

---

# Projet de Bachelor

---

Sujet :

**Construction et mise au point d'un observatoire astronomique  
robotisé et contrôlable par internet**

Par

**Ludovic PETERMANN**

heig-vd  
HES-SO  
Yverdon-les-bains

Département: **TIN**  
Filière: **Microtechnique-MI**  
Professeur responsable: **Dr Lorenzo  
ZAGO**

Le 8 août 2012

## Diplôme 2012

### *Construction et mise au point d'un observatoire astronomique robotisé*

#### Résumé

Cet observatoire astronomique robotisé et contrôlable par Internet sera placé sur le toit de la HEIG-VD.

Le télescope est un MEADE LX200 30-cm, actuellement au labo optique (B64).

Des études du télescope et de la coupole avec les éléments motorisés qui permettent l'ouverture automatique ont déjà été réalisés, et une grande partie du matériel est disponible.

L'étudiant devra donc réviser ce projet, en y apportant les améliorations nécessaires et ensuite monter l'observatoire.

Un mini-PC sur place commandera le télescope et l'abri, par des logiciels soit disponibles (pour le télescope), soit à réaliser (pour l'abri et le contrôle des conditions d'environnement). Le mouvement de la coupole sera asservi à celui du télescope.

Le mini-PC étant branché sur le LAN de la HEIG-VD, il pourra être contrôlé à distance depuis n'importe quel PC agréé, au moyen d'un logiciel et une interface graphique à configurer.

Ce projet s'adresse particulièrement à un étudiant avec un bon sens pratique, notamment pour le montage mécanique, et également intéressé au contrôle et à l'asservissement des éléments mécatroniques, en particulier par LabVIEW.

#### Cahier des charges

- Complément de formation et recherche documentaire sur les télescopes d'amateur, familiarisation avec tous les détails du LX200,
- Assimilation de la documentation et du matériel à disposition (projets M. Laurent et P. Clot),
- Révision complète et détaillée du projet de l'observatoire :
  - Mise à jour du design CAO de la base du télescope et de l'abri.

./..

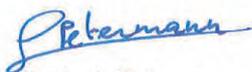
Yverdon-les-Bains, le 21 mai 2012

1

## heig-vd

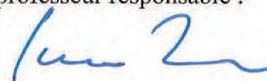
- Capteurs pour les mesures environnementales nécessaires : température, vitesse du vent, humidité, précipitations, ... ainsi que d'une ou plusieurs webcams,
- Prise en compte de toutes les conditions de charge extrême (ex. vent, pluie),
- Dessins de fabrications et/ou spécifications d'achat des éventuels composants à acquérir,
- Suivi de la fabrication des composants spéciaux par l'atelier de la HEIG-VD,
- Conception du logiciel de commande de l'abri et des divers capteurs, qui sera installé sur le mini-PC. Une interface graphique, par exemple en LabVIEW, est désirable, prévue ensuite pour être interfacée au LAN,
- Montage de la base du télescope, de l'abri et de capteurs,
- Essais et validation du système,
- Rapports intermédiaires et finaux.

Le candidat :



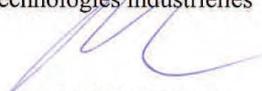
Ludovic Petermann

Le professeur responsable :



Lorenzo Zago

Le chef du département des  
Technologies industrielles



Prof. Michel Etique

Yverdon-les-Bains, le 21 mai 2012

2

## *Remerciements*

*Je tenais à remercier M. Lorenzo ZAGO, pour son soutien, son suivi et pour m'avoir permis de travailler sur ce projet de Bachelor très varié et instructif.*

*Merci également à M. Claude D'ERAMO pour m'avoir expliqué le fonctionnement de son observatoire astronomique et robotisé, et pour ses nombreux conseils.*

*Un grand remerciement à Daniel GLOOR pour m'avoir permis d'usiner de nombreuses pièces dans son usine, et pour m'avoir gracieusement offert les matières premières. L'usinage des pièces par moi-même m'a permis de gagner un temps considérable.*

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Description de l'objectif</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Modifications des éléments mécaniques</b>	<b>4</b>
3.1	Rotation du dôme . . . . .	4
3.1.1	Augmenter la rigidité du dôme . . . . .	4
3.1.2	Augmenter le coefficient de frottement . . . . .	5
3.2	Procédure de test des solutions imaginées . . . . .	5
3.2.1	Procédure de montage . . . . .	5
3.2.2	Essais de la rotation du dôme . . . . .	5
3.2.3	Mesure de la force nécessaire pour la rotation du dôme . . . . .	6
3.2.4	Redimensionnement du moteur . . . . .	6
3.2.5	Dimensionnement du réducteur . . . . .	7
3.2.6	Calculs et dimensionnement du capteur de position . . . . .	8
3.2.7	Second essais . . . . .	9
3.2.8	Comparaison entre les différents éléments pas encore testés . . . . .	11
3.2.9	Elements utilisés pour la rotation du dôme . . . . .	12
3.2.10	Validation du système . . . . .	12
3.3	Ouverture du cimier . . . . .	12
3.3.1	Modifications effectuées sur les pièces reçues de l'atelier . . . . .	13
3.3.2	Modification du tambour d'enroulement . . . . .	13
3.4	Choix du câble d'ouverture du cimier . . . . .	15
3.5	Ouverture de la trappe . . . . .	16
3.5.1	Procédure de test de l'ouverture de la trappe . . . . .	16
3.5.2	Emplacement du système d'ouverture . . . . .	17
3.5.3	Montage du système d'ouverture . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Éléments électrique</b>	<b>19</b>
4.1	Puissance . . . . .	19
4.1.1	Section pour l'alimentation du moteur du cimier . . . . .	19
4.1.2	Section pour l'alimentation du moteur de la rotation du dôme . . . . .	19
4.1.3	Section pour l'alimentation du moteur de la trappe . . . . .	20
4.1.4	Schéma d'alimentation . . . . .	20
4.2	Commande . . . . .	20
4.3	Connectique . . . . .	21
4.4	Tests des éléments électriques . . . . .	23
4.4.1	Essais de la carte électronique . . . . .	23
4.4.2	Essais en condition réel . . . . .	24
4.4.3	Dépannage de l'ouverture du dôme . . . . .	24
4.5	Rotation du dôme . . . . .	25
4.5.1	Fabrication d'une carte électronique . . . . .	26
4.5.2	Sélection d'un driver compatible avec le moteur . . . . .	26
4.5.3	Choix du contrôle de la rotation du dôme . . . . .	27
4.5.4	Programmation du driver ESCON 50/5 . . . . .	27
4.5.5	Essais du driver . . . . .	30
4.5.6	Câblage du driver Escon 50/5 . . . . .	30

<b>5</b>	<b>Station météo</b>	<b>32</b>
5.1	Essais de la station météo . . . . .	32
5.2	XNet météo . . . . .	33
5.3	Oregon scientifique . . . . .	33
<b>6</b>	<b>Communication entre les différents éléments</b>	<b>35</b>
6.1	Communication entre l'utilisateur et l'observatoire . . . . .	35
6.2	Communication entre la station météo et l'observatoire . . . . .	35
6.3	Communication entre LabView et l'observatoire . . . . .	36
6.4	Définition des éléments software/hardware à acquérir . . . . .	36
<b>7</b>	<b>Programmation LabView</b>	<b>37</b>
7.1	Traitement des données météo . . . . .	37
7.1.1	Mini-programme de lecture du vent . . . . .	37
7.1.2	Traitement des données concernant l'humidité et la température . . . . .	39
7.2	Gestion des output/input sur NI USB-6008 . . . . .	39
7.2.1	Mini-programme d'ouverture/fermeture de la trappe et du cimier . . . . .	40
7.3	Programme final pour l'ouverture du dôme . . . . .	41
7.3.1	Explication du programme permettant la fermeture du dôme. . . . .	42
7.4	Programmation de la rotation du dôme . . . . .	43
<b>8</b>	<b>Conclusion</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>Recommandation pour la suite des travaux</b>	<b>47</b>
9.1	Mécanique . . . . .	47
9.2	Électrique . . . . .	47
9.3	Programmation . . . . .	47
<b>10</b>	<b>Liste de références</b>	<b>48</b>
10.1	Bibliographie . . . . .	48
10.2	Webographie . . . . .	49
<b>A</b>	<b>Annexes 1 : Planning</b>	<b>51</b>
A.1	Plan de travail . . . . .	51
A.2	Journal de travail . . . . .	53
<b>B</b>	<b>Annexe 2 : Listes de pièces</b>	<b>57</b>
B.1	Liste de pièces . . . . .	57
<b>C</b>	<b>Annexe 3 : Mises en plan</b>	<b>62</b>
C.1	Cimier . . . . .	62
C.1.1	Tambour avec filet . . . . .	62
C.1.2	Vue éclatée de l'organe d'ouverture du cimier . . . . .	63
C.1.3	Plaque supérieur de la carcasse . . . . .	64
C.1.4	Plaque inférieur de la carcasse . . . . .	65
C.1.5	Tôle de fixation . . . . .	66
C.1.6	Tambour sans filet . . . . .	67
C.1.7	Guide câble . . . . .	68
C.1.8	Tendeur . . . . .	69
C.2	Organes de rotation du dôme . . . . .	70
C.2.1	Boîtier de base . . . . .	70

C.2.2	Potence de contre rouleau . . . . .	71
C.2.3	Axe de contre rouleau . . . . .	72
C.2.4	Axe de fixation de contre rouleau . . . . .	73
<b>D</b>	<b>Annexe 4 : Motorisation</b>	<b>75</b>
D.1	Moteur-réducteur-driver . . . . .	75
D.1.1	Moteur . . . . .	75
D.1.2	Réducteur . . . . .	76
D.1.3	Driver . . . . .	77
<b>E</b>	<b>Annexe 5 : Entraînements</b>	<b>80</b>
<b>F</b>	<b>Annexe 6 : Schémas électriques/électroniques</b>	<b>81</b>
F.1	Pont en H alimenté en PWM (schéma effectué par Pierre CLOT) . . . . .	81
F.2	Modification de la commande d'ouverture/fermeture . . . . .	82
F.3	Borniers . . . . .	83
F.3.1	Emplacement des borniers . . . . .	83
F.3.2	Description des borniers X1 et X2 . . . . .	84
<b>G</b>	<b>Annexe 7 : Programmation</b>	<b>85</b>
G.1	LabView . . . . .	85
G.1.1	Ouverture du dôme . . . . .	85
G.1.2	Rotation du dôme . . . . .	86
G.2	Programmation C . . . . .	87
G.2.1	MSP 430 programmé par Pierre Clos . . . . .	87
<b>H</b>	<b>Annexe 8</b>	<b>88</b>
H.1	Procédure de démarrage de l'ouverture du dôme . . . . .	88
H.2	Procédure de démarrage de la rotation du dôme . . . . .	89

## Table des figures

1	Dessin CAO de l'organe de rotation du dôme . . . . .	4
2	Mesure de la force tangentielle au dynamomètre. . . . .	6
3	Schéma des forces exercées sur le dôme (source : rapport de Marc Laurent). . . . .	6
4	Dessin CAO du capteur de position du dome. . . . .	8
5	Schéma de la roue appuyant contre le dôme. . . . .	8
6	Photo de la fenêtre usinée. . . . .	10
7	Dessin CAO du contre rouleau. . . . .	10
8	Organe d'ouverture du cimier . . . . .	13
9	Tambour d'enroulement avec et sans guide fils. . . . .	14
10	Problème causé par le filetage autour du tambour. . . . .	14
11	Schéma de l'enroulement du câble autour du tambour. . . . .	16
12	Organe d'ouverture de la trappe. . . . .	16
13	Vue de l'ouverture de la trappe. . . . .	17
14	Schéma simplifié de la trappe. . . . .	17
15	Schéma d'alimentation de la puissance très simplifié. . . . .	20
16	Schéma de la commande très simplifié. . . . .	21
17	Câblage de l'ouverture du cimier au propre. . . . .	22
18	Ajout de 5 résistance aux pates de l'IC. . . . .	24
19	Détail du code programmé l'année précédente. . . . .	24
20	Schéma de validation de l' IR2110 (dessiné et imaginé par Pierre CLOT) . . . . .	26
21	Driver Escon 50/5. . . . .	27
22	Fenêtre permettant le réglage du sens de rotation. . . . .	28
23	Réglage de la vitesse en fonction de la tension. . . . .	29
24	Différents résumés des réglages effectués sur le driver. . . . .	29
25	Fenêtre permettant spécifier les conditions d'arrêt. . . . .	30
26	Dessin du driver ESCON. . . . .	31
27	Communication avec la station météo via Virtual Weather Station. . . . .	32
28	Communication avec la station météo via XNet météo. . . . .	33
29	Ensembles des programmes de communication entre le PC et la station météo . . . . .	34
30	Schéma de la communication entre les éléments du dôme . . . . .	35
31	Block diagram du traitement de données du vent. . . . .	37
32	String Length Function. . . . .	37
33	String Subset Function. . . . .	38
34	Decimal String To Number Function. . . . .	38
35	Block diagram du traitement de données du vent. . . . .	38
36	Traitement des données concernant l'humidité et la température . . . . .	39
37	Interface LabView NI USB-6008. . . . .	39
38	Block diagram de l'alimentation des sorties. . . . .	40
39	Front panel de l'alimentation des sorties. . . . .	41
40	Interface graphique pour l'ouverture du dôme. . . . .	42
41	Lectures des données météorologiques . . . . .	43
42	Interface graphique pour l'ouverture du dôme. . . . .	43
43	Interface graphique pour l'ouverture du dôme. . . . .	44
44	Première partie du block diagram . . . . .	44
45	Seconde partie du block diagram. . . . .	45
46	Dernière partie du block diagram . . . . .	45
47	Bouton à cliquer pour spécifier l'arborescence. . . . .	88

## 1 Introduction

Ce projet consiste à finaliser et monter un projet déjà entamé sur plusieurs projets de diplômes. Lors des années précédentes, ces projets ont consistés à concevoir, monter certaines pièces mécaniques et créer des composants électroniques. Les parties de montage, câblage, programmation et correction de la commande de l'observatoire feront l'objet de ce projet.

La partie mécanique consiste à la révision des modèles CAO déjà effectués durant les travaux précédents, et à monter la totalité de l'observatoire à l'emplacement prévu.

La partie électrique (ou électromécanique) consiste en la réalisation de la rotation du dôme ainsi que son ouverture. En totalité, trois moteurs sont prévus pour le déplacement et l'ouverture du dôme. Un premier moteur est utilisé uniquement pour la rotation du dôme, et deux autres moteurs sont prévus pour l'ouverture des différentes parties du dôme.

La dernière partie a été la partie programmation. Cette tâche a été de programmer la rotation du dôme, ainsi que sa fermeture lorsque les conditions météorologiques sont inadéquates. Pour ce faire, une station météo a été installée à proximité du télescope. Cette dernière délivre les informations au programme rendant ainsi l'observatoire hors d'usage lors de mauvais temps.

## 2 Description de l'objectif

Pour commencer le projet, toute une partie de recherche documentaire a été effectuée. En effet, il est nécessaire, pour un déroulement convenable du projet, de se familiariser avec le télescope ainsi qu'avec l'intégralité du travail effectué auparavant par les anciens diplômants.

Comme cité au chapitre précédent, ce travail est constitué de plusieurs parties :

**La partie mécanique :** Un inventaire complet du matériel à disposition a été fait. En effet, selon le rapport de l'année précédente, certaines pièces n'avaient malheureusement pas pu être délivrées à temps. Il était nécessaire de connaître l'intégralité de l'état des pièces ainsi que leur localisations pour commander les éléments manquants.

Une fois l'état et la localisation des pièces mécaniques déterminées, ces dernières ont été montées provisoirement sur le dôme se situant en salle C04, de façon à être au clair avec le fonctionnement des diverses parties mécaniques. Il est à noter qu'une solution mécanique pour la rotation du dôme restait à être conçue et que les différents éléments d'ouverture du dôme ont dû être testés.

**La partie électrique :** Un inventaire des parties électriques et électroniques a aussi été nécessaire. Ces derniers ont été montés directement sur le dôme afin de s'assurer de son bon fonctionnement. De plus, une solution pour l'alimentation de l'ouverture et la fermeture du dôme a été conçue. En effet, lorsque le dôme effectue une rotation, il a fallu éviter d'avoir des tensions mécaniques à travers les câbles électriques.

Lors des précédents projets de bachelor, l'asservissement des moteurs de la trappe et du cimier ont déjà pu être câblés et testés. En revanche, il est nécessaire de valider le système d'asservissement de la rotation du dôme.

**La partie programmation :** Lorsque le fonctionnement de la partie électrique et mécanique ont été assurés, la programmation de la rotation et de l'ouverture du dôme ont été entamées (à l'aide du programme LabView). Ce programme prend en compte les éléments envoyés par la station météo pour empêcher l'utilisation du télescope lors de conditions météorologiques inadéquates.

**Fonctionnement du télescope :** Le fonctionnement du télescope a été assimilé correctement de façon à comprendre comment créer un éventuel programme de rotation du dôme.

**Éléments supplémentaires discutés lors de la visite chez Mr. D'Eramo :** Lors de la visite chez Mr. D'Eramo, les points suivants à modifier ou à créer sur le télescope ont été soulevés :

- Conception et construction d'une protection pour l'objectif du télescope.
- Installation de corps de chauffe sur certains points critiques du dôme.
- Construction d'une dalle en béton sur le toit de l'école de manière à fixer le télescope fermement.

En effet, lorsque la pluie arrive lors de l'utilisation du télescope, ce dernier met un certain temps à se repositionner en mode "parking" et à se protéger. De l'eau pourrait donc arriver sur l'objectif et le salir. C'est pourquoi, un système de protection supplémentaire et plus rapide que la rotation du dôme, pourrait être judicieux afin que le télescope ne se salisse pas.

Lors de températures hivernales, les éléments mécaniques pourraient avoir tendance à gripper plus vite à cause du givre. Il serait donc intéressant de se pencher sur une solution pour éviter ce genre de problème. Un corps de chauffe pourrait être installé le long de la descente du cimier ainsi que sur les éléments mécaniques sensibles.

Le télescope est un élément très sensible. En le plaçant sur une simple dalle, comme proposé dans les précédents rapports, ce dernier pourrait avoir tendance à s'enfoncer ou se déplacer, rendant ainsi l'observation des étoiles quelque peu faussée. Il est nécessaire de trouver une solution pour remédier à ce problème (dalle en béton sur le toit, cimenter la simple dalle, etc...), en sachant qu'aucun trou ne peut être directement être percé sur le toit.

### 3 Modifications des éléments mécaniques

Lors des précédents projets de bachelor, les éléments mécaniques permettant l'ouverture et la rotation du dôme ont été imaginés. Seule la rotation du dôme a pu être testée (mais ne fonctionne pas). Les organes d'ouverture du dôme n'avaient, en revanche, pas pu être essayés.

#### 3.1 Rotation du dôme

En réalisant la partie servant à la rotation du dôme, le diplômant de l'année précédente avait imaginé une roue lisse s'appuyant sur le bord du dôme. La rotation de cette roue engendrerait donc une rotation du dôme par frottements (voir figure 1).

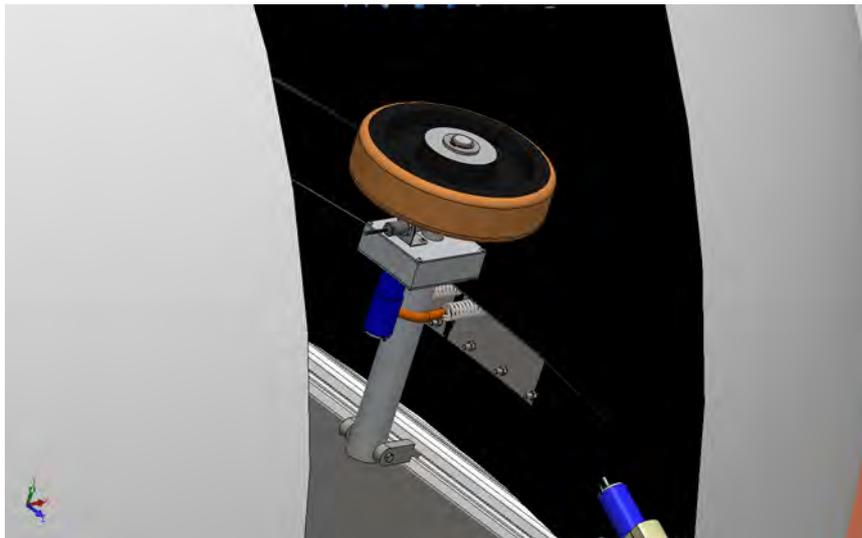


FIGURE 1 – Dessin CAO de l'organe de rotation du dôme

Après quelques tests, il s'est avéré que le dôme se déforme sous l'effet de la pression de la roue contre ce dernier. En effet, pour avoir une force de frottement suffisamment grande pour permettre le déplacement du dôme, la pression que la roue doit appliquer sur le dôme se trouve être beaucoup trop grande impliquant ainsi une déformation.

Pour contrer ce phénomène, deux solutions sont évidentes. La première serait de rigidifier le dôme et la seconde d'augmenter le coefficient de frottement entre la roue et le dôme.

##### 3.1.1 Augmenter la rigidité du dôme

Pour augmenter la rigidité du dôme plusieurs solutions sont possibles :

1. **Une première solution** serait d'ajouter une sorte de châssis le long du dôme augmentant ainsi directement sa rigidité. Cette opération serait probablement très onéreuse, car un châssis d'une telle dimension nécessite une construction sur mesure. De plus, cette solution augmente considérablement la masse de l'observatoire.
2. **Une seconde solution** serait de mettre un contre-rouleau (opposé au premier rouleau) et sans motorisation. Ceci augmenterait la rigidité du dôme uniquement à l'endroit voulu. Cette solution n'ajouterait pas de poids à la partie mobile du dôme et permettrait de garder l'installation déjà imaginée.

### 3.1.2 Augmenter le coefficient de frottement

Augmenter le coefficient de frottement entre le dôme et la roue se trouve être une solution également intéressante. Ce coefficient peut être modifié en augmentant la rugosité entre les deux. Là encore plusieurs solutions sont possibles.

1. **Une première solution** serait de coller du ruban anti-dérapant sur le rebord du dôme. Cette solution est la moins chère, mais elle pose tout de même problème : le dôme sera placé à l'extérieur, le papier de verre serait donc usé rapidement (à cause de l'humidité et des intempéries) et risque de devoir être changé fréquemment.
2. **Une deuxième solution** serait de placer, le long du dôme, une courroie crantée et de remplacer la roue existante par une poulie crantée. Cette dernière solution ne demande qu'un changement partiel de l'installation existante. En revanche, le souci est de fixer la courroie au dôme. Effectivement, coller la courroie au dôme serait imprécis et engendrerait probablement des déraillements, et fixer la courroie à l'aide de vis serait fastidieux (les courroies sont généralement renforcées, en leur centre, d'une couche de kevlar rendant ainsi le perçage de cette dernière beaucoup plus difficile).

Pour étudier la faisabilité des solutions imaginées, il est judicieux d'effectuer plusieurs tests.

## 3.2 Procédure de test des solutions imaginées

La première solution à tester, a été celle visant à augmenter la rigidité du dôme à l'aide d'un contre-rouleau. Pour ce faire, il faut fixer la roue comme imaginé à l'origine et faire tourner le dôme, avec du côté de la partie extérieure du dôme, un contre-rouleau maintenu manuellement. De cette façon, il est possible de se rendre compte de la faisabilité de la solution sans même usiner une quelconque pièce.

### 3.2.1 Procédure de montage

Lors du montage du rouleau intérieur, il est nécessaire de graisser les pièces (en particulier les engrenages) afin que ces dernières n'aient pas tendance à s'oxyder.

### 3.2.2 Essais de la rotation du dôme

Une fois les pièces de l'organe de rotation du dôme graissées, ce dernier a été monté directement sur le dôme afin de pouvoir le tester. Lors des essais, il a été constaté que le moteur permettant la rotation du dôme n'était pas assez puissant pour effectuer sa tâche de manière convenable. Il a donc été nécessaire de dimensionner un nouveau moteur.

### 3.2.3 Mesure de la force nécessaire pour la rotation du dôme



FIGURE 2 – Mesure de la force tangentielle au dynamomètre.

Pour mesurer la force minimale tangentielle de rotation du dôme, il suffit de prendre un dynamomètre, de le fixer sur une partie du dôme et de mesurer à partir de quelle force ce dernier se déplace.

Le dôme n'étant pas régulier dans sa forme, la force tangentielle à appliquer ne l'est également pas. Afin de mesurer la force maximale tangentielle, un tour complet du dôme a été effectué. Durant ces essais, la force maximale mesurée est de 75 N. Le rapport effectué sur ce sujet de bachelor en 2010 stipule que seul 20 N sont nécessaires. Le problème vient donc déjà de la mesure effectuée sur le dôme. Le moteur doit donc être redimensionné.

### 3.2.4 Redimensionnement du moteur

En partant de la force nécessaire à la rotation du dôme, il est possible de calculer le couple à l'arbre suffisant pour permettre sa rotation.

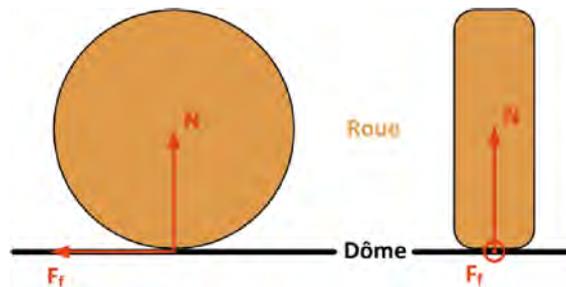


FIGURE 3 – Schéma des forces exercées sur le dôme (source : rapport de Marc Laurent).

La force tangentielle  $F_f$  notée sur le schéma 3 doit être supérieure ou égale à 75 N. En prenant un facteur 2 de sécurité pour la motorisation, la force tangentielle est de 150 N. En connaissant le diamètre de la roue entraînant le dôme et en prenant un rendement de 50%, il est possible de calculer le moment permettant la rotation du dôme :

$$T_{roue} = R_1 \cdot \frac{F_f}{\eta} = 100 \cdot \frac{150}{0.5} = 30'000[mNm] = 30[Nm] \quad (3.1)$$

La vitesse de rotation du dôme est fixée à 0.5 rpm. La vitesse voulue pour calculer la puissance nécessaire est la vitesse à la roue entraînante :

$$\omega_{roue} = \omega_{d\hat{o}me} \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad (3.2)$$

$$\omega_{roue} = 1 \cdot \frac{1146}{100} = 5.73[rpm] \approx 0.6[rad/sec]$$

En partant du moment à l'arbre et de la vitesse de rotation du dôme, il est possible de dimensionner le moteur :

$$P = \omega_{roue} \cdot T_{roue} \quad (3.3)$$

$$P = 0.6 \cdot 30 = 18[W]$$

La puissance estimée ci-dessus ne prend pas en compte tout les rendements des étages de réduction. En comptant les deux étages de réduction, le premier de 50% et le second de 60 % (selon fournisseur), la puissance au moteur voulue vaut :

$$P_{mot} = \frac{P}{0.5 \cdot 0.6} = \frac{18}{0.3} = 60[W] \quad (3.4)$$

Maxon fournit des moteurs de 60 W.

### 3.2.5 Dimensionnement du réducteur

Pour dimensionner correctement le réducteur, il est nécessaire de calculer le rapport de réduction minimum (fonction du couple) et le rapport de réduction maximum (fonction de la vitesse).

Le rapport de réduction minimum ( $i_{min}$ ), dépend du couple minimum voulu à la roue (30 Nm), sachant que le couple à la sortie du moteur est de 85 mNm :

$$T_{réducteur} = \frac{T_{roue}}{i_{engrenage} \cdot \eta} = \frac{12}{5 \cdot 0.5} = 12[Nm] \quad (3.5)$$

$$i_{min} = \frac{T_{roue}}{T_{mot} \cdot \eta} = \frac{12}{85 \cdot 10^{-3} \cdot 0.6} = 235[-] \quad (3.6)$$

Le rapport de réduction minimum est donc de 235.

Sachant que la vitesse de rotation minimum du dôme est de 0.5 rpm soit 0.6 rad/sec à la roue entraînée, et que le moteur à une vitesse de rotation nominale de 8050 rpm (843 rad/sec), le rapport de réduction maximum vaut :

$$\omega_{réducteur} = \omega_{roue} \cdot i = 0.6 \cdot 5 = 3.2[rad/sec] \quad (3.7)$$

$$i_{max} = \frac{\omega_{moteur}}{\omega_{réducteur}} = \frac{843}{3.2} = 263[-] \quad (3.8)$$

Maxon propose un réducteur se trouvant entre le rapport de réduction minimum et maximum. Le rapport de réduction de ce dernier est de 246.

### 3.2.6 Calculs et dimensionnement du capteur de position

Le capteur de position du dôme existant est un simple disque en plastique avec un capteur capacitif (voir figure 4).

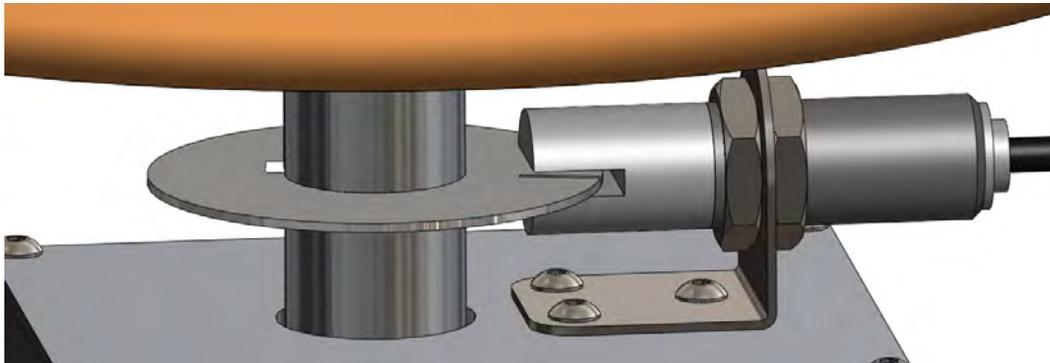


FIGURE 4 – Dessin CAO du capteur de position du dome.

Aucun test noté n'avait été effectué précédemment. Un test est nécessaire afin de s'assurer que le capteur détecte bien la fente. D'autre part, un bref calcul permettant de s'assurer que la résolution du capteur est suffisante est aussi nécessaire.

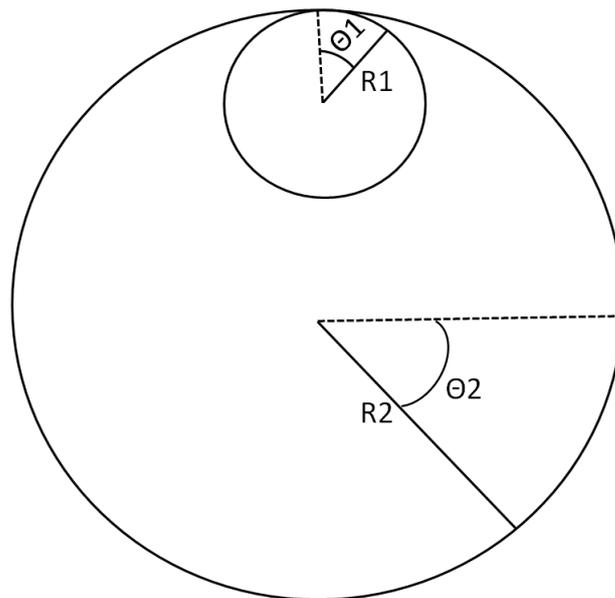


FIGURE 5 – Schéma de la roue appuyant contre le dôme.

En partant du schéma 5, il est possible de déterminer la résolution du capteur :

$$\Theta_1 \cdot R_1 = \Theta_2 \cdot R_2 \quad (3.9)$$

Avec le rayon de la roue  $R_1 = 100$  mm et le rayon du dôme  $R_2 = 1146 \approx 1150$  mm :

$$\Theta_1 \cdot 100 = \Theta_2 \cdot 1146 \quad (3.10)$$

Le résolution du capteur sur la roue est d'un tour :

$$2 \cdot \pi \cdot 100 = \Theta_2 \cdot 1146 \quad (3.11)$$

La résolution du capteur de position rapportée à la roue est donc de :

$$\begin{aligned} \Theta_2 &= \frac{\Theta_1 \cdot R_1}{R_2} \\ \Theta_2 &= \frac{2 \cdot \pi \cdot 100}{1146} \\ \Theta_2 &= \underline{\underline{0.548[rad]}} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Ce qui signifie qu'un tour de roue engendre une rotation de  $0.548 \text{ rad} = 15.7^\circ$  sur le dôme. Lorsque le télescope suit une étoile, ce dernier se déplace à une vitesse angulaire de  $30 \text{ arcsec/-sec}$ . La résolution du capteur existant n'est donc pas suffisante.

De plus, ce capteur n'étant pas placé sur la partie entraînée, si la roue d'entraînement ne vient à glisser contre le dôme, le capteur ne sera plus positionné de façon correcte.

Pour contrer le risque que la roue glisse contre le dôme et que les données de positions soient faussée, deux solutions ont été trouvée.

1. **Changer l'entraînement du dôme** en empêchant ainsi totalement la roue entraînée de tourner dans le vide. Il est donc possible, après ça, de garder un système similaire pour le contrôle de la position. En revanche, le capteur doit absolument être changé pour avoir une meilleure résolution et donc une régulation plus précise de la rotation du dôme.
2. **Fixer le capteur de position directement sur le dôme** de cette façon a ce que si la roue glisse contre le dôme, le contrôle de position peut toujours se faire et sans aucun problème. Un capteur linéaire pourrait être fixé le long du dôme.

### 3.2.7 Second essais

Une fois le moteur arrivé et les pièces mécaniques retouchées, la rotation du dôme a été testée à nouveau.

Il ressort de cet essais, que la force tangentielle à appliquer sur la roue pour permettre la rotation du dôme est beaucoup trop élevée, y compris avec un contre rouleau appuyé en face du rouleau entraîné. Cette forte tangentielle trop élevée est entre autre due au carter de l'élément de rotation venant s'appuyer sur le bord du dôme. La force tangentielle utilisée est en grande partie pour déformer ce dernier afin que la roue puisse toucher le dôme. Pour contrer ceci, une fenêtre a été usinée (voir photo 6).



FIGURE 6 – Photo de la fenêtre usinée.

Une fois la fenêtre usinée et des essais effectués, il s'est avéré que le moteur calculé au point précédent est assez puissant pour permettre la rotation du dôme.

En revanche, le contre rouleur n'est pas suffisant pour empêcher la roue de tourner dans le vide. Plusieurs modifications sont envisageable pour permettre la rotation du dôme en empêchant la roue de tourner dans le vide.

1. Fixer une bande adhésive.
2. Utiliser une chaîne.
3. Utiliser une courroie crantée.
4. Utiliser une crémaillère souple.

Une bande adhésive anti-dérapante a été achetée et fixée sur le rebord du dôme. Des essais, qu'en partie convaincants, ont été fait avec cette dernière. En effet, avec une telle bande adhésive, la roue gripe sur la bande adhésive mais pas de manière constante. La force tangentielle pour contrer cet effet, nécessaire devient très grande. Une telle force n'est pas très conseillée pour le dôme. Ce système devient donc incertain et le pilotage du dôme doit être le plus précis possible.



FIGURE 7 – Dessin CAO du contre rouleur.

### 3.2.8 Comparaison entre les différents éléments pas encore testés

Une analyse de chacun des éléments proposés au chapitre 3.2.7 est préférable de façon à s'approcher d'une solution optimum.

– **Utiliser une chaîne :**

En fixant une chaîne de vélo le long du dôme, et en remplaçant la roue actuelle par un pignon, le dôme pourrait assurer une rotation sans trop engendrer de force tangentielle. Cette solution paraît être peu onéreuse (environ 20 CHF pour le pignon et environ 90 CHF pour la chaîne).

L'inconvénient d'un tel dispositif est que le moyen de fixation de la chaîne sur le dôme reste plutôt fastidieux.

L'avantage de ce procédé est qu'en arrangeant judicieusement plusieurs tendeurs, la force tangentielle à appliquer peut être minime.

– **Utiliser une courroie crantée :**

En réalisant le même montage que pour la chaîne de vélo, mais avec une courroie crantée, la rotation est aussi simplifiée. Le prix serait à peine plus élevé qu'une chaîne (environ 75 CHF pour la courroie et environ 40 CHF pour la roue d'entraînement).

La fixation d'une courroie n'est pas évidente non plus, du fait que cette dernière est traversée d'une couche de kevelar et peut difficilement être percée.

– **Utiliser une crémaillère souple :**

La crémaillère souple permet le même travail qu'une courroie crantée. La différence entre les deux est que la crémaillère permet de transmettre une force tangentielle beaucoup plus grande et qu'elle est pourvue d'attaches.

En revanche son prix est plus élevé qu'une courroie ou qu'une chaîne.

#### Comparaison des différents éléments :

	Ruban adhésif	Courroie	Crémaillère	Chaîne
Prix	20 CHF	115 CHF	190 CHF	135 CHF
Fiabilité	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Bonne
Usure	Rapide	Lente	Lente	Lente
Force à appliquer	Forte	Moyenne	Moyenne	Faible

Le ruban adhésif présentant le prix le plus bas, celui-ci peut être utilisé uniquement pour un premier test afin de s'assurer que le moteur est suffisamment puissant pour faire tourner le dôme.

En second lieu, le choix semblant être le plus approprié est la crémaillère. Cette dernière a un prix raisonnable, reste fiable, ne s'use quasiment pas et demande très peu de force tangentielle à appliquer.

La chaîne et la courroie sont aussi des solutions intéressantes. En revanche, ces deux solutions nécessiteraient un chemin à emprunter assez fastidieux. Pour une chaîne ou une courroie, plusieurs dents doivent être prises dans l'engrenage pour éviter une usure trop rapide ou un mauvais

crochage du pignon.

### 3.2.9 Elements utilisés pour la rotation du dôme

Plusieurs éléments sont utilisés. En premier lieu, le ruban adhésif a été fixé le long du dôme. Pour éviter une trop grande déformation de la paroi du dôme, le contre rouleau a été usiné et appliqué en opposition au premier rouleau d'entraînement. Cette solution n'a pas été utilisée de façon permanente. Ceci a permis d'être une solution de secours au cas où la solution finale choisie ne fonctionnerait pas.

Dans un même temps, une crémaillère souple a été commandée chez un fournisseur. Une fois cet élément arrivé, bande adhésive a été décollée et remplacé par cette crémaillère assurant ainsi une durée de vie de l'observatoire beaucoup plus longue. La crémaillère et sa roue dentée proviennent du fournisseur Fröhlich (voir annexe E).

### 3.2.10 Validation du système

Une fois le matériel arrivé, un clavetage usiné, et la partie électrique câblée, plusieurs tests ont été fait pour valider le système.

Le système fonctionne sous plusieurs vitesses. Toute fois, il est à noter que des imperfections dues aux jointures ne permettent pas une rotation sans à-coups. Il serait judicieux de lisser ces imperfections de façon à avoir une rotation totalement libre.

La crémaillère commandée ne permet pas de faire le tour complet du dôme. En effet, dans le but de chercher une solution à tester, cette dernière n'a été commandée que sur 180 °. De plus, le fournisseur proposait des clips de fixation pour maintenir la crémaillère. Ces clips de fixations ne permettant pas une fixation totale, du scotch double face à permis la fixation acceptable de la crémaillère sur le dôme. Si cette solution ne tiens qu'à court terme, il est nécessaire d'en trouver une remplaçante.

Les plus longues parties de crémaillère proposées par le fournisseur ne font pas plus d'un mètre. Pour permettre la rotation totale du dôme, ces dernières ont été jointes entre elles.

Pour permettre une rotation sur 360 degrés, il est nécessaire de combler les trous créés par la jointure du dôme par des "cales".

Hormis les éléments à modifier ci-dessus, à l'heure actuelle, la rotation du dôme s'effectue de façon convenable.

## 3.3 Ouverture du cimier

Les diplômants s'occupant de ce projet les années précédentes ont imaginé l'ouverture du cimier à l'aide d'une corde passant autour d'un tambour fileté. Cette ficelle maintient le cimier à son extrémité inférieur et supérieur. Ainsi, le cimier se déplace dans un sens pour un certain sens de rotation du moteur et dans l'autre pour l'autre sens de rotation du moteur.

Cette partie n'a pas pu être testée l'année précédente. La totalité des pièces constituant cet élément mécanique ont dû être usinées en moyennant quelques modifications.

Une première modification a été faite sur la carcasse permettant la fixation de l'élément d'ouverture sur le dôme. En effet, dans la version de base, cet élément a été conçu de façon à être plié (voir figure 8a). Cette réalisation (en pliage) est loin d'être évidente du fait que les tolérances de pliage sont très larges. C'est pourquoi, la conception de cette partie a été revue, en remplaçant la carcasse pliée par deux tôles fixées (annexes C.1.3 et C.1.4) entre elle par deux entretoises (voir figure 8b).

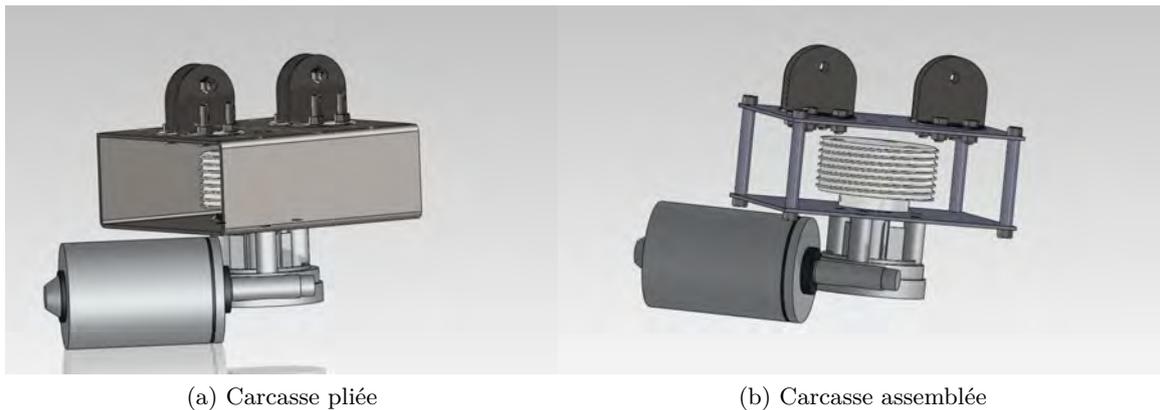


FIGURE 8 – Organe d'ouverture du cimier

Avec la réalisation de la figure 8b, le montage mécanique des pièces est rendu beaucoup plus simple, en laissant beaucoup plus de place pour y passer des outils et y enrouler la corde.

### 3.3.1 Modifications effectuées sur les pièces reçues de l'atelier

Les plans pour l'usinage des pièces ont été envoyés tel quel à l'atelier. A la réception des pièces, il s'avérait que les plans dessinés lors des années précédentes n'étaient pas totalement correctes.

En effet, entre l'année 2010 et 2011, le moteur permettant l'entraînement du tambour a été modifié. Cependant les plans du tambour n'ont, quant à eux, pas été changés. Quelques modifications ont été nécessaires, afin de réajuster la taille de l'alésage.

De plus, afin de permettre l'accouplement entre le tambour et le moteur, un "plat" a été usiné sur l'axe du moteur.

Les modifications citées ci-dessus ont toutes été réalisées sans faire appel à l'atelier.

### 3.3.2 Modification du tambour d'enroulement

Une fois le sous-groupe d'entraînement du cimier assemblé, il a fallu effectuer quelques perçages à l'intérieur du dôme de façon à pouvoir fixer l'ensemble.

Lors du montage et des essais d'ouverture du cimier, il s'avère qu'une partie de guidage du fil est nécessaire au bon fonctionnement de l'ouverture. A l'enclenchement du moteur, le fil n'arrivant

pas de façon perpendiculaire à l'axe du tambour, l'enroulement du fil ne se fait pas correctement à l'intérieur de la gorge prévue (voir figures 9).

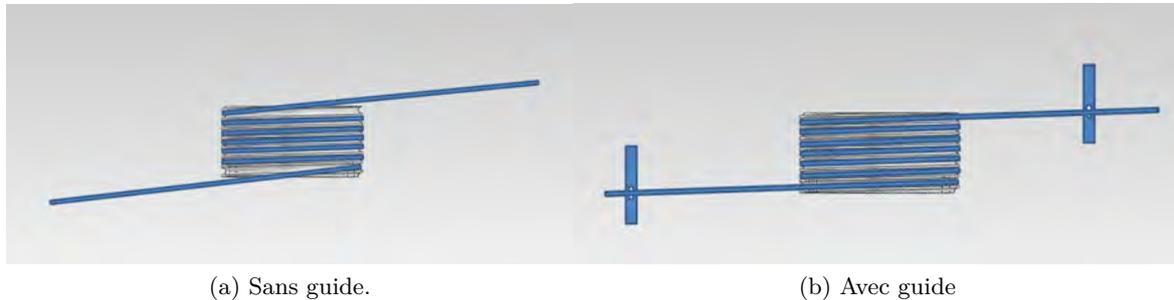


FIGURE 9 – Tambour d'enroulement avec et sans guide fils.

Des guidages ont été fait de façon préliminaire afin de réaliser quelques essais d'ouverture. Une fois les guidages usinés (voir annexe C.1.7), il a été possible d'essayer à nouveau une ouverture/fermeture du cimier. Après essais, il s'avère que le câble est maintenant correctement guidé à travers les guides. Toutes fois, une modification est nécessaire pour éviter une usure prématurée de la ficelle (conger sur les trous du guidages, revêtement différent, etc...).

La ficelle est correctement guidée sur le tambour. Mais malheureusement, ce dernier ne permettait pas un enroulement du fil. En effet, le tambour dessiné en 2010 était équipé d'un filetage (voir annexe C.1.1) permettant au câble de suivre un tracer prévu à cet effet. L'enroulement autour du tambour se fait de la façon voulue, en revanche, le tambour étant fileté, le fil va suivre le filet et quitter le tambour après un tour (voir figure 11).

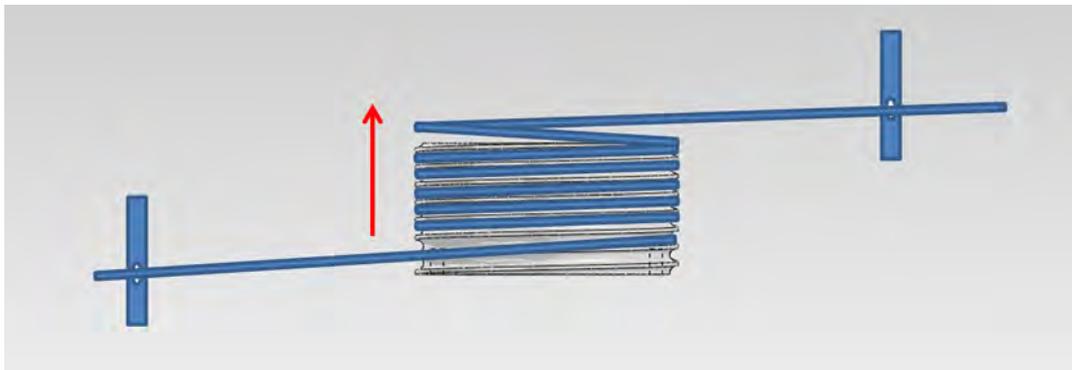


FIGURE 10 – Problème causé par le filetage autour du tambour.

Une façon simple de remédier à ce phénomène a été d'usiner un tambour, mais cette fois-ci sans filetage (voir annexe C.1.6). Le tambour sans filet a été dessiné, usiné (sans passer par l'atelier), puis essayé.

Un câble assez rigide et présentant un coefficient de frottement assez élevé sur de l'aluminium est indispensable dans cette application. Le câble idéal trouvé, a provisoirement été de la ficelle.

Les essais démontrent que le câble n'a pas toujours tendance à se diriger dans la direction voulue. C'est pourquoi, des tendeurs ont été usinés (voir annexe C.1.8). De cette façon, les câbles sont

tendus et guidés correctement. Ce dernier essais démontre que l'ouverture du cimier se fait sans poser de problème.

### 3.4 Choix du câble d'ouverture du cimier

Plusieurs câble ont été testés pour l'ouverture du cimier. Ces derniers devaient répondre à plusieurs critères différents. Ci-dessous, un tableau des câbles essayés et leur réponse aux critères de sélection :

	Câble d'étendage	Câble électrique	Ficelle
Souplesse	NON	OUI	OUI
Résistance à la traction	OUI	NON	OUI
Usure	OUI	OUI	OUI
Coefficient de frottement	OUI	OUI	NON

Le câble d'étendage avait une rigidité beaucoup trop grande. Son manque de souplesse ne lui permet pas de passer par le chemin voulu sans induire de trop forts frottements.

Le câble électrique présentait une très bonne souplesse et un bon coefficient de frottement. En revanche, ce dernier s'usait facilement et ne permettait pas de trop longues utilisation. En effet, lors des essais, le câble électrique a cédé au bout de 5 essais.

La ficelle est résistante et souple. Son plus grand soucis est que le coefficient de frottement est trop faible.

Le choix final du câble de traction utilisé a finalement été fait par élimination. La souplesse du câble d'étendage ne peut pas être changée, aucune modification supplémentaire sur le montage ne pourrait permettre une utilisation de ce câble. Cette possibilité est donc éliminée.

Pour contrer la mauvaise résistance à la traction du câble électrique, une tresse avec plusieurs câbles électriques du même diamètre peut être conçue afin d'augmenter la résistance du câble. Le soucis est que de créer une telle tresse prend beaucoup de temps, augmente considérablement le diamètre et un mauvais tressage des câble engendrerait une force pas répartie de manière équitable à l'intérieur de chaque câble.

Deux modifications différentes sont possibles pour permettre une traction du cimier à l'aide d'une ficelle. Cette dernière présente un coefficient de frottement trop faible pour permettre une traction du cimier. Pour remédier à ce problème, deux solutions sont possible :

1. Augmenter le coefficient de frottement. Une façon simple et efficace est de créer un moletage autour du tambour d'enroulement du câble.
2. Augmenter la force tangentielle avec laquelle le câble arrive sur le tambour.

En changeant l'angle d'enroulement ou le coefficient de frottement, la force de frottement tangentielle augmente de façon exponentielle.

Les deux solutions sont à prendre en compte. Sachant que la plus efficace des deux est d'augmenter le nombre de tour. La formule permettant de calculer une force de frottement sur un tambour d'enroulement est la suivante :

$$F_f = T \cdot e^{\alpha \cdot \eta} \quad (3.13)$$

Avec  $\alpha$  l'angle d'enroulement du câble en radian et  $\eta$  le coefficient de frottement.

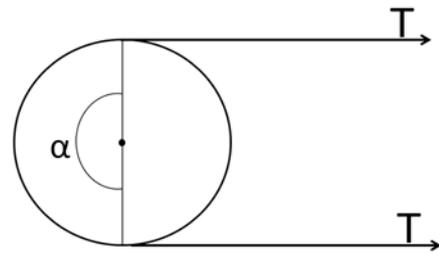


FIGURE 11 – Schéma de l'enroulement du câble autour du tambour.

Le changement le plus simple étant de modifier le nombre de tours que la ficelle fait autour du tambour. Celui-ci a donc été changé. La force tangentielle a été changée, grâce à deux tendeurs fixés à l'entrée et à la sortie du tambour enrouleur.

Une fois ces éléments modifiés, le cimier monte et descend correctement.

### 3.5 Ouverture de la trappe

L'ouverture de la trappe se fait à l'aide d'une tige filetée poussant ou tirant la trappe. L'organe reliant le moteur à la tige filetée est un écrou. Ceci permet à la tige de se déplacer dans un sens ou dans l'autre. L'ensemble moteur-réducteur est monté sur un pivot de façon à ne pas limiter le nombre de degrés de liberté (voir figure 12).

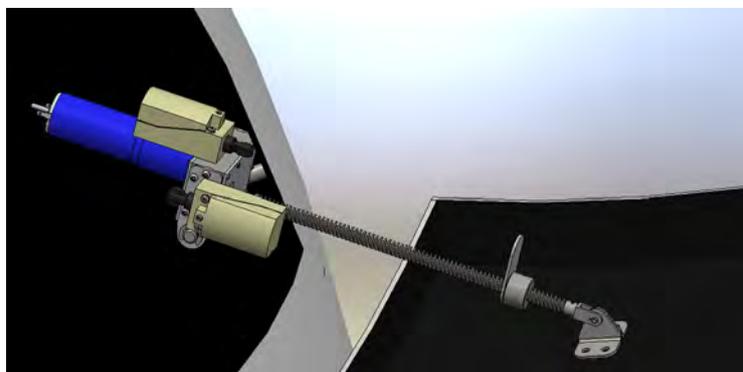


FIGURE 12 – Organe d'ouverture de la trappe.

Des essais de la partie électrique et électronique ont déjà été effectués, et les résultats étaient positifs. En revanche, aucun essai n'a été effectué directement sur le dôme.

#### 3.5.1 Procédure de test de l'ouverture de la trappe

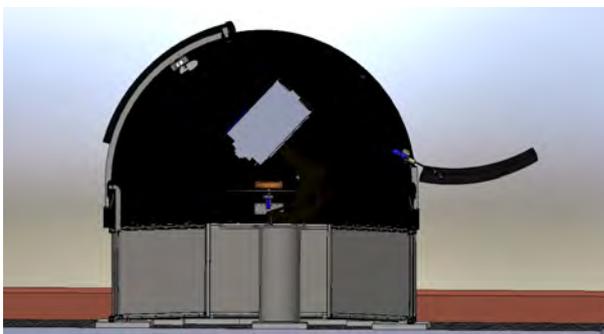
Il était plus judicieux de commencer par tester l'ouverture de la trappe. Pour ce faire, l'ensemble tige filetée-moteur ont été maintenus à la main sur la paroi du dôme. Il a été ainsi possible de la tester simplement, et sans aucun usinage.

### 3.5.2 Emplacement du système d'ouverture

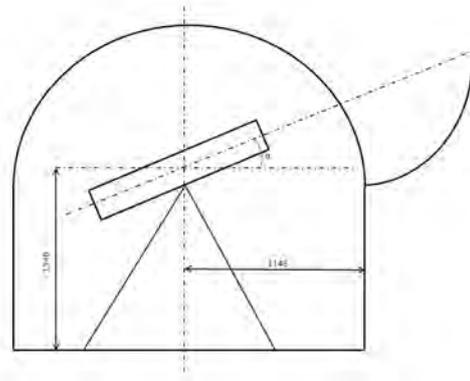
La vis sans fin permettant l'ouverture de la trappe n'est pas d'une très grande longueur. Il est nécessaire de calculer l'ouverture maximale utile de la trappe afin d'optimiser l'emplacement du moteur et de la vis sans fin.

En pratique, le télescope n'observe pas d'objets à moins de 30° d'élévation.

En partant du schéma ci-dessous, il est possible d'estimer l'ouverture de la trappe.



(a) Modèle solidworks de l'observatoire



(b) Schéma de l'observatoire

FIGURE 13 – Vue de l'ouverture de la trappe.

Pour simplifier un peu les calculs, le plus simple est d'estimer que la trappe n'est pas courbe. Donnant ainsi le schéma simplifié suivant :

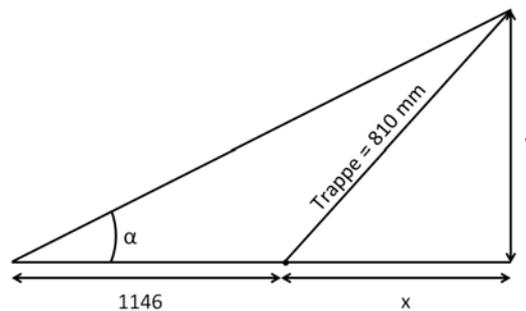


FIGURE 14 – Schéma simplifié de la trappe.

Du schéma 14, les équations suivantes peuvent en être tirées :

$$\begin{cases} 810 &= \sqrt{x^2 + y^2} \\ \tan(\alpha) &= \frac{y}{1150+x} \end{cases}$$

En résolvant le système d'équation ci-dessus, le résultat suivant est obtenu :

$$\begin{aligned}x &= 209.31[mm] \\y &= 782[mm]\end{aligned}\tag{3.14}$$

Ce qui signifie que pour obtenir un angle minimum de 30° avec le télescope, la trappe doit s'ouvrir d'environ 70°.

### 3.5.3 Montage du système d'ouverture

De nouveaux trous ont dû être usinés pour permettre le montage de l'ouverture de la trappe. La fixation sur la trappe a été fixée le plus bas possible pour permettre une ouverture à 70 °.

Les essais sont convainquant. Malgré un point de fixation de la tige filetée relativement bas, la trappe s'ouvre et se ferme.

Il est a noté que l'ouverture et la fermeture de la trappe ne se font pas de façon très lucide, mais par a-coup. Ceci est dû à une très faible rigidité de cette dernière. Il sera nécessaire d'augmenter la rigidité de la trappe de façon a ce que la montée et la descente ne posent pas de soucis.

Des essais seront également à effectuer avec le télescope. Dans le cas où la trappe ne s'ouvrirait pas assez, une nouvelle vis plus longue devrait être commandée.

## 4 Éléments électrique

### 4.1 Puissance

En totalité, trois moteurs sont commandés (l'ouverture du cimier, la rotation du dôme et l'ouverture de la trappe). Chacun d'eux fonctionne en 12 VDC. Ayant chacun des puissances différentes, il est nécessaire de calculer le courant passant dans chacun des moteurs afin de calculer la section de câble nécessaire pour y faire passer le courant.

La section d'un conducteur est en fonction de la longueur du câble, de l'intensité du courant et de la perte de tension acceptée au niveau des câbles. Ce qui donne la relation suivante :

$$S = \frac{0.017 \cdot L \cdot I}{PT} \quad (4.1)$$

Avec :

- S : La section du conducteur en cuivre [mm<sup>2</sup>]
- L : La longueur aller-retour du conducteur [m]
- PT : La perte de tension acceptée au niveau des câbles [V]
- I : Intensité du courant [A]

La perte de tension acceptée au niveau des câbles sera de 3 %.

#### 4.1.1 Section pour l'alimentation du moteur du cimier

Le moteur utilisé pour l'ouverture du cimier a les caractéristiques suivantes :

- U = 12 [VDC]
- I = 8 [A]

La longueur du câble sera probablement d'environ 5 mètres, et la perte de  $\frac{3}{100} \cdot 12 = 0.36[V]$ . Il est désormais possible de calculer la section du câble arrivant sur le moteur :

$$S = \frac{0.017 \cdot 3 \cdot 8}{0.36} = 1.13[mm^2] \approx 1[mm^2] \quad (4.2)$$

A l'entrée du moteur, le conducteur sera donc d'une section de 1 mm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Section pour l'alimentation du moteur de la rotation du dôme

Le moteur utilisé pour la rotation du dôme a les caractéristiques suivantes :

- U = 12 [VDC]
- I = 6 [A]

La longueur du câble sera probablement d'environ 3 mètres, et la perte de  $\frac{3}{100} \cdot 12 = 0.36 V$ . Il est désormais possible de calculer la section du câble arrivant sur le moteur :

$$S = \frac{0.017 \cdot 3 \cdot 6}{0.36} = 0.85[mm^2] \quad (4.3)$$

A l'entrée du moteur, le conducteur sera donc d'une section de 1 mm<sup>2</sup>.

### 4.1.3 Section pour l'alimentation du moteur de la trappe

Le moteur utilisé pour l'ouverture de la trappe a les caractéristiques suivantes :

- $U = 12$  [VDC]
- $I = 6$  [A]

La longueur du câble sera probablement d'environ 4 mètres, et la perte de  $\frac{3}{100} \cdot 12 = 0.36$  V. Il est désormais possible de calculer la section du câble arrivant sur le moteur :

$$S = \frac{0.017 \cdot 4 \cdot 6}{0.36} = 1.13[\text{mm}^2] \quad (4.4)$$

A l'entrée du moteur, le conducteur sera donc d'une section de 1 mm<sup>2</sup>.

### 4.1.4 Schéma d'alimentation

Voici un succin schéma d'alimentation de la puissance des différents éléments du dôme.

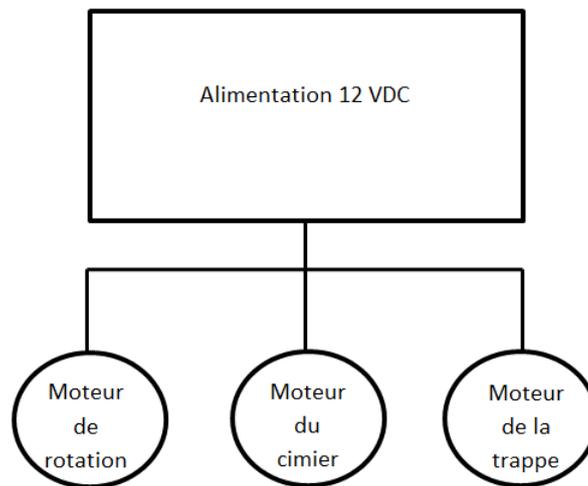


FIGURE 15 – Schéma d'alimentation de la puissance très simplifié.

Le principe pour l'alimentation de la puissance, est qu'une seule alimentation serait suffisante pour tout les moteurs.

## 4.2 Commande

La partie concerne toutes les informations partant depuis l'interface LabView jusqu'aux fin de courses et capteurs du dôme. Celles-ci sont transmises par ces câbles qui passent le plus loins possible des éléments de puissance (alimentations, transformateurs, etc...) pour éviter toute perturbation électromagnétique.

Les fin de course et les moteurs seront reliés aux entrées du boîtier électronique.

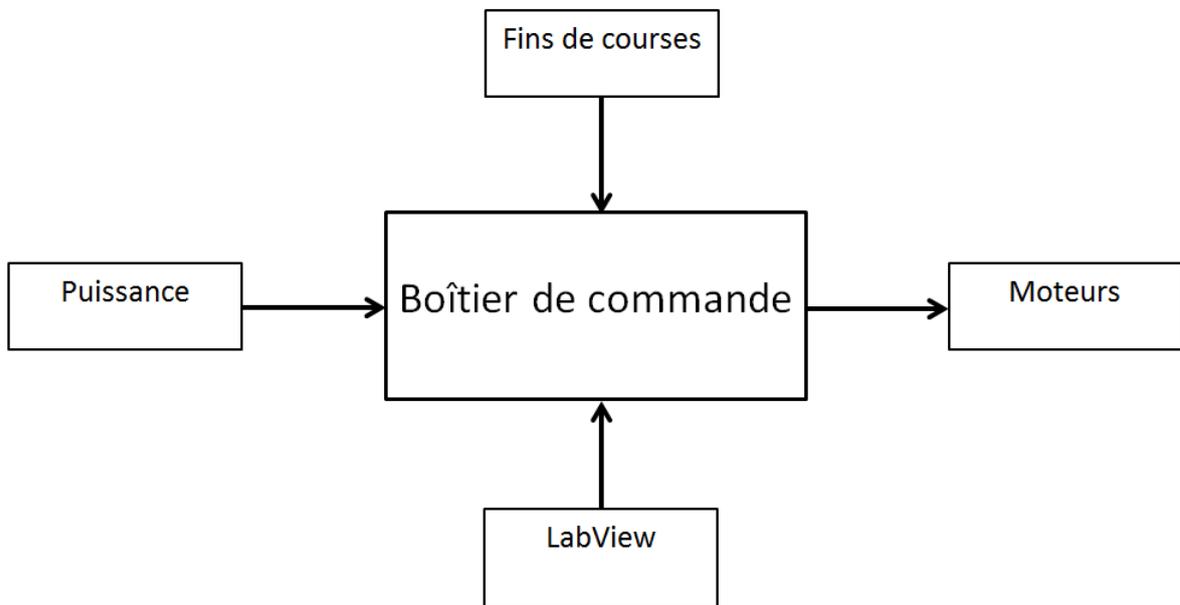


FIGURE 16 – Schéma de la commande très simplifié.

Comme le montre le schéma explicatif (16), l'interface LabView ne servira qu'à envoyer un 1 ou un 0 sur la carte électronique en fonction d'une ouverture ou d'une fermeture du dôme.

Par la suite, le MSP 430 est programmée de façon à ce que si un 1 est envoyé par LabView, le dôme se ferme. En revanche s'il reçoit un 0, le dôme s'ouvre.

Les schémas plus détaillés concernant la commande se trouvent dans les annexes.

### 4.3 Connectique

Chaque élément connecté à l'aide de câble électrique et chaque câble électrique ont été numérotés de façon à s'y retrouver facilement lors d'un montage, démontage ou dépannage. Les éléments sont nommés de la façon suivante :

Nom	Element
S1	Capteur du cimier ouvert
S2	Capteur du cimier fermé
S3	Capteur de la trappe ouverte
S4	Capteur de la trappe fermée
C1	Capteur de rotation du dôme
M1	Moteur du cimier
M2	Moteur de la trappe
M3	Moteur de rotation du dôme

Lors des tests, le câblage a été fait de façon préliminaire, laissant ainsi peu de place à l'ordre.

Une fois le montage validé, un câblage "au propre" a été d'une grande nécessité (voir figure 17).



FIGURE 17 – Câblage de l'ouverture du cimier au propre.

Toutes les connections ont été faites à l'aide de borniers de façon à permettre un éventuel dépannage plus propre et de façon à empêcher les courts-circuits.

Les câbles reliant les moteurs et fins de courses, aux borniers ont été volontairement dimensionnés plus long que nécessaire. En effet, le dôme peut effectuer une rotation sur 360 °.

Durant l'année précédente, le diplômant proposait plusieurs façon de transmettre l'électricité (signaux et puissance) de la base du dôme jusqu'au dôme lui-même. Pour rappel, plusieurs solutions avaient été proposées :

1. **Par câble** : Une torche de câble reliant la base aux éléments du dôme pourrait permettre un contact entre les éléments électriques. Cette méthode présenterait l'avantage d'être la moins chère et de permettre au dôme de s'ouvrir ou se fermer à n'importe quel moment, mais ne permettrait pas au dôme de tourner indéfiniment.
2. **Par contact glissant** : La base du dôme serait équipée de plusieurs pistes de cuivre permettant ainsi de transmettre le courant sur toute la longueur du dôme. Créer des pistes de cuivre reviendrait extrêmement chère, ceci alourdirait considérablement le système, et le dôme n'est pas totalement circulaire, les contacts pourraient donc se croiser. En revanche, l'ouverture et la fermeture du dôme pourraient se faire en tout temps et le dôme ne serait pas limité sur sa rotation.
3. **Par court contact** : Des charbons pourraient être placés sur le dôme et sur la base. Ainsi lorsque le dôme est dans une certaine position, il est possible de l'ouvrir de le fermer. De cette façon, le dôme pourrait tourner indéfiniment, en revanche la fermeture ne pourrait se faire qu'en un seul point très précis.

La méthode par contact glissant a été éliminée d'office du fait que le dôme n'est pas totalement circulaire.

La méthode par court contact était très intéressante. Mais cette dernière ne permettait pas au dôme de se refermer en tout temps. Ceci posait un réel problème. En effet, en cas d'averse arrivant lors de l'utilisation du télescope, si celui-ci se trouve à 180 °, une minute est nécessaire

pour permettre au dôme de se trouver en position parking et protéger les éléments.

La méthode par câble a donc été la méthode choisie pour transmettre l'électricité.

#### 4.4 Tests des éléments électriques

Les essais des parties mécaniques n'ayant été effectués qu'avec une alimentation 12 VDC (sans organes de contrôles comme des fin de course ou le boîtier électronique), il est nécessaire de s'assurer que les circuits d'attaque des moteurs fonctionnent correctement.

Les circuits d'attaques n'étaient établis que pour le cimier et la trappe. Aucun circuit d'attaque n'avait été fabriqué pour la rotation du dôme (ce sujet a été traité au chapitre 4.5).

Tout d'abord, la partie programmée et la partie électronique ont dû être comprises et assimilées correctement. Rendant ainsi des essais possibles.

La marche à suivre pour tester l'ouverture du dôme a été la suivante :

1. Compréhension globale.
2. Essais sans connection aux capteurs et moteurs.
3. Essais sans connection aux moteurs.
4. Essais connectés aux moteurs et capteurs mais sans aller jusqu'en fin de course.
5. Essais totalement connectés.

##### 4.4.1 Essais de la carte électronique

Lors des premiers essais (sans connection aux moteur), le moteur n'étaient pas connectés au boîtier.

Après plusieurs essais, il s'avérait que le problème venait directement du  $\mu c$ . Une sortie de trop était alimentée. Une fois le code relu (et ne présentant pas de "bug" apparent), ce dernier a été chargé à nouveau dans le  $\mu c$ .

Après les manipulations citées ci-dessus, le microcontrôleur n'agissait toujours pas de la façon voulue. En effet, les états de l'IC changeaient à première vue de façon totalement aléatoire.

Après plusieurs essais, il s'avérait que les résistances de pull-up se trouvant à l'intérieur de l'IC étaient trop faible pour empêcher qu'une "patte en l'aire" ne fasse antenne. Le simple fait de mesurer les tensions aux borne du  $\mu c$  changeait ses états de sortie.

De façon à obtenir une sécurité supplémentaire, des résistances de  $3.3\text{ k}\Omega$  ont été soudées directement après les pates de l'IC (voir figure 18 et annexe F.2).

Une fois toutes ces modifications faites, il s'avérait que la carte électronique fonctionnait correctement.

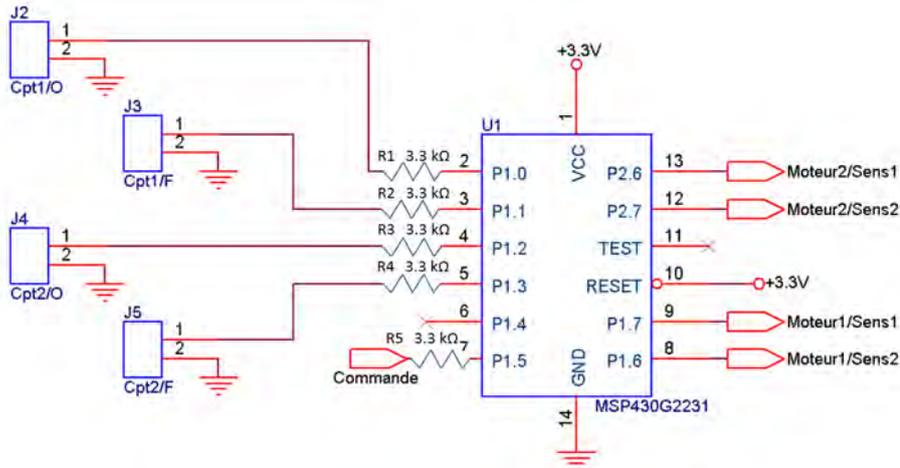


FIGURE 18 – Ajout de 5 résistance aux pattes de l'IC.

#### 4.4.2 Essais en condition réel

Une fois la carte électronique testée de façon fictive (sans être connectée aux moteurs), et que les conditions d'arrêt ont été assurées, il a été possible de câbler directement les moteurs et les fins de courses au boîtier.

Lors de la première série de tests en condition réelle, il s'avérait que les moteurs s'arrêtaient correctement lorsque les éléments commandés arrivaient en fin de course.

En revanche, l'ouverture ne s'effectuait pas lorsque les fins de courses étaient enclenchés.

#### 4.4.3 Dépannage de l'ouverture du dôme

Le dôme refusant de s'ouvrir lorsque ce dernier était en position fermée. Tout le code effectué l'année précédente (voir annexe G.2.1) a été à nouveau passé en revue.

Le problème d'ouverture provenait de la partie suivante :

```

else
// Le dôme doit être ouvert
{
// Actionner le moteur 1 pour ouvrir le cimier
while ( (0x01 & P1IN) && !(0x20 & P1IN) )
{
P1OUT |= 0x80; // Mettre en marche le moteur
}
P1OUT &= 0x3F; // Arrêter le moteur
P2OUT &= 0x3F; // Arrêter le moteur

// Actionner le moteur 2 pour ouvrir la trappe
while ( (0x04 & P1IN) && !(0x20 & P1IN) )
{
P2OUT |= 0x40; // Mettre en marche le moteur
}
P1OUT &= 0x3F; // Arrêter le moteur
P2OUT &= 0x3F; // Arrêter le moteur
}

```

FIGURE 19 – Détail du code programmé l'année précédente.

Lorsque le dôme est fermé, les capteurs S2 et S4 sont actionnés. Les sorties étant branchées en Pull-up, ces dernière attendent qu'on leur délivre une masse pour basculer sur 0, et restent à 1 dans le cas contraire. Lorsque le fin de course est enclenché, l'état de sa sortie passe donc à 0 et pas à 1.

Le dôme étant fermé, les fins de courses S2 et S4 étant actionné, P1IN vaudra donc :

$$\boxed{1111} \quad \boxed{0101}$$

La boucle "while" effectuée, dans sa deuxième partie, une opération & bit à bit de la valeur de P1IN et de 0x20, donnant ainsi la valeur suivante :

$$\boxed{1111} \quad \boxed{0101} \quad \& \quad \boxed{0010} \quad \boxed{0000} = \boxed{0010} \quad \boxed{0000}$$

La valeur apparaît comme vraie donc vaut 1, donnant ainsi les valeurs suivante dans la boucle while :

$$\text{while}((1) \ \&\& \ ! (1)) = \text{while}(0)$$

Ce qui signifiait que le problème provenait d'un fin de course ou de la commande envoyée par LabView.

En dépannant à l'aide d'un voltmètre, il s'avère que le "-" de la carte électronique et le "GND" de la carte d'acquisition LabView avaient une différence de potentiel de 3.2 V.

Lorsque la sortie de la commande LabView était à 0 V pour la carte d'acquisition, le MSP 430 voyait sa patte sur 3.2 V. L'état de la patte était donc considéré à 1, et le dôme restait donc toujours en mode ouvert.

Pour éviter une telle différence de potentiel, un pont a été fait entre le "GND" de la carte d'acquisition et le "-" de l'alimentation principale.

Après cette modification, l'ouverture du dôme se fait avec succès.

#### 4.5 Rotation du dôme

Le moteur permettant la rotation du dôme ne peut pas être alimenté directement sans passer par un système de régulation. Effectivement, le dôme doit pouvoir tourner à plusieurs vitesses différentes de façon à suivre le télescope :

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. SLEW : entre 8 et 6 °/sec</li> <li>2. FIND : 2°/sec</li> <li>3. CNTR : 480 arcsec/sec</li> <li>4. GUIDE : 30 arcsec/sec</li> </ol> |
|--|

Les modes cités ci-dessus sont tous les modes du télescope (de l'avance rapide au suivi des étoiles).

Pour sélectionner ces différentes vitesses, plusieurs solutions étaient possibles :

1. **La première** aurait été de construire un circuit électronique sois même de façon à alimenter le moteur en PWM pour réguler la vitesse.
2. **La seconde** aurait été de commander un driver compatible avec le moteur déjà choisis.



### 4.5.3 Choix du contrôle de la rotation du dôme

Les deux solutions ci-dessus, étaient intéressantes. Un catalogue des solutions a alors été dressé de façon à choisir la plus judicieuse. Les points suivants ont été passés en revue :

- **Fiabilité** : Maxon sont des spécialistes dans la réalisation des moteurs et de leurs accessoires. Les éléments envoyés par maxon sont donc totalement fiable et ne nécessitent pas de tests supplémentaires.
- **Rapidité de fabrication** : La carte électronique demande tout le temps de conception et réalisation par l'atelier. Cette dernière ne pourra être assemblée qu'une fois que les composants commandés arrivés. Alors que le driver ne demande qu'une seule commande et un délais de livraison d'une semaine était indiqué.
- **Facilité de changement** : Le driver que propose Maxon permet un changement de programme de façon très simple. En revanche, le moindre changement sur la carte électronique demanderait toute une autre réalisation.

	Servocontroller	Carte électronique en PWM
Prix	230 CHF	20 CHF
Fiabilité	OK	NON
Rapidité d'exécution	OK	NON
Possibilité facile de changement	OK	NON

Le seul avantage d'une carte effectuée en PWM était le prix. C'est pourquoi, un driver a été commandé.

### 4.5.4 Programmation du driver ESCON 50/5

Le driver ESCON 50/5 permet grâce à ses entrées analogiques de programmer une valeur de la vitesse en fonction de la tension envoyée à l'entrée. Ce dernier se présente de la façon suivante :



FIGURE 21 – Driver Escon 50/5.

Après téléchargement du programme "ESCON Studio" (sur le site <http://escon.maxonmotor.com>) et installation, le driver peut être programmé.

Le programme "ESCON Studio" permet une programmation simple du driver. Celle-ci se passe en plusieurs étapes :

– **Sélection des données caractéristiques du moteur :**

Les caractéristiques suivantes sont à saisir :

Vitesse nominale	7630 [rpm]
Courant nominal	4 [A]
Courant maximum	4 [A]
Constante de vitesse	685 [rpm/V]
Constant de temps thermique de bobinage	16.2 [s]

Une fois toutes ces données techniques concernant le moteur saisies, il est possible de programmer driver.

– **Programmation du driver :**

Pour les essais, il a été choisi que le moteur fonctionnerai sans capteur. Par la suite, il sera bien sûr nécessaire de capter la rotation du dôme afin de s'assurer d'une bonne régulation de la vitesse.

Le mode d'utilisation du moteur choisis est **Débloccage & sens de rotation**.

Comme le démontre la figure ci-contre, le déblocage du moteur se fait sur l'entrée TOR 2, lorsque cette entrée se trouve en niveau haut.

Le sens de rotation se pilote, quant à lui, sur l'entrée TOR 3. Comme le montre le graphique en dessous, la vitesse augmente progressivement jusqu'à la vitesse de consigne.

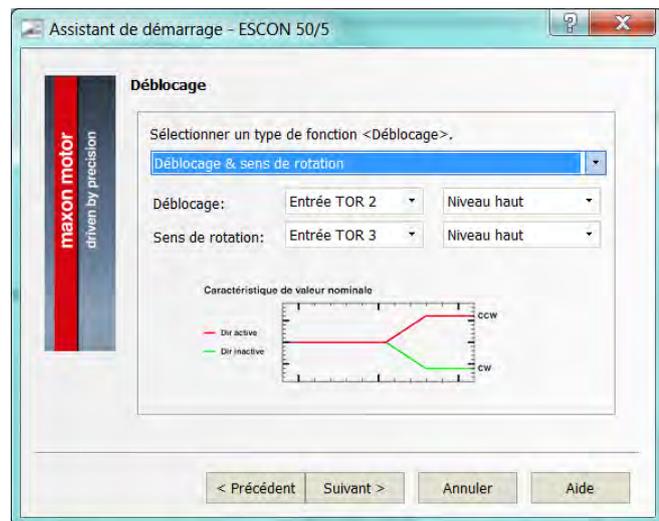
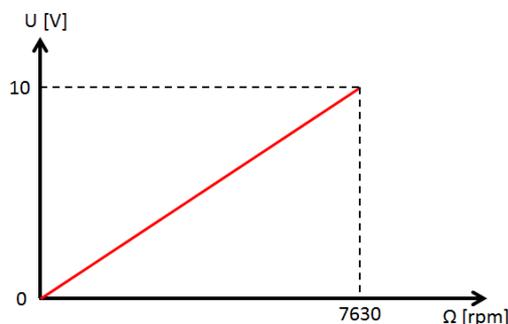
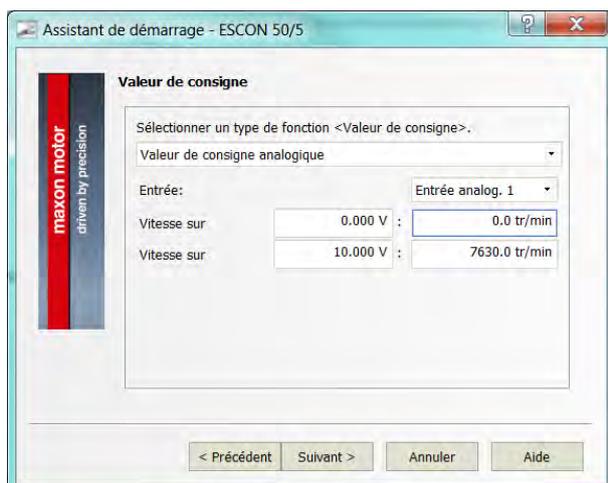


FIGURE 22 – Fenêtre permettant le réglage du sens de rotation.

Les paramètres ci-dessus permettent de programmer les premières entrées. Par la suite, il est nécessaire de spécifier au programme la pente de la droite en fonction du courant.



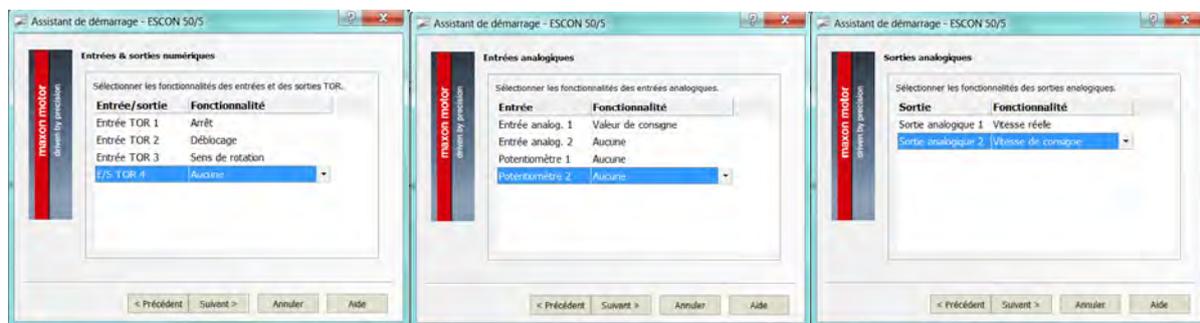
(a) Fenêtre de réglage des valeurs de la consigne

(b) Droite de la vitesse en fonction de la tension aux bornes du driver

FIGURE 23 – Réglage de la vitesse en fonction de la tension.

Par la suite, il suffit juste d'appliquer une tension en fonction de la vitesse voulue sur l'entrée analogique n° 1.

Les entrées sorties sont à présent toutes réglées, le programme propose de vérifier les valeurs aux bornes du driver. Comme le montre la figure 24a, l'entrée TOR 1 arrête totalement le moteur lorsque cette dernière est activée. Il peut être judicieux de l'utiliser comme arrêt d'urgence. L'entrée TOR 2 sert à faire débloquer le moteur. Cette dernière est une validation pour permettre la rotation du dôme. L'entrée TOR 3 permet de choisir le sens de rotation.



(a) Résumé des entrées/sorties numériques

(b) Résumé des entrées analogiques

(c) Résumé des sorties analogiques

FIGURE 24 – Différents résumés des réglages effectués sur le driver.

La fenêtre 24b permet de contrôler les entrées analogiques qui seront prises en comptes par le driver. Une seule entrée analogique est utile dans ce cas de figure. Il s'agit de l'entrée analogique n° 1. Sur cette entrée viendra la valeur de la consigne. Cette valeur sera gérée par un programme LabView et son interface.

Sur les sorties analogiques, tant pour la vitesse de consigne que pour la vitesse réelle, 1 Volt correspond à 1'000 rpm.

Sur la figure 24c apparaît la fenêtre permettant de contrôler les sorties analogiques. Deux sorties analogiques sont délivrées par le driver. Ces dernières peuvent être récupérées par LabView pour un interfaçage plus simple avec l'utilisateur.

A droite, cette fenêtre permet de spécifier correctement les conditions d'arrêt. Le réglage a été fait tel que le moteur s'arrête lorsque le driver reçoit un signal sur son entrée. Une décélération de 10'000 [tr/min/s] alors faite sur le moteur. Les inerties étant très faible, il est possible de permettre un arrêt d'urgence aussi brusque.

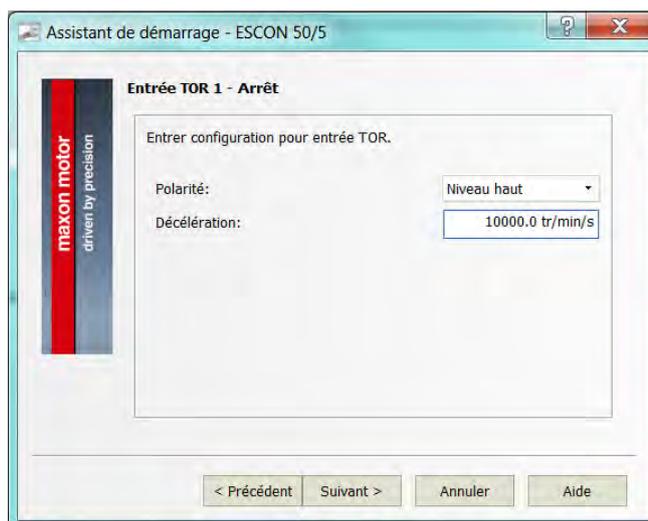


FIGURE 25 – Fenêtre permettant spécifier les conditions d'arrêt.

#### 4.5.5 Essais du driver

Pour contrôler que le driver soit commandé de la façon voulue, il des essais simple ont été effectués.

Pour tester le driver, une alimentation a été placée à ses bornes analogiques. Ceci afin de vérifier que la vitesse de rotation du moteur varie en fonction de la tension aux bornes analogiques du driver. Tout ces tests ont été effectués avec le moteur déconnecté du dôme de façon à éviter tout dérangements mécaniques.

Une fois cet essai fonctionnel, il a été possible de passer à la programmation LabView (voir chapitre 7.4).

#### 4.5.6 Câblage du driver Escon 50/5

Le bornier J1 sur le Driver est le bornier d'alimentation. Ce driver demande une alimentation entre 10 et 50 VDC comme l'indique l'annexe D.1.3. Une source de tension 12 VDC existant déjà, l'alimentation du driver à directement été connectée sur cette dernière.

L'alimentation du moteur est faite sur le bornier J2. Sur sa borne 1, le + du moteur est connecté, et le - est connecté sur sa borne 2.

Les entrées/sorties numériques sont branchées sur le bornier J5. Uniquement les entrées ont été programmées et fonctionnent de la façon suivante :

1. **L'entrée 1** permet d'enclencher ou de déclencher l'arrêt du moteur. Si une tension est délivrée, le moteur s'arrête dans le cas contraire la rotation est autorisée.
2. **L'entrée 2** débloque le moteur. Avant l'enclenchement du moteur, il est nécessaire d'envoyer une tension sur cette entrée. Dans le cas d'un arrêt d'urgence, le moteur s'arrête et

se bloque.

3. **L'entrée 3** indique au driver le sens de rotation du moteur. Une tension fait tourner le moteur dans un sens et 0 V fait tourner le moteur dans l'autre sens.
4. **GND** est une borne nécessaire pour éviter d'avoir des tensions flottantes. Cette borne a été connectée au GND de la carte d'acquisition LabView.

Toutes les bornes citées ci-dessus ont été connectées à la carte d'acquisition LabView, permettant ainsi de piloter le moteur depuis l'ordinateur (voir chapitre 7.4).

J6 est le bornier demandant une différence de potentiel à ses bornes pour faire varier la vitesse de rotation du moteur. Un variateur de tension a été connecté aux bornes 1 et 2 de ce bornier. Le driver ne se préoccupant que de la différence de potentiel entre l'entrée + et l'entrée -, il n'a donc pas été nécessaire de connecter le GND.

Ci-dessous, un résumé des différentes bornes du boîtier Esccon ainsi que la façon dont il est câblé. Il est à noter que d'autres borniers existent sur le driver. Toute fois, ces derniers n'ont pas été notés car il ne sont pas utilisés.

J1 : Alimentation électrique	
1	GND
2	+V <sub>cc</sub>
J2 : Moteur	
1	Moteur DC : moteur +
2	Moteur DC : moteur -
J5 : E/S numériques	
1	Dig IN 1 : Arrêt
2	Dig IN 2 : Déblocage
3	Dig IN : Sens de rotation
4	-
5	GND
6	Tension de sortie auxiliaire
J6 : E/S analogiques	
1	An IN 1 + : Valeur de consigne
2	An IN 1 - : Valeur de consigne
3	-
4	-
5	An OUT 1 : Vitesse réelle
6	An OUT 2 : Vitesse de consigne
7	GND

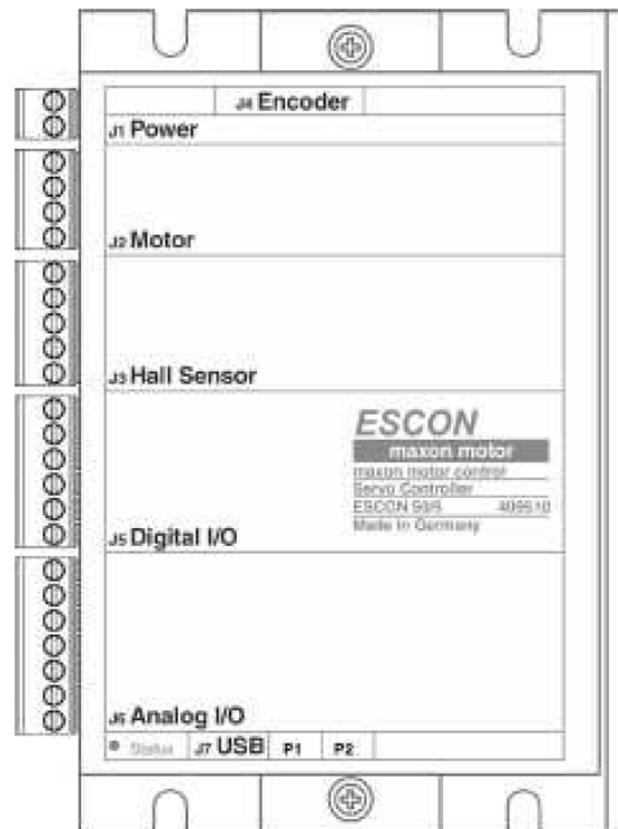


FIGURE 26 – Dessin du driver ESCON.

## 5 Station météo

Pour éviter de mauvaises surprises lors d'intempéries, l'observatoire est équipé d'une station météo.

Celle-ci permet au programme de verrouiller les différentes fonction de l'observatoire.

Pour ce faire, la station météo Oregon WMRS200 délivre des informations météorologiques en temps réel à l'ordinateur de contrôle.

Ce chapitre traite de la communication des données entre la station météo et l'ordinateur.

### 5.1 Essais de la station météo

Dans le rapport du travail de Bachelor de l'année précédente, il avait été déterminé que le programme servant à la lecture des données envoyées par la station météo serait "Virtual Weather Station". Or, ce programme ne permet pas de lire les données envoyées par la station météo WMRS200.

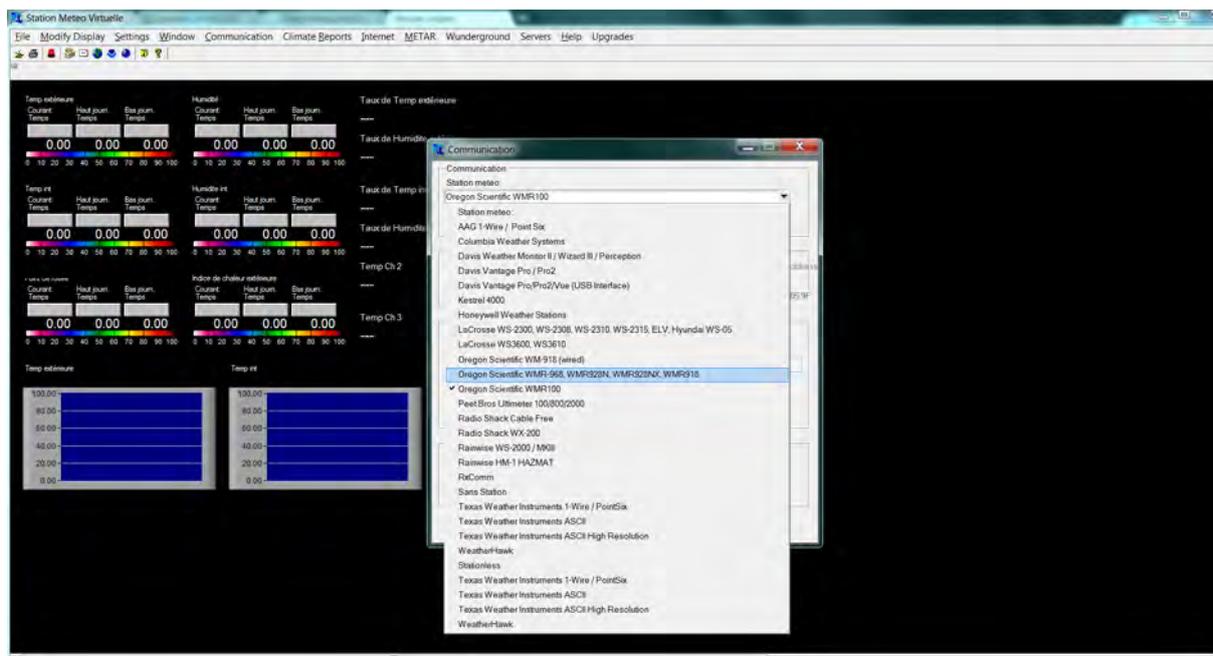


FIGURE 27 – Communication avec la station météo via Virtual Weather Station.

Comme montré dans la figure 27, la station météo WMRS200 n'existe pas dans la liste des stations proposées par le programme.

Après la lecture de plusieurs ouvrages sur ces différentes stations météo, il s'avérait qu'aucune d'elle ne pouvait être sélectionnée pour fonctionner avec la station WMRS200.

Le logiciel d'installation du programme capable de lire les données de la station météo était introuvable et le lien proposé dans le mode d'emploi de la station n'existe plus. Il a donc fallu

trouver une solution alternative afin de pouvoir utiliser cette station.

Plusieurs solution étaient possibles pour obtenir des données météo :

1. Trouver un autre programme étant capable de lire les données de la station.
2. Créer un programme sur LabView capable de lire ces données.
3. Acheter une nouvelle station météo compatible avec LabView.

La solution la plus simple et la moins onéreuse était de trouver un programme équivalent.

## 5.2 XNet météo

Un programme équivalent capable de lire les informations par la station météo a été trouvé. Il s'agissait de XNet météo. Ce dernier est très simple d'utilisation et reconnaît très facilement la station. Il se présente de la manière suivante :



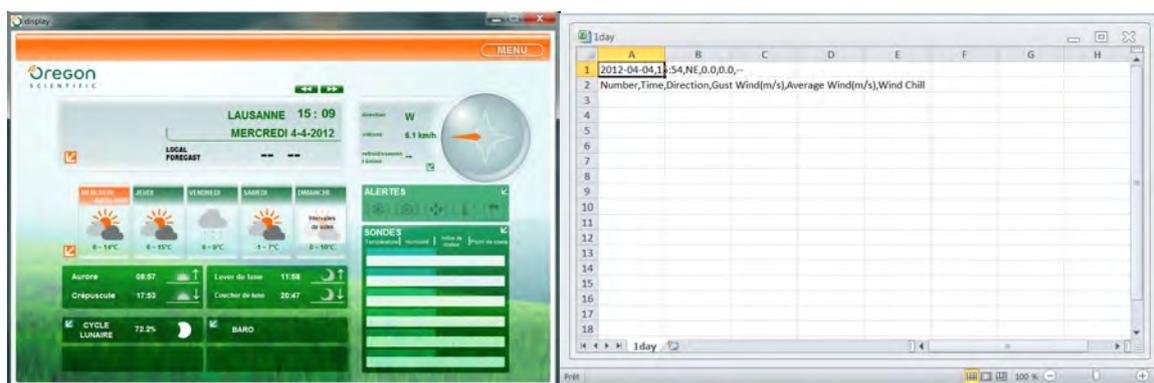
FIGURE 28 – Communication avec la station météo via XNet météo.

Ce programme lis les informations transmises par la station météo et les enregistre directement dans un fichier excel avec une extension .csv. Il ne reste plus qu'à récupérer les données excel avec LabView.

Un seul souci avec cette solution : Les données captées par la station et envoyées au programme ne permettent pas un enregistrement pour une durée indéterminée. Toutes les données sont enregistrées et stockées au lieu d'être écrasées. Ce qui signifie que le disque dure risquerait de saturer au bout d'une durée d'utilisation trop longue.

## 5.3 Oregon scientific

Ne trouvant aucune solution pour effectuer la lecture de la station météo, un e-mail a été envoyé au help desk de Orgeon. Ces derniers proposent une autre version de Virtual Weather station, qui cette fois-ci est totalement compatible avec la station météo WMRS 200. Il est désormais possible de lire les informations fournies par les capteurs météo.



(a) Programme oregon scientifique

(b) Fichier excel de sauvegarde des données

FIGURE 29 – Ensembles des programmes de communication entre le PC et la station météo

Les données sont enregistrées et écrasées par Virtual Weather Station toute les 30 secondes environ dans un fichier .csv (voir figure 29b) (se trouvant sous ...\*OregonScientific*\WeatherOS\DATA\WIND\*One\_day* pour le vent et sous ...\*OregonScientific*\WeatherOS\DATA\TH\*One\_day* pour la température et l'humidité) . Il ne reste désormais plus qu'à traiter les valeurs avec LabView.

La station renvoie plusieurs données utilisables pour le contrôle du télescope :

- Vitesse et direction du vent.
- Taux d'humidité et température.
- Pression atmosphérique.

Ces trois données seront traitées avec Labview (voir chapitre 7.1.1).

## 6 Communication entre les différents éléments

Dans ce projet, la communication entre les différents organes de l'observatoire et le télescope, est un élément très important. Les différents éléments (entrées et sorties) gérés par le PC sont les suivant :

- La station météo
- Les images prises par le télescope
- Le positionnement du dôme
- Ouverture et fermeture du dôme
- La webcam

La communication entre les éléments se fait de la façon suivante :

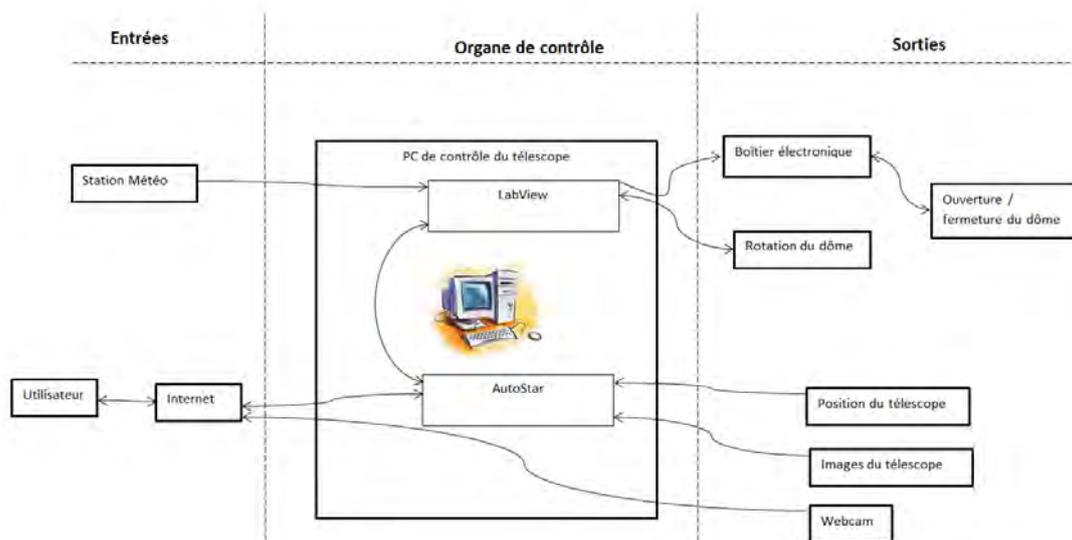


FIGURE 30 – Schéma de la communication entre les éléments du dôme

Comme il figure sur le schéma ci-dessus, les différents éléments du télescope communiquent entre eux via le dôme.

### 6.1 Communication entre l'utilisateur et l'observatoire

L'utilisateur, depuis son ordinateur personnel, aura la possibilité de manier le télescope via internet. Ce dernier aura accès en particulier à l'interface AutoStar, et grâce à cette dernière il sera donc possible de sélectionner l'étoile, la galaxie, la nébuleuse ou la planète voulue, directement sur la carte topologique du ciel que propose le programme.

Lorsque l'objet est détecté par le télescope, le CCD renvoie directement l'image à AutoStar. Ce programme renvoie l'image, via internet, à l'utilisateur.

### 6.2 Communication entre la station météo et l'observatoire

La station météo, renvoie les éléments météorologiques au programme Virtual Weather Station. Celui-ci envoie, comme cité au chapitre précédent, les informations temporairement sur un fi-

chier excel.

Un programme LabView a donc été créé pour récupérer ces données. Une fois les données récupérées, LabView autorise ou interdit l'utilisation du dôme.

### 6.3 Communication entre LabView et l'observatoire

Le programme LabView, prendra en considération les informations fournies par AutoStar et le programme de la station météo. Ce programme fonctionnera surtout en arrière plan. L'utilisateur n'aura donc qu'en certains cas accès à LabView.

LabView devra gérer l'ouverture et la fermeture du cimier et de la trappe, et la rotation du dôme en fonction du télescope.

**Pour l'ouverture de l'observatoire**, LabView prendra directement en compte les éléments de la station météo et les envies de l'utilisateur.

**Pour la rotation du dôme**, LabView se servira directement des informations délivrées par AutoStar pour positionner le dôme en fonction du télescope.

### 6.4 Définition des éléments software/hardware à acquérir

De la définition des communications ci-dessus, il est désormais possible d'effectuer une liste d'éléments software/hardware à acquérir.

**Les éléments hardware à acquérir sont les suivants :**

- Un PC (avec port RS232).
- Une webcam
- Une CCD

Tous les éléments acquis et à acquérir concernant l'électricité se trouvent en partie en annexe et en partie au chapitre 4 . Le nombre de webcam est à définir. A priori, une seule webcam, permettant d'observer les éventuels dérangements pourrait suffire. Ici, aucun éléments ne sont déjà disponibles, il faut soit les commander, soit en emprunter à l'institut.

**Les éléments software à acquérir sont les suivants :**

- Le programme AutoStar (servant à sélectionner les objets à observer).
- Le programme Virtual Weather Station (servant à transmettre les informations météorologiques au PC).
- Les pilotes de la webcam.

Le programme AutoStar et le programme Virtual Weather Station sont des programmes déjà acquis, et les pilotes de la webcam seront probablement fournis avec cette dernière.



Le block String Subset Function (figure 33) attend, dans ce cas précis, trois paramètres. Le premier est la chaîne de caractère en elle-même. Le second est le point de départ de la lecture de la chaîne de caractères (calculée précédemment avec la soustraction). Le troisième est le nombre de caractères à lire. Dans ce cas, le nombre ne change pas et reste continuellement de 3.

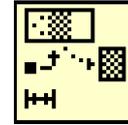


FIGURE 33 – String Subset Function.



FIGURE 34 – Decimal String To Number Function.

La fonction "String Subset Function retourne un string". Or, pour un traitement de données, un nombre est attendu.

La fonction "Decimal String To Number Function" en figure 34 permet de convertir une chaîne de caractère en nombre.

Un number est donc acquis, il est désormais possible d'effectuer une comparaison booléenne pour indiquer à l'aide d'une LED si la vitesse du vent dépasse la vitesse maximum autorisée.

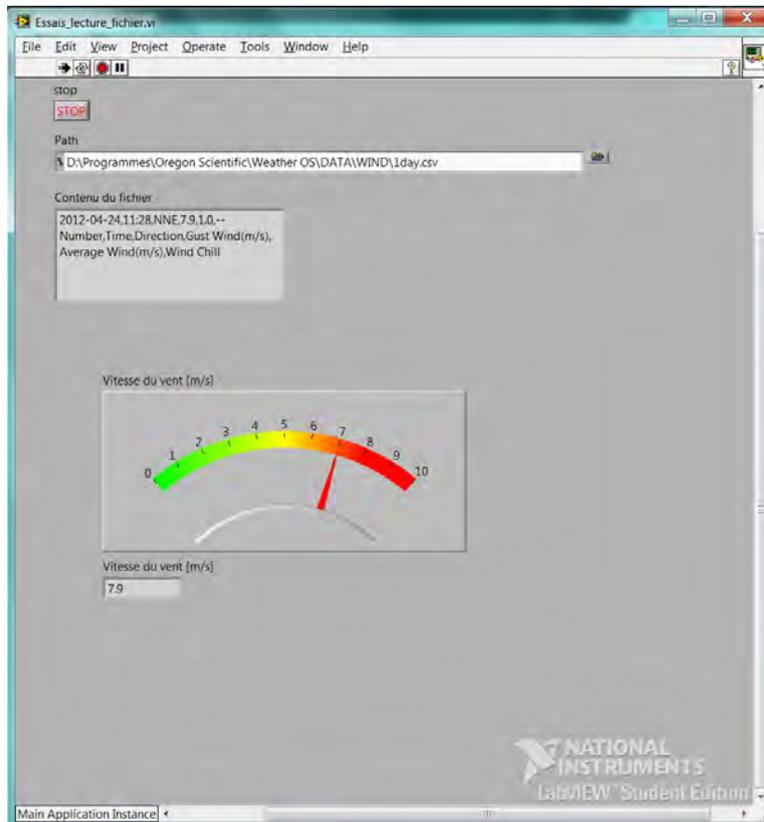


FIGURE 35 – Block diagram du traitement de données du vent.

Le front panel du programme permettant de lire la valeur de la vitesse du vent apparaît en figure 35. Celui-ci permet de :

- Sélectionner le répertoire où se trouve le fichier ".csv".
- Lire le contenu du fichier ".csv".
- Afficher la vitesse du vent avec une chaîne de caractères et avec une jauge.

### 7.1.2 Traitement des données concernant l'humidité et la température

Les données d'humidité et de températures sont stockées dans le même fichier .csv. Il est donc plus aisé de traiter ces données avec un seul programme.

Le programme ci-dessous effectue exactement les mêmes tâches que celui du chapitre précédent hormis le fait qu'il traite deux tâches différentes avec le même fichier ".csv".

Il ouvre un fichier sous forme de chaîne de caractères, sélectionne les données utiles et les transforme en données numériques.

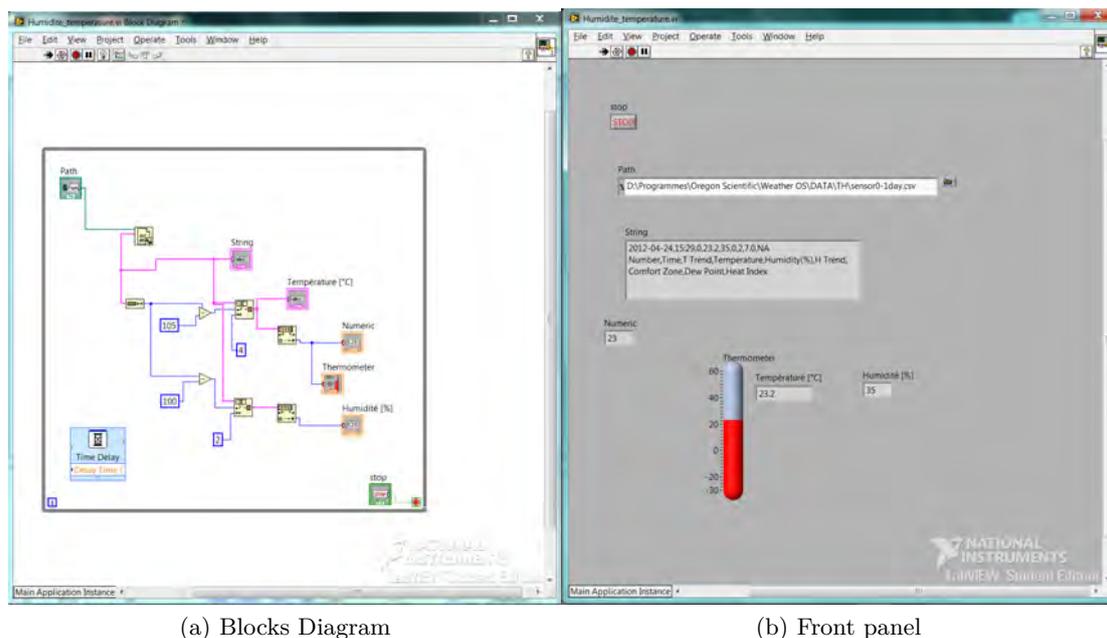


FIGURE 36 – Traitement des données concernant l'humidité et la température

### 7.2 Gestion des output/input sur NI USB-6008

L'interface LabView NI USB-6008 permet de pouvoir gérer des entrées/sorties, à la fois analogiques et digitales. L'interface se présente de la façon suivante :



FIGURE 37 – Interface LabView NI USB-6008.



De plus, une boucle case a été créée. Si le bouton est enclenché, le message envoyé est donc vrai, ce qui enclenche le port P1.0 sur l'interface LabView. Ce qui a pour effet de fermer le dôme.

Ce mini-programme permet déjà d'ouvrir ou fermer le dôme (pour autant que l'interface LabView soit reliée). Il suffit juste d'ajouter les données météo permettant ou empêchant l'utilisation du dôme.

Le front panel de ce mini-programme se présente comme sur la figure 39. Ce dernier permet de sélectionner plusieurs paramètres.

Les deux fenêtres de communications nommées "Fermé" et "Ouvert" sont les sorties sélectionnées sur la carte d'acquisition LabView. Lorsque 0 est envoyé, aucune sortie n'est alimentée. Lorsque 1 est envoyé, la sortie P1.0 est allumée.



FIGURE 39 – Front panel de l'alimentation des sorties.

La fenêtre "Channel Parameters" permet de sélectionner sur quel port les sorties sont alimentées.

Par la suite, le bouton "STOP" permet d'arrêter le programme, et le bouton "Fermer le dôme" permet de fermer le dôme.

Les essais de ce programme ont été réussis avec succès. Il a donc, par la suite, été possible de procéder à l'assemblage des mini-programmes.

### 7.3 Programme final pour l'ouverture du dôme

Pour l'ouverture et la fermeture du cimier, les informations de la station météo et le programme ci-dessus, ont été mis ensemble.

Lors de l'assemblage des différents mini-programmes (ou sous-programmes), quelques petites modifications ont été effectuées, notamment sur les sous-programmes traitant les informations météo. Les changements mineurs à noter sont les suivants :

- Réglage manuel des maximums et minimums des données météorologiques acceptables.
- LED indicatrices permettant de visionner si les données météorologiques permettent l'ouverture du dôme.

Le bloc diagramme correspondant se trouve dans les annexes chapitre G.1.1.

Au final, l'interface graphique est la suivante :

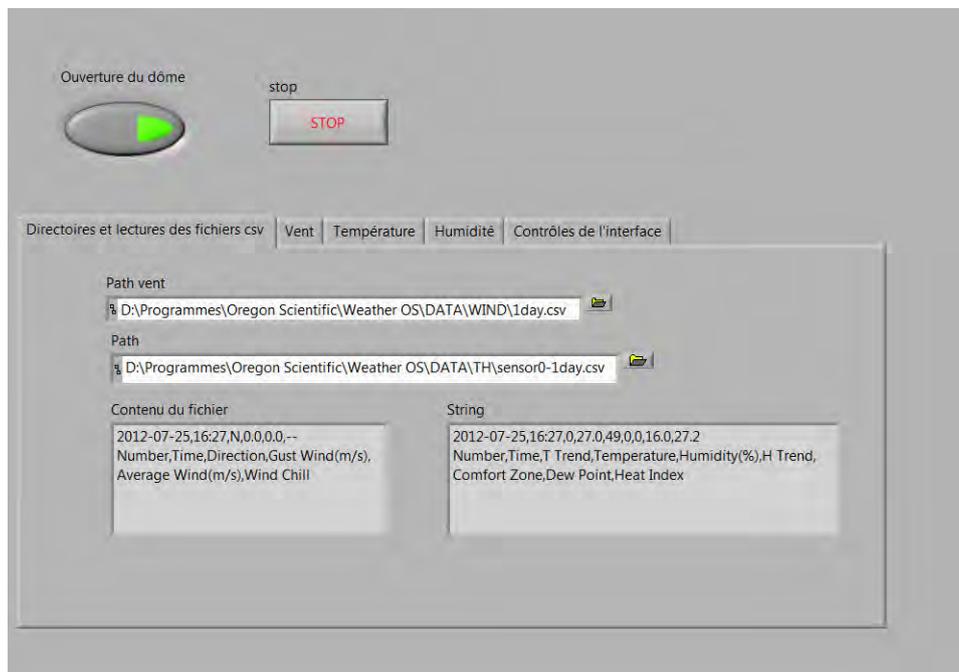


FIGURE 40 – Interface graphique pour l'ouverture du dôme.

Les deux boutons du haut sont très simple à utiliser. Pour ouvrir le dôme il suffit juste d'appuyer sur le bouton correspondant, et le bouton stop sert à interrompre le programme.

La fenêtre en dessous avec les différents onglets sert uniquement à avoir des informations tant sur les données météorologiques que sur les données échangées entre LabView, et la station météo. Ces fenêtres sont détaillées au chapitre 7.3.1.

### 7.3.1 Explication du programme permettant la fermeture du dôme.

L'onglet *Directoires et lectures des fichiers .csv* (présenté à la figure 40) est équipé de plusieurs fenêtres de communication.

Les deux premières barres (indiquées Path) permettent de sélectionner le répertoire dans lequel se trouvent les données envoyées par la station météo.

Sous les deux barres, les deux fenêtres permettent de visionner ce qui se trouve à l'intérieur du fichier .csv (excel).

Les onglets *Vent*, *Température* et *Humidité* :

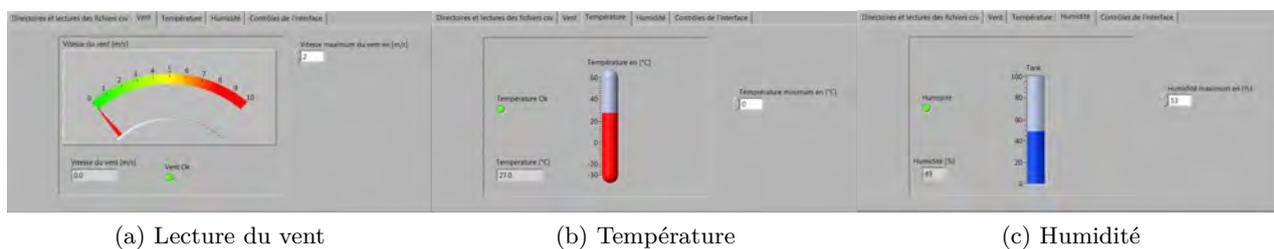


FIGURE 41 – Lectures des données météorologiques

Ces onglets permettent de visionner les informations concernant le vent, la température et l'humidité.

Chacun des onglets est composé d'une jauge et un compteur indiquant les valeurs des données météo. A droite du compteur, une led permet de visionner si le temps est assez fiable pour permettre à l'utilisateur d'ouvrir le dôme. En haut à droite, les données météorologiques maximum autorisées pour l'utilisation du télescope sont réglables.

L'onglet *Contrôles de l'interface* :

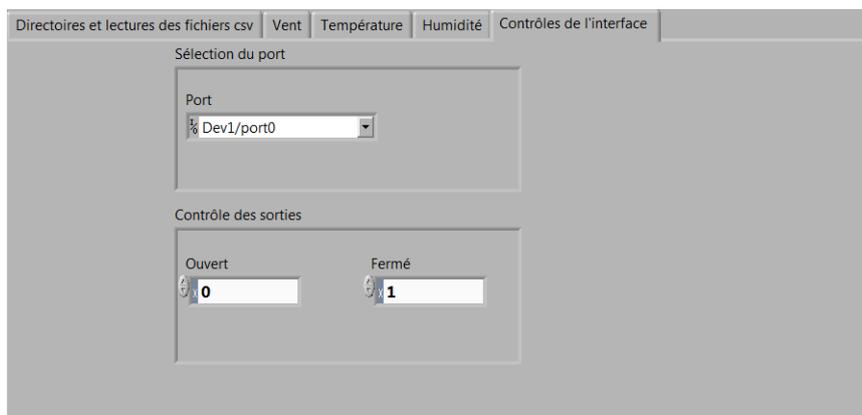


FIGURE 42 – Interface graphique pour l'ouverture du dôme.

Ce dernier onglet permet régler sur quel port de l'interface la sortie va être alimentée. En dessous, sous "contrôle des sorties", il est possible de régler la valeur envoyée par l'interface.

## 7.4 Programmation de la rotation du dôme

Le couplage entre le dôme et le télescope demandant trop de temps, il n' a été traité ici, que de la rotation sans prendre en compte le déplacement du télescope.

L'interface graphique se présente de la façon suivante :



FIGURE 43 – Interface graphique pour l'ouverture du dôme.

L'interface ici est très simple. Un bouton pour le sens de rotation, un bouton pour la mise en marche du moteur et un bouton stop.

La carte d'acquisition LabView est directement connectée aux entrées du driver. Pour permettre au moteur de tourner, la sortie de la carte d'acquisition P1.0 doit être sur 0 et la sortie P1.1 doit être sur 1. En effet, la sortie P1.0 est reliée à l'entrée numérique Arrêt sur le driver et la sortie P1.1 est reliée à l'entrée débloccage. Par la suite, le sens de rotation est piloté avec la sortie P1.2 (0 pour le sens horaire et 1 pour le sens ant-horaire).

Ce qui donne les adresses suivantes :

	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	Sortie LabView
	8	4	2	1	
Arrêt	0	0	0	1	1
Sens horaire	0	0	1	0	2
Sens anti-horaire	0	1	1	0	6

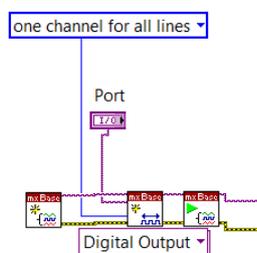


FIGURE 44 – Première partie du block diagram

Le block diagram complet se trouve en annexe G.1.2. Voici une explication en détail.

Cette première partie du block diagram permet de créer une tâche vide. Cette tâche sera complétée par la suite.

Le second block, spécifié à LabView quel port va être utilisé. Ici, le port choisi est le port digital.

La figure 45 montre en détail le fonctionnement de la boucle while. Les deux seules actions permettant de sortir de la boucle while sont un arrêt du programme avec l'aide du bouton stop

ou une erreur (par exemple un port pas trouvé).

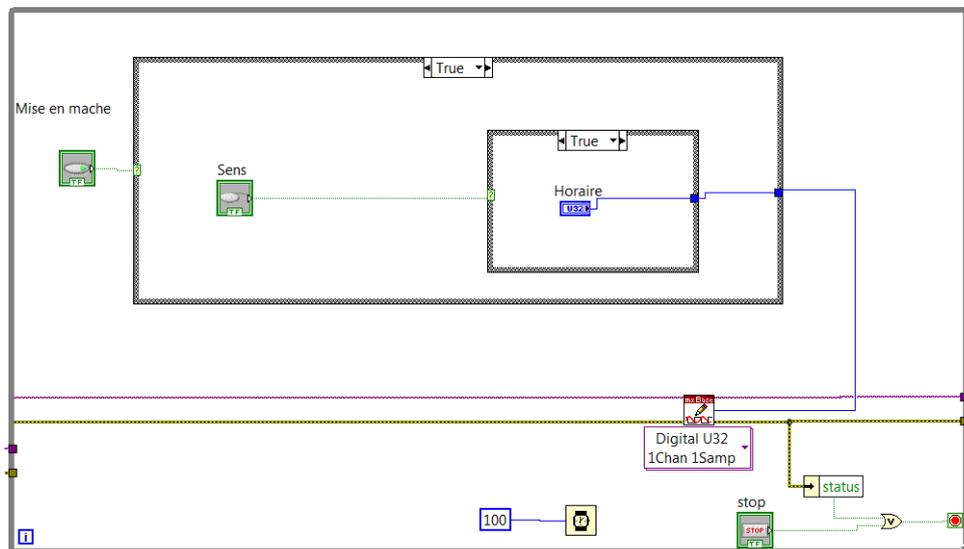


FIGURE 45 – Seconde partie du block diagram.

Cette boucle est constituée de deux "case". Le premier case allume le moteur si ce dernier vaut un. Il est piloté par un bouton booléen qui est le bouton d'allumage. Si ce dernier est éteint, il retourne 1 à l'adresse citée dans le tableau au début du chapitre.

Si le bouton est enclenché, deux cas sont possibles, le dôme tourne dans le sens horaire ou dans le sens anti-horaire. Ces deux cas sont sélectionnés à l'aide du bouton à bascule, permettant d'écrire des un ou des 0 aux adresses correspondantes.

Cette dernière partie permet d'arrêter la tâche et d'effacer ce qui a été écrit.



Dans le cas où l'arrêt aurait été causé par une erreur, et non pas un arrêt intentionnel, un message d'erreur apparaît à l'utilisateur.

FIGURE 46 – Dernière partie du block diagram

## 8 Conclusion

Ce projet de Bachelor a abordé un grand nombre de points différents. Dans ces différentes "disciplines", les tâches suivantes ont été accomplies :

**Mécanique :** Le dôme permet maintenant une ouverture totale de la trappe ainsi que du cimier. Aucune modification n'a été apportée sur l'élément d'ouverture de la trappe. En revanche, un grand nombre d'éléments ont été modifiés ou ajoutés au système d'ouverture du cimier. Tous les mécanismes d'ouverture ont pu être validés, mais nécessitent tout de même quelques modifications citées au chapitre 9.

La rotation du dôme est la partie ayant nécessité le plus de tests différents. Toutefois, la crémaillère utilisée pour l'entraînement du dôme fonctionne de façon très satisfaisante. En revanche, le dôme n'étant que peu régulier, la rotation du dôme est parfois effectuée non sans a-coups.

**Électrique :** Le boîtier électronique, permettant l'ouverture et la fermeture du dôme, a été quelque peu modifié suite à certaines pannes intermittentes. Tous les éléments électriques constituant l'ouverture du dôme ont été câblés et fixés de manière définitive.

Le moteur permettant la rotation du dôme, au départ pas assez puissant, a été changé pour un moteur plus puissant permettant cette fois-ci une rotation correcte du dôme. De plus, un driver permettant de réguler la vitesse de rotation a été ajouté.

**Station météorologique :** Un programme permettant d'envoyer des données dans des fichiers excel a été trouvé.

**Programmation :** Deux programmes ont été créés à l'aide du programme LabView. Le premier, permet de piloter l'ouverture et la fermeture du dôme en fonction des données météorologiques. Si la température est trop basse, que la vitesse du vent est trop rapide ou le temps trop humide, l'ouverture du dôme est impossible.

Toutes les attentes espérées n'ont malheureusement pas pu être atteintes. En effet, beaucoup d'imprévus sont venus s'ajouter.

Toutefois, le dôme permet déjà d'effectuer ses fonctions principales (ouverture, fermeture et rotation) à l'aide d'un ordinateur.

Toutes mes recommandations et avertissements pour les travaux à venir se trouvent au chapitre 9.

## 9 Recommandation pour la suite des travaux

Ce chapitre comporte mes recommandations sur la suite des travaux. En effet, le dôme demande encore un grand nombre de modification pour un bon fonctionnement. Celles-ci sont à apporter sur la quasi-totalité des domaines déjà abordés.

### 9.1 Mécanique

La fermeture de la trappe s'effectue correctement. En revanche, lors de l'ouverture, le système n'est pas assez rigide et engendre une ouverture par a-coup. Des modification sont à apporter pour éviter une ouverture saccadée.

L'ouverture et la fermeture du cimier ne pose pas de soucis majeurs. Toute fois, les tendeurs auront peut-être tendance avec le temps à se détendre. Un système de blocage des tendeurs pourrait être nécessaire avec le temps.

La rotation du dôme est aussi saccadée. Ceci est dû au fait que ce dernier n'est pas totalement circulaire et que les roues permettant au dôme de tourner sont peut-être quelque peu encrassée. Quelques modifications seraient là encore à apporter.

Les pièces constituant le contre-rouleau et les tendeurs de cimiers n'ont pas été effectuées à l'atelier. Les matériaux utilisés ne résisteront probablement pas longtemps aux conditions extérieures. Il serait judicieux de les faire usiner par l'atelier en utilisant des matériaux inoxydables.

### 9.2 Électrique

Des alimentations restent à être commandées. De plus, quelques trous pour presse-étoupes devront être fait pour permettre une fermeture complète du dôme.

Un capteur pour permettre la régulation de la rotation du dôme doit être commandé.

### 9.3 Programmation

Un programme final reste encore à faire. Ce dernier doit prendre en compte le déplacement du télescope, le déplacement du dôme et le programme déjà créé pour l'ouverture.

## 10 Liste de références

### 10.1 Bibliographie

Travis, J. & Kring, J. (2007). LabView for Everyone.

Schneider, B. (2012). Motorisation et commande des machines : Polycopié-HEIG-VD.

Clavel, R. (2003). Composants de la microtechnique. Polycopié-EPFL.

Giek K. (2007). Formulaire technique.

## 10.2 Webographie

Astro D'Eramo ciel pour tous	: <a href="http://www.astroderamocielpourtous.ch/">http://www.astroderamocielpourtous.ch/</a>
asm	: <a href="http://www.asm-sensor.com">http://www.asm-sensor.com</a>
Conrad	: <a href="http://www.conrad.ch">http://www.conrad.ch</a>
Direct industry	: <a href="http://www.directindustry.com/">http://www.directindustry.com/</a>
Distrelec	: <a href="http://www.distrelec.ch">www.distrelec.ch</a>
Farnel	: <a href="http://ch.farnell.com">http://ch.farnell.com</a>
Frölich	: <a href="http://www.h-froehlich-ag.ch">http://www.h-froehlich-ag.ch</a>
HPC	: <a href="http://www.hpceurope.com/fr/">http://www.hpceurope.com/fr/</a>
Le site du zéro	: <a href="http://www.lesiteduzero.com">www.lesiteduzero.com</a>
Les mathématiques.net	: <a href="http://www.les-mathematiques.net">http://www.les-mathematiques.net</a>
Maxon motors	: <a href="http://www.maxonmotor.ch">www.maxonmotor.ch</a>
Maedler	: <a href="http://www.maedler.ch">http://www.maedler.ch</a>
Meade France	: <a href="http://www.meade.fr/">http://www.meade.fr/</a>
Misumi	: <a href="http://www.misumi-europe.com">http://www.misumi-europe.com</a>
National Instrument	: <a href="http://www.ni.com">www.ni.com</a>
Oregon scientific	: <a href="http://fr.oregonscientific.com">http://fr.oregonscientific.com</a>
Texas instrument	: <a href="http://www.ti.com">www.ti.com</a>
wikipedia	: <a href="http://fr.wikipedia.org">http://fr.wikipedia.org</a>
Xnet Météo	: <a href="http://www.grosjeanne.name">http://www.grosjeanne.name</a>



## A Annexes 1 : Planning

### A.1 Plan de travail

Semaines	Travail à effectuer	Manifestations/échéances
13 février - 19 février	Lectures des rapports des années précédentes et des manuels du télescope	
20 février - 26 février	Liste de pièce et rédaction du rapport introductif	Le 23 février: Visite de l'observatoire de Mr. D'Eramo
27 février - 04 mars	Modification de la liste de pièce de l'année précédente, rédaction de la description de l'objectif et du plan de travail	Relâches
05 mars - 11 mars	Compléter la visserie manquante, rédaction finale des rapports à rendre. Début de la modification et créations des modèles CAO	Pour le 9 mars: Rendre le rapport introductif, la description de l'objectif, la liste de matériel et le plan de travail
12 mars - 18 mars	Révision des pièces mécaniques du dôme du télescope.	
19 mars - 25 mars	Mise en plan des sous-montages et des éléments manquants. Définition de tous les éléments hardware/software nécessaire.	
26 mars - 01 avril	Essais de la station météo et choix des nouveaux éléments de la station. Choix de la/des webcam(s) et de leurs supports de liaisons. Choix de l'emplacement final sur le toit.	
02 avril - 08 avril	Vérification des calculs effectués durant les précédents projets de Bachelor. Création des procédures de montage et essais. Essais des sous-montages déjà opérationnels. Identification des parties demandant de l'aide par un assistant de l'IAI.	Pour le 6 avril: Schémas et modèles CAO, vérification des calculs de dimensionnements, liste complète des sous-systèmes et éléments à modifier et à acquérir, définition de tout les éléments hardware/software nécessaire pour le système de commande, ébauche des procédures de montage et d'essai.
09 avril - 15 avril	Modèle CAO final. Début des dessins de fabrications.	Vacances de pâques
16 avril - 22 avril	Fin des dessins de fabrications et spécifications d'achat des composants à fabriquer ou à acheter. Lancement des fabrications auprès de l'atelier.	Pour le 20 avril: Rapport (description de tous les systèmes, éléments, pièces à acquérir ou fabriquer), dessins de fabrications, spécifications d'achat et commandes de matériel et composants.
23 avril - 29 avril	Achat de composant et fabrication des pièces manquantes.	
30 avril - 06 mai	Réalisation du logiciel de commande de la coupole et des divers capteurs.	
07 mai - 13 mai	Réalisation du logiciel de commande de la coupole et des divers capteurs.	

14 mai - 20 mai	Réalisation du logiciel de commande de la coupole et des divers capteurs. Début des essais.	17 et 18 mai: Ascension Pour le 16 mai: Description des programmes LabVIEW et rapport d'essais
21 mai - 27 mai	Montage et essais fonctionnels de tous les mécanisme en labo.	
28 mai - 03 juin	Montage et essais fonctionnels de tous les mécanisme en labo.	28 mai: lundi de Pentecôte
04 juin - 10 juin	Rédaction du rapport intermédiaire.	
11 juin - 17 juin	Rédaction du rapport intermédiaire.	Pour le 15 juin: Rapport intermédiaire
18 juin - 24 juin	Montage final sur le toit et essais.	
25 juin - 01 juillet	Montage final sur le toit et essais.	
02 juillet - 08 juillet	Montage final sur le toit et essais. Rédaction du rapport final.	
09 juillet - 15 juillet	Rédaction du rapport final.	Pour le 13 juillet: Rapport du montage et des essais, rapport final <i>draft</i>
16 juillet - 22 juillet	Rédaction du rapport final officiel.	
23 juillet - 29 juillet	Rédaction du rapport final officiel.	<b>Pour le 27 juillet: Rapport final officiel</b>

Interruption de cours
Jours feriés
Echéance

## A.2 Journal de travail

### Semaine du 13 au 19 février :

- Lecture des rapports des années précédentes et des manuels du télescope.

### Semaine du 20 au 26 février :

- Liste de pièce.
- Rédaction du rapport introductif.
- Visite de l'observatoire de M. D'Eramo.

### Semaine du 27 février au 04 mars :

- Modification de la liste de pièces existante.
- Rédaction de la description de l'objectif.
- Rédaction du plan de travail.

### Semaine du 05 au 11 mars :

- Assimilation du programme AutoStar Suite.
- Modification des mises en plan du déplacement du Cimier.

### Semaine du 12 au 18 mars

- Chercher les éléments de visseries manquants à l'atelier.
- Modification de la liste de pièce.
- Essais du déplacement du télescope à l'aide de la raquette (remarque : le télescope nécessite un port RS232 pour commander le télescope et le port existant n'est pas compatible avec mon PC).
- Modifications de l'organe de rotation du dôme sur SolidWorks.

### Semaine du 19 au 25 mars

- Mise en place des procédures de communication entre le télescope, et l'interface internet.
- Identification des différents programmes à acquérir.
- Différentes solutions pour la rotation du dôme imaginée et mise en place des procédure de test des solutions.
- Solution pour le port RS232 trouvée (adaptateur RS232 - USB)

### Semaine du 26 mars au 1 avril

- Recherche d'une solution pour le bon fonctionnement de la station météo.
- Essais du programme XNet météo.

### Semaine du 2 au 8 avril

- Recherche d'une solution pour la lecture de la station météo.
- Début de la création d'un programme LabView capable de lire les données envoyées par le programme Weather OS.

### **Semaine du 16 au 22 avril**

- Recherche d'une solution pour tester la rotation du dôme.
- Mise en plan des éléments d'ouverture du dôme et validation des pièces.

### **Semaine du 23 au 29 avril**

- Effectué un programme pour le traitement des données de la station météo avec LabView.

### **Semaine du 31 avril au 6 mai**

- Essais de l'organe de rotation du dôme.
- Recherche du problème.

### **Semaine du 7 mai au 13 mai**

- Envoi des plans des pièces à effectuer à l'atelier.
- Redimensionnement du moteur de rotation du dôme.

### **Semaine du 14 au 20 mai**

- Commande d'un nouvel ensemble moteur - réducteur.
- Réception des pièces en provenance de l'atelier.
- Montage de la partie d'entraînement du cimier.

### **Semaine du 21 au 27 mai**

- Modification des pièces provenant de l'atelier.

### **Semaine du 28 mai au 3 juin**

- Rédaction du rapport.

### **Semaine du 4 au 10 juin**

- Rédaction du rapport.

### **Semaine du 11 au 17 juin**

- Montage de la partie entraînée du cimier.
- Modification des perçages dans le dôme.

### **Semaine du 18 au 24 juin**

- Conception et fabrication des guides câbles.
- Essai d'ouverture du cimier (essai échoué).
- Modification du tambour d'ouverture du cimier.
- Recherche d'une solution pour le câble d'ouverture du cimier.
- Conception d'un tendeur de câble.

### Semaine du 25 juin au 1 juillet

- Fin de l'usinage des pièces du tendeur.
- Essai d'ouverture du cimier (essai réussi).
- Modification du boîtier du moteur de rotation du dôme.
- Essais de la rotation du dôme.
- Recherche d'une solution pour la rotation du dôme.
- Essais de la rotation du dôme avec un ruban adhésif.
- Choix d'un élément d'engrenage pour le dôme.

### Semaine du 2 au 8 juillet

- Création d'une fenêtre dans le dôme.
- Montage des ressorts de la rotation du dôme.
- Essais de rotation du dôme.
- Conception d'un contre rouleau.
- Demande de devis pour une crémaillère souple.
- Montage de l'ouverture de la trappe.
- Essais de l'ouverture de la trappe (essai réussi).

### Semaine du 9 au 15 juillet

- Usinage du contre rouleau.
- Montage du contre rouleau.
- Essai de la rotation du dôme (essai réussi).
- Commande d'une crémaillère et d'une roue pour la rotation du dôme.
- Montage des fins de courses.
- Dimensionnement des câbles électriques (commande et puissance).

### Semaine du 16 au 22 juillet

- Dessin des schémas électriques.
- Câblage des fins de course.
- Câblage du boîtier électronique.
- Essais électriques du cimier et de la trappe (essais échoué).
- Recherche du problème concernant la carte électronique.
- Changement de l'IC et modification de la carte.
- Essais électriques (sans le câblage des moteurs) du cimier et de la trappe (essais réussis).

### Semaine du 23 au 29 juillet

- Commande d'un driver pour la rotation du dôme.
- Commande de connecteur pour le boîtier électronique.
- Programmation de l'ouverture et fermeture avec LabView.
- Réception de la crémaillère souple, des connecteurs électriques et du drive de la rotation du dôme.
- Câblage de l'ouverture/fermeture du dôme.
- Essais de l'ouverture/fermeture du cimier et de la trappe en condition réelles (essais échoué).

### Semaine du 30 juillet au 5 août

- Dépannage de l'ouverture fermeture du cimier.

- Essais de l'ouverture/fermeture du cimier (essai réussi).
- Programmation du driver ESCON.
- Rédaction du rapport.
- Usinage d'un passage de clavette.
- Montage du système crémaillère-roue dentée.
- Essais de rotation du dôme en condition finale (essai réussi).

### **Semaine du 6 au 12 août**

- Rédaction du rapport.
- Rangement des affaires.
- Remise des dossiers.

## B Annexe 2 : Listes de pièces

### B.1 Liste de pièces

Num	Nom	Nb	Etas	MeP	OK	Description / info
1 - Dome						
1.01	Coupole	1	En C08	-	✓	
2 - Pier						
2.01	Pier_CorpsDisqueBas	1	En C08	Faite	✓	
2.02	Pier_CorpsTube	1	En C08	Faite	✓	
2.03	Pier_CorpsDisqueHaut	1	En C08	Faite	✓	
2.04	Pier_DisqueHaut	1	En C08	Faite	✓	
2.05	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M8 x 50-N	6	En C08	-	✓	
2.06	Écrou hexagonal ISO - 4032 - M8 - W - N	12	En C08	-	✓	
2.07	Rondelle ISO 7089 - M8	3	En C08	-	✓	
3 - Base_Item						
3.01	Abdeckkappe 8 R40/80-45°	8	Commandé	-	✗	Sur la commande - ne se trouve pas dans les cartons
3.02	Fixation 8 M12	16	En C08	-	✓	
3.03	Profilé 8 40x40 1N léger - 860mm	16	En C08	-	✓	
3.04	Profilé 8 R40/80-45° - 700mm	8	En C08	-	✓	
3.05	Grande tôle	7	En C08	Faite	✓	
3.06	Profilé 8 40x40 1N léger - 610mm	2	En C08	-	✓	
3.07	Bloc de rotation 8	1	En C08	-	✓	
3.08	Bouton de porte quart de	1	En C08	-	✓	
3.09	Butée de porte 8 Unité = 2pc	2	En C08	-	✓	
3.10	Profilé 8 40x40 1N léger - 771mm	2	En C08	-	✓	
3.11	Petite tôle	1	En C08	Faite	✓	
3.12	Abdeckkappe 8 40x40	4	En C08	-	✓	
3.13	Charnière 8 Al PP4 légère	2	En C08	-	✓	
3.14	Ecrou 8 St M8	48	En C08	-	✓	
3.15	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M8 x 20	48	En C08	-	✓	
3.16	Profilé M W80x40x8 E - 800mm	8	En C08	-	✓	
3.17	Fixation universelle 8 St,	36	En C08	-	✓	
3.18	Joint remplissage 8 2-4mm, gris - 10450mm découpé	1	En C08	-	✓	
4 - Base du cimier						
4.01	Cimier_Base	1	A modifier	Faite	✗	
4.02	Cimier_Tambour	1	A construire	Faite	✗	
4.05	Moteur D.C. avec transmission CHP 12 V	1	En C08	-	✓	Moteur équivalent trouvé
4.06	Cimier_Barre	1	A construire	Faite	✗	Pas trouvé l'utilité
4.07	Rondelle ISO 7089 - M5	1	En C08	-	✓	
4.08	Vis à tête bombée ISO 7380 - M5 x 10 --- 10N	1	En C08	-	✓	
4.09	Vis à tête bombée ISO 7380 - M6 x 12 --- 12N	3	En C08	-	✓	
4.10	Vis à tête bombée ISO 7380 - M3 x 12 --- 12N	2	En C08	-	✓	
4.11	Cimier_TolerieDeFixation	4	A construire	Faite	✗	
4.12	Goupille cylindrique ISO 2338 - 2 h8 x 20 - Ac	2	En C08	-	✓	
4.13	Circlip pour arbre DIN 6799 - 8	1	En C08	-	✓	
4.14	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20-N	10	En C08	-	✓	
4.15	Écrou hexagonal ISO - 4032 - M5 - W - N	10	En C08	-	✓	
5	- Actionneur ouverture et fermeture					

5.01	CptCimier_SupportCpt	2	En C08	Faite	✓	
5.02	Interrupteurs de fin de course (fermeture) - AZD1050	2	En C08	-	✓	
5.03	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M3 x 30 - Z - 30N	4	En C08		✓	
5.04	Écrou hexagonal ISO 4032 - M3 - W - N	4	En C08		✓	
5.05	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	4	En C08		✓	
5.06	Écrou hexagonal ISO - 4032 - M5 - W - N	4	En C08		✓	
6 - Capteur dôme						
6.01	CptDôme_Support1	1	En C08	Faite	✓	
6.02	CptDôme_Latéral	2	En C08	Faite	✓	
6.03	Détecteur de proximité photoélectrique - LTK-3031-303	1	En C08	-	✗	1. sur la commande
6.04	CptDôme_Barre	1	En C08	Faite	✓	
6.05	Vis à tête bombée ISO 7380 - M3 x 6 --- 6N	10	En C08		✓	
6.06	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	2	En C08		✓	
6.07	Rondelle ISO 7089 - M5	2	En C08		✓	
6.08	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M4 x 20 - N	2	En C08		✓	
6.09	Écrou hexagonal ISO 4032 - M4 - W - N	2	En C08		✓	
6.10	CptDôme_Support2	1	En C08	Faite	✓	
6.11	Entretoise hexagonale - M3 - 24mm	3	En C08		✓	
7 - Rotation dôme						
7.01	Circlip pour arbre DIN 471 - 15 x 1	1	En C08		✓	
7.02	Roulements rigides à billes, à une rangée - 16002 *	1	En C08	-	✓	
7.03	Circlip pour alésage DIN 472 - 32 x 1.2	3	En C08		✓	
7.04	MotDome_Tube	1	En C08	Faite	✓	
7.05	Moteur Maxon RE-max 29 Ø29 mm, 15 Watt - 226754	1	En C08	-	✓	
7.06	Réducteur planétaire Maxon GP 26 B Ø26 mm, 0.5 - 2.0 Nm - 144033	1	En C08	-	✓	
7.07	Vis à tête cylindrique 6 pans creux - M3 x 8 --- 8N	11	En C08		✓	
7.08	MotDome_BoitierBase	1	En C08	Faite	✓	
7.09	Vis à tête bombée ISO 7380 - M3 x 6 --- 6N	4	En C08		✓	
7.10	MotDome_BoitierBord	1	En C08	Faite	✓	
7.11	Vis sans tête avec fente et bouts chanfreiné ISO 4766 - M2x3 - N	1	En C08		✓	
7.12	MotDome_Pignon - SG 1012 BN	1	En C08	Faite	✓	
7.13	Écrou hexagonal ISO 4032 - M3 - W - N	3	En C08		✓	
7.14	Écrou pour Détecteur optoélectronique	2	En C08	-	✓	
7.15	Détecteur optoélectronique - FEG 14.24.35	1	En C08	-	✓	
7.16	MotDome_SupportCpt	1	En C08	Faite	✓	
7.17	Clavette parallèle DIN 6885 - A6 x 6 x 20	1	En C08	Faite	✓	
7.18	Roue - FTB200x50-Ø20 H7 - EAN 4031582319040	1	En C08	-	✓	
7.19	Rondelle ISO 7089 - M20	2	En C08		✓	
7.20	MotDome_Disque	1	En C08	Faite	✓	

7.21	MotDome_BoitierCouvercle	1	En C08	Faite	✓
7.22	MotDome_Barre	1	En C08	Faite	✓
7.23	MotDome_BloqueDisque	1	En C08	Faite	✓
7.24	Goupille cylindrique ISO 2338 - 4 h8x40 - Ac	1	En C08		✓
7.25	MotDome_RD - SG 1060 BN	1	En C08	Faite	✓
7.26	Circlip pour arbre DIN 471 - 20 x 1.2	4	En C08		✓
7.27	Roulements rigides à billes, à une rangée - 61804	1	En C08	-	✓
8 - Déclancheur					
8.01	CptCimier_Déclancheur_Sup portTriangle	1	En C08	Faite	✓
8.02	CptCimier_Déclancheur_Tria ngle	1	En C08	Faite	✓
8.03	Rondelle ISO 7089 - M3	2	En C08		✓
8.04	Vis à tête bombée ISO 7380 - M3 x 6 --- 6N	2	En C08		✓
8.05	Écrou hexagonal ISO 4032 - M5 - W - N	3	En C08		✓
8.06	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	3	En C08		✓
9 - Fixation de la rotation du dôme					
9.01	FixBas_MotDôme_Latéral	2	En C08	Faite	✓
9.02	FixBas_MotDôme_Barre	1	En C08	Faite	✓
9.03	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	2	En C08		✓
10 - Rappel moteur dome					
10.01	Ressort de traction 2.5 x 15.5 x 48.3	2	En C08	-	✓
10.02	Vis à oeillet DIN 444 - A M5 x 30 --- 19N	2	A commander		⚠ Non disponible à l'atelier
10.03	Sangle cuir	1	A commander	-	✗
10.04	FixHaut_MotDôme_PlaqueEx t	1	En C08	Faite	✓
10.05	FixHaut_MotDôme_PlaqueIn t	1	En C08	Faite	✓
10.06	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	9	En C08		✓
10.07	Écrou hexagonal ISO 4032 - M5 - W - N	11	En C08		✓
10.08	Rondelle ISO 7089 - M5	2	En C08		✓
11 - Fixation moteur trappe					
11.01	FixDôme_MotTrap_PlaqueIn t	1	En C08	Faite	✓
11.02	Circlip pour arbre DIN 6799 - 8	2	En C08		✓
11.03	FixDôme_MotTrap_PlaqueEx t	1	En C08	Faite	✓
11.04	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	6	En C08		✓
11.05	Écrou hexagonal ISO 4032 - M5 W - N	6	En C08		✓
12 - Fixation à la trappe					
12.01	FixTrappe_MotTrap_PlaqueE xt	1	En C08	Faite	✓
12.02	FixTrappe_MotTrap_Plaquel nt - Grand Angle	1	En C08	Faite	✓
12.03	FixTrappe_MotTrap_Plaquel nt - Petit Angle	1	En C08	Faite	✓
12.04	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M5 x 20 - N	4	En C08		✓
12.05	Écrou hexagonal ISO 4032 - M5 W - N	4	En C08		✓

13 - Moteur trappe						
13.01	Goupille cylindrique ISO 2338 - 2 h8 x 10 - Ac	1	En C08		✓	
13.02	Goupilles fendues ISO 1234 - 1 x 6 - Ac	1	En C08		✓	
13.03	Trappe_Fourche	1	En C08	Faite	✓	
13.04	Axes à tête avec trou pour leviers à fourche DIN 1434 - 4 x 12 x 10.2	1	Envoyé	Faite	✗	Aller chercher à l'atelier
13.05	Ecrous ronds à filetage trapézoïdal DIN 103	1	En C08		✓	
13.06	Vis à tête cylindrique bombée ISO 7045 M2 x 6 - Z - -- 6N	22	En C08		✓	
13.07	Trappe_BoitierAvant	1	En C08	Faite	✓	
13.08	Trappe_Tube	1	En C08	Faite	✓	
13.09	Vis à tête bombée ISO 7380 - M3 x 8 --- 8N	13	En stock		✓	
13.10	Trappe_LatéralCôtéDôme	1	En C08	Faite	✓	
13.11	Trappe_Boitier	1	En C08	Faite	✓	
13.12	Trappe_RD - SG 1030 B	1	En C08	Faite	✓	
13.13	Vis sans tête avec fente et bouts chanfreiné ISO 4766 - M3x8 - N	2	En C08		✓	
13.14	Trappe_Pignon - SG 1030 BN	1	En C08	Faite	✓	
13.15	Trappe_LiaisonPignonMoteur	1	En C08	Faite	✓	
13.16	Trappe_AnneauLiaison	1	En C08	Faite	✓	
13.17	Moteur Maxon RE 30 Ø30 mm, 60 Watt - 268193	1	En C08	-	✓	
13.18	Réducteur Maxon Koaxdrive KD 32 Ø32 mm, 1.0 - 4.5 Nm - 354723	1	En C08	-	✓	
13.19	Trappe_LameD'ArrêtOuverte	1	En C08	Faite	✓	
13.20	Trappe_BoitierArrière	1	En C08	Faite	✓	
13.21	Roulements rigides à billes, à une rangée - 61803	1	En C08	-	✓	
13.22	Trappe_Ecrou - Écrou de filetage trapézoïdal - BR 10 / 3	1	En C08	Faite	✓	
13.23	Vis à tête hexagonale ISO 4017 - M3 x 30 - Z - 30N	4	En C08		✓	
13.24	Butées à aiguilles et cages à aiguilles axiales - AXK 1226	1	En stock	-	!	Uniquement la butée sans la cage
13.25	Trappe_LatéralCôtéTrappe	1	Envoyé	Faite	✓	
13.26	Interrupteurs de fin de course pour trappe - AZD1052	2	En C08	-	✓	
13.27	Trappe_VisDeMouvement - TR 10 / 3 / 250	1	En C08	Faite	✓	
13.28	Trappe_LameD'ArrêtFermeture	1	En C08	Faite	✓	
20 - Commande dome						
20.01	MOSFET P - -55V, 74A, 20mR	4	En C08	-	✓	Num 61.21.62
20.02	MESFET N - 75V, 56A, 7.5mR	4	En C08	-	✓	Num 60.50.96
20.03	Transistor pnp PN100	4	En C08	-	✓	-
20.04	Régulateur de tension	1	En C08	-	✓	Num 66.27.24
20.05	Connecteur bord 2 pôles	6	En C08	-	✓	Num 14.20.78
20.06	Connecteur bord 3 pôles	1	En C08	-	✓	Num 14.20.79
20.07	Alimentation 12V 10A	1	En C08	-	✗	Num 36.51.43
20.08	Boitier 160x80x50	1	En C08	-	✓	Num 30.07.57
20.09	Connecteur male pour boitier - 2 pôles	2	En C08	-	✓	Num 11.89.91

20.10	Connecteur male pour boitier - 3 pôles	1	En C08	-	✓	Num 11.89.92
21 - Commande base						
21.01	MESFET N - 75V, 56A, 7.5mR	4	A commander	-	✗	Uniquement 2 sur 4
21.02	Régulateur de tension	1	A commander	-	✗	24 V -----> 5 V à chercher
21.03	Relais de puissance	1	A commander	-	✗	Num 40.24.44
21.04	Circuit d'attaque de pont	2	A commander	-	✗	Uniquement 1 sur 2
21.05	Connecteur bord 2 pôles	4	A commander	-	✗	Num 14.20.78
21.06	Connecteur bord 3 pôles	8	A commander	-	✗	Num 14.20.79
21.07	Connecteur molex 4 pôles	1	A commander	-	✗	Num 12.80.88
21.08	Alimentation 24V 1.1A	1	A commander	-	✗	Num 36.08.45
21.09	Connecteur male pour boitier - 3 pôles	1	A commander	-	✗	Num 11.89.92
21.10	Connecteur femelle pour fiche - 3 pôles	1	A commander	-	✗	Num 11.89.78
21.11	Connecteur 230V pour boitier	2	A commander	-	✗	Num 11.07.52
21.11	Connecteur femelle pour fiche - 2 pôles	2	A commander	-	✗	Num 11.89.77
21.12	Connecteur femelle pour fiche - 3 pôles	1	A commander	-	✗	Num 11.89.78
21.13	Connecteur jack 2 poles femelle pour boitier	4	A commander	-	✗	Num 15.97.46
21.14	Connecteur jack 2 poles male pour fiche	4	A commander	-	✗	Num 15.97.90

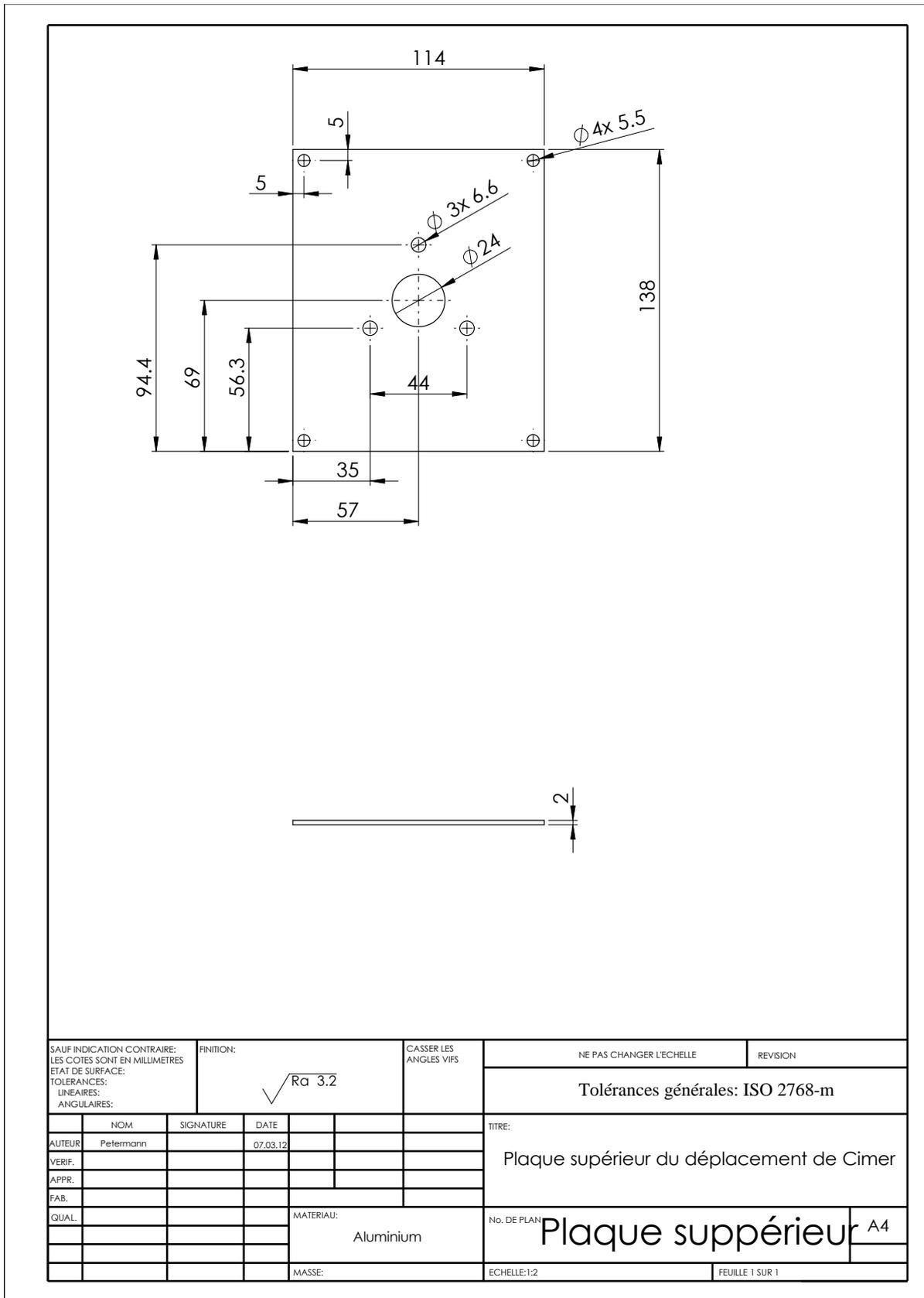
#### Pièces plus nécessaires

4.03	Cimier_RD - SG 10120 BN	1	Non existant	-	✗	Plus nécessaire
4.04	Cimier_Pignon - SG 1020 BN	1	Non existant	-	✗	Plus nécessaire

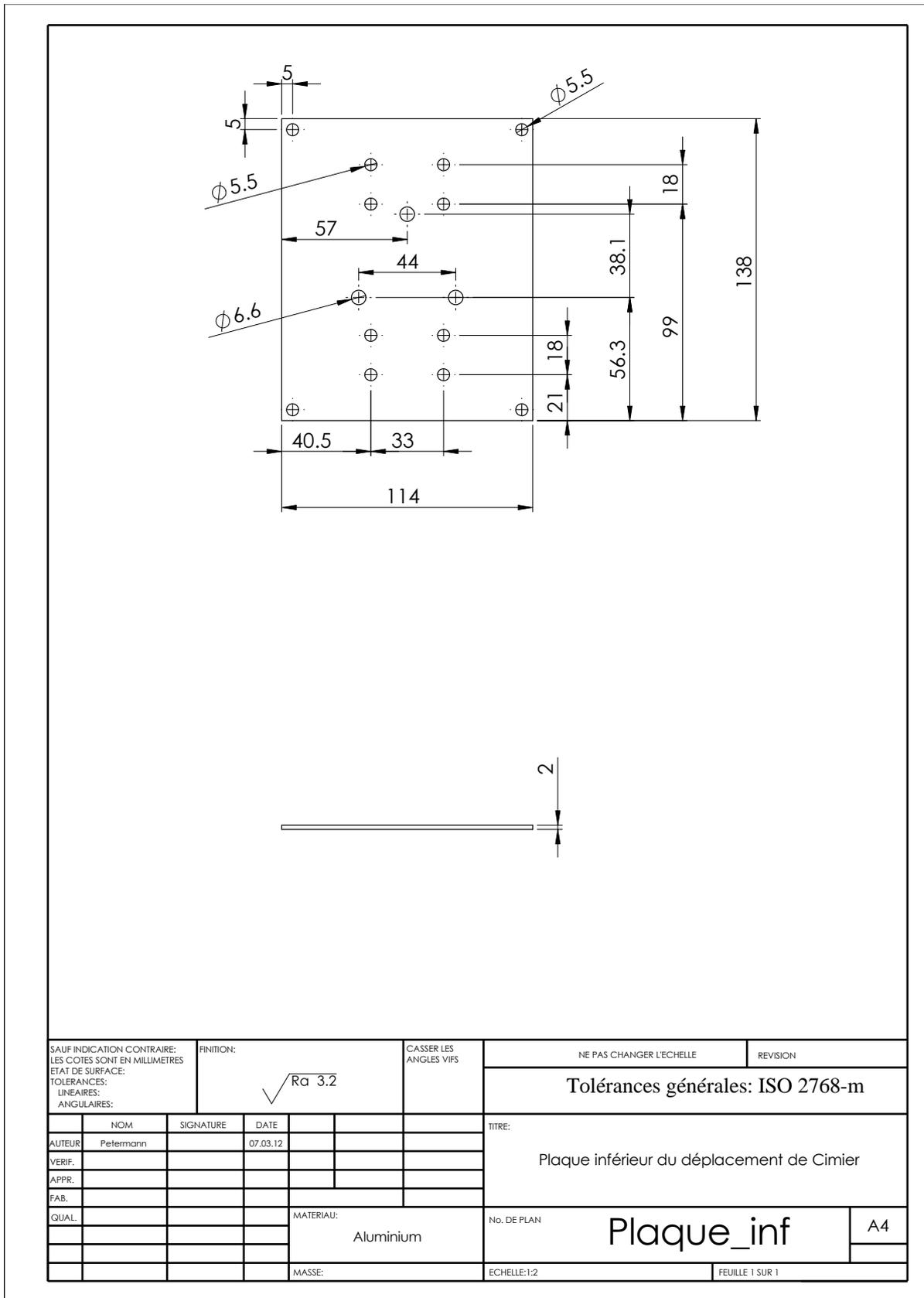




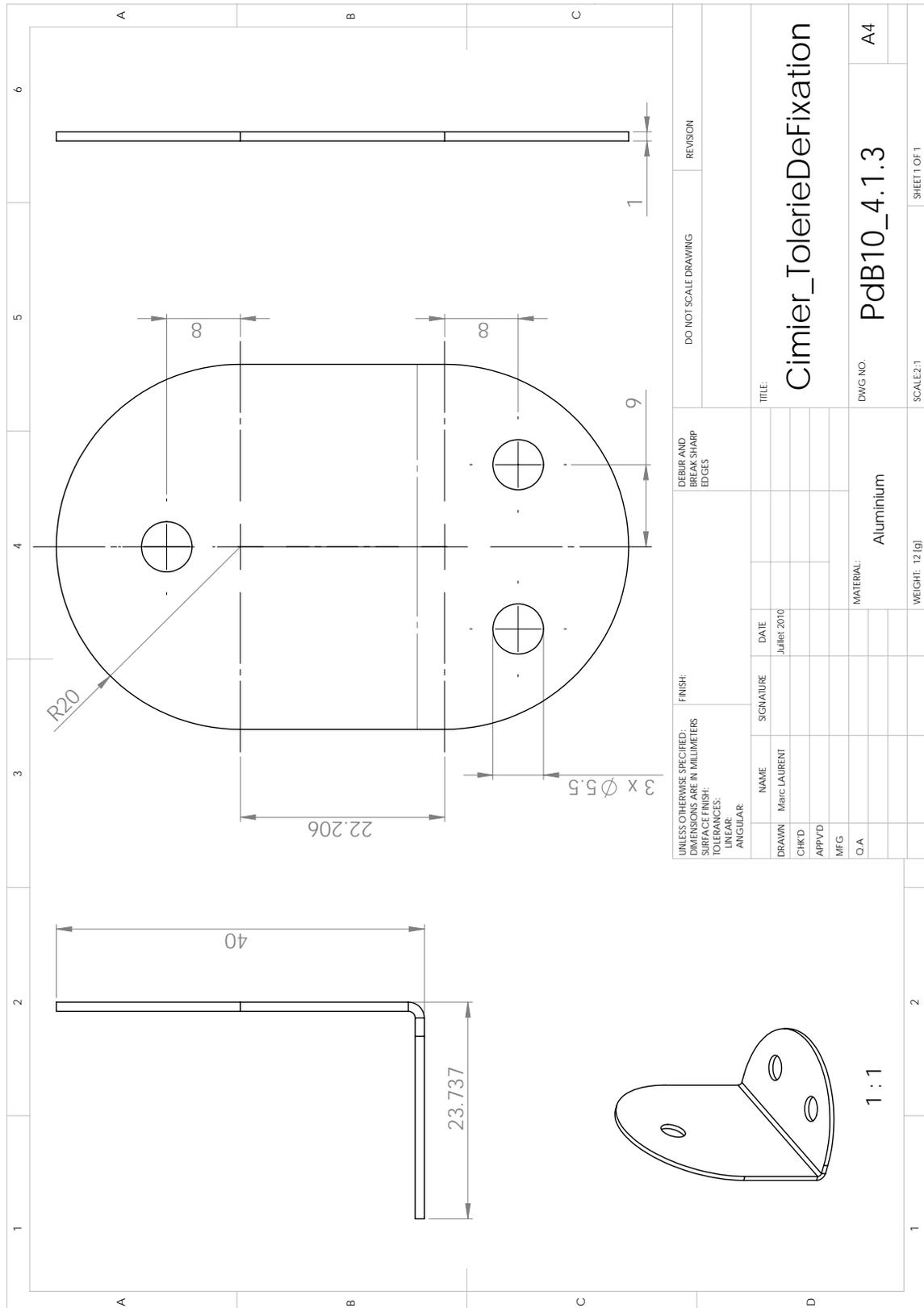
C.1.3 Plaque supérieur de la carcasse



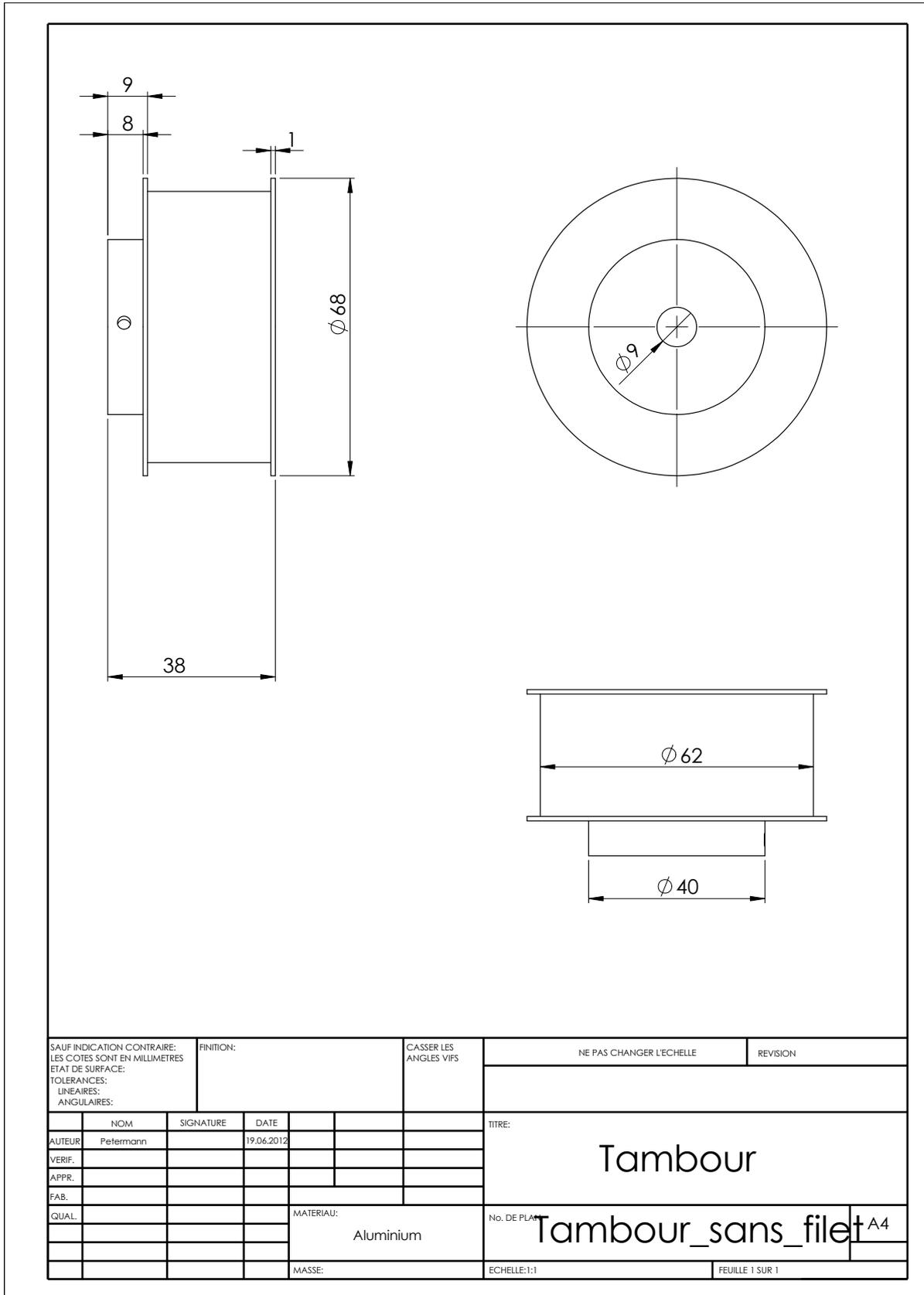
C.1.4 Plaque inférieur de la carcasse



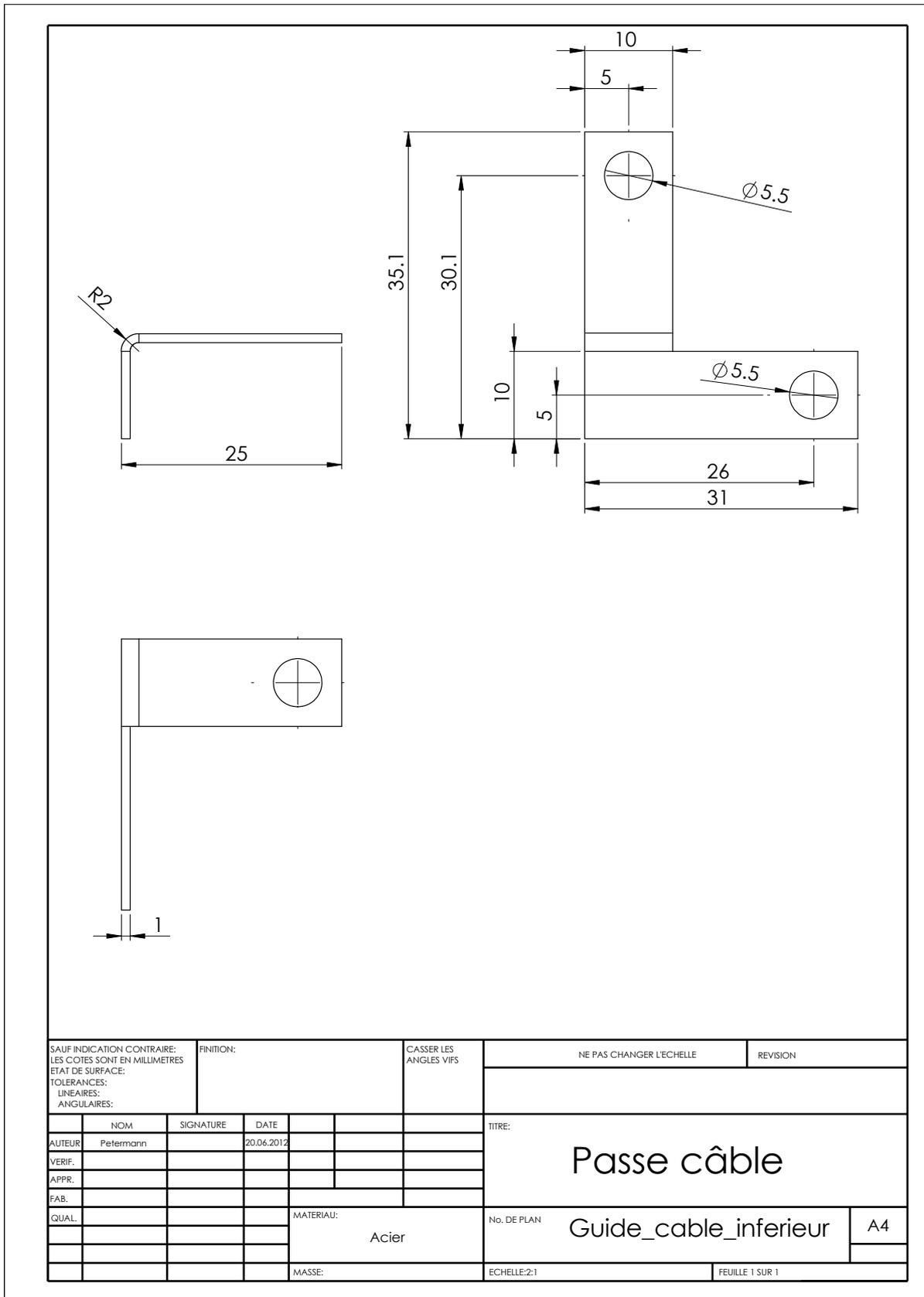
C.1.5 Tôle de fixation



C.1.6 Tambour sans filet

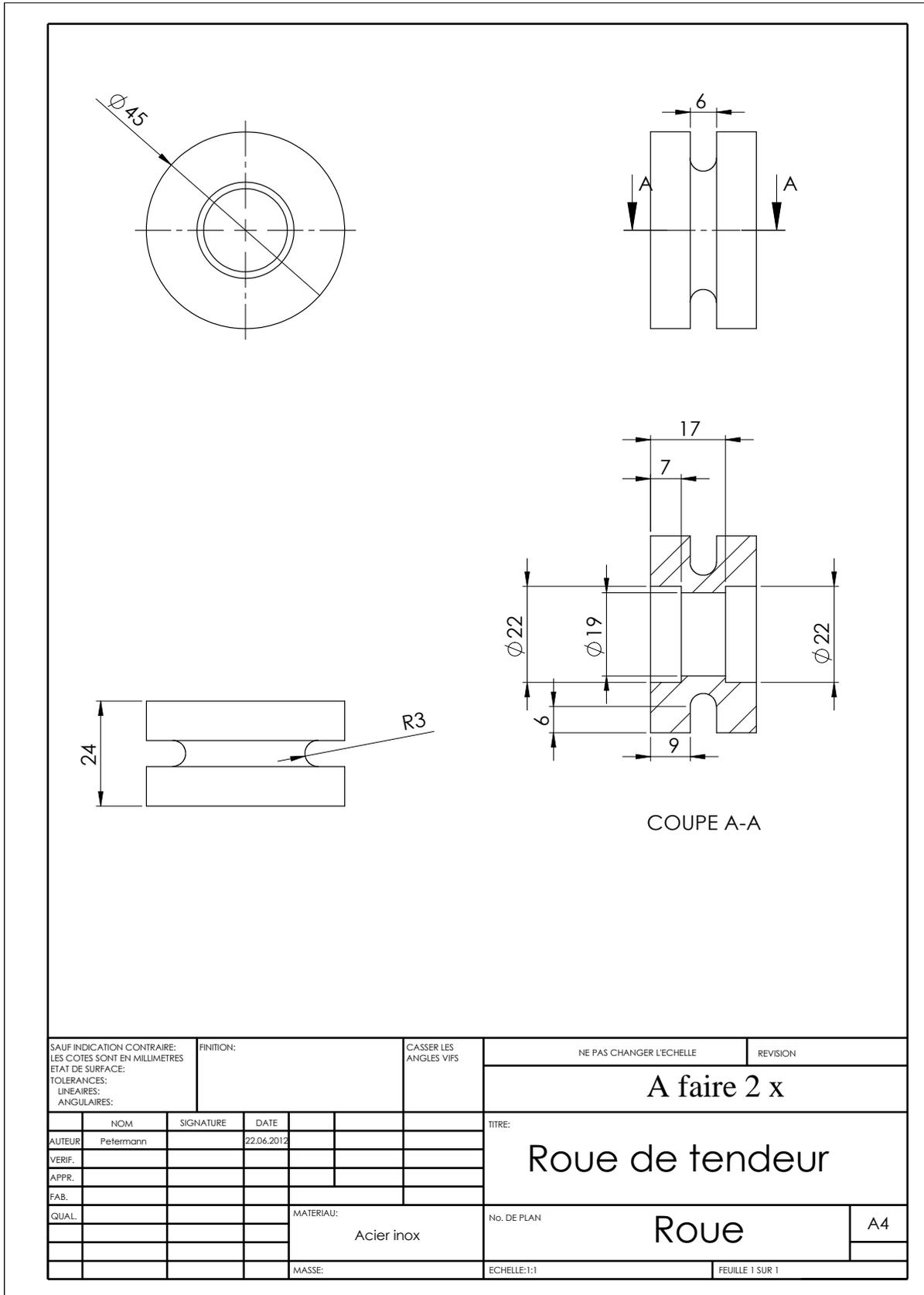


C.1.7 Guide câble



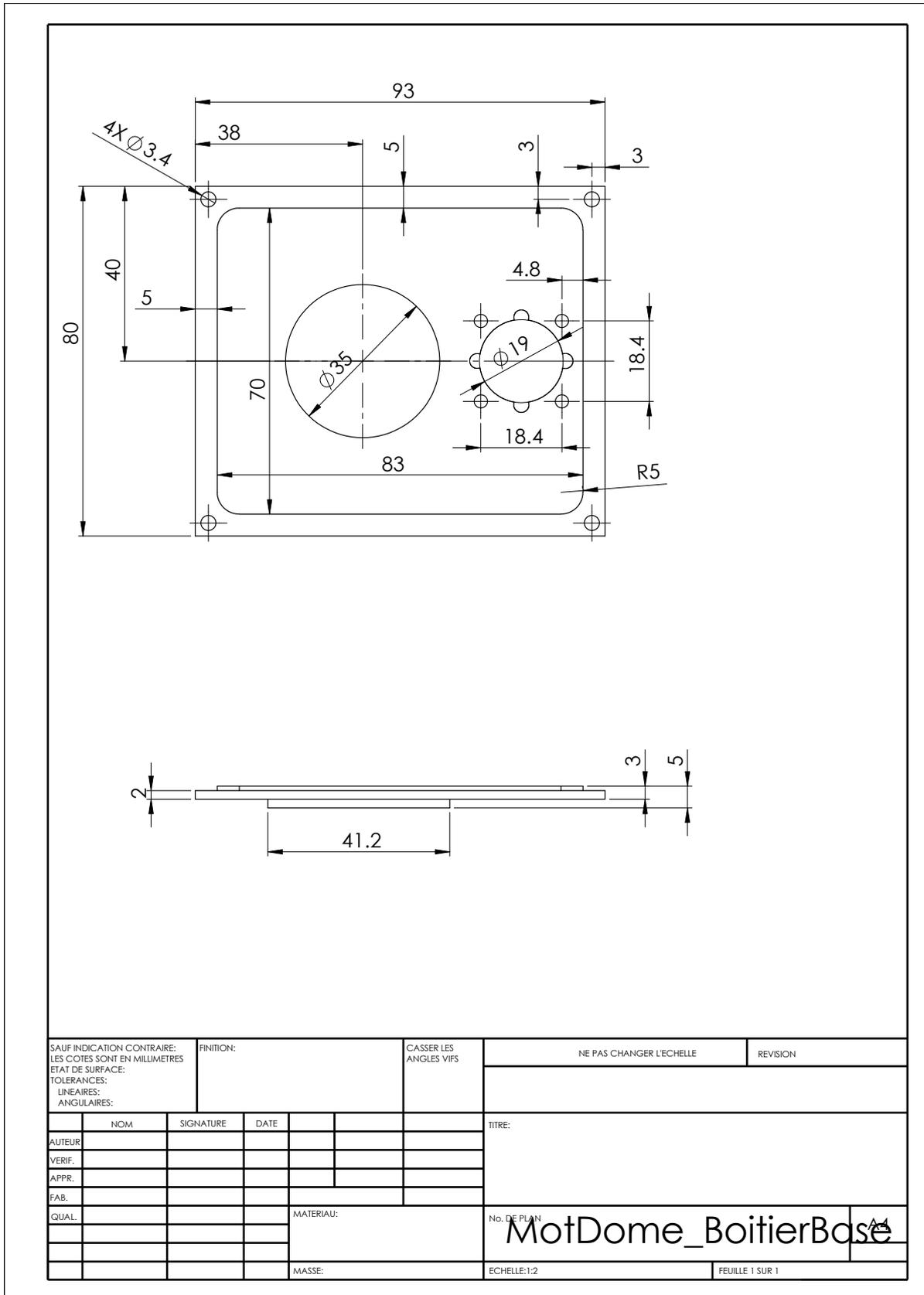
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES:		FINITION:		CASSER LES ANGLES VIFS		NE PAS CHANGER L'ECHELLE		REVISION	
AUTEUR		SIGNATURE		DATE		TITRE:			
VERIF.						Passerelle			
APPR.									
FAB.						MATERIAU:		No. DE PLAN	
QUAL.						Acier		Guide_cable_inferieur	
						MASSE:		ECHELLE:2:1	
								FEUILLE 1 SUR 1	

C.1.8 Tendeur

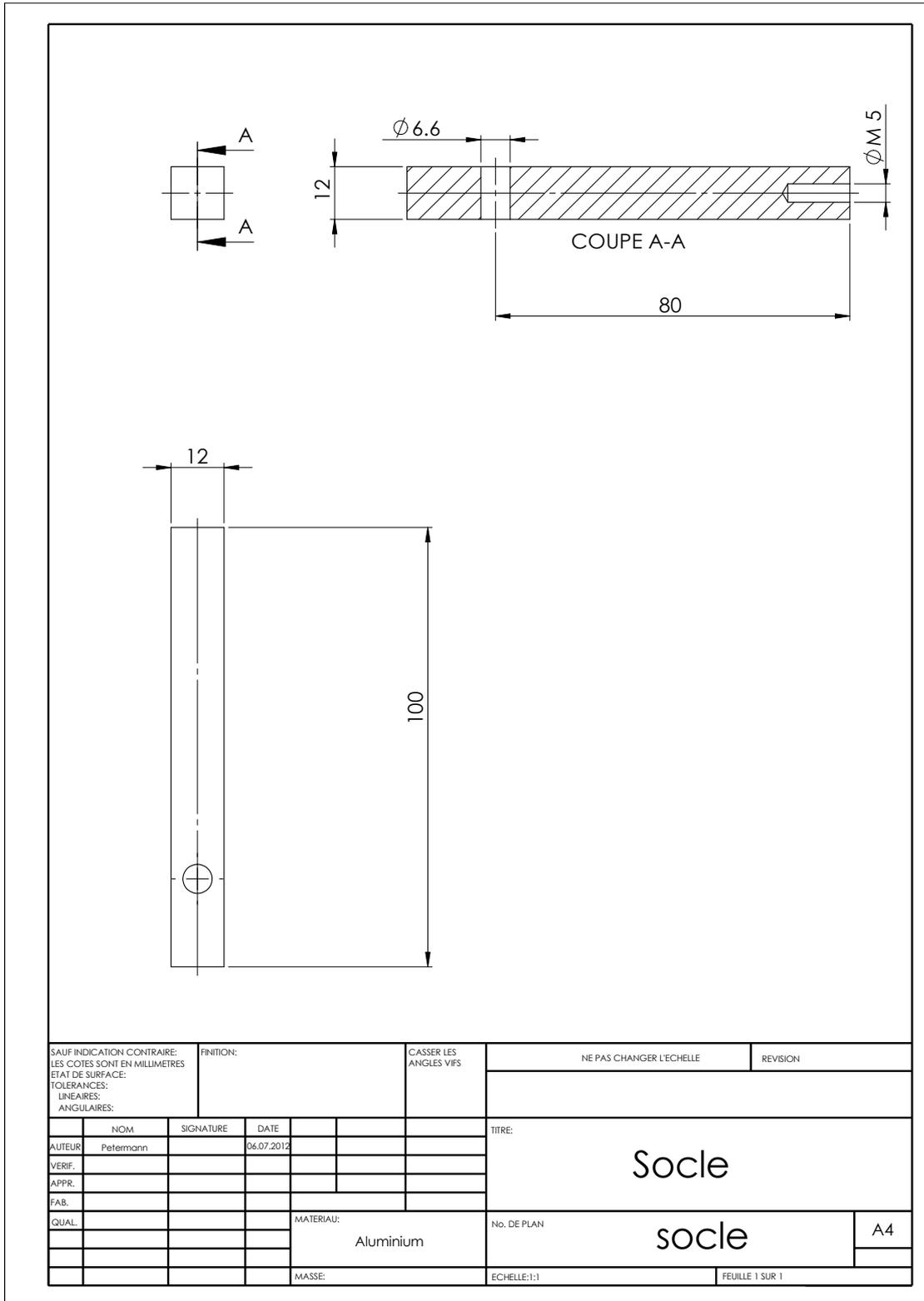


## C.2 Organes de rotation du dôme

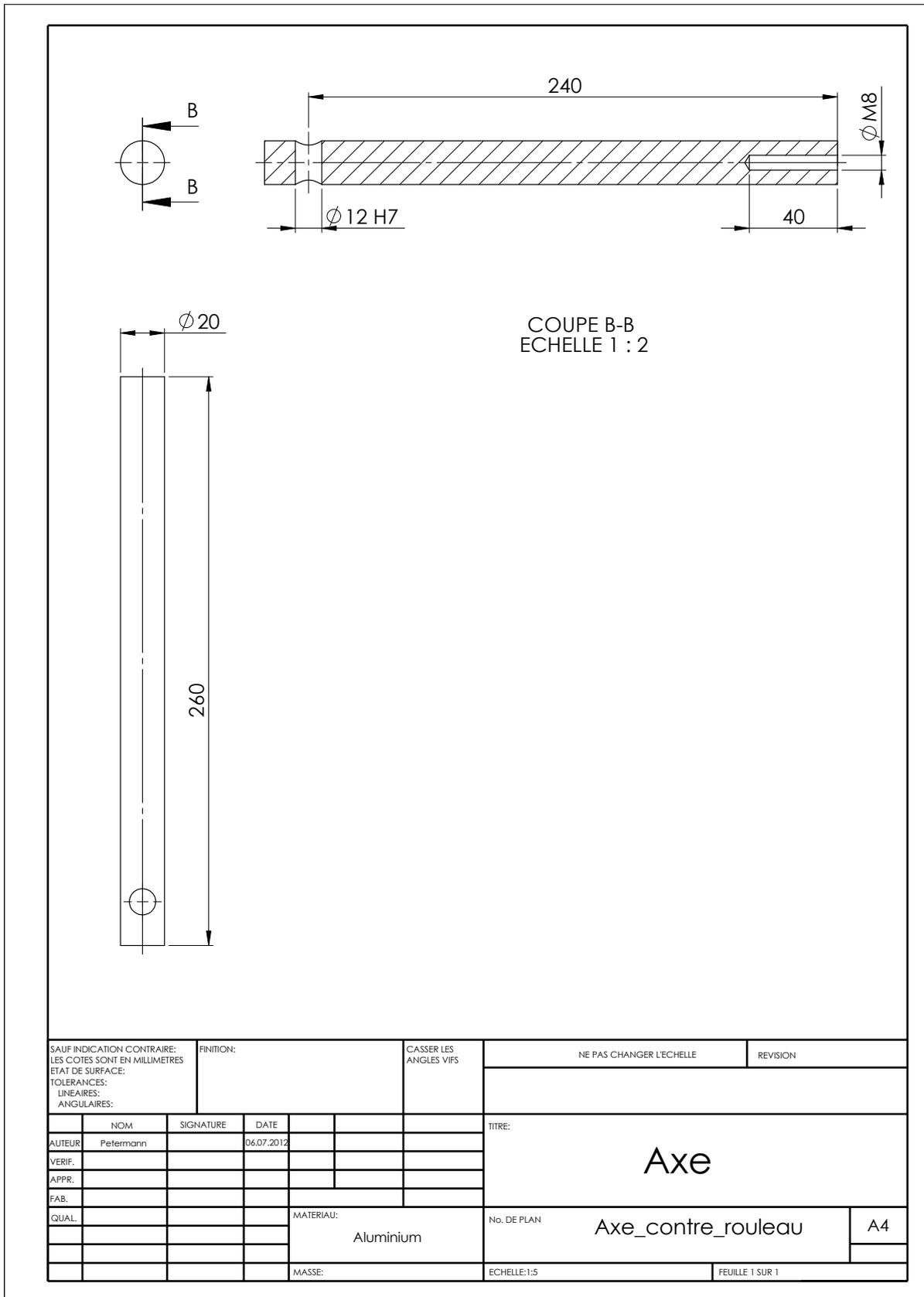
### C.2.1 Boîtier de base



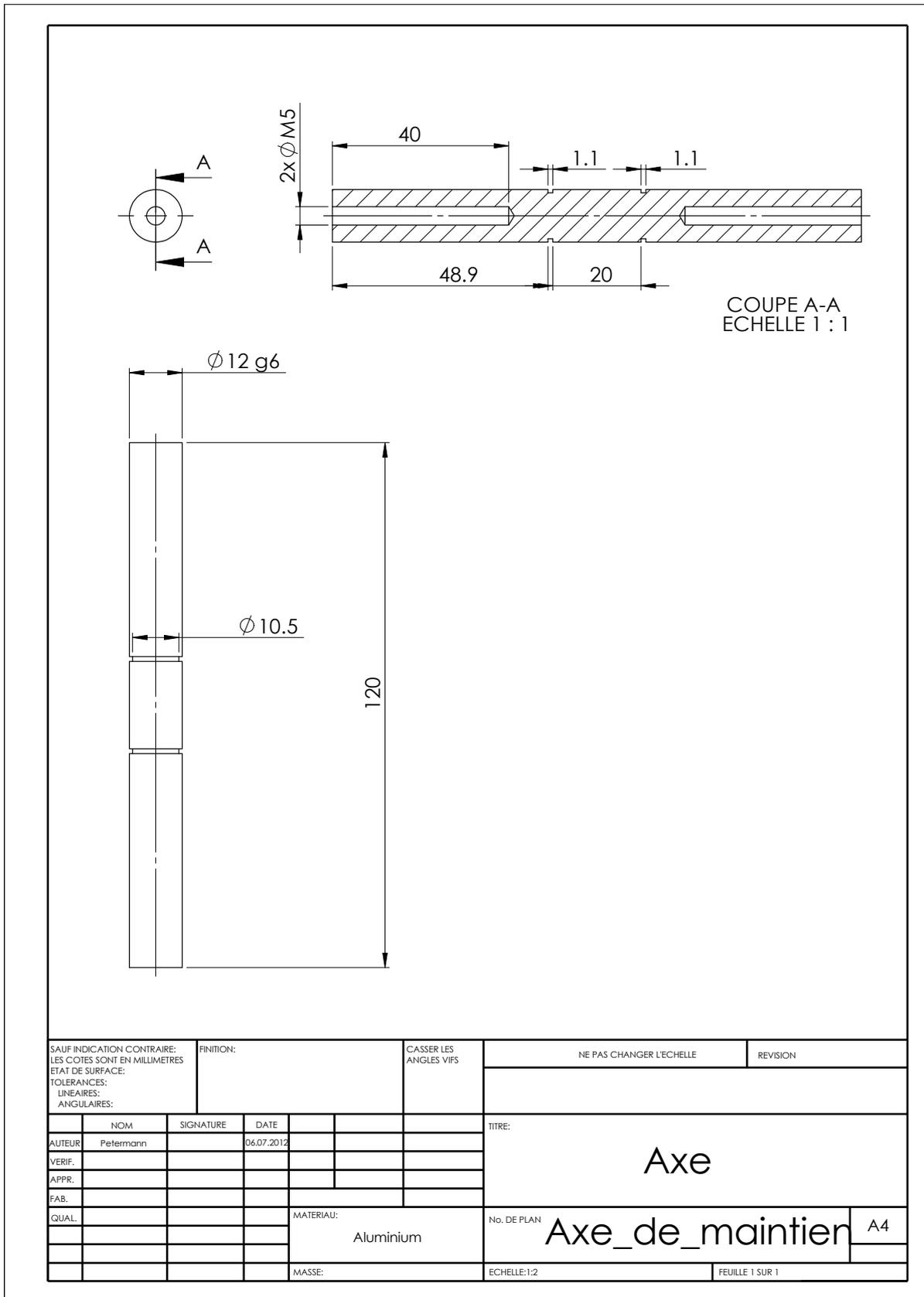
C.2.2 Potence de contre rouleur



C.2.3 Axe de contre rouleau



C.2.4 Axe de fixation de contre rouleur





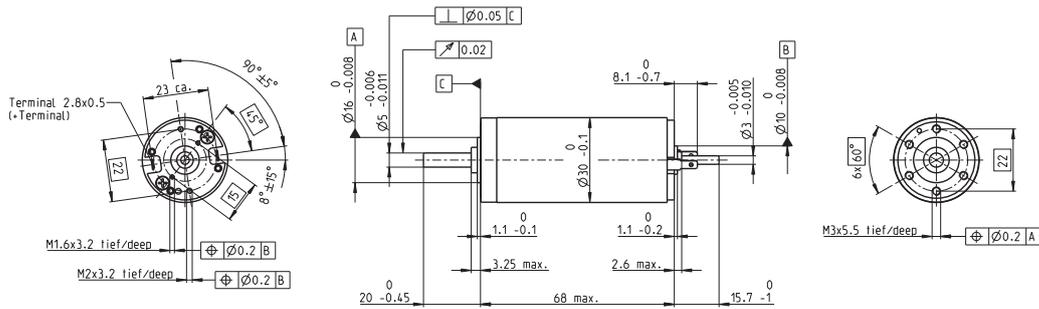
## D Annexe 4 : Motorisation

### D.1 Moteur-réducteur-driver

#### D.1.1 Moteur

### RE 30 Ø30 mm, Graphite Brushes, 60 Watt

maxon DC motor



- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

according to dimensional drawing  
shaft length 15.7 shortened to 8.7 mm

Order Number					
	310005	310006	310007	310008	310009
	268193	268213	268214	268215	268216

Motor Data							
<b>Values at nominal voltage</b>							
1	Nominal voltage	V	12.0	18.0	24.0	36.0	48.0
2	No load speed	rpm	8170	8590	8810	8590	8490
3	No load current	mA	300	212	164	106	78.5
4	Nominal speed	rpm	7630	7900	8050	7810	7750
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	51.7	75.5	85.0	83.4	88.2
6	Nominal current (max. continuous current)	A	4.00	4.00	3.44	2.20	1.72
7	Stall torque	mNm	844	991	1020	936	1020
8	Starting current	A	60.5	49.8	39.3	23.5	19.0
9	Max. efficiency	%	86	87	87	87	88
<b>Characteristics</b>							
10	Terminal resistance	Ω	0.198	0.362	0.611	1.53	2.52
11	Terminal inductance	mH	0.0345	0.0703	0.119	0.281	0.513
12	Torque constant	mNm / A	13.9	19.9	25.9	39.8	53.8
13	Speed constant	rpm / V	685	479	369	240	178
14	Speed / torque gradient	rpm / mNm	9.74	8.71	8.69	9.22	8.33
15	Mechanical time constant	ms	3.42	3.25	3.03	3.17	3.01
16	Rotor inertia	gcm <sup>2</sup>	33.5	35.7	33.3	32.9	34.5

#### Specifications

Thermal data		
17	Thermal resistance housing-ambient	6.0 K / W
18	Thermal resistance winding-housing	1.7 K / W
19	Thermal time constant winding	16.2 s
20	Thermal time constant motor	714 s
21	Ambient temperature	-30 ... +100°C
22	Max. permissible winding temperature	+125°C

Mechanical data (ball bearings)		
23	Max. permissible speed	12000 rpm
24	Axial play	0.05 - 0.15 mm
25	Radial play	0.025 mm
26	Max. axial load (dynamic)	5.6 N
27	Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	110 N
28	Max. radial loading, 5 mm from flange	28 N

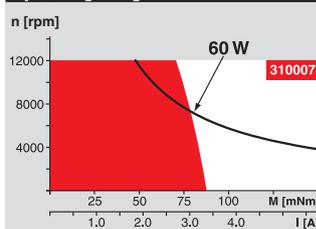
Other specifications		
29	Number of pole pairs	1
30	Number of commutator segments	13
31	Weight of motor	238 g

Values listed in the table are nominal.  
Explanation of the figures on page 49.

⚠ Tolerances may vary from the standard specification.

**Option**  
Preloaded ball bearings

#### Operating Range



#### Comments

■ **Continuous operation**  
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.  
= Thermal limit.

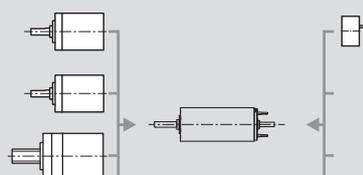
**Short term operation**  
The motor may be briefly overloaded (recurring).

— **Assigned power rating**

#### maxon Modular System

Overview on page 16 - 21

- Planetary Gearhead**  
Ø32 mm  
0.75 - 6.0 Nm  
Page 229 / 231 / 232
- Koaxdrive**  
Ø32 mm  
1.0 - 4.5 Nm  
Page 235
- Spindle Drive**  
Ø32 mm  
Page 249 / 250 / 251

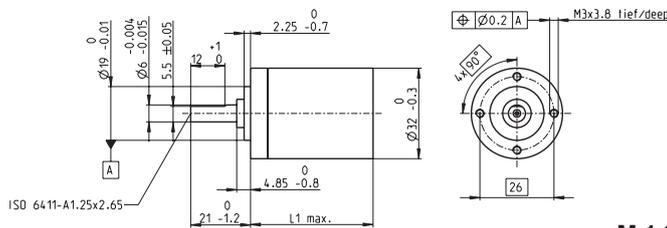


**Encoder MR**  
256 - 1024 CPT,  
3 channels  
Page 263

- Recommended Electronics:**
- ADS 50/5 Page 282
  - ADS\_E 50/5 283
  - EPOS2 Module 36/2 304
  - EPOS2 24/5 305
  - EPOS2 50/5 305
  - EPOS2 P 24/5 308
  - Notes 18

D.1.2 Réducteur

**Planetary Gearhead GP 32 C** Ø32 mm, 1.0–6.0 Nm  
Ceramic Version



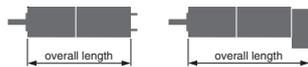
Technical Data	
Planetary Gearhead	straight teeth
Output shaft	stainless steel
Shaft diameter as option	8 mm
Bearing at output	ball bearing
Radial play, 5 mm from flange	max. 0.14 mm
Axial play	max. 0.4 mm
Max. permissible axial load	120 N
Max. permissible force for press fits	120 N
Sense of rotation, drive to output	=
Recommended input speed	< 8000 rpm
Recommended temperature range	-40...+100°C
Number of stages	1 2 3 4 5
Max. radial load, 10 mm from flange	140 N 140 N 140 N 140 N 140 N

M 1:2

Option: Low-noise version

maxon gear

Gearhead Data	Article Numbers											
	166930	166933	166938	166939	166944	166949	166954	166959	166962	166967	166972	166977
1 Reduction	3.7 : 1	14 : 1	33 : 1	51 : 1	111 : 1	246 : 1	492 : 1	762 : 1	1181 : 1	1972 : 1	2829 : 1	4380 : 1
2 Reduction absolute	26/7	676/149	529/116	17576/343	13824/125	421824/1715	86112/125	19044/25	10123776/6575	8626176/4375	495144/125	109503/25
3 Max. motor shaft diameter	mm 6	6	3	6	4	4	3	3	4	4	3	3
<b>Article Numbers</b>	<b>166931</b>	<b>166934</b>		<b>166940</b>	<b>166945</b>	<b>166950</b>	<b>166955</b>	<b>166960</b>	<b>166963</b>	<b>166968</b>	<b>166973</b>	<b>166978</b>
1 Reduction	4.8 : 1	18 : 1		66 : 1	123 : 1	295 : 1	531 : 1	913 : 1	1414 : 1	2189 : 1	3052 : 1	5247 : 1
2 Reduction absolute	24/5	624/35		16224/245	6877/56	301062/343	331776/625	36501/40	2425488/1715	538409/245	1907712/625	839523/160
3 Max. motor shaft diameter	mm 4	4		4	3	4	3	3	3	3	3	3
<b>Article Numbers</b>	<b>166932</b>	<b>166935</b>		<b>166941</b>	<b>166946</b>	<b>166951</b>	<b>166956</b>	<b>166961</b>	<b>166964</b>	<b>166969</b>	<b>166974</b>	<b>166979</b>
1 Reduction	5.8 : 1	21 : 1		79 : 1	132 : 1	318 : 1	589 : 1	1093 : 1	1526 : 1	2362 : 1	3389 : 1	6285 : 1
2 Reduction absolute	29/4	299/14		3887/49	3312/25	389376/1225	25051/25	278841/256	8345024/6128	2050668/875	474513/140	6436343/1024
3 Max. motor shaft diameter	mm 3	3		3	3	4	3	3	4	3	3	3
<b>Article Numbers</b>		<b>166936</b>		<b>166942</b>	<b>166947</b>	<b>166952</b>	<b>166957</b>		<b>166965</b>	<b>166970</b>	<b>166975</b>	
1 Reduction		23 : 1		86 : 1	159 : 1	411 : 1	636 : 1		1694 : 1	2548 : 1	3656 : 1	
2 Reduction absolute		576/25		14976/175	1587/10	359424/875	79488/25		1162215/686	7962624/4125	457056/125	
3 Max. motor shaft diameter		mm 4		4	3	4	3		3	4	3	
<b>Article Numbers</b>		<b>166937</b>		<b>166943</b>	<b>166948</b>	<b>166953</b>	<b>166958</b>		<b>166966</b>	<b>166971</b>	<b>166976</b>	
1 Reduction		28 : 1		103 : 1	190 : 1	456 : 1	706 : 1		1828 : 1	2623 : 1	4060 : 1	
2 Reduction absolute		138/5		3588/35	12167/64	89401/196	158171/224		2238912/1225	2056223/784	3637933/696	
3 Max. motor shaft diameter		mm 3		3	3	3	3		3	3	3	
4 Number of stages		1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5
5 Max. continuous torque	Nm	1	3	3	6	6	6	6	6	6	6	6
6 Intermittently permissible torque at gear output	Nm	1.25	3.75	3.75	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
7 Max. efficiency	%	80	75	75	70	70	60	60	60	50	50	50
8 Weight	g	118	162	162	194	194	226	226	226	258	258	258
9 Average backlash no load	"	0.7	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10 Mass inertia	gcm <sup>2</sup>	1.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
11 Gearhead length L1	mm	26.5	36.4	36.4	43.1	43.1	49.8	49.8	49.8	56.5	56.5	56.5



maxon Modular System			
+ Motor	Page	+ Sensor/Brake	Page
RE 25, 10 W	77/79		
RE 25, 10 W	77/79	MR	272
RE 25, 10 W	77/79	Enc 22	274
RE 25, 10 W	77/79	HED_5540	276/278
RE 25, 10 W	77/79	DCT 22	286
RE 25, 20 W	78		
RE 25, 20 W	78	MR	272
RE 25, 20 W	78	HED_5540	277/280
RE 25, 20 W	78	DCT22	286
RE 25, 20 W	78	AB 28	330
RE 25, 20 W	78	HED_5540 / AB 28	277/330
RE 25, 20 W	79	AB 28	330
RE 25, 20 W	79	HED_5540 / AB 28	330
RE 30, 60 W	80		
RE 30, 60 W	80	MR	273
RE 35, 90 W	81		
RE 35, 90 W	81	MR	273
RE 35, 90 W	81	HED_5540	276/278
RE 35, 90 W	81	DCT 22	287
RE 35, 90 W	81	AB 28	330
RE 35, 90 W	81	HEDS 5540 / AB 28	276/330
A-max 26	101-108		
A-max 26	102-108	MEnc 13	285
A-max 26	102-108	MR	272
A-max 26	102-108	Enc 22	275
A-max 26	102-108	HED_5540	277/278
A-max 32	109/111		
A-max 32	110/112		
A-max 32	110/112	MR	273
A-max 32	110/112	HED_5540	277/278

### D.1.3 Driver

## ESCON Overview

maxon motor control

The ESCON servo controllers are small-sized, powerful 4-quadrant PWM servo controller for the highly efficient control of permanent magnet-activated DC motors.

The featured operating modes – speed control (closed loop), speed control (open loop), and current control – meet the highest requirements. The ESCON servo controllers are designed being commanded by an analog set value and

features extensive analog and digital I/O functionality and are being configured via USB interface using the graphical user interface «ESCON Studio» for Windows PCs.

## // ESCON Setup

Full version, including...

- ESCON Studio
- ESCON Firmware
- Documentation (Hardware Reference, Feature Comparison Chart, Firmware Version «Readme»)

escon.maxonmotor.com

DOWNLOAD

**ESCON 36/2 DC**

- Feature Comparison Chart
- Hardware Reference
- Firmware
- Firmware Version «Readme»

403112

**ESCON 50/5**

- Feature Comparison Chart
- Hardware Reference
- Firmware
- Firmware Version «Readme»

409510

Depending on the ESCON variant, the following **motor types** can be operated

- **DC motor:** Permanent-magnet DC motor
- **EC motor:** Brushless, electronically commutated permanent-magnet DC motor (BLDC) with Hall sensors.

Various **operating modes** allow an adaptable use in a wide range of drive systems

- **Current controller:** The current controller compares the actual motor current (torque) with the applied set value. In case of deviation, the motor current is dynamically readjusted.
- **Speed controller (closed loop):** The closed loop speed controller compares the actual speed signal with the applied set value. In case of deviation, the speed is dynamically readjusted.

- **Speed controller (open loop):** The open loop speed controller feeds the motor with a voltage proportional to the applied speed set value. Changes in load are compensated using the IxR methodology.

**Speed measurement by**

- **Digital incremental encoder:** The encoders deliver simple square signals for further processing. Their impulses are counted to determine the speed. Channels A and B are phase-shifted signals, which are being compared to determine the sense of rotation.
- **DC tacho:** The DC tacho delivers a speed-proportional analog voltage.
- **Available Hall sensors:** The Hall sensors deliver six different combinations of switching impulses per electrical turn which are counted to determine speed. They also deliver phase-

shifted signals that are being compared to determine the sense of rotation.

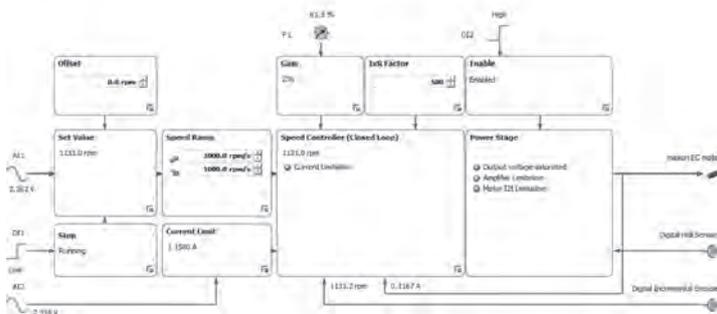
To the numerous **inputs** and **outputs**, various functionalities can be assigned to.

**Set value** (speed or current), **current** limitation, as well as **offset** can be assigned as follows.

- **Analog value:** The value is defined by an analog voltage set via external or internal potentiometer.
- **PWM value:** The value is defined by fixed frequency and amplitude. The desired change is achieved by variation of the duty cycle of 10...90%.
- **Fixed value:** The value is defined by a fixed preset value.
- **2 fixed values:** Value 1 is defined by a fixed preset value 1. Value 2 is defined by a fixed preset value 2. A digital input is used to switch between the two preset values.

Various functionalities are available to **enable** the power stage.

- **Enable:** Enables or disables the power stage.
- **Enable & Direction:** Enables or disables the power stage and determines the motor shaft's direction of rotation.
- **Enable CW:** Enables or disables the power stage in direction of rotation-dependent sense. The rotor can only turn clockwise (CW).
- **Enable CCW:** Enables or disables the power stage in direction of rotation-dependent sense. The rotor can only turn counterclockwise (CCW).
- **Enable CW & CCW:** Enables or disables the power stage in direction of rotation-dependent



ESCON Studio (Controller Monitor)

sense. The rotor can only turn in defined direction. The signals are interlocked against each other.

The **ramp function** permits controlled acceleration/deceleration of the motor shaft in both, open loop and closed loop speed controller mode.

- **Analog ramp:** The ramp is defined by a variable analog value.
- **Fixed ramp:** The ramp is defined by a fixed preset value.

**Stop:** The motor shaft decelerates with preset speed ramp until complete standstill.

**Ready:** The Ready signal can be used to transmit the operational status (respectively fault) to a superior control.

**Speed comparator:** The digital output is set as soon as the preset speed is reached.

- **Limit:** The digital output is set as soon as the preset speed is reached. It will continue set as long as the overspeed remains.
- **Range:** The digital output is set as soon as the preset speed range is reached. It will continue set as long as the speed remains in range.
- **Deviation:** The digital output is set as soon as the preset speed variation (based on the speed set value) is reached.

With the integrated **potentiometers** the additional following functions can be adjusted

- **Current Gain:** Adjustment of the current controller gain.
- **Speed Gain:** Adjustment of the speed controller gain.
- **IxR Factor:** The voltage drop caused by terminal resistance will be compensated in the range of [0...1000...2000].

Analog outputs allow monitoring of

- **Actual current:** Actually measured motor winding current.
- **Actual current averaged:** Actually measured motor winding current filtered by first order digital low-pass filter with a cut-off frequency of 5 Hz.
- **Actual speed:** Actually measured motor speed.
- **Actual speed averaged:** Actually measured motor speed filtered by 1st order digital low-pass filter with a cut-off frequency of 5 Hz.
- **Demand Current:** Demanded motor winding current.
- **Demand Speed:** Demanded motor speed.
- **Temperature Power Stage:** Actually measured power stage temperature.
- **Fixed value:** The output voltage is said fixed to the preset value.

#### Easy startup

Startup and parameterization are performed using the intuitive graphical user interface «ESCON Studio» with the help of simple to use, menu-guided wizards. The following wizards are available: Startup, Regulation Tuning, Firmware Update, Controller Monitor, Parameters, Data Recording, and Diagnostics.

#### Protective equipment

The servo controller has protective circuits against overcurrent, excess temperature, under- and overvoltage, against voltage transients, and against short-circuits in the motor cable. Furthermore it is equipped with protected digital inputs and outputs and an adjustable current limitation for protecting the motor and the load. The motor current and the actual speed of the motor shaft can be monitored by means of the analog output voltage.

#### Comprehensive documentation

Using the «Feature Comparison Chart», the appropriate ESCON servo controller can be easily found. In the «Hardware Reference», the complete hardware is specified in detail. In the document «Firmware Version», the changes and improvements of the firmware are documented. The graphical user interface «ESCON Studio» also has a comprehensive online help.

maxon motor control



#### Software

Installation Program	ESCON Setup
Graphical User Interface	ESCON Studio
Startup Wizard	✓
Regulation Tuning	✓
Diagnostic	✓
Firmware Update	✓
Controller Monitor	✓
Parameters	✓
Data Recording	✓
Online Help	✓
Language	German, English, French, Italian, Spanish, Japanese, Chinese
Operating System	Windows 7, Windows XP SP3
Communication interface	USB 2.0 (full speed)

Accessories (not included in delivery)	ESCON 36/2 DC	ESCON 50/5
404404 ESCON 36/2 DC Connector Set	✓	—
403964 ESCON Analog I/O Cable	✓	—
403962 ESCON DC Motor Cable	✓	—
403965 ESCON Digital I/O Cable	✓	—
275934 ESCON Encoder Cable	optional	optional
403957 ESCON Power Cable	✓	—
409286 ESCON USB Stick	✓	✓
403968 USB 2.0 Type A micro-B Cable	✓	✓

## ESCON Feature Comparison Chart



NEW

NEW

	ESCON 36/2 DC	ESCON 50/5
DC motors up to	72 W	250 W
EC motors up to	–	250 W
<b>Sensors</b>		
	Digital Incremental Encoder (2 channel with or without Line Driver)	Digital Incremental Encoder (2 channel with or without Line Driver)
	DC Tacho	DC Tacho
	–	Digital Hall Sensors (EC motors)
<b>Operating Mode</b>		
	Current controller (torque control), Speed controller (closed and open loop)	Current controller (torque control), Speed controller (closed and open loop)
<b>Electrical Data</b>		
Nominal operating voltage $V_{CC}$	10 - 36 VDC	10 - 50 VDC
Max. output voltage	$0.98 \times V_{CC}$	$0.98 \times V_{CC}$
Max. output current	4 A (<60 s)	15 A (<20 s)
Continuous output current	2 A	5 A
Pulse width modulation frequency	53.6 kHz	53.6 kHz
Sampling rate PI current controller	53.6 kHz	53.6 kHz
Sampling rate PI speed controller	5.36 kHz	5.36 kHz
Max. efficiency	95%	95%
Max. speed (DC)	limited by max. permissible speed (motor) and max. output voltage (controller)	limited by max. permissible speed (motor) and max. output voltage (controller)
Max. speed (EC; 1 pole pair)	–	150 000 rpm
Built-in motor choke	300 $\mu$ H / 2 A	3 x 30 $\mu$ H / 5 A
<b>Inputs/Outputs</b>		
Hall sensor signals	–	H1, H2, H3
Encoder signals	A, A $\bar$ , B, B $\bar$	A, A $\bar$ , B, B $\bar$
Max. encoder input frequency differential (single-ended)	1 MHz (100 kHz)	1 MHz (100 kHz)
Potentiometers	1	2
Digital inputs	2	2
Digital inputs/outputs	2	2
Analog inputs	2	2
Resolution, Range, Circuit	12-bit, -10...+10 V, differential	12-bit, -10...+10 V, differential
Analog outputs	2	2
Resolution, Range	12-bit, -4...+4 V	12-bit, -4...+4 V
Auxiliary voltage output	+5 VDC (IL $\leq$ 10 mA)	+5 VDC (IL $\leq$ 10 mA)
Hall sensor supply voltage	–	+5 VDC (IL $\leq$ 30 mA)
Encoder supply voltage	+5 VDC (IL $\leq$ 70 mA)	+5 VDC (IL $\leq$ 70 mA)
Status Indicators	Operation: green LED / Error: red LED	Operation: green LED / Error: red LED
<b>Environmental Conditions</b>		
Temperature – Operation	-30...+45°C	-30...+45°C
Temperature – Extended range	+45...+81°C; Derating: -0.056 A/°C	+45...+85°C; Derating: -0.113 A/°C
Temperature – Storage	-40...+85°C	-40...+85°C
Humidity (condensation not permitted)	20...80%	20...80%
<b>Mechanical Data</b>		
Weight	Approx. 30 g	Approx. 204 g
Dimensions (L x W x H)	55 x 40 x 16.1 mm	115 x 75.5 x 24 mm
Mounting holes	for screws M2.5	for screws M4
<b>Article numbers</b>		
	<b>403112</b> ESCON 36/2 DC	<b>409510</b> ESCON 50/5
	Order accessories separately, from page 321	Order accessories separately, from page 321

## E Annexe 5 : Entraînements

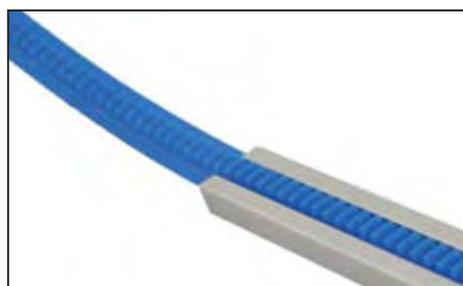
# Crémaillère **flexible** plastique



## DR

## Duracon moulé

- Crémaillère flexible à utiliser avec un engrenage 20 dents de même module (voir engrenage ZGDR)
- Longueur 2000mm (+/- 10mm)
- Rayon de courbure mini. : 150mm
- Angle de pression 20°
- Surface de référence : face arrière

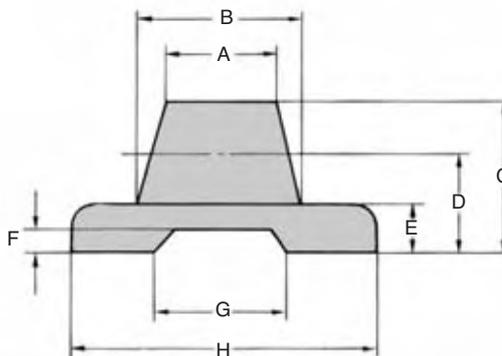


### Accessoires

- Clip SRS
- Rail ARL
- Engrenage ZGDR

### Info.

Ces crémaillères étant moins précises que des crémaillères métal, elles ne conviennent par pour des applications de positionnement de précision



### REMISES

Qté	1+	6+	10+	20+	30+
Rem. Prix	-5%	-10%	-15%	Sur demande	

Références	Module	Longueur (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	Charge maxi (N)	Masse kg	Prix Uni. 1 à 5
DR0,8-2000	0,8	2000	3	3,8	3,3	2,5	1,5	0,7	3,7	8	111,8	0,10	79,07 €
DR1-2000	1,0	2000	4	5,0	4,3	3,3	2,0	0,9	4,9	10	160,9	0,15	102,15 €
DR1,5-2000	1,5	2000	5	6,5	5,7	4,2	2,3	1,0	8,0	12	161,4	0,20	128,56 €
DR2-2000	2,0	2000	6	6,0	7,0	5,0	2,5	1,1	10,1	15	264,9	0,30	154,89 €

190 ④ Tome ④ 2011

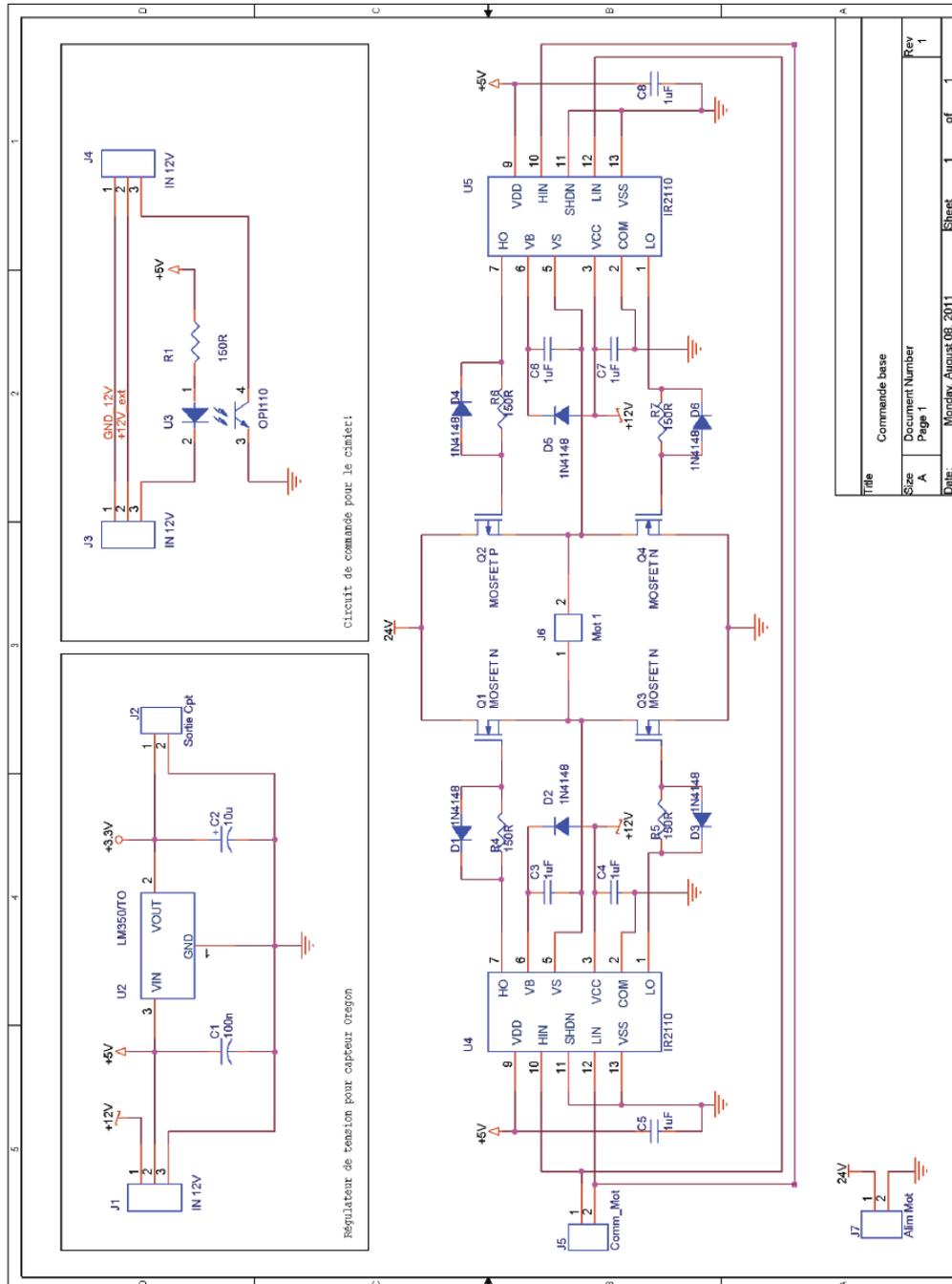
HPC

www.hpceurope.com

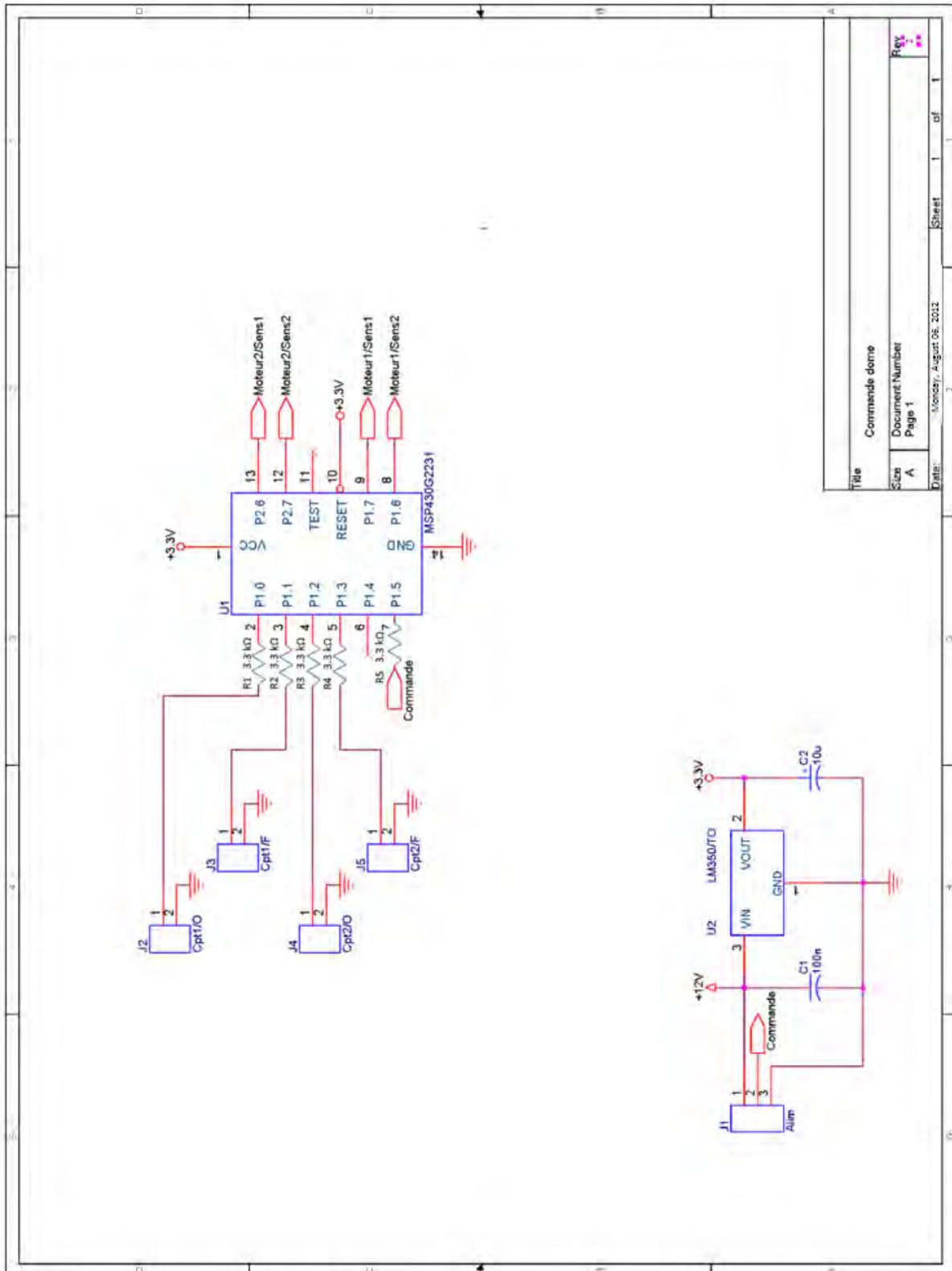
Tel: 0825 88 5000

## F Annexe 6 : Schémas électriques/électroniques

### F.1 Pont en H alimenté en PWM (schéma effectué par Pierre CLOT)



F.2 Modification de la commande d'ouverture/fermeture

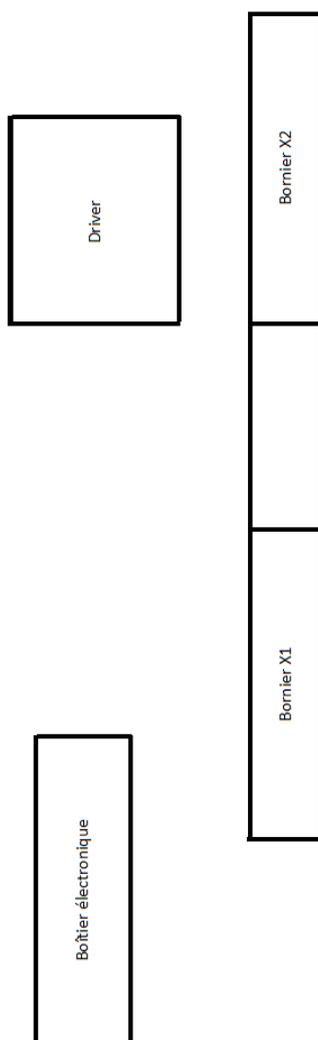


Title		Commande dome	
Size	A	Document Number	Page 1
Date:	Monday, August 06, 2012	Sheet	1 of 1

### F.3 Borniers

#### F.3.1 Emplacement des borniers

Cette figure représente l'emplacement des borniers sur la tôle équipée de tous les éléments électriques.



### F.3.2 Description des borniers X1 et X2

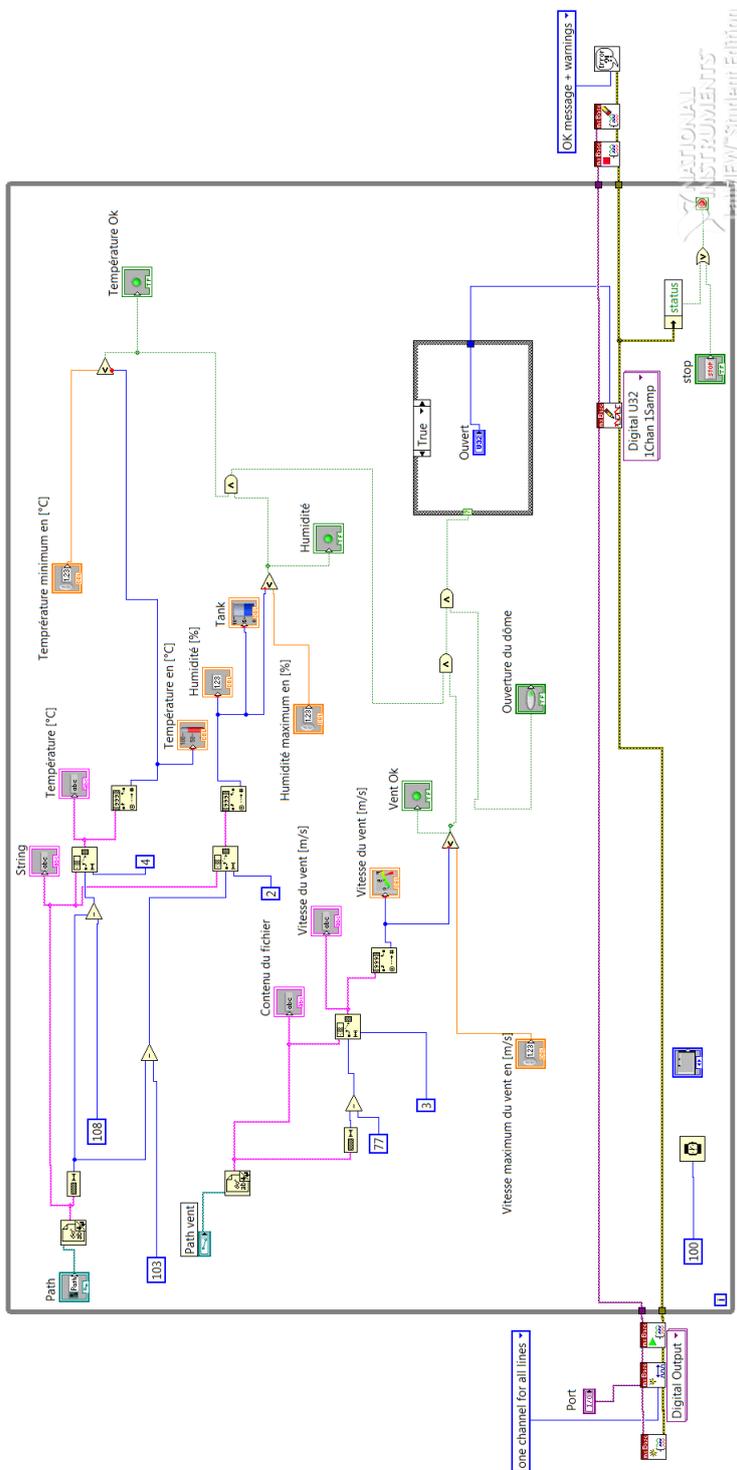
Bornier X2	
Réserve	Réserve
Réserve	Réserve
Driver: J6-1	Alimentation 10VDC +
Driver: J6-2	Alimentation 10VDC -
Driver: J5-5	Carte d'acquisition LabView: GND
Driver: J5-3	Carte d'acquisition LabView: P1.2
Driver: J5-2	Carte d'acquisition LabView: P1.1
Driver: J5-1	Carte d'acquisition LabView: P1.0
Boîtier: M1 -	Moteur M1 -
Boîtier: M1 +	Moteur M1 +
Boîtier: M2 -	Moteur M2 -
Boîtier: M2 +	Moteur M2 +
Driver: J2-2	Moteur M3 -
Driver: J2-1	Moteur M3 +
Alimentation + du boîtier et Driver J1-2	Alimentation 12 VDC +
Alimentation - du boîtier et Driver J1-1	Alimentation 12 VDC -

Bornier X1	
S1 boîtier	S1 FDC
S2 boîtier	S2 FDC
S3 boîtier	S3 FDC
S4 boîtier	S4 FDC
Commande boîtier	Commande LabView

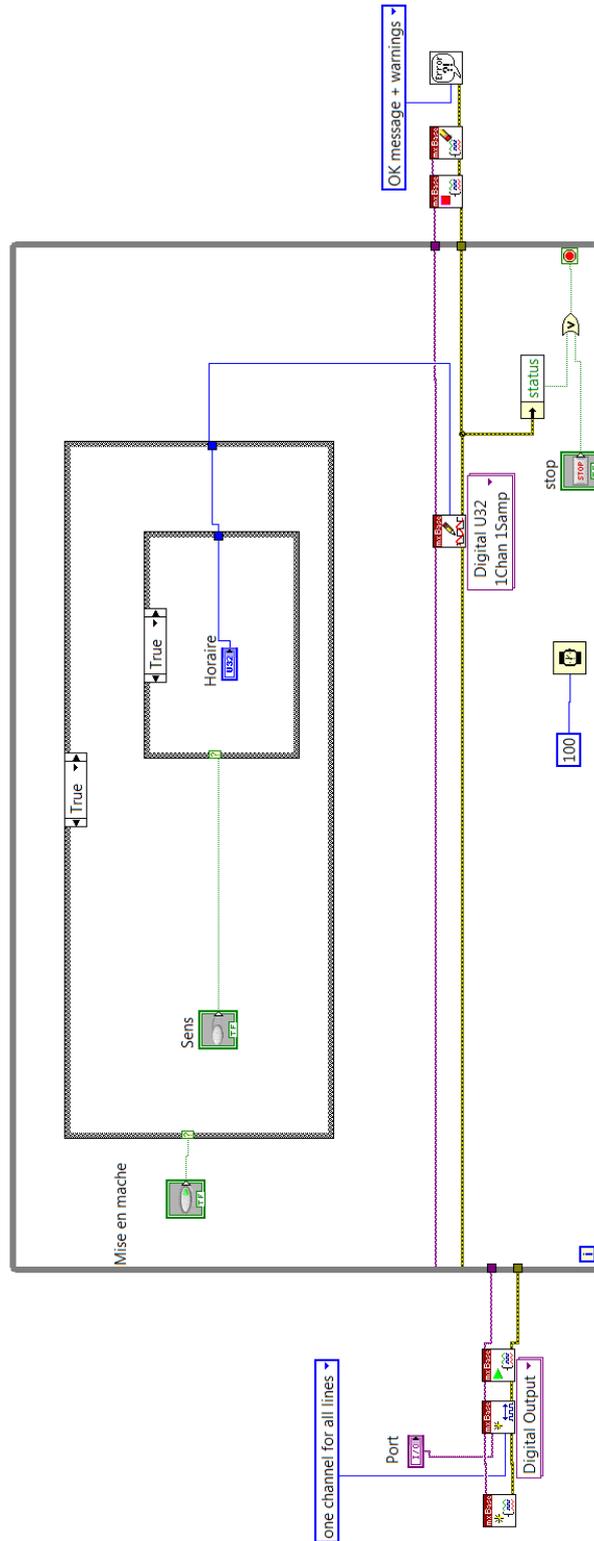
## G Annexe 7 : Programmation

### G.1 LabView

#### G.1.1 Ouverture du dôme



G.1.2 Rotation du dôme



## G.2 Programmation C

### G.2.1 MSP 430 programmé par Pierre Clos

```

//*****
// MSP430G2xx1 Commande du d- Software Toggle P1.0
//
// Description : Petit programme qui permet de commander les différents moteurs
//               du cimier.
//
// Nom : Pierre Clot
// Date : 11.08.2011
//*****

#include <msp430g2231.h>

void main(void)
{
    WDCTL = WDTPW + WDT HOLD;           // Stop watchdog timer

    P1DIR = 0xC0;                        // Sélection des I/O (1 = O, 0 = I)
    P1OUT = 0x3F;                        // Préparer les entrées pour pull-up
    P1REN |= 0x3F;                       // Mettre les 4 capteurs en pull-up

    P2SEL &= 0x3F;                       // Pour utiliser le port2 en I/O
    P2DIR = 0xC0;                        // Sélection des I/O (1 = O, 0 = I)
    P2OUT &= 0x3F;
    P2REN &= 0x3F;

    while (1)
    {
        if (0x20 & P1IN)                 // Tester la commande
        // Le dôme doit être fermé
        {
            // Actionner le moteur 2 pour fermer la trappe
            while ( (0x08 & P1IN) && (0x20 & P1IN) )
            {
                P2OUT |= 0x80;           // Mettre en marche le moteur
            }
            P1OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur
            P2OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur

            // Actionner le moteur 1 pour fermer le cimier
            while ( (0x02 & P1IN) && (0x20 & P1IN) )
            // Les capteurs sont sur des pull-up -> 0 quand actif
            {
                P1OUT |= 0x40;           // Mettre en marche le moteur
            }
            P1OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur
            P2OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur
        }
        else
        // Le dôme doit être ouvert
        {
            // Actionner le moteur 1 pour ouvrir le cimier
            while ( (0x01 & P1IN) && !(0x20 & P1IN) )
            {
                P1OUT |= 0x80;           // Mettre en marche le moteur
            }
            P1OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur
            P2OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur

            // Actionner le moteur 2 pour ouvrir la trappe
            while ( (0x04 & P1IN) && !(0x20 & P1IN) )
            {
                P2OUT |= 0x40;           // Mettre en marche le moteur
            }
            P1OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur
            P2OUT &= 0x3F;               // Arrêter le moteur
        }
    }
}

```

## H Annexe 8

La mise en marche du dôme demande, en ce moment encore quelques procédures de démarrage et ne peut pas être effectuée tel quel.

Ce chapitre contient les procédures de démarrage de la partie ouvrant le dôme ainsi que la partie permettant la rotation du dôme.

⚠ Note : Ces procédures ne prennent en compte que la partie après le câblage.

### H.1 Procédure de démarrage de l'ouverture du dôme

Cette procédure de démarrage de l'ouverture du dôme doit être assurée dans l'ordre indiqué ci-dessous :

1. S'assurer que les parties permettant l'ouverture du dôme se trouvent déjà en fin de course de fermetures.
2. Connecter la station météo à l'ordinateur et attendre que cette dernière reconnaisse tout les éléments de la station (hygromètre et manomètre).
3. Ouvrir le programme LabView nommé : *Controle\_total.vi* .
4. Une fois le programme ouvert, donner les directoires des fichiers .csv envoyés par la station météo.



FIGURE 47 – Bouton à cliquer pour spécifier l'arborescence.

Le fichier envoyé par la station météo est un fichier ".csv" (fichier excel). Le fichier se trouve dans les programmes : ...\*OregonScientific\WeatherOS\DATA\WIND\One\_day*.

A noter que pour celui-ci est pour le vent. Pour la température et l'humidité se trouvent sous "TH" au lieu de WIND.

5. Par la suite, cliquer sur l'onglet "Contrôles de l'interface". Ce dernier permet de sélectionner le port et les bits activés sur l'interface LabView. Le port sélectionné doit être le port : Dev1/port0.  
Les sorties doivent la sortie "Ouvert" doit être sélectionnée sur 0 et la sortie "Fermé" doit être mise à 1. Ainsi, toutes les entrées sont désactivées pour l'ouverture du dôme et le port P1.0 est activé pour la fermeture de ce dernier.
6. Lancer le programme LabView en s'assurant que la carte d'acquisition ne soit pas connectée au bornier. Lorsque le programme est lancé, vérifier que toutes les Leds de contrôle soient allumées.
7. Brancher la carte d'acquisition au bornier.

⚠ Note : Il est important de s'assurer que le GND de la carte d'acquisition soit connecté au "-" de l'alimentation 12 VDC.

8. Lancer le programme.

## H.2 Procédure de démarrage de la rotation du dôme

Cette procédure de démarrage de rotation du dôme doit être assurée dans l'ordre indiqué ci-dessous :

1. Démarrer le programme *Mise\_en\_marche\_et\_sens.vi*.
2. S'assurer que les fenêtres aient les valeurs suivantes :
  - Arrêt : 1
  - Sens Horaire : 2
  - Sens Anti-horaire : 6
  - Port : Dev1/port0
3. Une fois les valeurs rentrées, connecter le variateur de tension aux entrées J6-1 et 2 du driver.
4. La carte d'acquisition LabView doit être connectée de la façon suivante aux entrées du driver :

Carte d'acquisition	Driver
P1.0	J5-1
P1.1	J5-2
P1.2	J5-3
GND	J5-5

5. S'assurer que le moteur soit bien connecté.
6. Appuyer sur le bouton "Mise en marche" et gérer la vitesse de rotation avec le variateur de tension. Le sens de rotation est géré quant à lui, avec le bouton "Sens de rotation".

⚠ Note : **Ne pas dépasser les 10 VDC** avec le variateur de tension. Le driver est réglé pour varier la vitesse de rotation du moteur en fonction de la tension entre 0 et 10 VDC