16.4

Beispiel 16.2 Schmalkeilriemen

• Profil de courroie : $KA = 1 \Rightarrow P = 0,55 \text{ kW}$

\Rightarrow TB 16-116 \Rightarrow Profil SPZ

• ϕ_{\min} de la petite poulie " d_1 " $P/n = \frac{0,55}{540} = 0,0010$

\Rightarrow TB 16-7 $\Rightarrow d_{\min} = 80 \text{ mm} \Rightarrow d_1 = 112 \text{ mm}$

\Rightarrow TB 16-156 $\left. \begin{array}{l} n = 540 \text{ t/min} \\ P = 0,55 \text{ kW} \\ d_1 = 112 \text{ mm} \end{array} \right\} \underline{\underline{\text{SPZ} \approx 1,4 \text{ kW/courroie}}}$

• ϕ des poulies : $d_1 = 112 \text{ mm}$
 $d_2 = 224 \text{ mm}$

• Longueur de la courroie : $L' = 2e' + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4e'} = 1138 \text{ mm}$

* Angst & Pfister $L = 1127 \text{ mm}$

• entraxe exact " e " $= \frac{L}{4} - \frac{\pi}{8}(d_1 + d_2) + \sqrt{\left(\frac{L}{4} - \frac{\pi}{8}(d_2 + d_1)\right)^2 - \frac{(d_2 - d_1)^2}{8}} = 294,3 \text{ mm}$

• angle de contact poulie "petite" courroie " β "

$$\beta = 2 \arccos\left(\frac{d_2 - d_1}{2e}\right) = 158^\circ$$

• nombre de courroie "z": \Rightarrow TB 16-15b $d_1 = 112 \text{ mm}$
 $n = 540 \text{ t/min} \Rightarrow P_N = 1,4 \text{ kW}$

\Rightarrow TB 16-16b $i = 2$

$\dot{U}_2 \approx 0,003 \text{ kW}$

\Rightarrow TB 16-17a $\beta = 158^\circ$

$C_1 = 0,94$

\Rightarrow TB 16-17c $L = 1127 \text{ mm}$

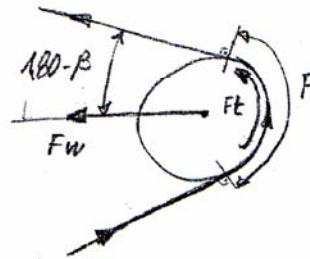
$C_2 = 0,95$

$$z \geq \frac{P}{(P_N + \dot{U}_2) C_1 \cdot C_2} = 0,44$$

$$\Rightarrow z = 1$$

• force tangentielle à la petite poulie $F_t = \frac{P \cdot 10^3}{\frac{d(\text{m}) \cdot 2\pi n}{60}} = 173 \text{ N}$
 $\rightarrow 540 \text{ t/min}$

• $F_{Wb} = 1,3 \dots 1,5 \cdot F_t = 225 \text{ N} \dots 260 \text{ N}$



Ces calculs m'ont permis
 de comparer les résultats
 avec ce que m'a proposé
 Angst + Pfister et ça correspondait.

5 Cahier des charges définitif

Une seule broche

Diamètre extérieur de la meule 250 mm

Diamètre intérieur de la meule 130 mm

Hauteur de la meule 50 mm

Vitesse de rotation de la meule 0 à 300 t/min

Vitesse de rotation de la broche 0 à 600 t/min

Vitesse d'avance du burin de dressage de la meule 0 à 8 mm/tour

Pression de travail 0 à 4 bar / 0 à 50 kg

Course verticale 100 mm

Vérin pneumatique pour la coulisse verticale

Course horizontale 100 mm

Utilisation du moteur de la broche pour générer le mouvement horizontal

Un bouton Start enclenche les deux moteurs

Un bouton Stop arrête les moteurs

Un automate gère le temps de cycle puis stoppe les moteurs

Un potentiomètre règle la vitesse de rotation du plateau

Un potentiomètre règle la vitesse de rotation de la broche

Un potentiomètre règle la vitesse d'avance de dressage de la meule dans les deux directions

Un bouton à trois positions actionne le vérin pneumatique

Un arrêt d'urgence coupe la puissance sur la machine

Un bouton orange réarme l'arrêt d'urgence

Un capteur sur une poignée fait passer du mode polissage au mode dressage de meule

L'abrasif s'applique manuellement

Lorsque la broche n'est pas sous pression, elle doit pouvoir bouger verticalement librement, à la main, et avoir tendance à descendre plutôt qu'à monter.

L'armoire électrique doit s'intégrer à la machine

6 Amélioration du prototype : idée finale

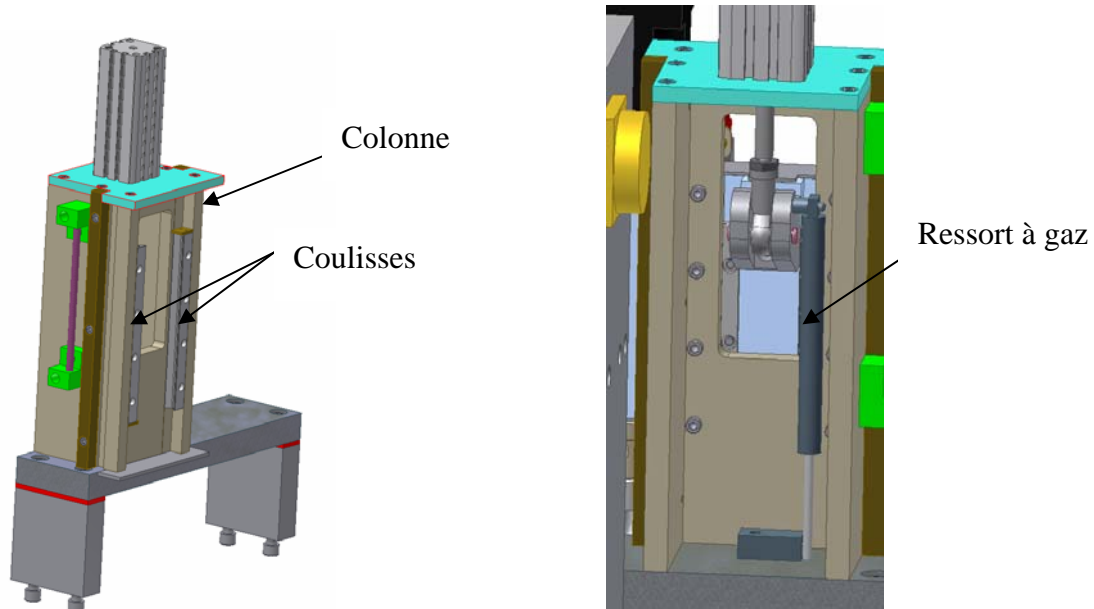
Dans les grandes lignes, l'idée du travail de semestre a été respectée. La broche est montée sur deux coulisses, une verticale et une horizontale. Les calculs de dimensionnement sont les mêmes que lors du travail de semestre. Les éléments comme : poulies, courroie et coulisses restent donc les mêmes que ceux choisis auparavant. Le mandant a uniquement rectifié la force maximale de travail qui est baissée à 50 kg au lieu de 200 kg. Le vérin pneumatique a donc un diamètre de 40 mm au lieu de 80mm. Les moteurs ont par conséquent, leur couple divisé par quatre soit 1.5 Nm pour la broche et 5 Nm pour le plateau. Les moteurs sont maintenant des moteurs Brochless sans réducteur. En effet, le moteur de la broche est un moteur Infranor BS73 2.16 Nm et le moteur du plateau est un moteur Infranor BS111 2.45 Nm. Les principaux changements sont la transmission du mouvement horizontale pour le dressage de la meule qui se fait avec le moteur de la broche et la réduction du bac de protection pour mettre l'armoire électrique sur l'arrière de la machine.

Le détail des différentes fonctions va suivre. Il est bien sûr que pour plus de détails sur les différentes parties, il faut se référer aux dessins dans le dossier technique annexe.



Vue d'ensemble de la machine protection fermée et ouverte. Deux ressorts à gaz tiennent la protection en position ouverte. L'armoire électrique dépasse sur la droite pour laisser de la place au moteur du plateau sur la gauche et pour permettre de placer les boutons de commande sur le dos de l'armoire. Des soufflets de protection protégeront les coulisses.

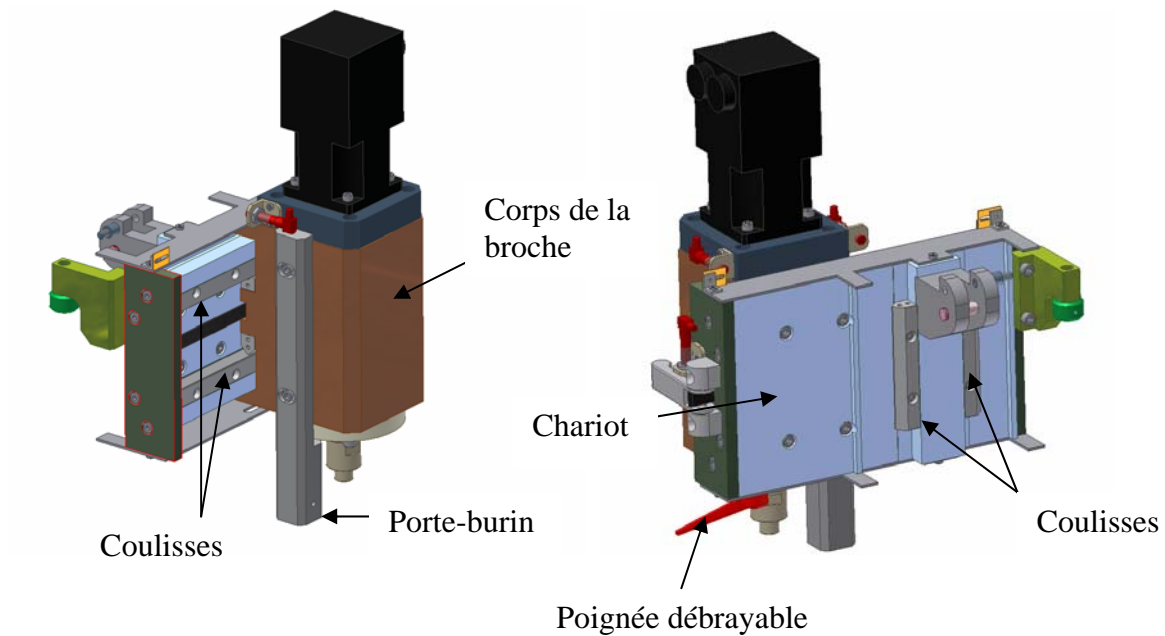
6.1 Colonne



La colonne et la traverse restent les mêmes. La colonne est réalisée en trois pièces assemblées pour des raisons d'usinage. Les coulisses sont montées comme prévu c'est-à-dire des coulisses Schneeberger à aiguilles type N/O d'une course de 100 mm, une coulisse verticale et une coulisse horizontale.

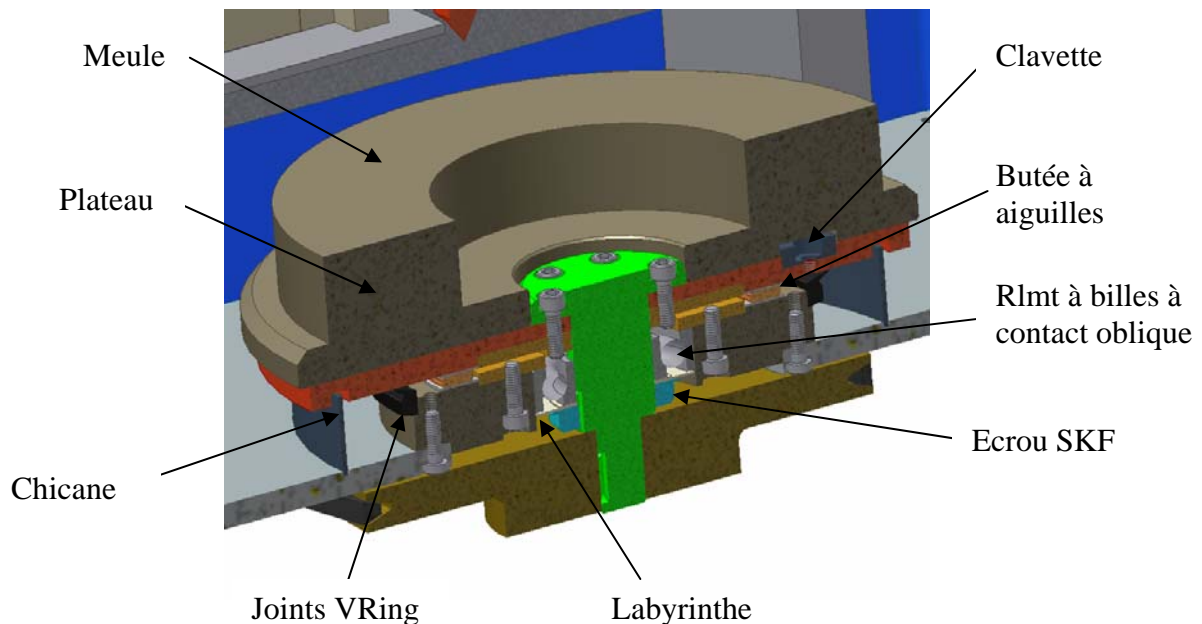
Un vérin à gaz compense le poids de la broche. Le ressort à gaz a une course de 100 mm, un diamètre de la tige 6mm, un corps 15 mm et une force de 250 N. Le vérin est fixé sur la droite du vérin pneumatique.

6.2 Broche



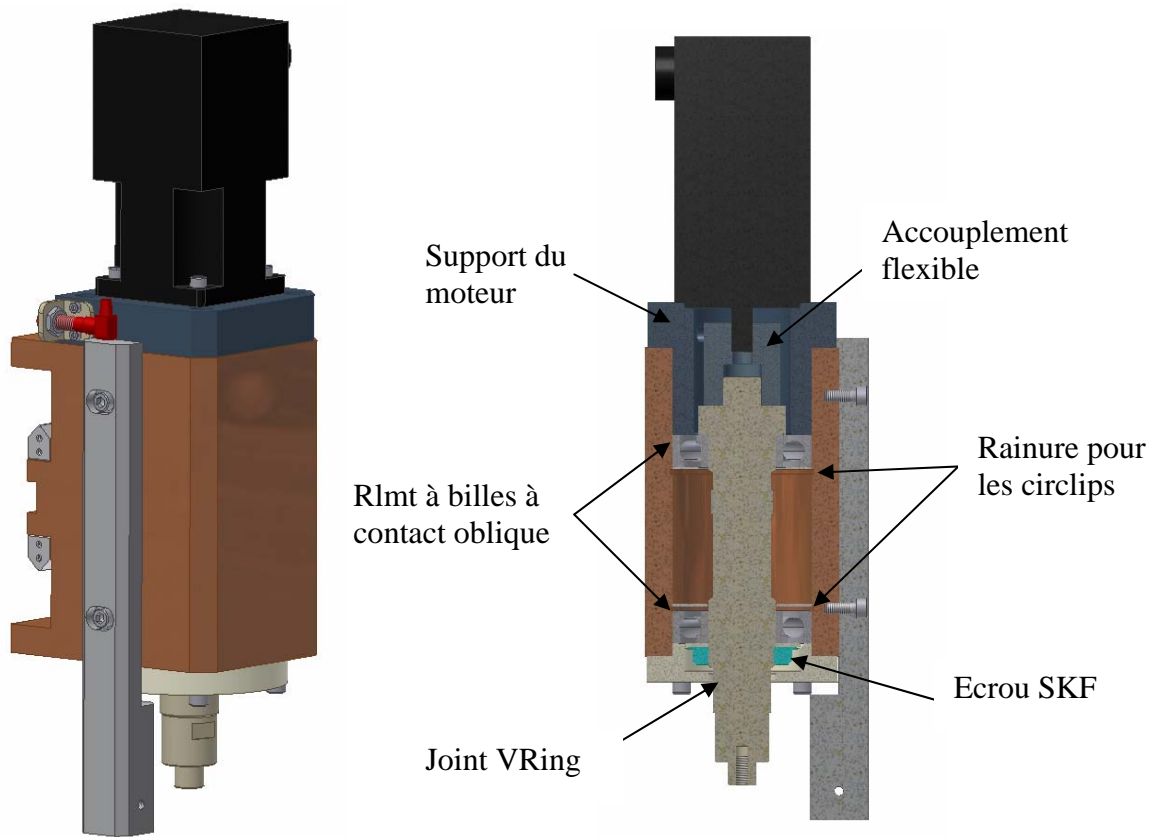
La broche est constituée de deux éléments principaux : le corps de la broche et le chariot. Le corps de broche peut coulisser sur le chariot horizontalement. Le chariot, lui, coulisse sur la colonne verticalement. Le corps de la broche contient les paliers de l'arbre. Le porte-burin se fixe sur le corps de la broche. Le système de blocage de la coulisse horizontale se fait toujours à l'aide d'une poignée débrayable qui plaque le corps de la broche sur une tôle fixe.

6.3 Montage des roulements du plateau



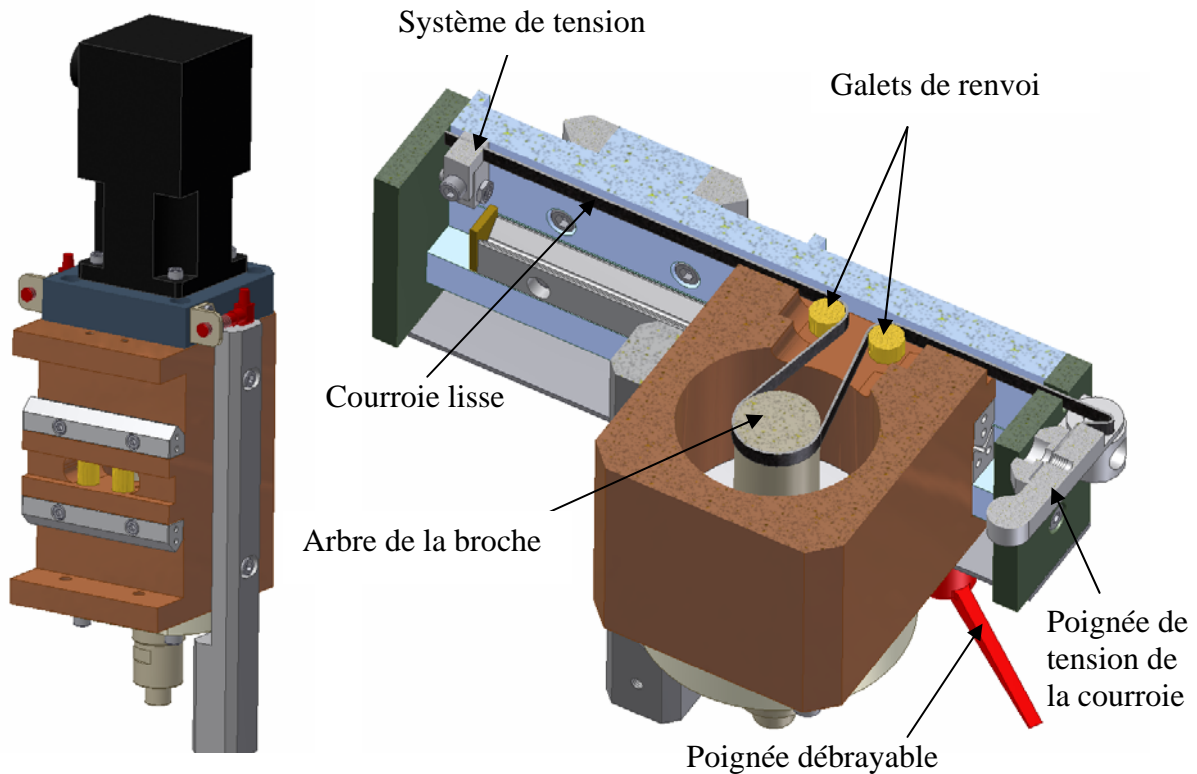
Le montage du plateau est constitué d'une butée à aiguilles et d'un roulement à billes à contact oblique montés en O précontraints. La précontrainte est mise en serrant l'écrou SKF. La protection des corps roulants est assurée par une chicane un joint VRing et un labyrinthe. La meule est centrée sur le plateau par l'arbre du plateau. Elle est juste posée et tient par son propre poids. Une clavette transmet le couple à la meule.

6.4 Montage des roulements de la broche



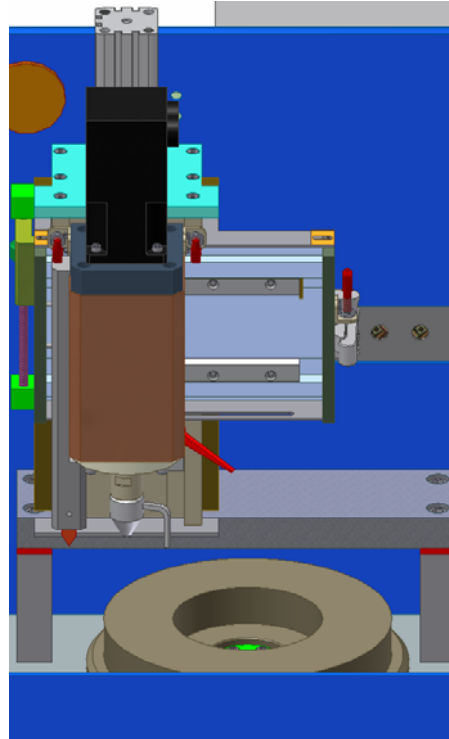
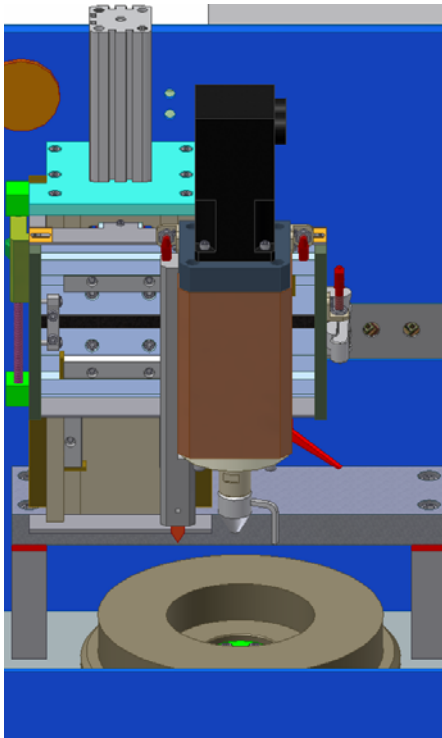
La broche possède des roulements à billes à contact oblique montés en O précontraints. Dans l'alésage du corps de la broche il y a deux rainures à circlips pour positionner les bagues extérieures des roulements. Ensuite avec l'écrou SKF, une précontrainte peut être mise sur les bagues intérieures des roulements. L'accouplement entre l'arbre et le moteur se fait avec un accouplement flexible pour éliminer les défauts d'alignement. Un trou sur le support du moteur permet d'accéder à la vis de l'accouplement et de réaliser le montage. Le haut de la broche est fermé et un joint VRing dans le bas protège les roulements à billes de toute saillure.

6.5 Transmission par courroie lisse pour le mouvement de dressage de meule

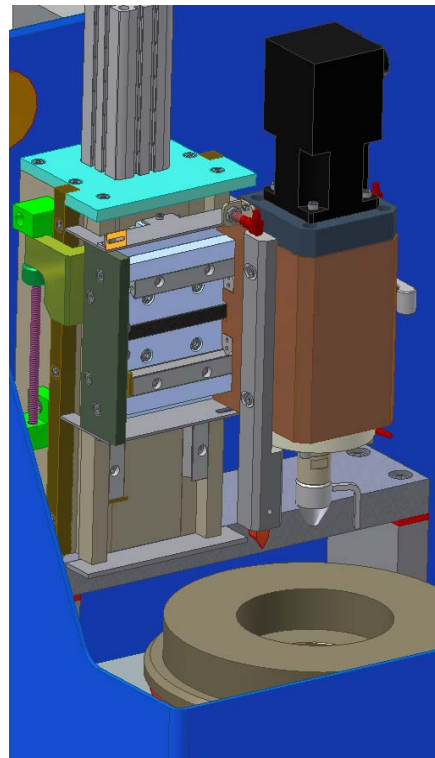
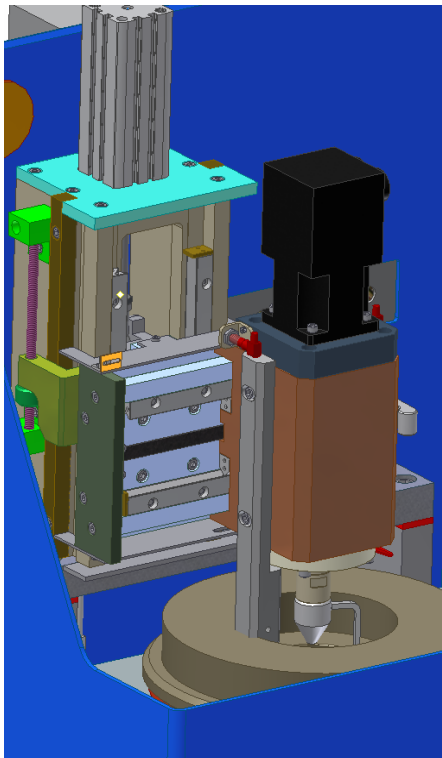


Le mouvement horizontal de la broche pour le dressage de la meule n'est plus fait par une vis, mais par un système à courroie. Ce système utilise le moteur de la broche elle-même pour faire le déplacement. Avec ce montage, le moteur pour actionner la vis dans l'ancienne version est économisé. Par contre, l'emploi d'un moteur brochless pour la broche est justifié car il faut qu'il tourne à des vitesses de rotation très lentes. Le système est constitué d'une courroie lisse qui fait le tour de l'arbre de la broche. Il y a deux galets de renvoi. Une poignée sert à tendre ou détendre la courroie. Lorsque la courroie est tendue et la poignée débrayable desserrée, la rotation de l'arbre de la broche va tirer sur la courroie et va entraîner la broche sur les coulisses. Lorsque la courroie est détendue et la poignée débrayable serrée, l'arbre tourne librement et frotte légèrement la courroie mais n'entraîne pas la broche sur les coulisses. La tension de la courroie est assurée par les écrous de tension. Un capteur sur la poignée donne l'information : polissage avec la poignée desserrée ou dressage de meule avec la poignée serrée.

6.6 *Mouvement vertical et horizontal de la broche*

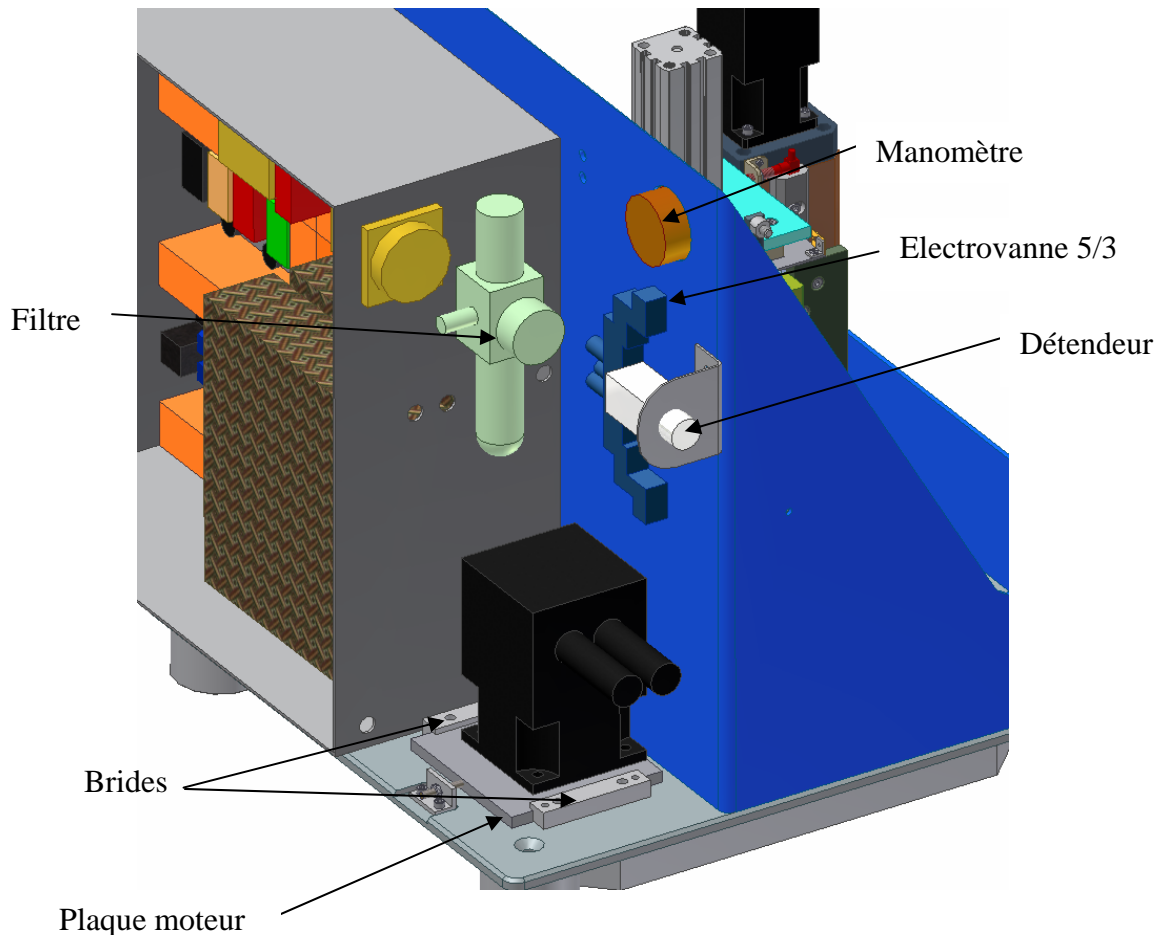


Mouvement horizontal de la broche



Mouvement vertical de la broche

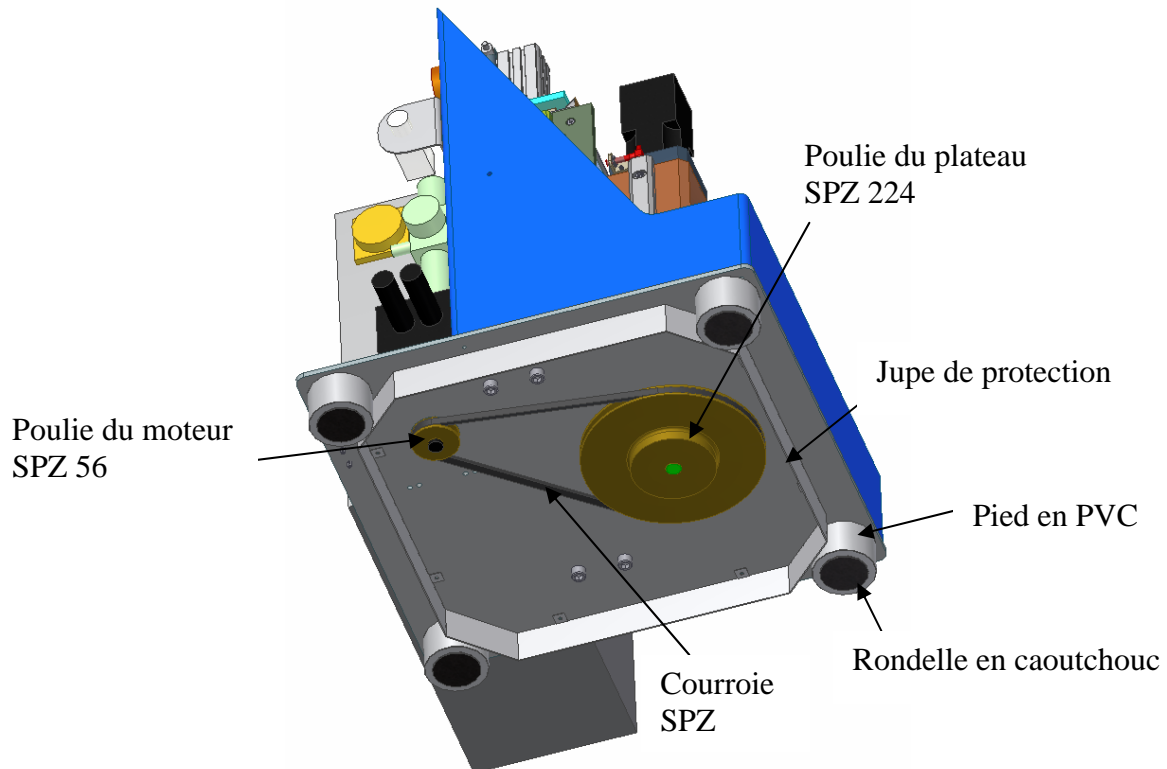
6.7 Moteur du plateau et éléments pneumatiques



Pour tendre le moteur, le système qui consiste à fixer le moteur sur une plaque et la faire reculer est resté. Par contre, de bride bloquent la plaque. Les brides sont goupillées dans la plaque de base, car le moteur n'est plus dans l'axe du plateau comme dans l'idée de semestre, car il fallait faire la place pour l'armoire électrique. La courroie tire le moteur en biais et fait mailler la plaque. Avec les goupilles, la plaque est guidée, on évite donc tout problème. La vis de tension et l'équerre ont été gardées ; en tournant l'écrou sur la vis, la plaque recule.

Sur cette vue apparaissent les emplacements des éléments pneumatiques.

6.8 Entraînement du plateau et protection de la transmission

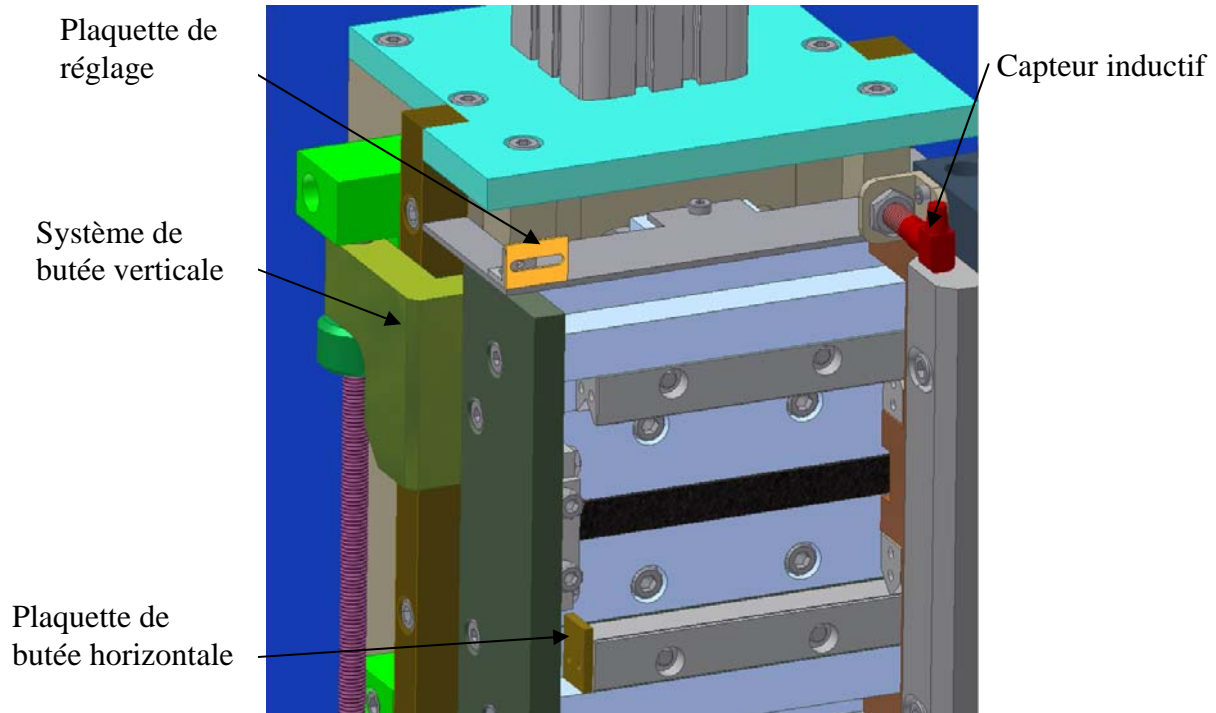


Une transmission par courroie trapézoïdale entraîne le plateau. Une réduction plus grande est choisie car le couple de polissage est plus grand que prévu. La réduction mécanique est poussée au maximum, car le fournisseur ne propose pas de poulie plus petite. Finalement la réduction est de quatre, avec une poulie SPZ 56 sur le moteur et une poulie SPZ 224 sur le plateau.

Pour protéger le système de courroie et pour empêcher de mettre les mains et de se blesser, une jupe de protection avec un espace de 5 à 8 mm entre le sol et la jupe évite d'y passer les doigts.

Les pieds sont en PVC. Pour mieux absorber les vibrations et favoriser l'adhérence de la machine sur l'établi, des rondelles en caoutchouc sont collées sous les pieds.

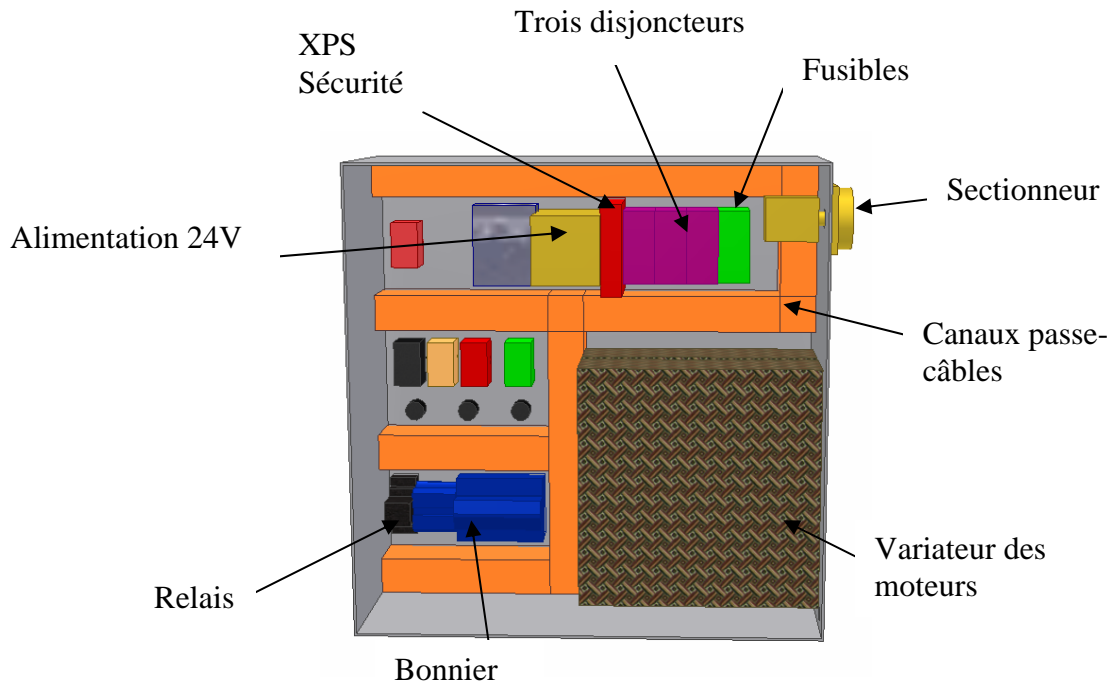
6.9 Capteurs de fin de course



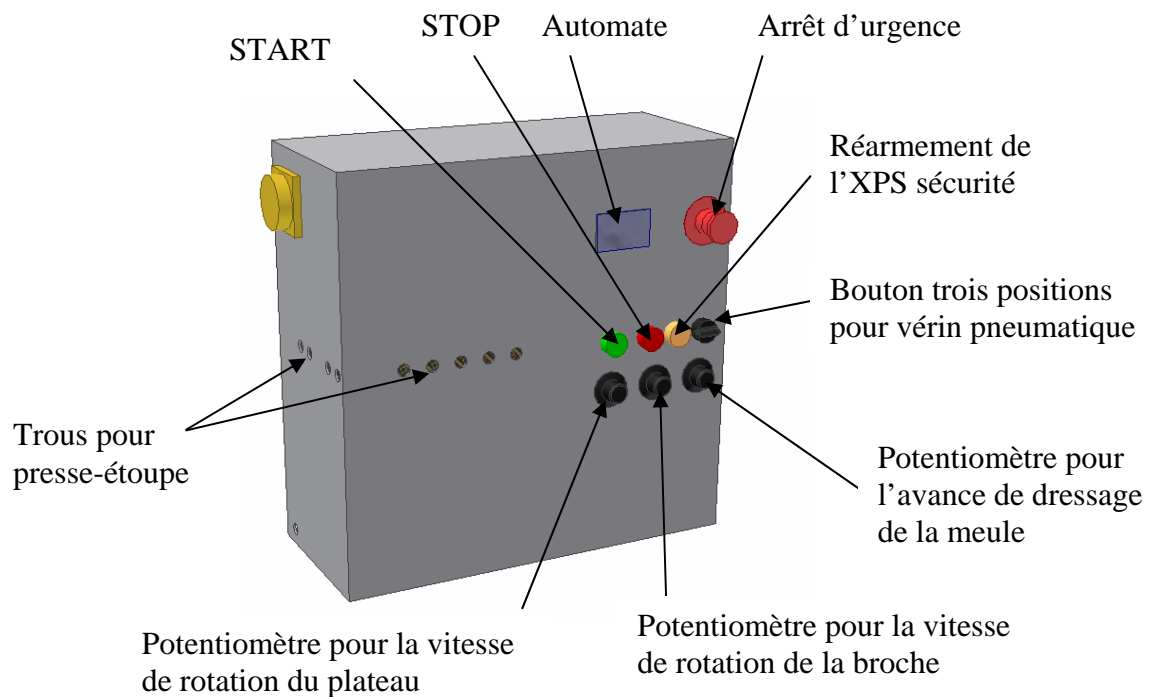
Sur la coulisse horizontale, des capteurs inductifs de fin de course sont fixés de chaque côté. Une petite plaquette sert à régler la position du déclenchement du capteur fin de course. Il reste quand même une butée mécanique de chaque côté de la coulisse. Cette butée se fait grâce à la plaquette de butée.

Le système de butée mécanique du mouvement vertical reste le même. Une molette se déplace sur une tige filetée et règle ainsi la position de butée. Lors du dressage de la meule, cette butée est utilisée pour exécuter le toucher et régler la profondeur de la passe de dressage de la meule.

6.10 Armoire électrique



Les différents éléments sont implantés dans l'armoire comme ci-dessus.



Les boutons placés dans le fond de l'armoire forment le panneau de commande directement sur l'armoire. Des trous reçoivent les presse-étoupe dans lesquels passent les câbles de la machine.

7 Calculs des nouveaux éléments

7.1 Ressort à gaz pour la compensation du poids de la broche

Pour ce ressort à gaz, un calcul était trop compliqué, car il y avait des frottements, soit dans le vérin pneumatique, soit dans le ressort à gaz, soit dans la coulisse elle-même. Il était plus simple pour le choix de ce ressort de mesurer directement sur la machine le poids de la broche. Pour ce faire, une contre-pression a été mise dans le vérin pneumatique. En augmentant cette pression, la valeur pour laquelle le poids de la broche est compensé peut être déterminée. Ensuite en connaissant les dimensions du vérin la force peut être calculée. Il faut que la force du ressort soit à peine en dessous du poids de la broche pour que celle-ci ait tendance à descendre lorsque le vérin est libre.

La pression mesurée pour laquelle la broche est compensée est de 2.3 bar.
Le vérin pneumatique a un diamètre de piston de 40 mm et une tige de 12 mm.
Avec ces éléments, la force sur le vérin peut être calculée.

$$F = P \cdot A = 2.3 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot (20^2 - 6^2) \cdot 10^{-6} = 263 N$$

Pour que la broche ait tendance à descendre il faut prendre un ressort avec une force de 250 N

Il faut alors un ressort à gaz : tige 6 mm, corps 15 mm, force 250 N, course 100 mm.

7.2 Calculs de la transmission par courroie lisse du mouvement horizontal

Le mandant a fourni une courroie lisse de 12 mm de largeur et 1 mm d'épaisseur. En la tendant autour d'un axe de 30 mm et en se munissant d'une clé dynamométrique, le couple pour faire glisser l'axe peut être mesuré. Connaissant le couple transmissible par la courroie, la force à disposition dans le mouvement de dressage de la meule peut être déterminée.

En faisant un petit montage, le couple transmissible par la courroie lisse sur l'arbre de 30 mm est déterminé à 2 Nm

Donc :

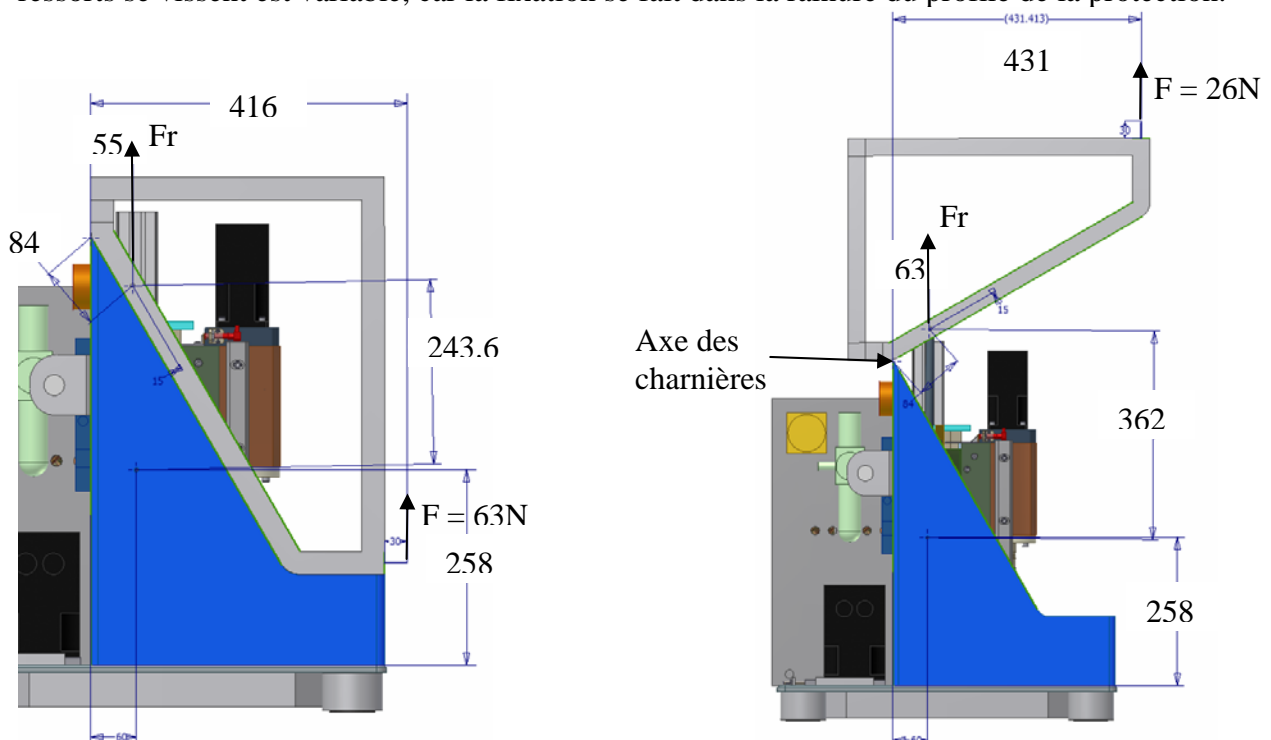
$$F = \frac{2 \cdot 1000}{15} = 133 N$$

Après discussion avec le mandant, il a été approuvé qu'une force de 133 N sur le chariot est suffisante pour faire le dressage de la meule, car il s'agit uniquement de petites passes de finition, sans gros usinages sur la meule.

7.3 Ressorts à gaz pour la protection

Pour que la protection reste ouverte, la force du ressort doit être supérieure au poids de la protection en position ouverte. Par contre, la force du ressort à gaz doit être inférieure au poids de la protection en position fermée pour qu'elle reste fermée.

Les charnières étant fixées, la force sur la poignée a été mesurée en différentes positions de la protection, soit 0°, 45° et 90°. Ensuite, en choisissant un bras de levier sur la protection où le ressort à gaz vient fixé, la force du ressort peut être calculée. Pour des raisons de symétrie et pour ne pas mailler les charnières, deux ressorts à gaz sont fixés, de chaque côté de la protection. La force des ressorts doit être supérieure à celle du poids de la protection de 20 à 30 N pour s'assurer qu'elle reste ouverte. Mais le bras de levier de 84 mm sur lequel les ressorts se vissent est variable, car la fixation se fait dans la rainure du profilé de la protection.



La force sur la poignée varie de 63 N au maximum à 26 N au minimum. Le but est maintenant de calculer la force Fr sur les ressorts à gaz. Il faut effectuer une somme des moments autour de l'axe des charnières en position ouverte.

$$Fr = \frac{F \cdot 431}{63} = \frac{26 \cdot 431}{63} = 178 \text{ N}$$

Par conséquent, en présence de deux ressorts, une force de 100 N par ressort est nécessaire.

La course du ressort à gaz : $362.6 - 243.6 = 119 \text{ mm}$

Contrôle pour que la porte reste fermée :

$$Fr \cdot 55 < F \cdot 416 \quad 200 \cdot 55 < 63 \cdot 416$$

L'inéquation est vraie, la protection reste donc fermée. Les ressorts à gaz sont plus faibles que le poids propre de la protection.

Il faut alors deux ressorts à gaz : tige 6 mm, corps 15 mm, force 100 N, course 150 mm.

7.4 Calculs des consignes en tension pour les moteurs

Les variateurs reçoivent une consigne analogique en tension entre 0 et 10 V. Le moteur varie sa vitesse de rotation de 0 à la vitesse maximale programmée dans le variateur en fonction de la consigne qu'il reçoit. La vitesse de rotation est proportionnelle à la consigne : 10 V correspond à la vitesse maximale.

Le moteur du plateau doit tourner dans un sens et varier sa vitesse de rotation de 0 à 1200 t/min. Une réduction de quatre fait tourner le plateau à 300 t/min. Une consigne varie avec un potentiomètre de 0 à +10V. Il faut programmer 1200 t/min comme vitesse maximale dans le variateur.

Le moteur de la broche possède deux consignes : soit en mode polissage, soit en mode dressage de meule.

Pour le polissage, le moteur ne tourne que dans un sens de 0 à 600 t/min. Il lui faut une consigne qui varie de 0 à 10V et programmer 600t/min comme vitesse maximale dans le variateur.

Pour le dressage de meule, le moteur tourne dans les deux sens à des vitesses très lentes qui sont calculées ci-dessous.

L'avance maximale de dressage pour faire la spirale sur la meule est de 8 mm/tour

La vitesse du plateau pour faire la spirale est de 100 t/min

L'avance est donc de $8 \cdot 100 = 800$ mm/min

Le diamètre de l'arbre autour duquel frotte la courroie lisse est de 30mm. Un tour complet de l'arbre représente 94.2mm.

La vitesse de rotation de la broche est alors de $\frac{800}{94.2} = 8.5$ t/min

La vitesse maximale du moteur est de 600 t/min, donc en faisant une règle de trois, la valeur de la consigne peut être calculée.

$$\frac{8.5 \cdot 10}{600} = 0.14 \text{ V}$$

Il faut une consigne qui varie de -140 mV à +140 mV

8 Liste des composants et des fournisseurs

Elément	Nombre	Fournisseur	Prix unitaire CHF	Prix total CHF
Moteur broche BS 73	1	Infranor	875	875
Moteur plateau BS 111	1	Infranor	1185	1185
Variateur CD1-a-ct	2	Infranor	1095	2190
Cable de puissance	2	Infranor	103	206
Cable résolveur	2	Infranor	108	216
Soufflets de protection	4	Tannaco	125	500
Protection	1	Phoenix mecano	500	500
Poulie SPZ 56	1	Angst&Pfister	39	39
Poulie SPZ 224	1	Angst&Pfister	84	84
Taper-lock 1008x19	1	Angst&Pfister	18	18
Taper-lock 2012x20	1	Angst&Pfister	21.8	21.8
Courroie SPZ Lw 1060	1	Angst&Pfister	16.8	16.8
Vérin pneumatique	1	Festo	200	200
Rail de guidage N 62015-200	4	Schneeberger	100.8	403.2
Rail de guidage O 62015-100	4	Schneeberger	69.3	277.2
Cage à aiguilles HV 10x150	4	Schneeberger	60	240
Accouplement flexible 9H7x20H7	1	Mayr Kupplung	50	50
Ressort à gaz 6x15x100 - 250N	1	Maagtechnic	50	50
Ressort à gaz 6x15x150 - 100N	2	Maagtechnic	50	100
Cage à aiguilles AXK 120155	1	Technomag	92.7	92.7
Rondelles minces AS 120155	2	Technomag	28	56
Rlmt à contact oblique 7207 BEP	3	Technomag	69	207
Ecrous de serrage KM7	2	Technomag	16.3	32.6
Rondelles-freins MB7	2	Technomag	1.8	3.6
Vring 180 A	1	Technomag	45.1	45.1
Vring 30 A	1	Technomag	7	7
Armoire électrique	1	Rital	100	100
Sectionneur	1	Rockwell	30	30
Porte-fusible + fulible 16A	1	Rockwell	50	50
Disjoncteur 13A	2	Rockwell	35	70
Disjoncteur 2A	1	Rockwell	35	35
XPS Sécurité	1	Rockwell	200	200
Alimentation 24V	1	Rockwell	230	230
Relais	1	Rockwell	20	20
Bouton Start	1	Rockwell	20	20
Bouton Stop	1	Rockwell	20	20
Bouton d'arrêt d'urgence	1	Rockwell	30	30
Bouton de réarmement	1	Rockwell	20	20
Bouton 3 positions	1	Rockwell	20	20
Potentiomètre 10K	3	Rockwell	30	90
Automate	1	Rockwell	30	30
Capteurs inductifs	3	Rockwell	20	60
Filtre pneumatique	1	Rexroth	100	100
Electrovanne 5/3 ouverte au repo	1	Rexroth	50	50
Manomètre	1	Rexroth	30	30
Régulateur de pression	1	Rexroth	50	50
Etranglements	2	Rexroth	3	6
Circlips pour alésage 72	2	Fixmax	1	2
Poignée débrayable	1	Pfefferlé sion	6	6
Total				8885

9 Partie mécanique

En annexe, un dossier regroupe tous les dessins des pièces à usiner. Des dessins d'ensemble sont aussi à disposition dans ce dossier.

10 Montage de la partie mécanique

Le montage de la partie mécanique s'est fait à la HES-SO de Sion. La marche à suivre jointe devrait éviter tout problème. Le plateau est monté en premier. Ensuite, la broche (en commençant par le montage de l'arbre et des roulements) est assemblée. Il ne faut justement pas oublier de mettre les galets de renvoi et la courroie lisse à ce moment-là, car il serait difficile de passer cette courroie par la petite ouverture entre les galets.

Une fois la broche montée, vient le tour des coulisses. La coulisse horizontale se monte avant la coulisse verticale. Les vis de la coulisse horizontale ne sont plus accessibles lorsque la coulisse verticale est fixée. Enfin, lorsque les deux coulisses sont assemblées, il ne reste qu'à fixer le plateau et la colonne sur la plaque de base. Il ne faut pas oublier de coller la chicane avant de poser le plateau. Le bac, la protection et l'armoire électrique s'ajoutent sur la plaque en dernier.

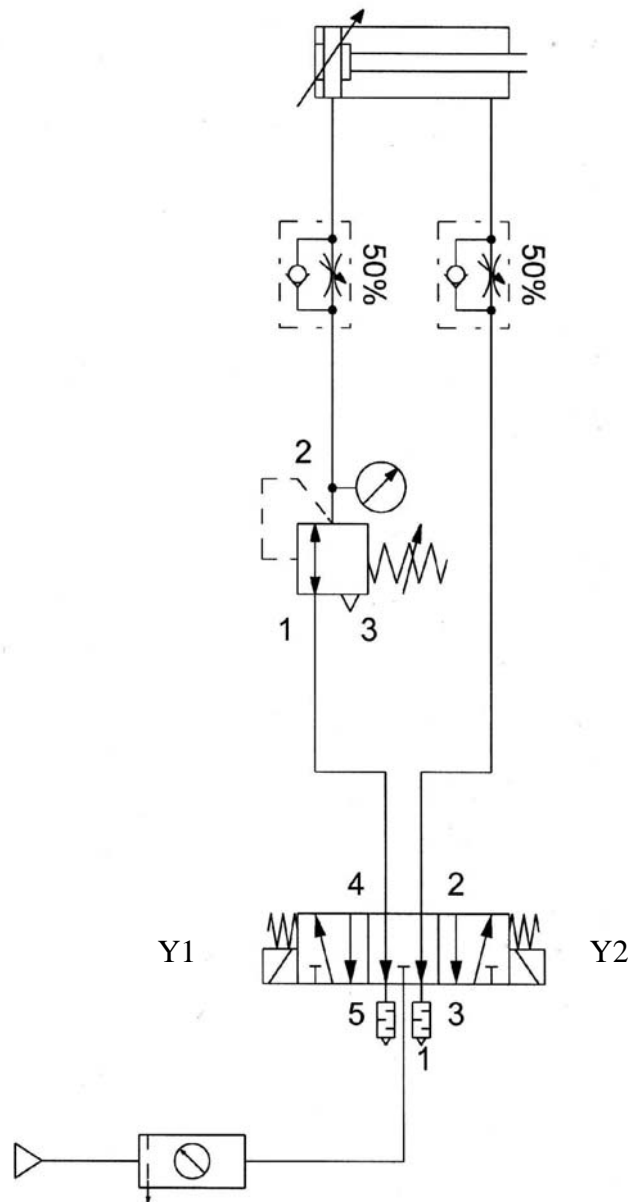
11 Partie électrique et pneumatique

Pour la partie électrique, une commande simple a été choisie en accord avec le mandant. Elle correspond au cahier des charges. Il s'agit d'un prototype, il fallait donc pouvoir faire tourner la machine pour vérifier qu'elle fonctionne et réaliser des tests. La sécurité n'a pas été poussée pour être aux normes. Il manque quelques capteurs de sécurité. L'interface entre l'utilisateur et la machine se fait par des boutons-poussoirs et des potentiomètres. Cela suffit pour le prototype.

Les fonctions de la BP6 ont été réduites, d'une part, par manque de place dans l'armoire et d'autre part, l'automate choisi ne permet pas d'avoir autant de fonctions. Par exemple il n'y a pas d'affichage des vitesses de rotation. Le plateau et la broche ne tournent que dans le sens horaire. La distribution d'abrasif est manuelle. En collaboration avec le mandant, la commande de la machine a été réalisée comme décrit ci-dessous.

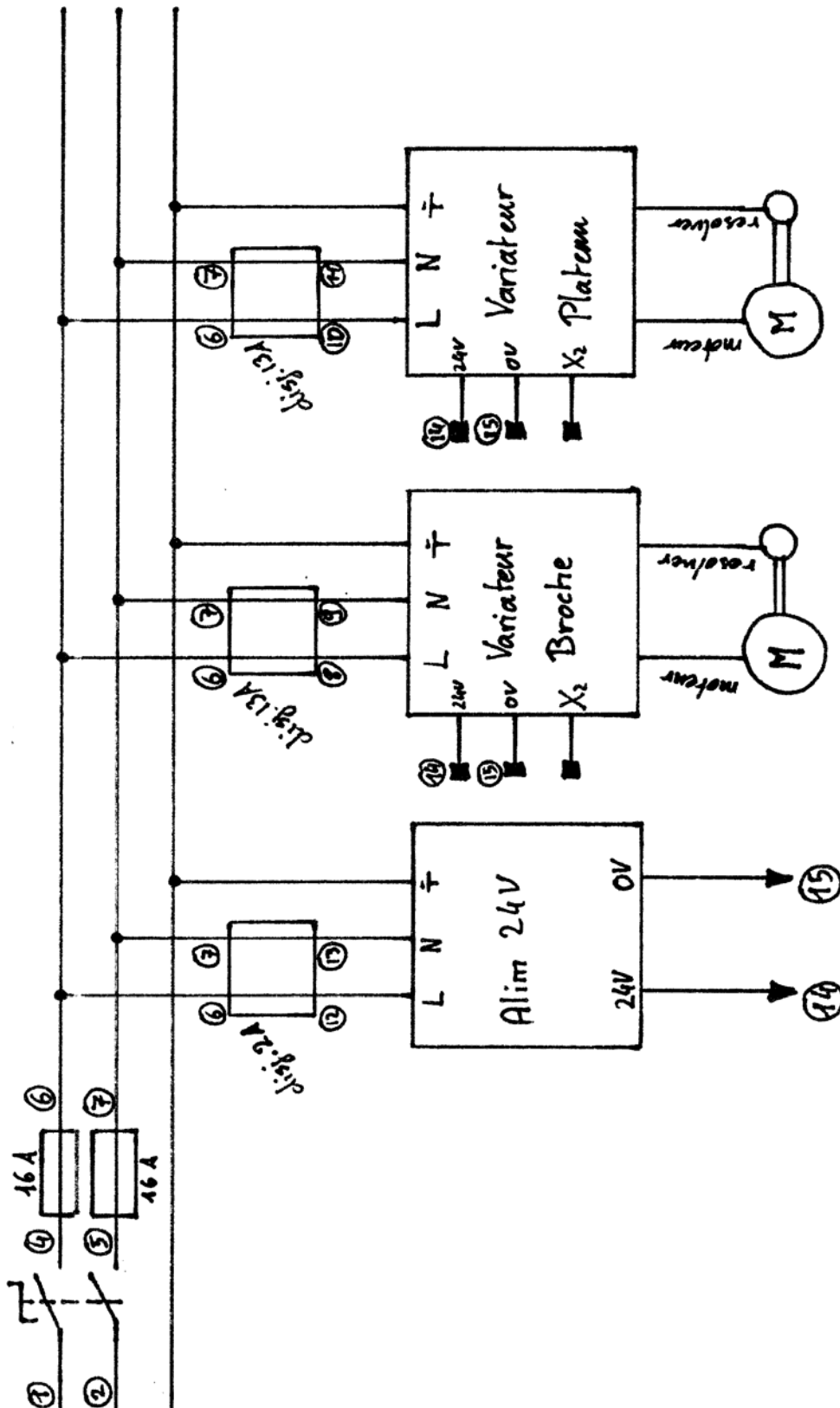
La machine possède deux modes : le polissage ou le dressage de meule. Un capteur sur la poignée de tension de la courroie de la broche fait basculer la machine d'un mode à l'autre. Un seul bouton START enclenche les deux moteurs et un seul bouton STOP arrête les deux moteurs. Un bouton à trois positions sert à commander le vérin pneumatique. Dans la position centrale le vérin peut être déplacé manuellement. Un temps de cycle est géré par un petit automate. Il peut être modifié. Un potentiomètre règle la vitesse du plateau de 0 à 300 t/min. La broche est gérée par deux potentiomètres, un pour régler la vitesse de rotation de 0 à 600 t/min en mode polissage et un autre pour régler la vitesse d'avance dans un sens ou dans l'autre en mode dressage de meule. En mode dressage de meule, la broche ne bouge pas lorsque le potentiomètre est au milieu. Elle va à droite ou à gauche selon que l'on déplace le potentiomètre sur la droite ou la gauche. Le basculement, d'un potentiomètre à l'autre, se fait aussi par le capteur de la poignée de la courroie de la broche. Au niveau de la sécurité, un arrêt d'urgence coupe les moteurs et la pression dans le vérin pneumatique. Si l'arrêt d'urgence est actionné, il faut le déverrouiller en le tournant, puis le réarmer en appuyant le bouton orange de réarmement.

11.1 Schéma pneumatique

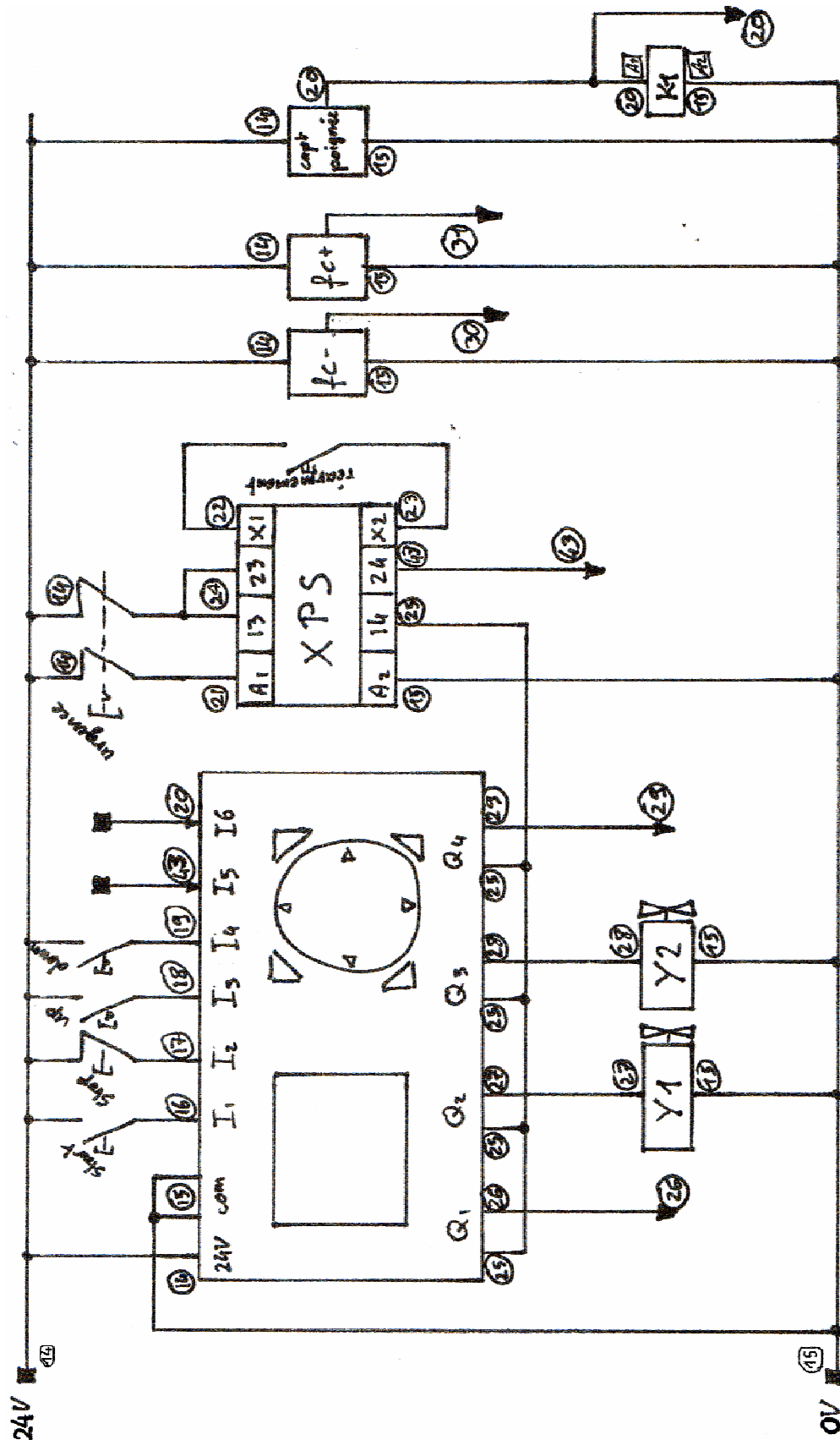


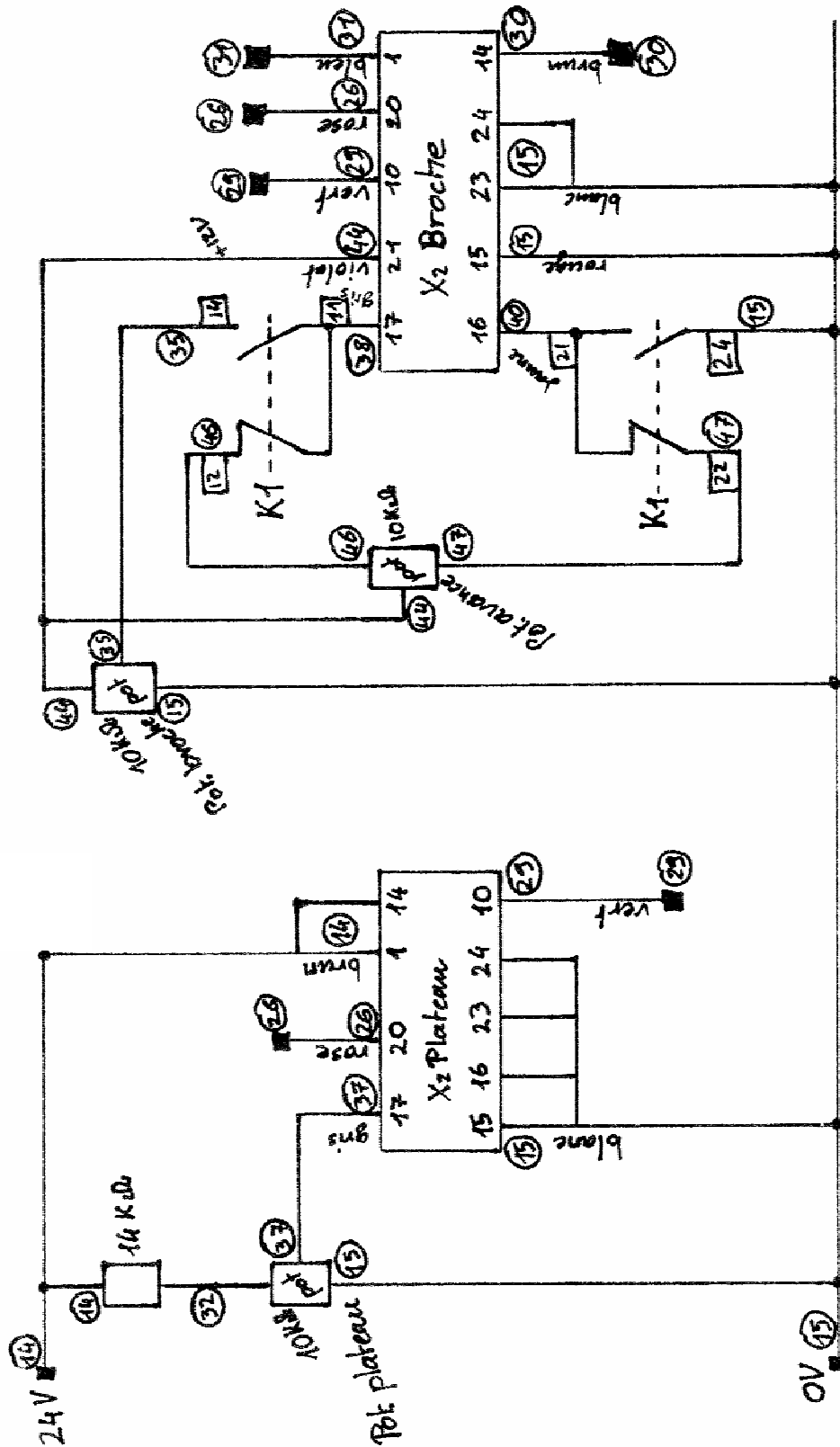
11.2 Schéma électrique

11.2.1 Schéma de puissance



11.2.2 Schéma de commande





X2 PRISE COMMANDE, ENTREES-SORTIES LOGIQUES et PSEUDO-CODEUR (Sub D 25 points mâle)

Identique pour modèles 230 V et 400 V.

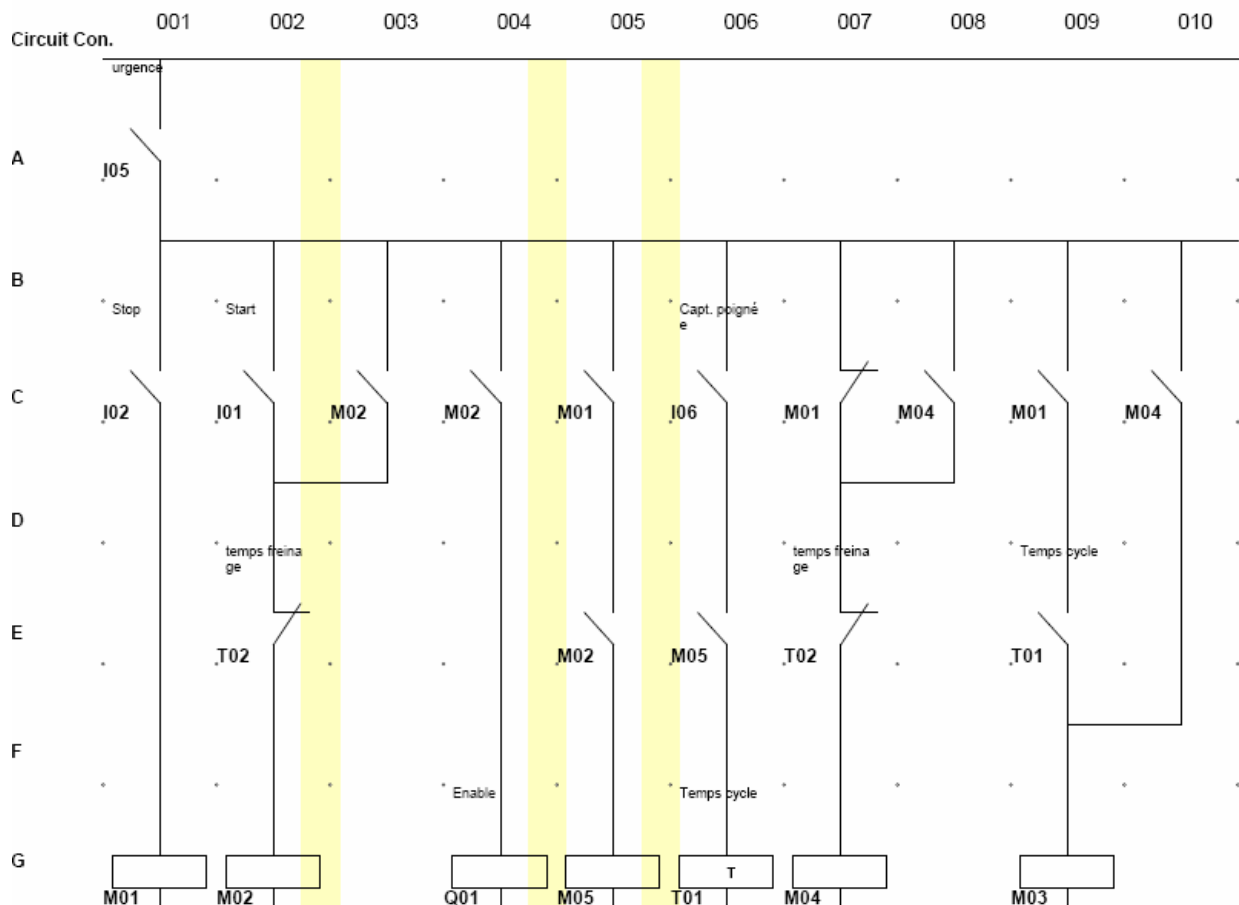
PIN	FONCTION	E/S	REMARQUE
1	FC+ : Fin de course +	E	Logique > 0 entrée optocouplée, isolée galvanique
14	FC- : Fin de course -	E	Logique > 0 entrée optocouplée, isolée galvanique
24	Ref inputs	E	Référence de l'alimentation des entrées logiques isolées galvaniques
20	ENABLE (Marche/Arrêt)	E	Logique > 0 entrée optocouplée, isolée galvanique
23	Ref inputs	E	Référence de l'alimentation des entrées logiques isolées galvaniques
2	CI commande en courant	E	Logique > 0 entrée optocouplée, isolée galvanique
10	CV0 consigne vitesse nulle / Consigne calage moteur	E	Logique > 0 entrée optocouplée, isolée galvanique
25	GND	E	Référence GND du variateur réuni à la terre
13	RESET	E	Logique > 0 entrée optocouplée, isolée galvanique. Inhibition des défauts mémorisés dans le variateur
12	Ref inputs (0Volt)	E	Référence de l'alimentation des entrées logiques isolées galvanique.
17	CV+ : Consigne vitesse CV+	E	Entrée consigne de vitesse +/-10 V pour vitesse max ou entrée consigne de courant +/-10 V pour courant max avec l'entrée CI activée
16	CV- : Consigne vitesse CV-	E	
15	GND	E	Référence GND du variateur réuni à la terre
3	ILIMIT : Limitation courant	E	Entrée analogique de limitation externe du courant maximal 0 V à 10 V pour 100% à 0% de I _{max}
11	Sortie analogique	S	+/-10V, résolution : 8 bit, charge : 10 mA, linéarité : 2%, filtre passe-bas: 170 Hz, signal de sortie programmable : canal 1 de l'oscilloscope digital (courant, vitesse ou position) ou sortie "Phasing OK" (passe de 0 V à 10 V lorsque le calage moteur est OK pour un codeur incrémental sans capteur HES)
18, 19	AOK Variateur prêt à fonctionner	S	Contact sec. de relais, fermé si Variateur OK, ouvert si défaut Protection contre surtensions par TRANSIL bidirectionnel. P _{max} = 10 W avec U _{max} = 50 V ou I _{max} = 100 mA
21	+12 Volts	S	Impédance de sortie : 9 Ω - 150 mA max disponibles ⁽¹⁾
22	-12 Volts	S	
4	Z/	S	Sortie différentielle top zéro Z/ codeur (5 V 20 mA max)
5	Z	S	Sortie différentielle top zéro Z codeur (5 V 20 mA max)
6	A/	S	Sortie différentielle voie A/ codeur (5 V 20 mA max)
7	A	S	Sortie différentielle voie A codeur (5 V 20 mA max)
8	B/	S	Sortie différentielle voie B/ codeur (5 V 20 mA max)
9	B	S	Sortie différentielle voie B codeur (5 V 20 mA max)

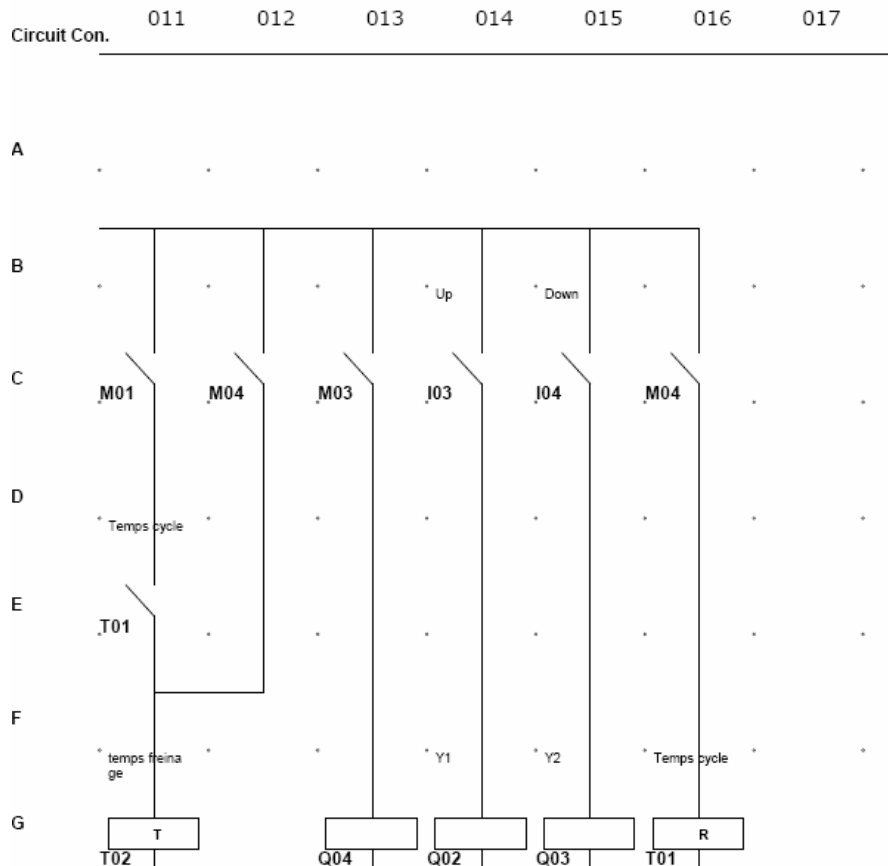
(1) La somme des courants consommés sur X2, pin 21 + X3, pin 10 ne doit pas dépasser 150 mA.

11.3 Programmation de l'automate

L'automate est programmé selon le cahier des charges avec le programme ci-dessous.

L'automate est un Pico de Allen Bradley. Le soft qui sert à le programmer est Picosoft 6.

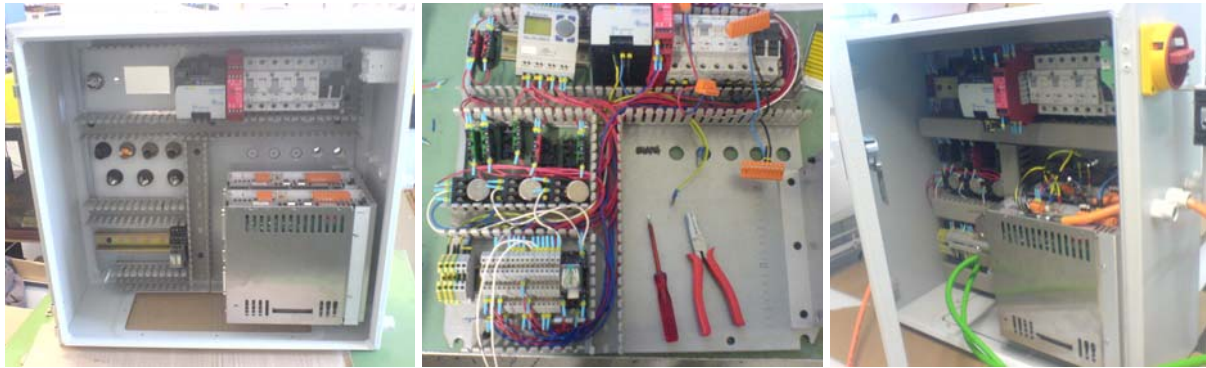




11.4 Programmation des variateurs des moteurs

Les variateurs des moteurs viennent de chez Infranor SA. Un soft VDsetup 0.4 les programme. Dans ce programme, il faut choisir le moteur adéquat, entrer une valeur de vitesse de rotation maximale et faire un autoréglage du moteur. Pour plus de renseignements sur les variateurs, on peut consulter le manuel d'utilisation sur le site internet d'Infranor SA. Les variateurs pour les moteurs sont des CD1-a-ct.

11.5 Implantation dans l'armoire électrique

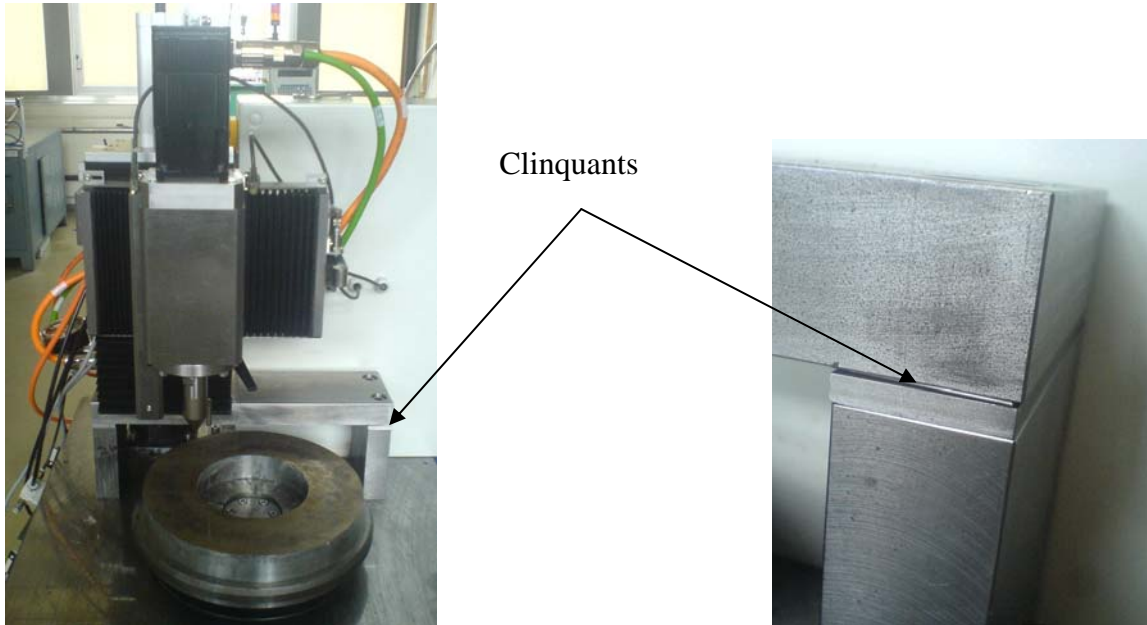


Les éléments électriques se montent dans l'armoire comme ci-dessus. Une équerre de fixation est fabriquée pour les variateurs des moteurs. Le tout se monte sur la plaque du fond de l'armoire. Des découpes sont réalisées dans cette plaque pour placer les éléments de commande dans le fond de l'armoire.

12 Montage de la partie électrique

Le montage de la partie électrique s'est fait dans la vallée de Joux dans l'entreprise Missimi-Brenay car tout le matériel nécessaire était à disposition. Le but de ce séjour dans la vallée de Joux était d'avoir l'armoire électrique complètement finie et de pouvoir faire fonctionner les différents éléments. Il fallait faire tourner les deux moteurs et faire fonctionner l'électrovanne.

13 Tests et réglages



Le principal réglage de la machine est celui du parallélisme entre le mouvement horizontal et le plan du plateau. Pour ce faire, un comparateur a été placé sur la broche et en la faisant coulisser, on peut y lire la valeur.

Dans ce cas, pour une longueur de 100 mm, le comparateur indiquait un déplacement de 0.26 mm, ce qui nous donne un angle de 0.15° .

En sachant que la traverse a un entraxe, de 350 mm, l'épaisseur à modifier peut être calculée.

$$\text{Epaisseur} = 350 * \tan (0.15) = 0.9 \text{ mm}$$

Il y existe deux solutions pour aligner la coulisse : rectifier une des cales de réglage de 0.9 mm ou ajouter du clinquant 0.9 mm entre la cale de réglage et la traverse. La solution des clinquants a été choisie. Ensuite la meule est dressée et la planéité de la surface de la meule est contrôlée avec une règle à fil.

Le moteur du plateau chauffait lors des premiers tests au point que le variateur se mettait en défaut. La réduction par courroie trapézoïdale se chiffrait à deux. Le moteur chauffait, car il y avait plus de couple que prévu. En effet, quand une forte pression (4 bars) était exercée, les forces de frottement étaient plus grandes que prévues. Ce frottement provient de la viscosité de l'huile diamantée. Du frottement dynamique augmente avec la vitesse de rotation. Selon la fréquence d'apport de l'abrasif, l'huile est aussi, soit plus fluide, soit plus pâteuse. Il y a aussi les efforts de coupes du diamant, car même si les grains sont tout petits, de l'ordre du micron, il faut quand même enlever un peu de la matière. Il n'est donc pas facile de calculer le couple nécessaire pour entraîner le plateau. La première modification a été de changer la poulie du moteur. En mettant une poulie deux fois plus petite, le couple sur le plateau serait doublé. Une nouvelle poulie ainsi qu'une nouvelle courroie ont été commandées. Les tests après le changement sont concluants, car le moteur chauffe moins et le temps de travail avant que le moteur ne coupe est rallongé. Le moteur chauffe toujours un peu, mais le variateur ne se met plus en défaut.

13.1 Dressage de la meule

Pour dresser la meule, il faut monter le burin de tournage. La poignée de tension de la broche doit être serrée et la poignée débrayable desserrée, pour libérer la broche dans son mouvement horizontal. Il faut mettre de la pression dans le vérin et faire descendre la broche jusqu'à la butée. En bougeant la butée, le burin descend et un toucher peut être fait. Ensuite, des passes d'usinage peuvent être réalisées en enclenchant les moteurs.

Pour usiner, la spirale, il faut utiliser une plaquette de burin avec un rayon de 0.2 mm pour que le sillon soit bien pointu. Par contre, lorsqu'on dresse la surface de la meule, le burin de 0.2 mm fait un état de surface mauvais. Pour améliorer cet état de surface, une plaquette de 0.8 mm est montée sur le burin pour le dressage.

Lors des tests de dressage de meule, la planéité a été contrôlée avec une règle à fil il n'y a donc pas de valeur. Mais à l'œil, il doit y avoir une erreur de planéité de 10 à 20 microns. Il est sûr que cette planéité peut être améliorée en changeant les clinquants de réglage sur la traverse.

Meule dressée avec la spirale :



13.2 Polissage de pièces

Pour le polissage des pièces, la poignée de tension de la broche doit être desserrée. La broche doit être bloquée horizontalement avec l'axe de la broche au centre du bandeau de la meule. Le disque avec les pièces est posé sur la meule. La broche est descendue à la main pour accoupler la pointe d'entraînement et le disque porte-pièces. La pression est alors appliquée. En dernier, les moteurs sont lancés. Les vitesses de rotation peuvent être modifiées durant le cycle de polissage. L'abrasif est mis par goutte à l'aide d'une pipette.

Plusieurs matériaux à polir étaient à disposition : du laiton, de l'acier, du métal dur et du saphir. Les résultats obtenus au niveau de la planéité sont bons. A nouveau, la planéité est contrôlée à la règle à fil. Au niveau de l'aspect, les matériaux plus durs sont plus brillants que les matériaux les plus mous. Dans tous les cas les échantillons sont brillants, mais sur les matériaux durs les raies sont invisibles à l'œil nu, tandis que sur les matériaux mous les raies se voient légèrement. Il faut aussi dire que la meule est en alliage d'étain et non en étain pur, donc les résultats au point de vue de l'aspect sont moins bons. C'est une meule d'ébauche et non de finition.

Le polissage demande beaucoup d'expérience, car on est en présence de différents abrasifs, différentes huiles, différentes pressions de travail ainsi que différentes vitesses de rotation des moteurs. Les possibilités de tests sont nombreuses.

Pièces polies :



Laiton



Acier



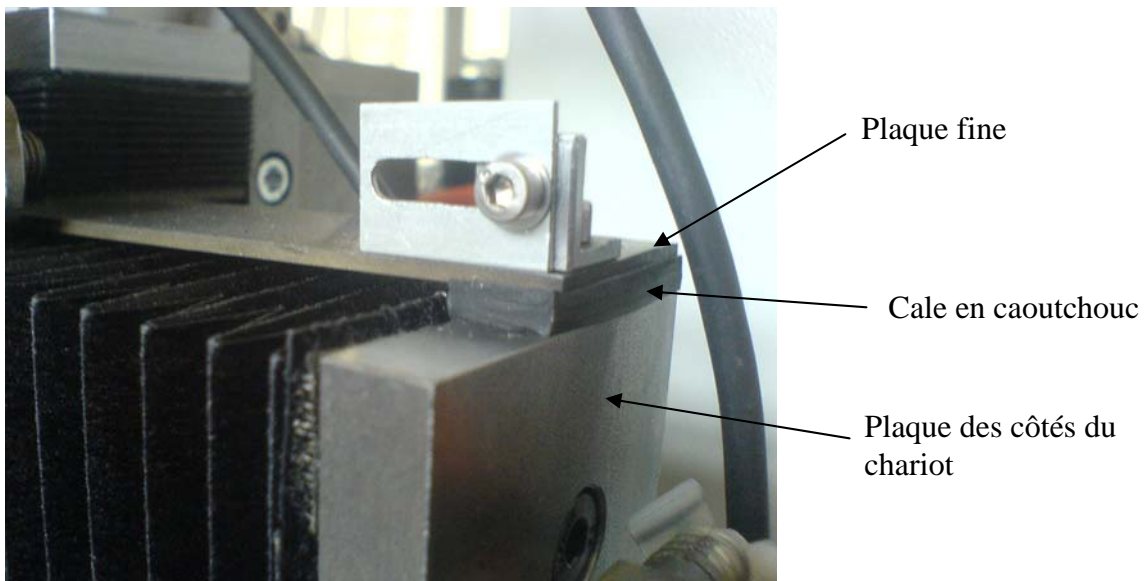
Carbure de tungstène



Saphir

14 Critique de la polisseuse

Un des principaux problèmes est que la courroie lisse de la broche est un élément d'usure. Pour changer cette courroie, il faut presque tout démonter : la colonne, la coulisse verticale, la coulisse horizontale et la broche. Une des solutions serait d'attacher ou d'agrafer la courroie usagée à la courroie neuve et de tirer la neuve à l'aide de l'ancienne. Par contre, si la courroie se rompt, il faut démonter le tout et en profiter pour graisser à nouveau les roulements et les coulisses.



Les soufflets dépassaient les plaques des côtés du chariot et il a fallu mettre des cales en caoutchouc pour surélever les plaques fines pour que les soufflets ne les touchent plus. Il faudrait donc les modifier et en diminuer la largeur de deux ou trois millimètres.

La colonne se déplace quand même assez difficilement à la main dans le sens vertical même avec le ressort à gaz de compensation.

15 Prix

Pour faire une estimation du coût de la machine, il a été tenu compte du prix des différents éléments commandés : ~ 8885 CHF. A cela s'ajoute le prix d'usinage des pièces réalisées chez Missimi-Berney : ~ 13'000 CHF.

Coût total ~ 22'000 CHF soit environ la moitié d'une BP6.

16 Conclusions

Dans l'ensemble, la machine est performante. Des tests plus poussés permettraient de savoir si le prototype peut être commercialisé. Lors de ces tests, il faudrait vérifier si le moteur du plateau chauffe encore. Si c'était le cas, il faudrait alors un moteur qui ait plus de couple.

La partie électrique est satisfaisante pour un prototype. Mais il est indispensable d'avoir une commande réétudiée pour que l'utilisation soit plus agréable. Il faudrait encore améliorer les normes de sécurité.

Pour conclure, la machine fonctionne selon le cahier des charges. La meule peut se faire dresser et des pièces peuvent être polies. Quant à l'obtention de résultats de polissage de haute qualité, cela nécessiterait plus d'expérience et une meilleure connaissance des exigences de l'industrie horlogère.

Du temps, du savoir-faire, de nouvelles expériences, tout pourrait concourir à atteindre des résultats supérieurs.

17 Remerciements

Ce travail, réalisé à la HES-SO de Sion a été suivi par Monsieur Flückiger Glenn, professeur et soutenu par l'entreprise Missimi-Berney de la vallée de Joux, par Monsieur Regad Michel, expert.

Les collaborateurs de l'Atelier mécanique de la HES-SO de Sion et de l'entreprise Missimi-Berney ont contribué avec enthousiasme et disponibilité à la réussite du projet.

Qu'ils en soient vivement remerciés !