

IPSA
Institut Polytechnique des Sciences
Avancées



Observatoire de la Côte d'Azur
Département Gemini équipe AMS
2130 route de l'Observatoire
06460 Caussols



Contrôle des automatismes, mise en œuvre et modélisation de l'asservissement du télescope MISOLFA



Télescope MISOLFA

Maître de stage : Morand Frédéric
Etudiant : Desombre Cédric
Promotion 2007

Date de stage : 19 juin 2006 au 15 septembre 2006
Date de rédaction du rapport :

Remerciements

Je tiens à remercier mon maître de stage Mr. Frédéric Morand, ingénieur au sein de l'équipe AMS, qui a tout mis en œuvre pour que ce stage se passe dans d'excellentes conditions.

Je remercie également Mr. Mammar Fodil, ingénieur algérien, qui s'est toujours rendu disponible pour me donner de nombreux conseils sur mon travail.

Je remercie les autres équipes du site de Calern ainsi que les stagiaires, qui ont su mettre de la bonne humeur au sein des bureaux de l'équipe AMS.

Je remercie finalement tout le personnel du site de Calern de l'Observatoire de la Côte d'azur pour leur accueil et leur gentillesse.

Sommaire

Remerciements.....	1
Abstract	4
Introduction.....	5
1. L'observatoire de la Côte d'Azur.....	6
1.1. Présentation.....	6
1.1.1. Missions	7
1.1.2. Activités scientifiques	7
1.2. Le département Gémini.....	9
2. Présentation de MISOLFA.....	12
2.1. MISOLFA : Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien.....	12
2.1.1. Définition des paramètres de qualification	12
2.1.2. Principe de fonctionnement de MISOLFA	13
2.1.2.1. Fluctuations des angles d'arrivée observées dans la voie plan pupille.....	14
2.1.2.2. Fluctuations des angles d'arrivée observées dans la voie plan image	14
2.1.2.3. Images du soleil dans la voie plan image de MISOLFA	14
2.2. Mécanique du télescope et boîte focale	16
2.2.1. Mécanique du télescope	16
2.2.1.1. Monture.....	16
2.2.1.2. Motorisation	17
2.2.1.2.1. Motorisation des axes.....	17
2.2.1.2.2. Motorisation de la focalisation.....	17
2.2.2. Boîte focale	17
2.3. Electronique de guidage et de commande.....	19
2.3.1. Architecture générale	19
2.3.1.1. Contexte instrumental de MISOLFA.....	19
2.3.1.2. Architecture générale de l'électronique/informatique de MISOLFA.....	19
2.3.2. Electronique de pilotage.....	21
3. La carte d'axe PMAC	23
3.1. Configuration de la carte.....	23
3.2. Alimentation de la carte	25
3.2.1. Alimentation numérique 5V.....	25
3.2.2. Alimentation analogique +/-15V	25
3.3. Communication avec la carte.....	26
3.4. Connexion avec un amplificateur	27
3.4.1. Sortie de commande.....	27
3.4.2. L'entrée codeur.....	27
3.4.3. Les entrées rapides.....	27
3.5. Les paramètres I.....	29
4. Electronique de guidage et de commande.....	31
4.1. Electronique de la boîte focale.....	31
4.1.1. Le codeur.....	31
4.1.2. Le moteur	31
4.1.3. L'amplificateur	33
4.2. Electronique pour le guidage du télescope	35
4.2.1. Le moteur	35
4.2.2. L'amplificateur	35
4.2.3. Le codeur.....	37
4.3. Le bornier PMAC.....	38
5. L'asservissement.....	43

5.1. Modélisation.....	43
5.1.1. La boîte focale.....	43
5.1.2. Le guidage du télescope.....	45
5.2. Asservissement des différents moteurs	47
Conclusion	51
Acronymes	52
Bibliographie.....	53
Sommaire des annexes	54

Abstract

Afin de valider ma seconde année du cycle ingénieur de l'I.P.S.A., j'ai eu l'occasion d'effectuer mon stage à l'Observatoire de la Côte d'Azur au sein de l'équipe Astrométrie et Métrologie Solaire. Le sujet du stage concernait le contrôle des automatismes, la mise en œuvre et la modélisation de l'asservissement du télescope MISOLFA.

Les travaux effectués lors de ce stage tournaient donc autour du télescope MISOLFA (Moniteur d'Imagerie SOLAire Franco Algérien) et il s'est divisé en 3 parties : électronique du signal, électronique de puissance et électrotechnique, et automatique. J'ai alors effectué plusieurs études sur des amplificateurs, des alimentations de puissance, des moteurs à courant continu, et pour finir des asservissements de position à l'aide d'une carte d'axes : « Universal PMAC Lite » qui permet de contrôler et donc d'asservir plusieurs systèmes simultanément (4 dans notre cas) grâce à son logiciel adapté « Pwin 32 ».

Introduction

Dans le cadre de ma formation à l'Institut Polytechnique des Sciences Avancées (I.P.S.A), je devais réaliser un stage technicien ou ingénieur d'une durée de 3 mois. Le but de ce stage était de nous faire appliquer les connaissances obtenues lors de notre deuxième année de formation à l'I.P.S.A. au sein d'une entreprise.

J'ai donc eu l'occasion de réaliser ce stage à l'Observatoire de la Côte d'Azur au sein de l'équipe Astrométrie et Métrologie Solaire (A.M.S.) qui fait partie du département GEMINI. Cette équipe est, entre autres, impliquée dans le développement de la partie sol de l'instrument spatial Picard (prévu pour 2008) pour l'observation de la variabilité solaire (forme, sismologie, irradiance, etc....), en collaboration avec plusieurs laboratoires du CNRS et le CNES (filiale microsats).

Le sujet de ce stage était « le contrôle des automatismes, la mise en oeuvre et la modélisation de l'asservissement du télescope MISOLFA » qui fait partie d'une série de trois instruments composant l'ensemble de PICARD-sol qui accompagne (au sol) la mission spatiale PICARD programmée par le CNES. L'objectif de ce stage était donc d'étudier l'asservissement de 4 moteurs de l'instrument MISOLFA.

Ce rapport s'appuiera sur 5 parties : dans un premier temps, je présenterai l'Observatoire de la Côte d'azur où sera décrit le service dans lequel mon stage s'est effectué, je décrirai ensuite l'instrument MISOLFA sur lequel j'ai travaillé pour ensuite finir sur la description de la carte PMAC qui m'a servi à effectuer l'asservissement des différents moteurs du télescope. Les deux parties restantes serviront à retransmettre mon travail effectué durant les 3 mois de stage à savoir d'une part une étude sur l'électronique mise au point pour le fonctionnement du télescope et d'autre part la modélisation et l'étude des asservissements effectués.

1. L'observatoire de la Côte d'Azur

La présentation de l'Observatoire ainsi que celle du département GEMINI ont été rédigées à l'aide du site de l'Observatoire de la Côte d'Azur : « www.obs-azur.fr ».

1.1. Présentation

L'Observatoire de Nice a fusionné en 1988 avec le Centre d'Etudes et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques (CERGA, créé en 1974, en tant que service inter-universitaire) pour devenir l'Observatoire de la Côte d'Azur qui a le statut d'Etablissement Public à Caractère Administratif (EPCA) et qui est dirigé par Mr. Jacques Colin.

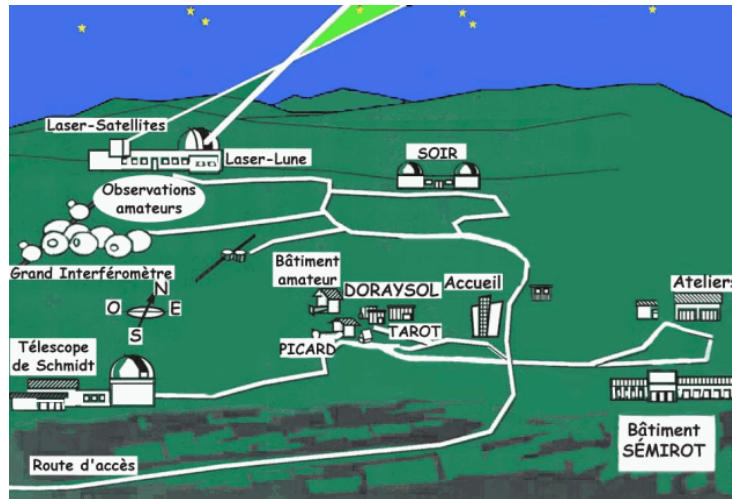


L'observatoire est installé sur trois sites du département des Alpes Maritimes, avec un effectif d'environ 200 personnes :

- le Mont Gros à Nice
- le Centre de Roquevignon à Grasse
- le Plateau de Calern à Caussols



Le plateau de Calern est le site où sont installés tous les instruments d'observations.



1.1.1. Missions

L'Observatoire la Côte d'Azur a pour principales missions :

- la collecte d'informations et leur interprétation par le développement de nouveaux outils théoriques, numériques et instrumentaux, dans le but d'accroître notre connaissance de l'univers.
- la formation de nouveaux chercheurs. Dans le cadre de la compétition scientifique internationale, l'Observatoire de la Côte d'Azur est amené à proposer et développer des technologies de pointe pour la réalisation d'une instrumentation de haute précision, impliquant des coopérations étroites avec le tissu industriel, en particulier local.
- l'enseignement et la diffusion des connaissances.

1.1.2. Activités scientifiques

L'Observatoire de la Côte d'Azur est organisé selon 3 unités scientifiques :

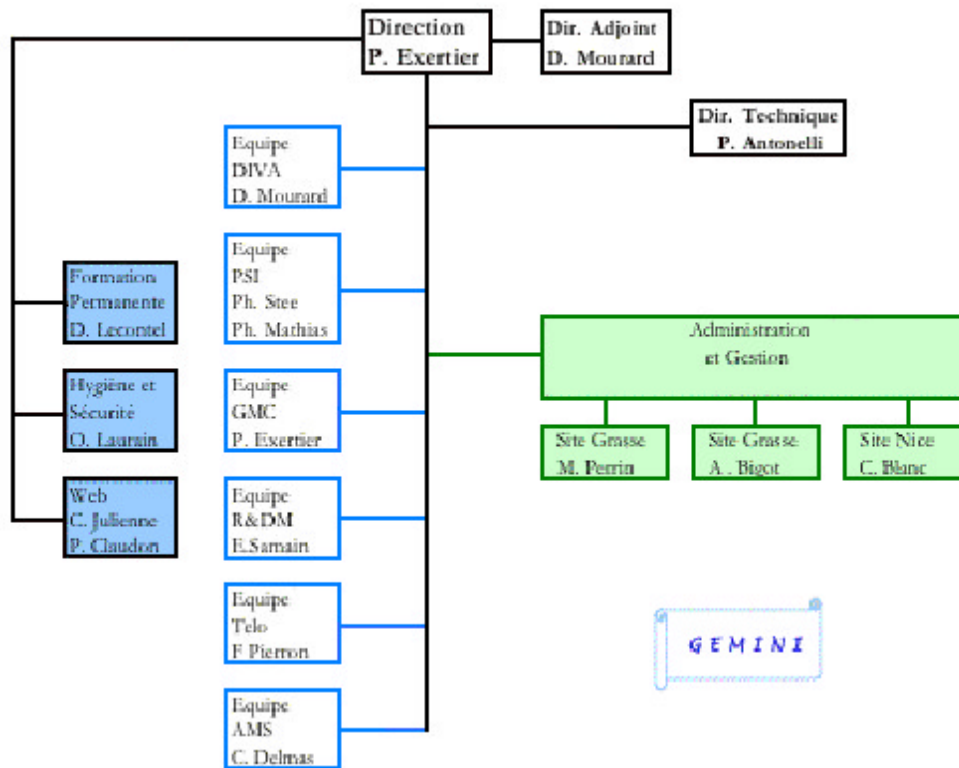
- ☛ Le département *Artémis*, dont les activités s'articulent autour de la détection des ondes gravitationnelles et de la collaboration VIRGO dont le premier objectif est d'obtenir une preuve directe de l'existence des ondes gravitationnelles, vérifiant ainsi la prédiction faite par la théorie de la relativité générale d'Einstein. Le laboratoire se divise en 3 équipes de compétences complémentaires :
 - expériences : métrologies laser, cavités Fabry-Perot, stabilisation long terme des lasers.
 - théories : physique de la gravitation, relativité générale et extensions, modèles de systèmes impliquant des objets relativistes (trous noirs, étoiles à neutrons).
 - signaux : méthodes de détection et d'extraction d'information adaptées à la problématique de la détection des ondes gravitationnelles.
- ☛ Le département *Cassiopee* est une URM située au carrefour de l'astronomie, de la physique, des mathématiques appliquées et du traitement du signal. Il rassemble des chercheurs et des ingénieurs autour de cinq équipes sur les thèmes suivants :

- Planétologie
 - Physique stellaire
 - Analyse des données et Cosmologie
 - Fluides et plasmas
- ☛ Le département Gémini (département dans lequel j'ai effectué mon stage) repose sur la volonté de rapprocher des chercheurs et des ingénieurs impliqués dans des recherches instrumentales et observationnelles, et des méthodologies de projets dans deux domaines :
- la Haute Résolution Angulaire pour la génération de collecteurs optiques post-VLT, et la mise en fonctionnement des premiers instruments du VLT.
 - les Métrologies de l'Espace et du Temps (géo-référentiels).
- L'utilisation de ces techniques, autour de 6 équipes, concerne les thématiques :
- étude des étoiles et de leur connexion avec l'environnement, du soleil et des planètes (sismologie pour la structure interne, imagerie haute dynamique et haute résolution angulaire pour les étoiles et les planètes, coronographie),
 - mécanique céleste et spatiale, systèmes de référence, et des applications en géodynamique.

Le département Galilée est une unité mixte de services qui regroupe les services d'administration et de gestion de l'OCA, les services techniques et d'infrastructure : informatique, bibliothèques, ateliers.

1.2. Le département Gémini

Ce département est constitué de 6 équipes organisées comme suit :



◆ L'équipe *Géodésie et Mécanique Céleste* (GMC) :

C'est une équipe largement impliquée dans le développement et l'exploitation de missions spatiales d'étude et d'observation de la Terre et de son environnement.



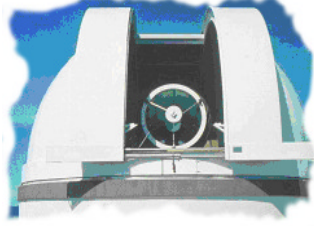
◆ L'équipe *TÉlémétrie Laser Opérationnelle* (TELO) :

L'équipe TELO assure, avec le réseau international Laser ILRS, l'harmonisation de la poursuite de cibles spatiales (satellites géodésiques d'orbite basse, et satellites élevés comme GPS, etc.) en orbite autour de la Terre.



◆ L'équipe ***Recherche et Développement en Métrologie*** (R&DM) :

L'équipe R&D M est impliquée dans le développement d'une nouvelle station de télémétrie optique (Méo, ex-Laser Lune) en collaboration avec le CNES, la région PACA et l'INSU, et d'une expérience spatiale de Transfert de Temps par Lien Laser (T2L2) avec le CNES.



◆ L'équipe ***Développements Instrumentaux Vers l'Astrophysique*** (DIVA) :

L'équipe effectue des recherches prospectives accompagnées de R&D dans le domaine de l'imagerie et de la coronagraphie, notamment pour la recherche d'exo-planètes. Elle étudie la notion nouvelle d'hyper-télescope et s'intéresse aux développements envisagés pour l'Astronomie au Dôme C (Antarctique).



◆ L'équipe ***Physique Stellaire et Interférométrie*** (PSI) :

L'équipe PSI est fortement impliquée dans la physique stellaire : étude des étoiles chaudes actives, des étoiles massives, des étoiles évoluées et des étoiles pré-séquence principale, ainsi que dans la modélisation des milieux circumstellaires, de la poussière, du transfert de rayonnement et de la variabilité stellaire (pulsations, instabilités, oscillations)..

- ◆ L'équipe *Astrométrie et Métrologie Solaires* (AMS) (dans laquelle j'ai effectué le stage) :

L'équipe AMS est impliquée dans le développement de la partie sol de l'instrument spatial Picard (prévu pour 2008) pour l'observation de la variabilité solaire (forme, sismologie, irradiance, etc.), en collaboration avec plusieurs laboratoires du CNRS et le CNES (filiale microsats). L'équipe est également investie dans la continuation des observations sol du bord solaire, observations optiques démarrées par Francis Laclare, puis CCD depuis 1999 (Astrolabe, DORAYSOL, Héliomètre).



Le réseau R2S3 :

Il est intéressant de faire des mesures à plusieurs latitudes pour pouvoir observer toutes les latitudes héliographiques tout au long de l'année.

C'est pourquoi un axe de coopération s'est établi avec le Brésil depuis 1975. Après une série visuelle de vingt ans à São Paulo, un astrolabe analogue à celui de Calern (équipé d'un prototype de prisme variable fourni par l'OCA) est entré en fonction en janvier 1997 à Rio de Janeiro, avec les mêmes logiciels d'acquisition CCD. Près de 20000 mesures ont déjà été réalisées.

Par ailleurs, une coopération existe depuis plus de quinze ans avec le centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG) de l'observatoire d'Alger et le département d'Astrophysique de l'université de Nice. Dans le cadre des accords OCA-CRAAG, l'installation d'une copie de DORAYSOL est en cours à Alger et son déplacement sur le site de Tamanrasset est prévu en 2008.

Un astrolabe solaire à prismes fixes (3 hauteurs) équipé du même système d'acquisition est installé à l'université d'Antalya en Turquie. Il fournit des mesures du rayon solaire depuis 2000. Des accords CNRS-TUBITAK vont permettre l'installation d'une copie de DORAYSOL sur ce site en 2007.

Les instruments du Plateau de Calern, Rio et Antalya fonctionnent en réseau depuis 2002. L'instrument algérien les rejoindra en 2006. Enfin, l'Observatoire Royal de la Marine de San Fernando (Espagne) a rejoint le réseau en 2006 et devrait se doter d'un instrument comparable à ceux des autres pays.

L'équipe AMS développe aussi quelques aspects de la physique solaire et des relations Soleil-Terre, et étudie les conséquences astrophysiques de variations modélisées du diamètre (à travers les moments quadrupolaires). Une approche dynamique des paramètres solaires (moment angulaire, moment quadrupolaire), via la mécanique (déflexion de la lumière, mécanique céleste) est aussi à l'étude.

Composition de l'équipe	
Christian Delmas	Astronome, Responsable
Francis Laclare	Chercheur associé
Frédéric Morand	Ingénieur
Nicolas Delie	Assistant Ingénieur
Jean-Pierre Rozelot	Astronome
Etudiants	
Nayyer Fazel	Doctorant

2. Présentation de MISOLFA

La présentation de l'appareil MISOLFA est appuyée sur le document : « MISOLFA: UN MONITEUR DE QUALITE D'IMAGES SOLAIRES UTILE A LA MISSION PICARD »

2.1. MISOLFA : Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien

Les mesures du diamètre solaire faites à l'astrolabe de l'Observatoire de Calern sur plus de deux cycles solaires présentent des variations. Ces variations montrent une anti-corrélation avec l'activité solaire, définie par le nombre de taches solaires. Ces résultats ont soulevé nombre d'interrogations et donné lieu à de nombreux travaux scientifiques et à la mise en place du réseau international R2S3 spécialement dédié à la mesure du diamètre solaire. La simulation des effets atmosphériques sur les mesures du diamètre faites à l'astrolabe solaire a aussi montré l'influence des conditions d'observation et l'importance de disposer d'un moniteur chiffrant la qualité des images acquises lors des observations. L'idée de développer MISOLFA s'est alors imposée pour fonctionner conjointement à la mission spatiale PICARD (cf. annexe) et à l'expérimentation au sol de l'Observatoire de Calern qui sert à la mesure du diamètre solaire (DORaySol et SODISM II, réplique au sol de SODISM I). Les conditions d'observation chiffrées par un certain nombre de paramètres permettent d'étudier l'influence de l'atmosphère terrestre sur les observations mais également de modéliser la réponse impulsionnelle de l'ensemble atmosphère-instrument aux instants de mesure du diamètre. Cette modélisation est indispensable pour raccorder les mesures qui seront faites par les instruments au sol à celles qui le seront dans l'espace par SODISM.

Les paramètres de qualification des images ainsi que le profil vertical de turbulence peuvent être obtenus par l'observation directe du bord solaire. La dérivée du bord que l'on assimile à une fonction de Heaviside, permet alors d'obtenir une estimation de la réponse impulsionnelle de l'ensemble atmosphère-télescope. L'évolution spatio-temporelle de la réponse impulsionnelle donne ainsi accès aux paramètres de cohérence du front d'onde et à la localisation des couches turbulentes suivant la ligne de visée. Les paramètres de qualification et la position des couches turbulentes dans l'atmosphère sont donc estimés à partir de l'acquisition puis de l'analyse de séquences d'image du soleil.

La qualité des mesures du diamètre solaire peut être évaluée ainsi que la possibilité de mettre en œuvre des méthodes de correction des effets optiques induits par la turbulence atmosphérique étudiée, soit par traitement à posteriori soit en temps réel (optique adaptative). La validité des méthodes de correction pourra être établie par comparaison avec les observations spatiales.

2.1.1. Définition des paramètres de qualification

La turbulence induit dans l'atmosphère terrestre des micro-fluctuations de température qui engendrent des fluctuations de l'indice de réfraction. Le front d'onde qui se propage à travers ce milieu subit alors des déformations dues aux variations de trajet optique. Pour quantifier les conditions d'observation lors des mesures, on introduit un certain nombre de paramètres qui sont le paramètre de Fried, l'échelle externe de cohérence spatiale du front d'onde, le domaine d'isoplanétisme et le(s) temps caractéristique(s) d'évolution du front d'onde.

Le paramètre de Fried r_0 :

Il est défini par le diamètre de la zone de cohérence spatiale du front d'onde. Il chiffre également la résolution de l'image obtenue à travers l'atmosphère par celle que donnerait un télescope équivalent de diamètre r_0 placé dans l'espace.

L'échelle externe de cohérence spatiale L_0 :

Elle définit la taille maximale des perturbations du front d'onde qui restent cohérentes. Elle caractérise l'évolution basse fréquence du front d'onde.

Le domaine d'isoplanétisme θ_0 :

Il définit la zone angulaire suivant laquelle les grandeurs considérées (fluctuations de phase, d'angle d'arrivée ou tavelures ...) restent similaires.

Le(s) temps caractéristique(s) d'évolution du front d'onde :

C'est le temps durant lequel on peut considérer l'atmosphère comme figée et pendant lequel les grandeurs considérées gardent leur cohérence temporelle.

2.1.2. Principe de fonctionnement de MISOLFA

Le principe de fonctionnement de MISOLFA est basé sur la mesure des fluctuations des angles d'arrivée qui sont responsables de l'agitation des images au foyer d'un télescope. Les angles d'arrivée sont définis comme la normale en chaque point du front d'onde dégradé par la turbulence ; ils témoignent de ses caractéristiques. Dans le cas de MISOLFA, la mesure des fluctuations d'angles d'arrivée se fait simultanément dans deux plans : la voie plan image et la voie plan pupille. Ces deux voies permettent d'estimer tous les paramètres spatio-temporels de la turbulence mais pour des raisons techniques, seules les constantes de temps de l'atmosphère seront estimées à partir de la voie plan pupille. Cependant, l'intégration sur des zones angulaires de taille différentes des angles d'arrivées obtenus dans le plan pupille, permet également une estimation des paramètres spatiaux. La voie plan image sert essentiellement à la mesure des paramètres spatiaux et aux profils de turbulence.

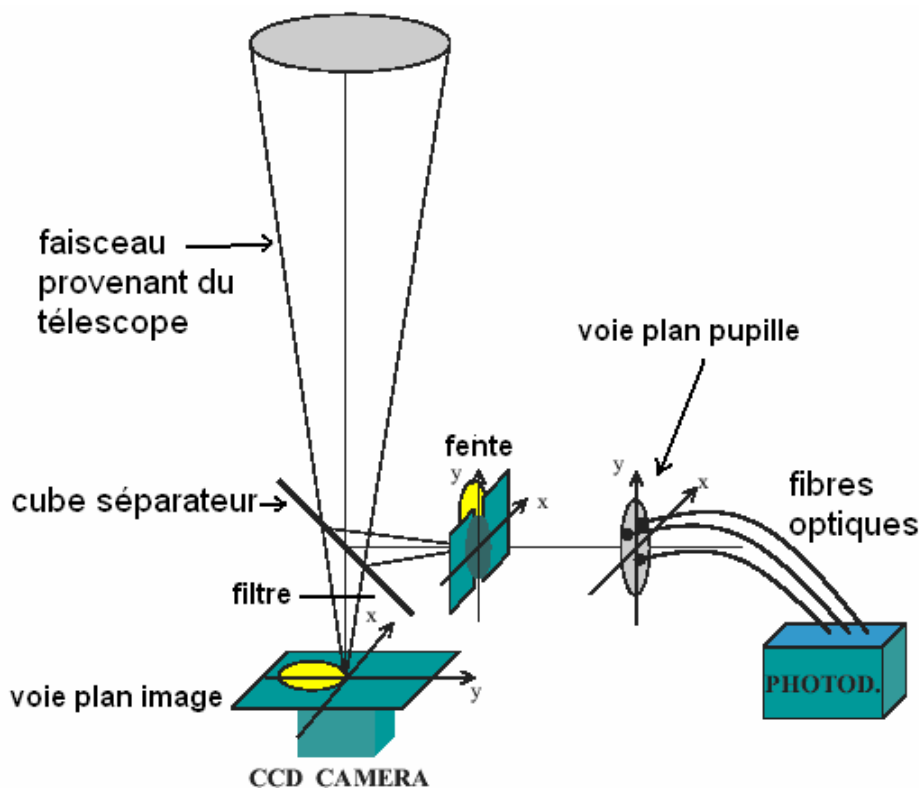


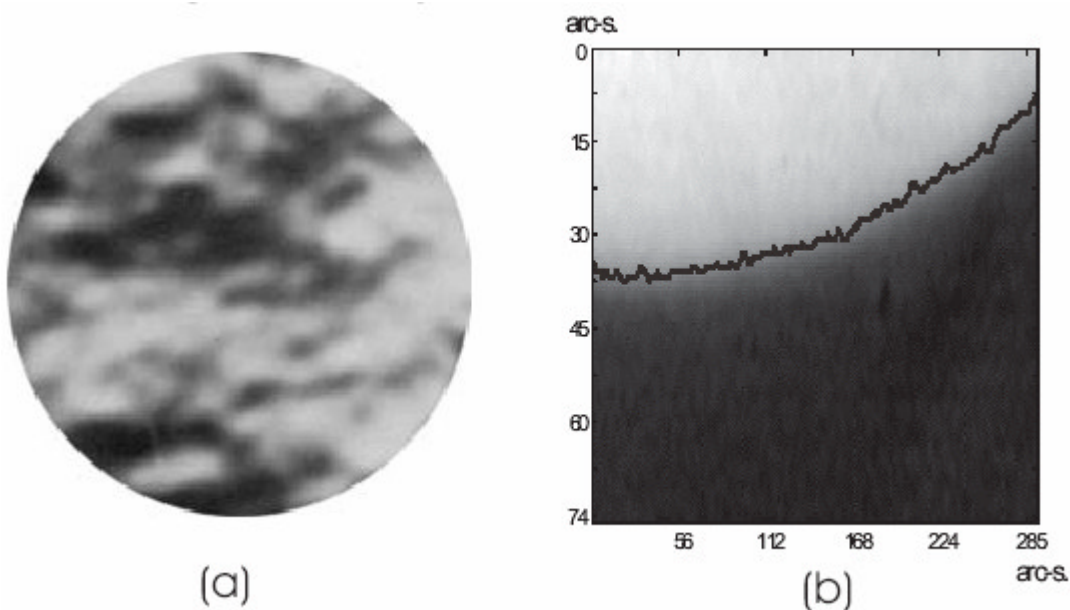
Schéma de principe de MISOLFA

2.1.2.1. Fluctuations des angles d'arrivée observées dans la voie plan pupille

L'image de la pupille est formée à travers une fente, de quelques secondes d'arc de large et de quelques dizaines de secondes d'arc de hauteur, positionnée perpendiculairement au bord de l'image du soleil. L'image ainsi obtenue présente des fluctuations d'intensité appelées ombres volantes qui au premier ordre, sont proportionnelles aux fluctuations d'angles d'arrivée sur la pupille d'entrée. Divers filtrages entachent les fluctuations d'angles d'arrivée observées. Leurs effets sont étudiés au moyen de simulations numériques et pris en compte dans l'estimation des paramètres. L'évolution de la turbulence diurne étant par essence très rapide, la voie plan pupille est utilisée principalement pour la mesure du (des) temps d'évolution du front d'onde grâce à l'utilisation de photodiodes.

2.1.2.2. Fluctuations des angles d'arrivée observées dans la voie plan image

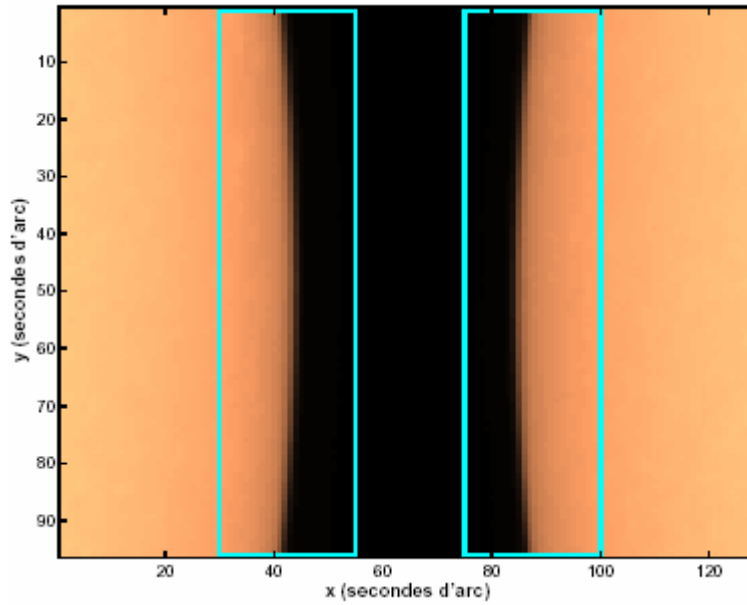
L'image du soleil est directement formée sur la caméra CCD placée dans le plan focal de l'instrument (fig. 1). Les fluctuations d'angles d'arrivée sont celles que l'on observe sur le contour de l'image du soleil (fig. 2-b). Chaque point du contour est formé par le front d'onde dégradé par la turbulence limitée à la pupille de l'instrument. Les fluctuations d'angle d'arrivée ainsi mises en évidence dans le plan focal sont filtrées mais les méthodes d'estimation des paramètres tiennent compte de ce filtrage.



Observation des fluctuations d'angle d'arrivée dans la voie *plan pupille* (a) et *plan image* (b)

2.1.2.3. Images du soleil dans la voie plan image de MISOLFA

MISOLFA est conçu pour fournir les paramètres de la turbulence sur des lignes de visée ayant une séparation angulaire de plusieurs dizaines de minutes. Pour cela, l'idée retenue est de former sur la caméra CCD une image de deux bords du soleil diamétralement opposés. La figure suivante montre le type d'image que l'on souhaite observer avec la voie *plan image*.



Images du soleil telles qu'elles seront observées dans la voie plan image de MISOLFA et les parties acquises (cyan).

En outre, pour limiter le flot de données à acquérir, seules deux fenêtres contenant l'information utile seront sauvegardées.

2.2. Mécanique du télescope et boîte focale

MISOLFA peut se décomposer en deux parties distinctes :

- le télescope qui permet d'assurer le pontage puis le suivi du soleil au cours de la journée,
- la boîte focale qui porte l'ensemble de l'optique et des détecteurs et qui constitue la partie « scientifique » de l'instrument.

2.2.1. Mécanique du télescope

2.2.1.1. Monture

Le choix du type de monture a été dicté par le principe même de fonctionnement de MISOLFA. Celui-ci devant mesurer simultanément deux bords opposés du soleil (toujours verticaux ou toujours horizontaux), il était nécessaire que le champ du télescope soit toujours orienté de la même façon par rapport à la verticale (et non par rapport au soleil, ce qui aurait été le cas pour une monture équatoriale). Le type de monture alt-azimutale (un axe vertical pour l'azimut et un axe horizontal pour l'altitude) a donc été retenu.

La monture du télescope est constituée d'une buse en béton armé qui porte un insert métallique recevant un axe vertical (axe azimut) guidé par une butée et un roulement à billes. Cet axe d'azimut est motorisé par un bloc moteur. Un système de butées de fin de course basculantes, fixées sur un plateau horizontal solide de l'axe, autorise une rotation totale de 540° . Cet axe est relié à une fourche en U verticale. Elle comprend dans sa partie supérieure deux roulements à billes qui portent l'axe horizontal (axe altitude), lequel est solidaire du tube du télescope. L'une des extrémités de cet axe reçoit le bloc moteur qui permet d'assurer le déplacement du tube. L'autre partie de l'axe est creuse et permet de laisser passer les faisceaux lumineux provenant du tertiaire du télescope. Ce côté de la fourche reçoit donc une console permettant de fixer la boîte focale de MISOLFA. Enfin, un système de butées de fin de course fixées sur l'axe autorise une rotation totale de 200° du tube.

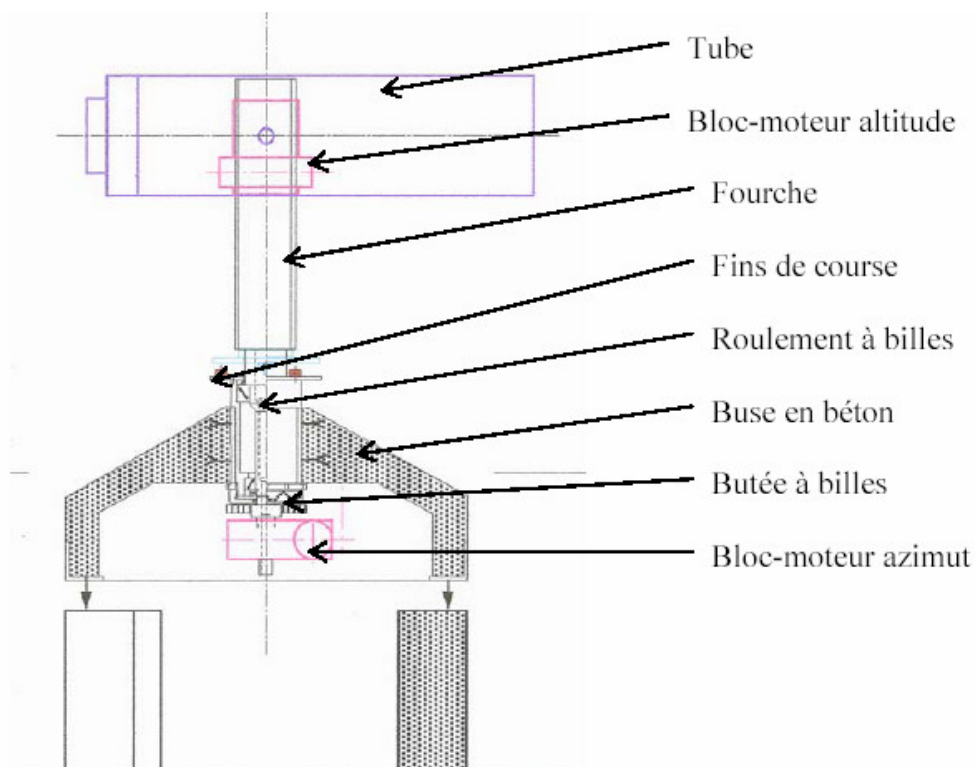


Schéma mécanique du télescope de MISOLFA

2.2.1.2. Motorisation

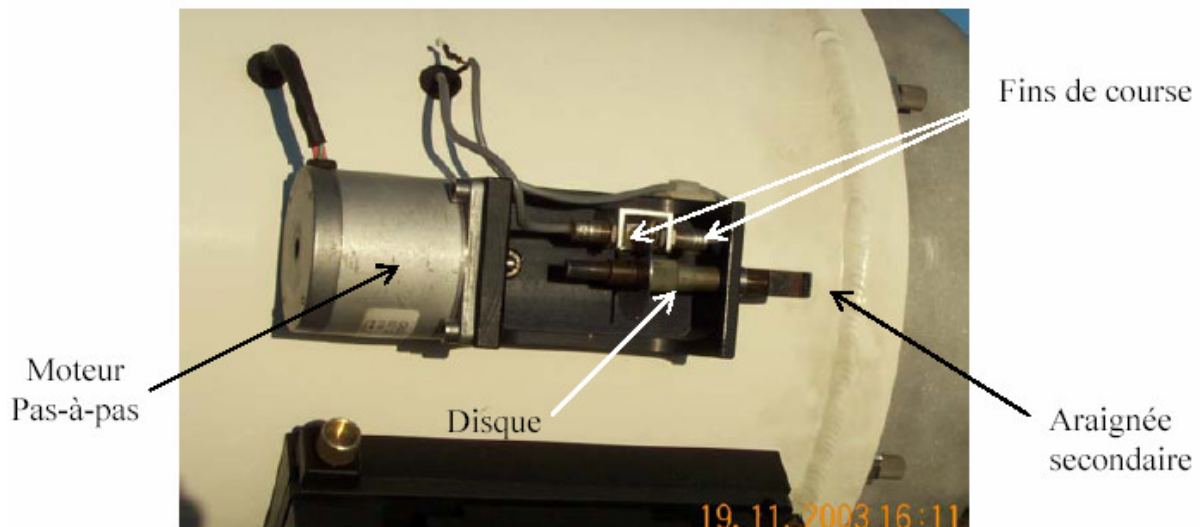
2.2.1.2.1. Motorisation des axes

Chacun des deux axes du télescope est motorisé par un module bloc-moteur comprenant :

- une roue dentée de 180 dents fixée sur l'axe considéré,
- une vis sans fin dite vis tangente permettant d'entraîner la roue dentée. Un système presseur à ressorts, qui permet d'engager la vis tangente à fond de filet dans la roue dentée, et un ressort hélicoïdal enroulé sur l'axe permettent d'assurer le rattrapage de jeu dans l'accouplement,
- un moteur entraînant la vis tangente à l'une des extrémités,
- un codeur incrémental de résolution 10000 points par tour à l'autre extrémité assurant le codage en position angulaire de la vis tangente.

2.2.1.2.2. Motorisation de la focalisation

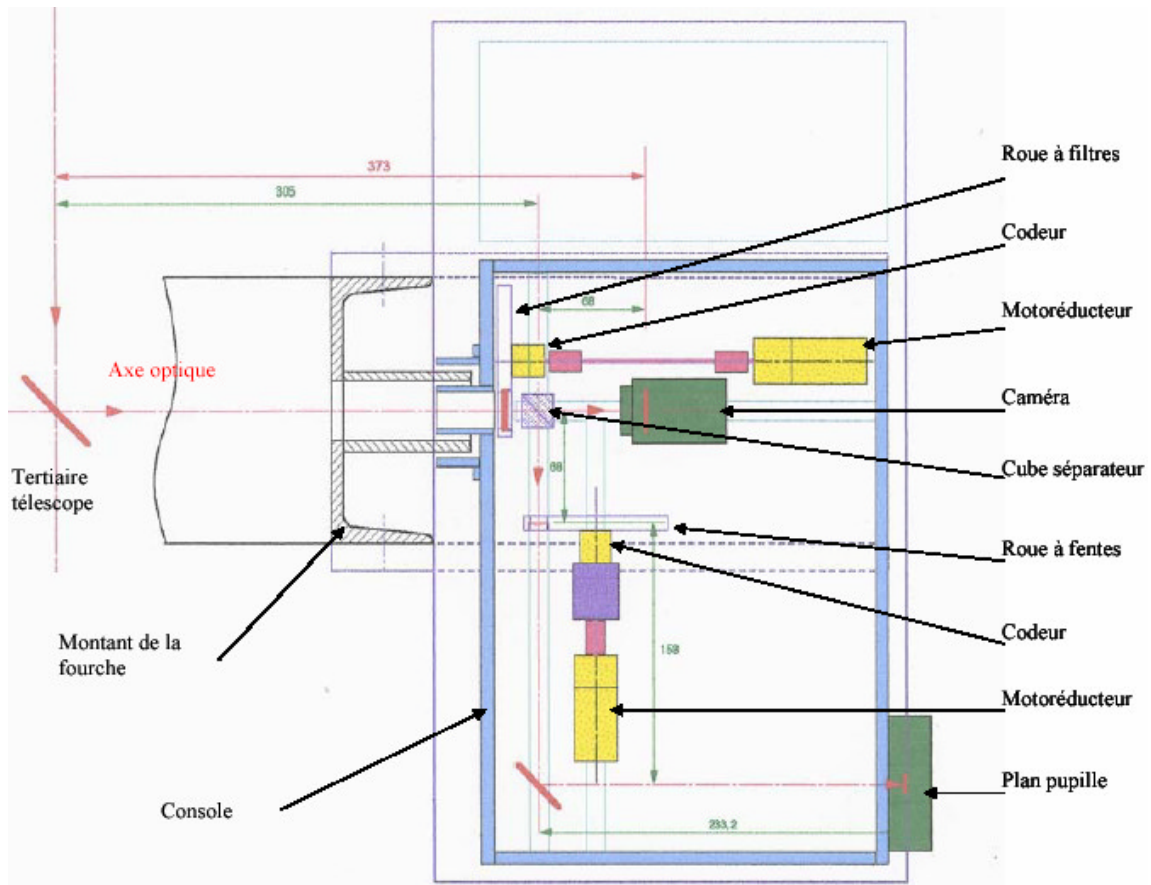
Le déplacement longitudinal de l'araignée du secondaire est assuré par un moteur pas à pas (200 pas par tour). Ce moteur fonctionne en « tout ou rien » (ON/OFF) et sa position n'est pas codée. Le contrôle de la focalisation s'effectuera directement sur l'image de la caméra. Un disque se déplaçant longitudinalement avec l'axe est flanqué de 2 microrupteurs qui font office de fins de course électriques.



Système de motorisation de la focalisation par le secondaire

2.2.2. Boîte focale

La boîte focale constitue en quelque sorte l'instrumentation focale de MISOLFA. Elle reçoit les différents éléments optiques nécessaires à l'acquisition des données. Une roue à filtres est disposée à l'entrée de la boîte ainsi qu'une roue à fentes placée dans le plan image de la voie pupille. La caméra servant à l'acquisition dans la voie image est également implantée directement dans la boîte. Pour la voie pupille, une ouverture est pratiquée sur le côté de la boîte pour y recevoir les supports des fibres optiques acheminant le flux vers les photodiodes.



Boîte focale - vue de dessus

Sur le plan mécanique, les roues à filtres et à fentes sont identiques. Seules les contraintes d'encombrement font que leur implantation au sein de la boîte diffère légèrement.

Chaque roue est constituée d'un disque percé de trous circulaires (5 pour la roue à filtres et 8 pour la roue à fentes) recevant les supports de filtres ou de lentilles fentes.

Ce disque est fixé d'un côté sur un support solide de la boîte focale par l'intermédiaire de deux roulements à billes et de l'autre par un axe permettant d'y fixer un codeur à axe creux afin de coder la position de la roue. Sur le même axe, vient se fixer un motoréducteur à courant continu par l'intermédiaire d'un accouplement.

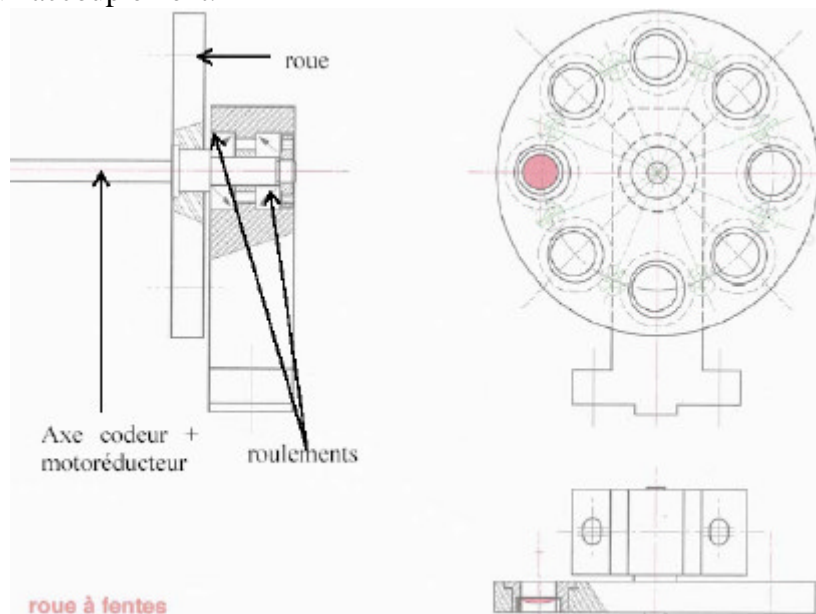


Schéma mécanique de la roue à fentes

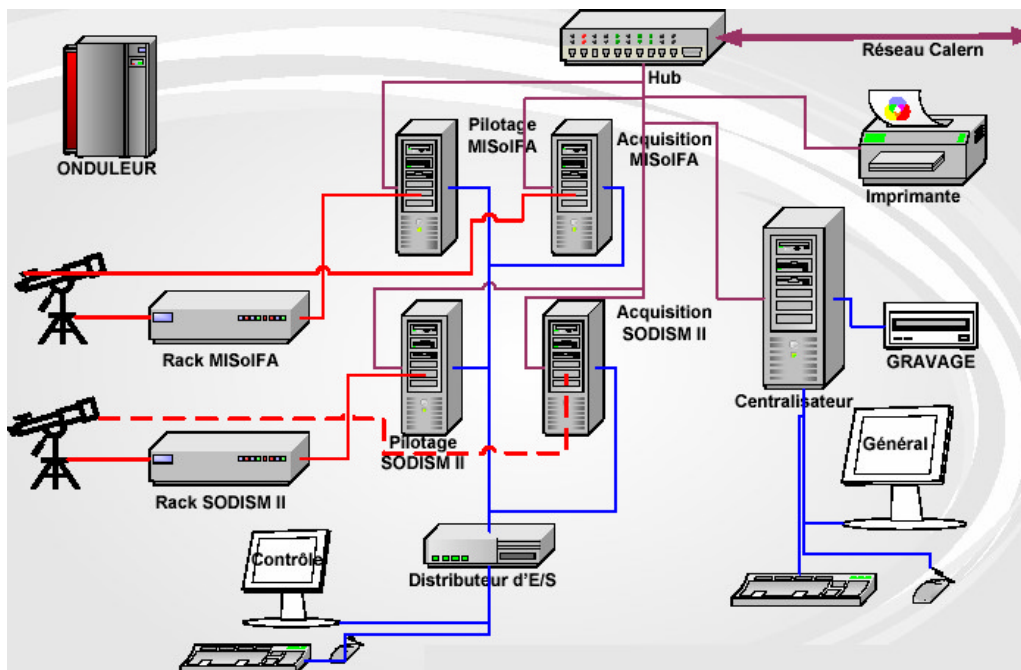
2.3. Electronique de guidage et de commande

2.3.1. Architecture générale

2.3.1.1. Contexte instrumental de MISOLFA

MISOLFA a pour objectif de qualifier, en matière de turbulence atmosphérique, les images qui seront obtenues par SODISM II. Ces instruments seront installés sur le site de Calern et seront donc accompagnés de l'actuel instrument de mesure du diamètre solaire, DORaySol, qui poursuit la longue série de mesures obtenues depuis près de 30 ans à l'Observatoire. DORaySol utilisera également les informations obtenues de MISOLFA pour améliorer la précision de ses mesures. La comparaison des diamètres obtenus simultanément avec SODISM II et DORaySol devrait apporter des informations très importantes.

Du point de vue électronique et informatique, MISOLFA s'intègre donc dans un ensemble plus grand comprenant l'instrument SODISM II d'une part et le télescope DORaySol d'autre part. L'ensemble de ces 3 instruments constitue le segment PICARDSOL (cf. annexe). L'architecture informatique et électronique générale de l'ensemble de ces 3 instruments est présentée sur le schéma qui suit :

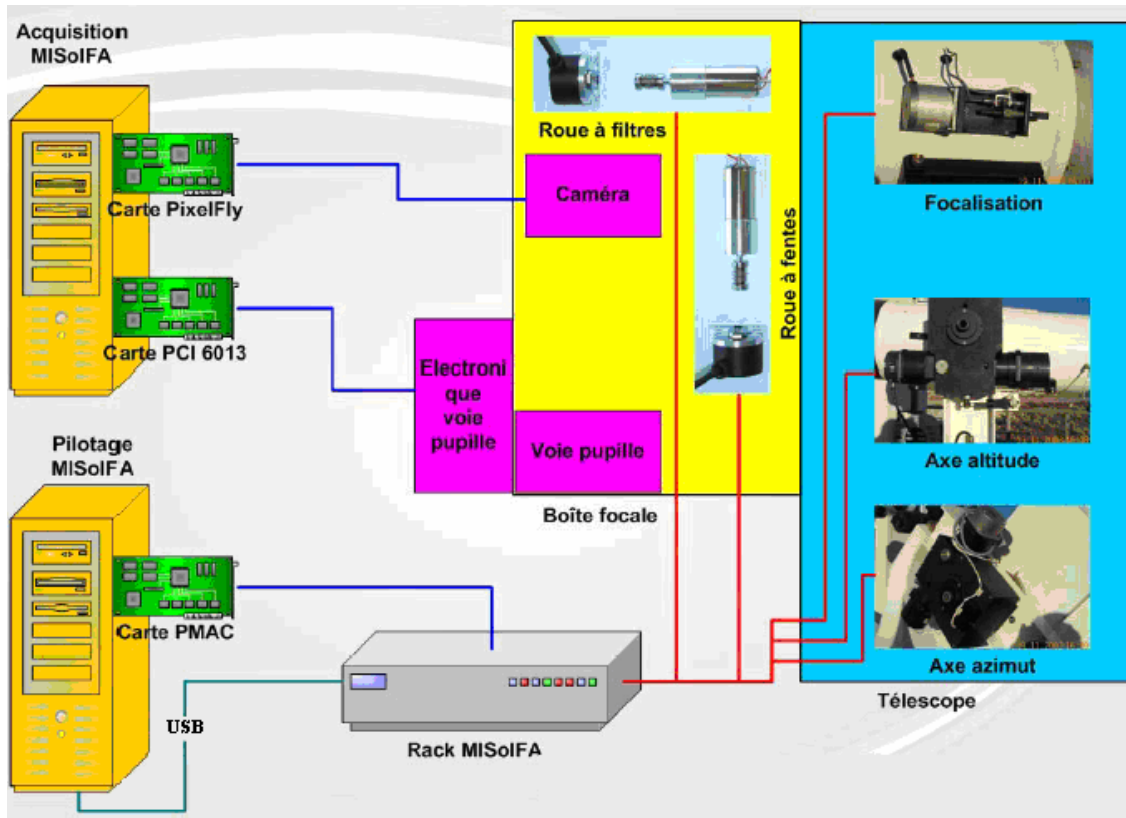


Architecture informatique et électronique de PICARDSOL

2.3.1.2. Architecture générale de l'électronique/informatique de MISOLFA

La structure informatique de chacun de ces instruments (SODISM II et MISOLFA) est quasiment similaire. Pour MISOLFA, elle comporte :

- un PC dit de pilotage, qui assure la commande des mécanismes (5 moteurs). Il est relié à un rack électronique de pilotage par l'intermédiaire d'une carte d'axe PMAC et d'un port USB. Ce rack assure l'interface de puissance (amplification) avec les moteurs,
- un PC dit d'acquisition, qui assure l'acquisition des données des voies plan image et plan pupille. Il est relié à une caméra PixelFly et au module de photodiodes par l'intermédiaire respectivement d'un module PCI et d'une carte National Instruments PCI 6013



Synoptique général de l'informatique / électronique MISOLFA

Le composant principal du PC de pilotage est donc la carte de contrôle PMAC lite, fabriquée par la société américaine *Delta Tau* et distribuée par *Jambrun Automation* en France. Cette carte permet de piloter simultanément 4 moteurs à courant continu (dans notre cas). Elle dispose de mémoire et d'une intelligence locale qui lui permet d'assurer la gestion complète en temps réel de l'asservissement des 4 moteurs : lecture des codeurs, calculs des vitesses et de la boucle d'asservissement numérique (asservissement PID), génération des rampes d'accélération et de décélération, gestion des fins de courses, recherche des zéros, asservissement en position d'arrêt.

Les 4 voies (4 moteurs) de la carte sont affectées de la façon suivante :

- moteur d'axe d'azimut
- moteur d'axe d'altitude
- moteur de la roue à filtres
- moteur de la roue à fentes

Comme indiqué précédemment, le moteur de focalisation (pas-à-pas) est commandé en tout ou rien et ne nécessite donc pas l'utilisation d'une boucle d'asservissement.

Chaque voie de la carte d'axe PMAC dispose de :

- un signal DAC +/- 10 V de commande de l'amplificateur correspondant,
- un signal de validation de l'amplificateur correspondant,
- des signaux codeurs,
- un signal de zéro,
- un signal d'alarme de l'amplificateur (sécurité thermique et/ou défaut).

L'ensemble des signaux de la carte est acheminé vers le rack électronique de pilotage via un câble en nappe à 60 voies.

Le contrôle des automatismes :

Afin de garantir une surveillance complètement automatique des sous-systèmes de l'instrument, des modules d'entrées/sorties sont utilisés par port USB.

Ces modules assurent :

- soit la commande d'ouverture ou de fermeture d'un relais,
- soit la lecture de l'état d'un relais (ouvert ou fermé),
- soit la mesure d'une tension

La première fonctionnalité permet de commander la mise en marche ou l'arrêt des différents sous-systèmes électriques du rack de pilotage.

La seconde fonctionnalité permet, par l'insertion du circuit de commande d'un relais dans un sous-système, de contrôler par lecture de l'état du dit relais, que ce sous-système est en fonctionnement ou non.

Toute incohérence entre la commande et l'état d'un sous-système permet de mettre en évidence une panne de ce sous-système.

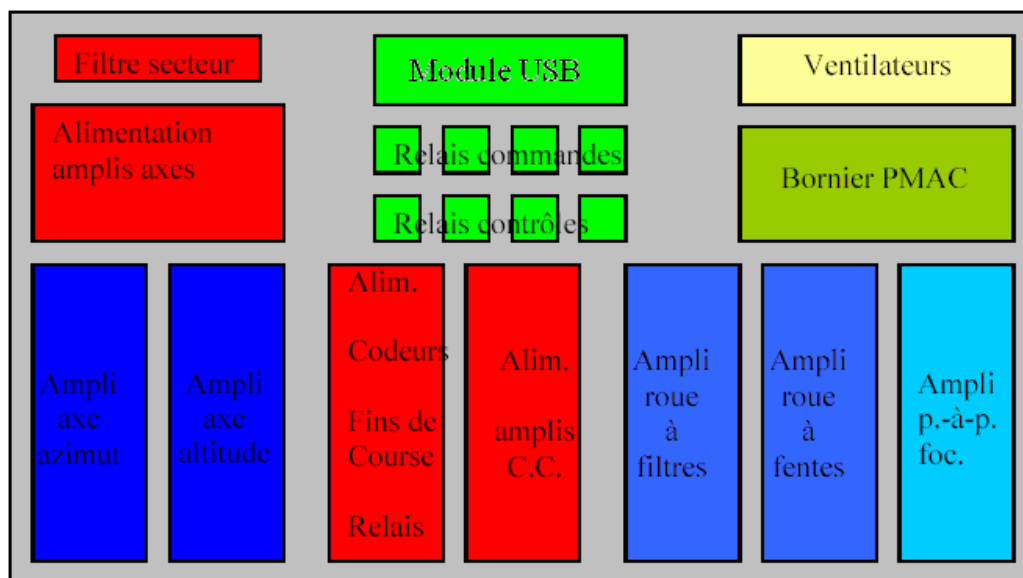
Le PC de pilotage est alors relié au rack de pilotage par l'intermédiaire d'un câble en nappe à 60 voies provenant de la carte PMAC et d'une liaison USB.

2.3.2. Electronique de pilotage

L'électronique de pilotage a donc pour fonction de fournir la puissance aux moteurs qui assurent les mouvements des différents mécanismes, à savoir :

- les 2 axes du télescope
- les 2 roues à fentes et à filtres
- la focalisation par déplacement du secondaire

Cette électronique se présente sous la forme d'un rack de dimension standard (19 pouces, hauteur 3U).



Synoptique du rack électronique de pilotage de MISOLFA

Il comprend :

- 2 amplificateurs PORTESCAP ELD-3503, 24V 3A, recevant en entrée des signaux de consignes +/- 10 V permettant de commander un moteur à courant continu en consigne de vitesse. Ces 2 amplificateurs commandent respectivement le moteur de la roue à filtres et le moteur de la roue à fentes,
- 2 amplificateurs MICL504, 50V 4A, recevant également en entrée des signaux de consignes +/-10V. Ils permettent de commander les 2 moteurs d'axe,

- un amplificateur pour la commande du moteur pas à pas,
- une alimentation fournissant la puissance aux amplificateurs PORTESCAP,
- une alimentation fournissant la puissance aux amplificateurs MICL504,
- une alimentation basse tension,
- un bornier permettant de recevoir le câble en nappe à 60 voies provenant de la carte PMAC et de le distribuer sur des bornes à bis afin de faciliter la connexion avec :
 - les amplificateurs (signaux de commande, de validation, de défaut),
 - les codeurs,
 - les fins de course et les zéros.
- Un module d'entrées/sorties sur port USB qui permet de gérer des relais de commande et de contrôle et de mesurer des tensions. Les 4 sous-systèmes contrôlés par ce module sont :
 - l'alimentation des 2 amplificateurs des moteurs d'axes du télescope,
 - les amplificateurs des moteurs de roue à filtres et de roue à fentes,
 - l'amplificateur du moteur de focalisation (moteur pas à pas).

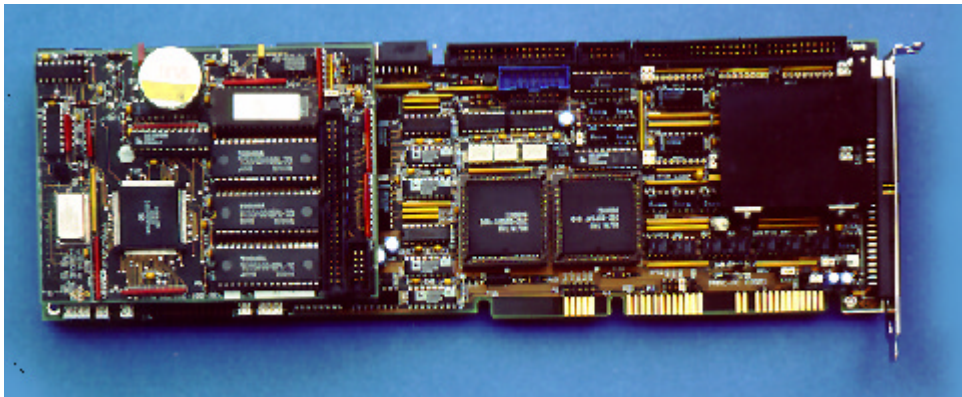
L'alimentation basse tension concerne :

- +/-15V qui sert à alimenter la carte PMAC,
- 5V pour l'alimentation des butées (fins de course) et qui pourrait également servir afin d'alimenter les codeurs des moteurs de guidage si la sortie 5V n'est pas suffisante pour alimenter les 4 codeurs.

3. La carte d'axe PMAC

PMAC est une carte de contrôle d'axes, délivrée par *Delta Tau Data Systems*, conçue pour résoudre toutes sortes d'applications dans les domaines les plus variés, ce qui a participé à son succès international.





« Universal »PMAC-Lite, qui fait partie de la famille des cartes PMAC, est la carte utilisée. Il s'agit de l'élément principal du système d'asservissement des 4 moteurs. Elle se connecte facilement sur le PC de pilotage par le bus ISA. Elle est ensuite reliée à un bornier à vis (60 points de connexion) via une nappe 60 voies par le port J11 (JMACH1). C'est par ce port qu'entrent et sortent les différents signaux utilisés par la carte.



3.1. Configuration de la carte

Avant d'installer la carte au sein du PC de pilotage, il faut tout d'abord la configurer au moyen de ses cavaliers (de E1 à E110). Cependant, seuls les cavaliers E24, E25, E26 et E27 ont dû être modifiés. Ces 4 cavaliers correspondent à la configuration des codeurs de chaque moteur. Pour que la carte accepte les signaux, issus de ces codeurs, ces cavaliers doivent passer de la position 1-2 à la position 2-3 :

E24 - E27: Encoder Single-Ended/Differential Control

E-Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E24 	F2	<i>ENC 4 through 1:</i> Jump pin 1 to 2 to tie complementary encoder inputs to 2.5V	1-2 Jumper installed for E24 - E27
E25 	F2	Jump pin 2 to 3 to tie complementary encoder inputs to 5V For no encoder connection: Jump pin 1 to 2	E24: ENC 4 E25: ENC 3 E26: ENC 2 E27: ENC 1
E26 	F3	For single-ended encoders: Jump pin 1 to 2 For differential line-driver encoders: Don't care	
E27 	F3	For complementary open-collector encoders: Jump pin 2 to 3	

La disposition de tous les cavaliers, et donc la configuration de la carte, est listée en annexe.

3.2. Alimentation de la carte

Pour son bon fonctionnement, la carte nécessite 2 alimentations :

- une alimentation numérique 5V (1,5A),
- une alimentation analogique +/- 15V.

3.2.1. Alimentation numérique 5V

Etant donné que la carte est installée dans un PC, elle tire cette alimentation directement sur le connecteur du bus ISA.

Cette source de tension sert à alimenter les circuits de traitement des données numériques. En présence du 5V, la carte entre en fonctionnement et peut alors communiquer. Cette tension sera par la suite utilisée pour alimenter au moins 2 des 4 codeurs utilisés (car je n'ai pas eu l'occasion d'effectuer de tests afin de voir si la puissance issue de la carte est suffisante pour alimenter les 4 codeurs).

3.2.2. Alimentation analogique +/-15V

Cette alimentation sert à fournir les tensions de sorties de commande +/- 10V. C'est cette alimentation qui permet d'isoler les circuits analogiques des circuits numériques de traitement des données par opto-couplage. Ceci permet d'avoir des références pour les signaux numériques, provenant de la carte PMAC, et les signaux analogiques, des amplificateurs, moteurs, alimentations, distincts.

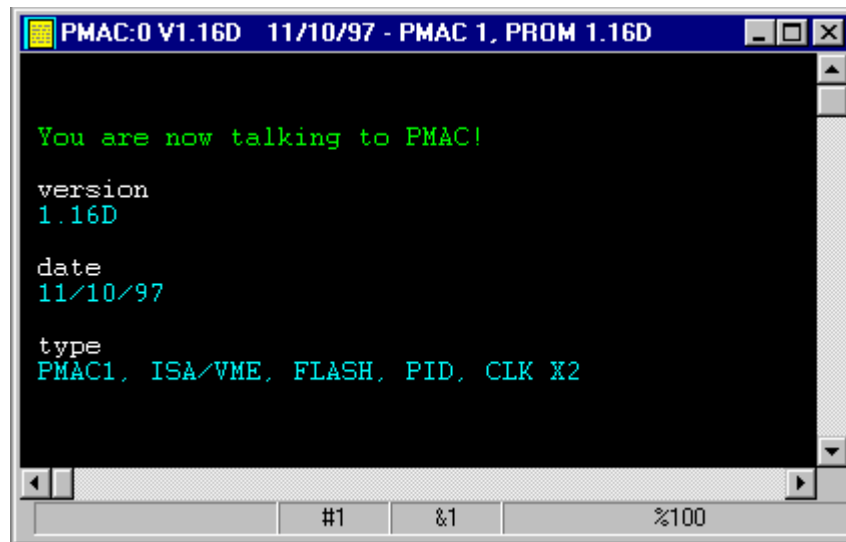
3.3. Communication avec la carte

Fondamentalement, PMAC a été conçue pour communiquer de la manière la plus simple qui soit, c'est à dire que les échanges se réduisent à l'émission et à la réception de caractères ASCII formant une chaîne.

Etablir la communication avec la carte nécessite que la tension 5V soit présente.

L'outil indispensable pour faciliter les échanges avec la carte est le logiciel fourni par *Delta Tau* : « PMAC executive ». La version utilisée est : Pwin 32 bits.

Ainsi la communication avec la carte est rendue possible par le biais d'une boîte de dialogue :



Boîte de dialogue de Pwin 32

3.4. Connexion avec un amplificateur

3.4.1. Sortie de commande

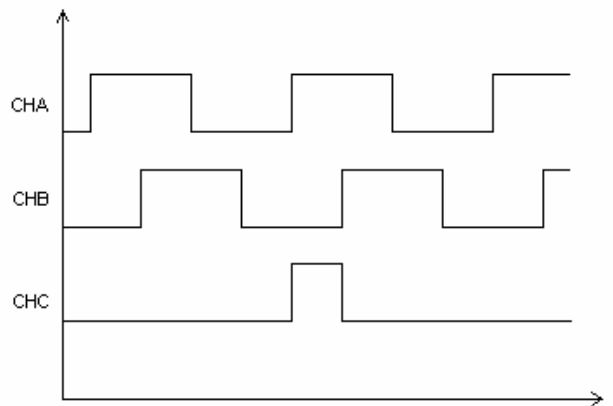
Les différents moteurs contrôlés par la carte sont commandés par un variateur. Chaque variateur, connecté à PMAC par l'intermédiaire d'un bornier, est sous son contrôle par la sortie de commande différentielle +/- 10V. Ce signal de commande est fourni par la carte à partir de l'alimentation analogique +/- 15V.

L'électronique du variateur prend en charge la régulation du courant dans le moteur en fonction de cette consigne.

3.4.2. L'entrée codeur

La rétroaction de position est une information incrémentale provenant d'un codeur rotatif. Cette information se présente sous la forme de 3 signaux A, B et C et de leurs compléments.

Le codeur incrémental fournit deux formes d'onde carrées en quadrature (déphasées entre elles de 90°), qui sont dénommées CHA et CHB. Avec la lecture d'un seul canal, on a l'information relative à la vitesse de rotation alors qu'avec l'acquisition du signal CHB également, on peut discriminer le sens de rotation sur la base de la séquence des états produits par les deux signaux. Un autre signal dénommé CHC, qui fournit une position absolue de zéro de l'arbre codeur, est également disponible. Ce signal se présente sous forme d'impulsion carrée avec mise en phase et largeur centrée sur le CHA.



Les signaux CHA et CHB sont alors décalés de 90° et nous indique, par le sens de ce décalage, le sens de rotation du moteur.

3.4.3. Les entrées rapides

Quatre entrées rapides sont disponibles sur le port J11 (donc sur le bornier) pour chaque variateur (ou moteur) :

- LIM+
- LIM-
- FAULT
- HMFL

Limites de fins de course (LIM+, LIM-) :

Chaque axe comporte 2 entrées de limite de fin de course qui provoquent un arrêt d'urgence du mouvement qui a provoqué le déclenchement de la butée. Ces signaux proviennent de contacteurs de fin de course activés par les parties en mouvement. Afin de donner une sécurité

active, les signaux seront envoyés continuellement sur la carte pour considérer qu'aucune limite n'est activée. Ainsi, une coupure accidentelle du câble électrique allant jusqu'au détecteur provoque un arrêt d'urgence.

Défaut variateur (FAULT) :

Les variateurs utilisés pour le guidage du télescope sont munis d'une sortie pour indiquer leur état de fonctionnement. Ce signal est activé si aucun défaut n'est présent sur le variateur et disparaît pour signaler un incident. Dans ce cas, la carte bloque automatiquement le fonctionnement de l'axe considéré.

Origine (HMFL) :

HMFL fournit un zéro mécanique du système lorsque cela s'avère nécessaire. En effet, le zéro du codeur n'est pas toujours suffisant pour obtenir une référence absolue ; c'est le cas lorsque le codeur fait plusieurs tours alors que le système mécanique que l'on veut coder n'en fait qu'un. Cela est dû à la réduction engendrée par le fait que la vis tangente entraîne la roue dentée (1/180).

Cependant, ces 4 entrées ne seront utilisées que pour les moteurs du télescope car elles ne sont pas nécessaires au bon fonctionnement de la motorisation de la boîte focale. En effet, il n'y a pas de limites mécaniques sur les roues à filtres et à fentes ; il n'est donc pas nécessaire d'utiliser les entrées de limites. Il en est de même pour l'entrée HMFL, le zéro du codeur et le zéro mécanique étant confondus (le codeur code directement le tour de roue). On peut donc se contenter d'utiliser la voie C du codeur. Enfin, les amplificateurs des moteurs de la boîte ne possèdent pas de sortie FAULT.

3.5. Les paramètres I

Les paramètres I sont les éléments principaux utilisés pour contrôler l'asservissement que l'on souhaite avec le logiciel correspondant à la carte PMAC. Ils conditionnent aussi bien l'activation des différents moteurs que la valeur des différents gains nécessaires à l'asservissement PID qu'effectue la carte ou la caractérisation des différents codeurs.

I-Variable	Function
I0 to I75	General card setup
I76 to I99	Dual-speed resolver setup
I100 to I186	Motor #1 setup
I187 to I199	Coordinate System 1 setup
I200 to I286	Motor #2 setup
I287 to I299	Coordinate System 2 setup
...	
I800 to I886	Motor #8 setup
I887 to I899	Coordinate System 8 setup
I900 to I979	Encoder 1 – 16 setup
I980 to I1023	Reserved for future use

Ces paramètres sont notamment utilisés dans le réglage du filtre d'asservissement. Ce filtre sert à la mise en oeuvre de l'asservissement par la carte PMAC. Il utilise tous les gains nécessaires (gain proportionnel, dérivé, intégral,...).

Il se présente sous la forme de la boîte de dialogue suivante :

The image shows a screenshot of the 'PID Tuning for Motor #1' dialog box. The dialog is divided into several sections:

- What to Plot:** A group box containing checkboxes for Position (checked), Velocity, Acceleration, Following Error, and DAC Output.
- Step:** A group box with input fields for Step Size (cts) set to 1000 and Step Time (ms) set to 500, and a 'Do A Step' button.
- Parabolic:** A group box with input fields for Move Size (cts) set to 4000 and Move Time (ms) set to 500, and a 'Do A Parabolic' button.
- Original Gains:** A list of parameters with input fields: I130 Prop. Gain (2000), I131 Derivative Gain (1280), I132 Velocity FF Gain (1280), I133 Integral Gain (0), I134 Integration Mode (1), I135 Accel. FF Gain (0), I129 DAC Offset (0), I169 DAC Limit (16384), I160 Servo Cycle Per Ext. (0), and I168 Friction FF Gain (0).
- Buttons:** 'Open Loop Move...', 'Plot Response', 'Auto Tune...', 'Toggle Gains', 'Kill Motor', and 'Notch Filter...'.
- Footer:** 'Done' and 'Help' buttons, and a note: 'Note: Notch/LP filter NOT installed'.

Annotations with arrows point to various parts of the dialog:

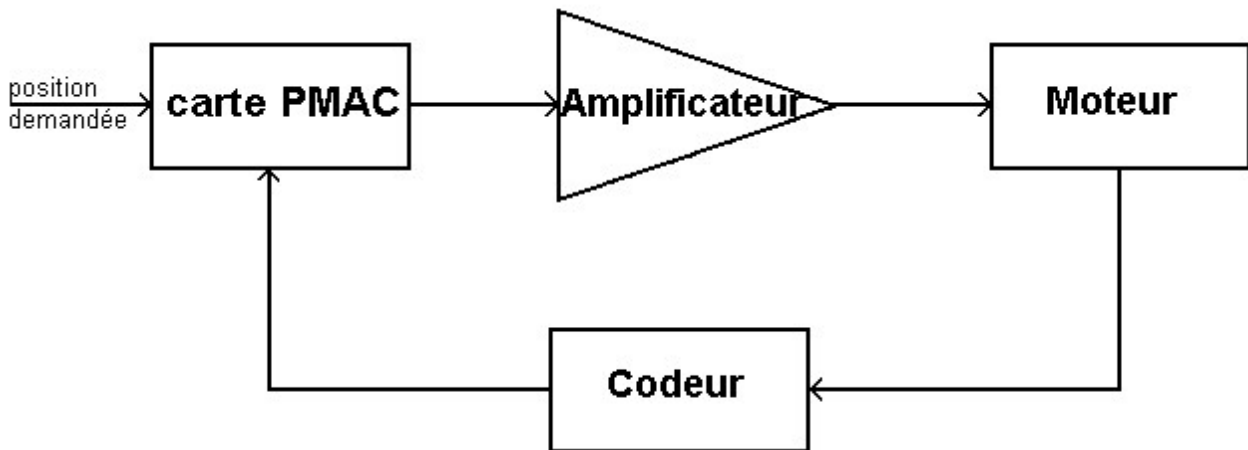
- 'Moteur en cours de réglage' points to the title bar.
- 'Données à afficher' points to the 'What to Plot' section.
- 'Gains du filtre et paramètres.' points to the 'Original Gains' section.
- 'Réglage de l'échelon' points to the 'Step' section.
- 'Réglage d'un mouvement parabolique' points to the 'Parabolic' section.
- 'Réglage en boucle ouverte.' points to the 'Open Loop Move...' button.
- 'Réglage automatique du filtre.' points to the 'Auto Tune...' button.
- 'Mise en place d'un filtre anti-résonance.' points to the 'Notch Filter...' button.

Boîte de dialogue du filtre d'asservissement

Afin de régler ce filtre, une procédure, qui décrit les différentes étapes de la mise au point de l'asservissement, a été mise en oeuvre. Cependant, elle a pour objet de donner une approche pratique de réglage du filtre d'asservissement d'un axe typique. Ce qui implique que les gains issus du suivi de cette procédure ne sont pas définitifs, ils nous donnent simplement un ordre de grandeur pour les différentes valeurs trouvées. Il faut, par la suite, finaliser en modifiant ces gains, ainsi que d'autres paramètres I qui seront décrits par la suite, pour aboutir à l'asservissement souhaité.

4. Electronique de guidage et de commande

Chacun des 4 moteurs utilisés dans cette électronique (moteurs de la boîte focale et moteurs de guidage du télescope), fait partie d'un ensemble qui peut être modélisé de la façon suivante :



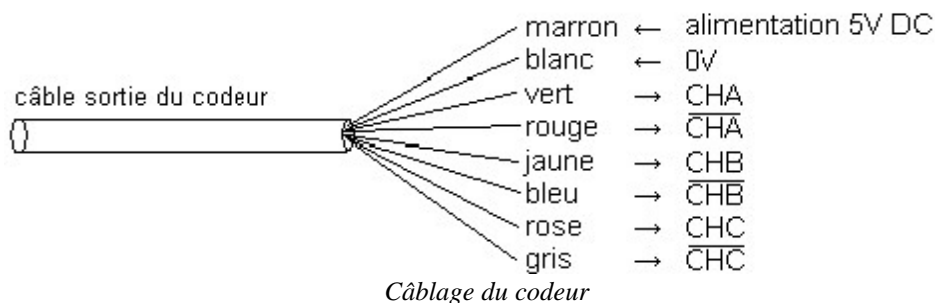
4.1. Electronique de la boîte focale

L'électronique de la boîte focale est la première partie sur laquelle j'ai commencé à travailler car l'asservissement des 2 moteurs de cette boîte focale était plus simple que celui des moteurs d'axe. Il s'agit donc d'effectuer un asservissement de position sur les deux moteurs afin que l'on puisse aligner correctement chaque filtre ou chaque fente des différentes roues sur l'axe du faisceau lumineux.

4.1.1. Le codeur

Le codeur utilisé est un codeur incrémental à axe creux BHK-M6 de résolution 2048 impulsions par tour.

La sortie du codeur est câblée comme suit :



4.1.2. Le moteur

Le moteur est un moteur à courant continu Escap 26N48 dont les caractéristiques sont inscrites dans le tableau suivant :

Types d'enroulement		216 E
Valeurs mesurées		
Tension mesurée	V	12
Vitesse à vide max.	rpm	4700
Couple au démarrage	mNm (oz-in)	28,6 (4,06)
Courant moyen à vide	mA	16
Seuil de tension (au départ)	V	0,15
Valeurs recommandées max.		
Courant continu max.	A	0,86
Couple continu max.	mNm (oz-in)	20 (2,8)
Accélération angulaire max.	10^3 rad/s^2	84
Paramètres intrinsèques		
Constante de f.c.e.m.	V/1000 rpm	2,5
Constante de couple	mNm/A (oz-in/A)	23,9 (3,38)
Résistance	ohm	10
Régulation du moteur R/k^2	$10^3/\text{Nms}$	17
Inductance rotor	mH	0,8
Moment d'inertie rotor	$\text{kgm}^2 \cdot 10^{-7}$	8,5
Constante de temps mécanique	ms	15

Modélisation du moteur :

Les équations du moteur accouplé avec la charge sont les suivantes :

$$\begin{cases} U = E + R_m \cdot I + L_m \cdot p \cdot I \\ C_m = K_c \cdot I \\ E = K_e \cdot \Omega_m \\ C_m - C_{ch} = J_m \cdot p \cdot \Omega_m + f_m \cdot \Omega_m \\ C_{ch} = J_{ch} \cdot p + f_{ch} + \Omega_{ch} \\ \Omega_{ch} = \frac{\Omega_m}{n} \end{cases}$$

avec U : tension moteur

E : force électromotrice

I : courant moteur

R_m : résistance du moteur

L_m : induit moteur

J_m : inertie du moteur

f_m : frottement moteur

C_m : couple moteur

C_{ch} : couple charge

J_{ch} : inertie charge

f_{ch} : frottement charge

K_c : constante de couple

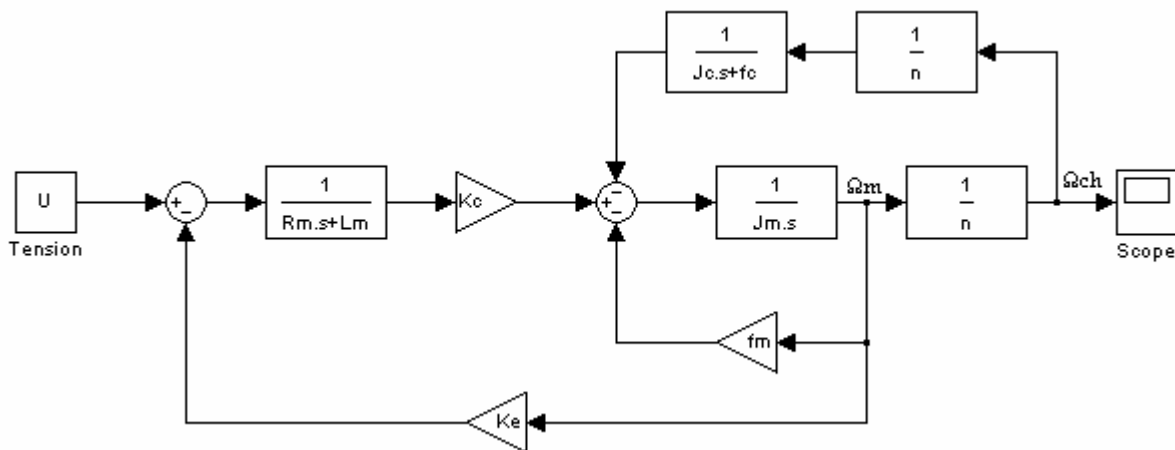
K_e : constante de fem

Ω_m : vitesse de rotation du moteur

Ω_{ch} : vitesse de rotation de la charge

n : rapport de réduction entre le moteur et la charge

On aboutit alors au schéma bloc suivant :



4.1.3. L'amplificateur

Il s'agit d'une carte Escap ELD-3503 V4. C'est un circuit de commande pour moteur à courant continu faisant appel à une régulation proportionnelle et intégrale, et qui propose le choix entre 3 modes de fonctionnement :

- mode source de courant (amplificateur à transconductance)
- asservissement en vitesse par génératrice tachymétrique
- asservissement en vitesse par compensation RI

Notre premier choix s'est porté sur le mode source de courant. Dans ce mode, la tension de commande est transformée en un courant proportionnel par le facteur de transconductance. Ce facteur est donné par la fonction de transfert simplifiée suivante :

$$\frac{I}{U_c} = \frac{R_{13}}{200}$$

avec :

I : courant moteur

U_c : tension de commande

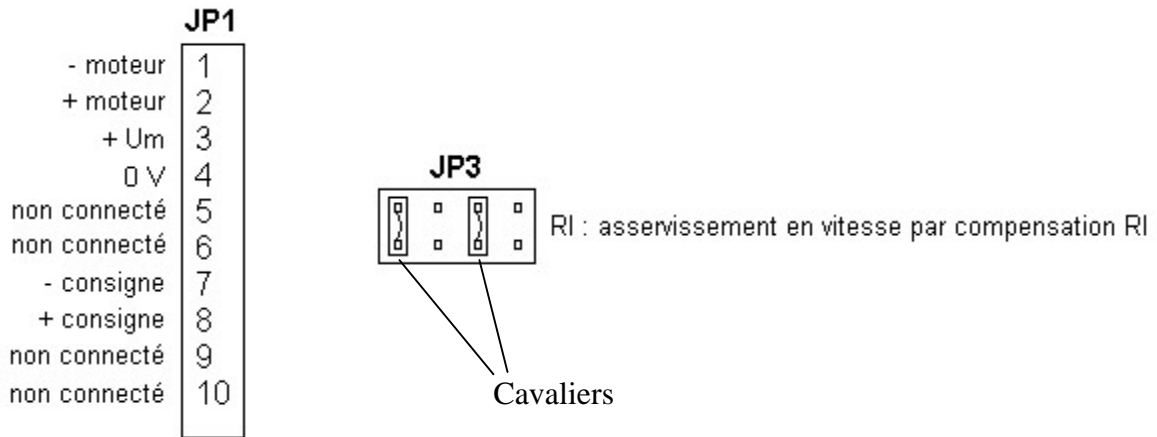
R13 : résistance intégrée dans le circuit de la carte (en kO)

Ainsi, en changeant R13, on modifie le facteur de transconductance.

Le but étant de faire varier la vitesse de rotation du moteur sur une plage de tension de 0V à 10V dans un sens (et de -10V à 0V pour l'autre sens de rotation), il suffit pour cela d'adapter la résistance R13 afin que la plage de variation soit bonne.

Cependant, malgré les différentes valeurs de cette résistance, nous ne sommes pas parvenus à faire augmenter la plage de variation (le moteur atteignait sa vitesse de rotation maximale au bout de quelques volts seulement). C'est pour cette raison que nous avons opté pour un asservissement en vitesse par compensation RI (le choix d'un asservissement en vitesse par génératrice tachymétrique n'étant pas envisageable et inutile).

Voici donc la configuration des deux amplificateurs :



Ce mode d'asservissement est la façon la plus économique de contrôler la vitesse, en mesurant la force électromotrice du moteur. La précision du réglage est par contre réduite par rapport à un asservissement par génératrice tachymétrique mais cela n'a pas beaucoup d'importance car l'asservissement que l'on souhaite effectuer est un asservissement de position et c'est à ce moment là qu'intervient la carte PMAC. Après avoir câblé correctement le moteur et l'amplificateur, il suffit de régler deux potentiomètres U_{mot} et I_{mot} de façon à ce que le moteur puisse tourner comme nous le souhaitons. Ces deux potentiomètres U_{mot} et I_{mot} correspondent respectivement à la composante de tension du moteur et la composante de courant dans le retour RI, et peuvent être calculé grâce aux formules suivantes :

$$U_{mot} = \frac{R_{43} \cdot G \cdot FEM}{20}$$

$$I_{mot} = \frac{R_{43} \cdot G \cdot FEM}{R_m}$$

avec :

- G : gain du régulateur (1000 tr/min.V)
- FEM : constante de tension induite (V/1000 tr/min)
- R_{43} sert à ajuster le gain de la boucle de retour RI
- R_m est la résistance du moteur

La résistance du moteur étant de 100, nous avons la relation : $U_{mot} = \frac{I_{mot}}{2}$

En réglant manuellement les 2 potentiomètres, on s'aperçoit que cette relation se vérifie. Nous avons, par exemple pour l'amplificateur de la roue à fentes : $U_{mot} = 52$ kO et $I_{mot} = 93,5$ kO.

Remarque : une documentation comprenant les différentes caractéristiques de cet amplificateur se trouve en annexe. Il y figure notamment le courant sortant de la carte, la tension d'alimentation à appliquer, les valeurs des différents composants constituant la carte....

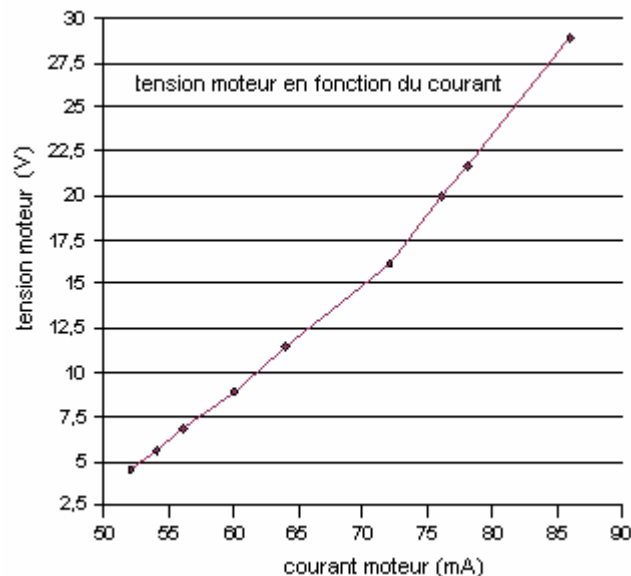
4.2. Electronique pour le guidage du télescope

Cette partie concerne l'électronique pour les moteurs d'axe. La difficulté était que les moteurs ainsi que les amplificateurs avaient déjà fait partie d'une autre électronique de commande pour un autre système. Autrement dit, ils n'étaient pas récents et la documentation s'y rapportant n'était pas très importante.

Une étude avait déjà été avancée en ce qui concerne le rack de pilotage de MISOLFA qui a pour fonction de fournir la puissance aux moteurs qui assurent les mouvements des différents mécanismes. J'ai donc dû reprendre tout le câblage de l'électronique afin de ne pas récupérer les différentes erreurs qui existaient (et notamment des problèmes de masses).

4.2.1. Le moteur

Le moteur fait partie d'un ensemble bloc-moteur (moteur, codeur, génératrice tachymétrique, roue dentée). Il entraîne une vis sans fin qui par accouplement fait tourner une roue à laquelle est fixé l'axe qui fait tourner le mécanisme. Etant donné que nous ne connaissions rien du moteur, nous avons donc dû effectuer diverses mesures afin d'identifier ces caractéristiques.



Graphique de la tension en fonction du courant dans le moteur

La puissance maximale du moteur n'excède donc pas 5W. De plus, pour une tension de 30V, la vitesse du moteur est bien trop rapide par rapport à celle requise lors du fonctionnement de télescope.

Les résistances des différents moteurs sont de :

$R_m = 64,70$ pour le moteur altitude, et $R_m = 57,70$ pour le moteur azimut (valeurs mesurées).

4.2.2. L'amplificateur

L'amplificateur de l'ancien système est un amplificateur ARTUS à découpage quatre quadrants (150V/5A permanent /7A crête).

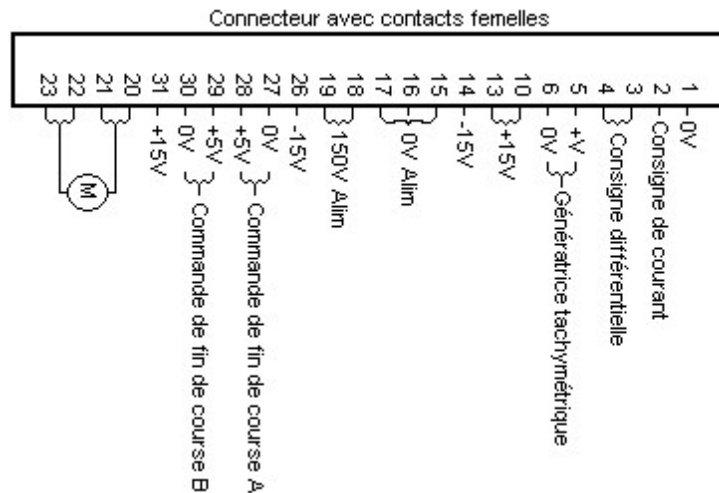
Il peut fonctionner selon 3 modes :

- un asservissement de courant,
- un asservissement de vitesse avec génératrice tachymétrique externe,
- un asservissement de vitesse avec une fausse génératrice tachymétrique définie à l'intérieur de l'amplificateur.

Le mode retenu est l'asservissement en vitesse avec génératrice tachymétrique (qui fait partie du bloc moteur).

Le connecteur DIN41617, de l'amplificateur comprend :

- des entrées pour l'alimentation 150V,
- des entrées pour l'alimentation de commande +/-15V,
- une entrée pour la consigne différentielle,
- une entrée pour la génératrice tachymétrique,
- des entrées pour les commandes de fin de course,
- des sorties de puissance pour le moteur correspondant.



Il est, ainsi, en accord avec ce que l'on veut car nous pouvons effectuer un asservissement par génératrice tachymétrique, connecter des commandes de fin de course, rentrer une consigne différentielle.

Cependant, le problème est que cet amplificateur ne peut fonctionner que si son alimentation atteint 150V. En effet, lors de divers tests, j'ai pu observer que lorsque son alimentation est inférieure à environ 60V, la tension délivrée aux bornes du moteur est nulle : l'amplificateur est inhibé. Et si cette tension est supérieure à 60V mais encore inférieure aux 150V demandés, le moteur tourne par saccades. Ces saccades sont probablement dues au fait que la tension d'alimentation doit conditionner la fréquence du hacheur inscrit dans la boucle d'asservissement de l'amplificateur (lorsque celui-ci n'est pas inhibé). Ainsi, plus la tension d'alimentation est élevée, plus la fréquence de ce hacheur diminue, ce qui a pour conséquence d'augmenter la précision ainsi que la stabilité du moteur.

Ajouté à cela, la tension maximale, nécessaire pour que les 2 moteurs puissent fonctionner, n'excède pas 30V. Cette tension correspond à la tension maximale que le moteur peut supporter, et en vue de l'utilisation souhaitée pour ces moteurs, la tension à leurs bornes ne devrait pas dépasser 15V (maximum). Ce qui nous donne un facteur 10 entre la tension à l'entrée de l'amplificateur et celle délivrée à sa sortie, et donc une consommation beaucoup trop importante.

De plus, cet amplificateur avait déjà été utilisé au sein d'une autre installation, lors de cette utilisation, il avait énormément chauffé (du fait de la trop grande différence de tension entre son alimentation et ce qu'il délivre aux bornes du moteur).

Ceci a donc conduit au remplacement de cet amplificateur.

Notre choix s'est donc porté sur un amplificateur de chez *Midi-Ingénierie*. Il s'agit de la carte MICL504 qui est un variateur linéaire pour moteur à courant continu. D'après la documentation, il est particulièrement bien adapté aux systèmes de positionnement, il ne demande pas une très grande puissance de fonctionnement et de plus son prix est assez raisonnable.



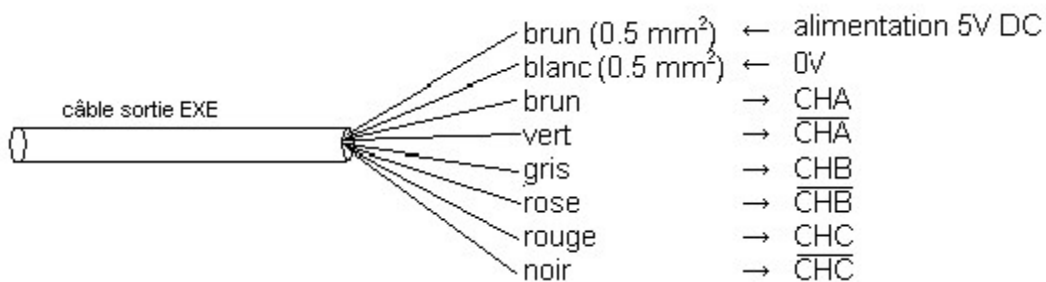
Carte MICL504

Comme l'amplificateur ARTUS, cette carte possède des entrées pour la consigne différentielle, la génératrice tachymétrique, les butées, une alimentation entre 12 et 50V (0 à 4A). Mais elle possède également une sortie défaut afin de pouvoir renseigner la carte PMAC sur son état de fonctionnement, et plusieurs potentiomètres permettant de régler différents gains et notamment le gain de la génératrice tachymétrique et le correcteur PI intégré à la boucle d'asservissement en vitesse.

4.2.3. Le codeur

C'est un capteur rotatif incrémental ROD 250. Lorsque que le moteur est en mouvement, le capteur génère des trains de signaux sinusoïdaux par balayage photoélectrique. Il est ensuite connecté à une électronique d'interpolation et de digitalisation.

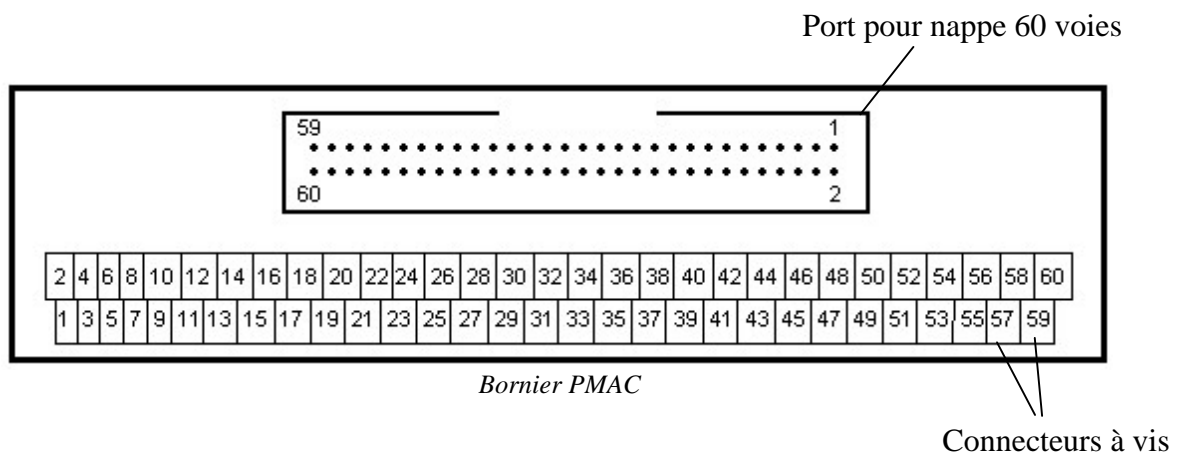
Ce système de mesure angulaire *HEIDENHAIN*, avec signaux de sortie sinusoïdaux, ne comporte pas d'électronique. Dans le circuit d'interpolation et de digitalisation EXE, les signaux sinusoïdaux sont amplifiés, interpolés, transformés en trains d'impulsions rectangulaires (tout comme les codeurs BHK dans la boîte focale) et délivrés par des étages de sortie.



Câblage de la sortie EXE

4.3. Le bornier PMAC

Tous les signaux mentionnés auparavant sont connectés à la carte PMAC via le bornier PMAC :



La correspondance entre chaque signal et son connecteur respectif sur le bornier est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

Pin #	Symbol	Function	Description
1	+5V	Output	+5V Power
2	+5V	Output	+5V Power
3	GND	Common	Digital Common
4	GND	Common	Digital Common
5	CHC3	Input	Encoder C CH. POS
6	CHC4	Input	Encoder C CH. POS
7	CHC3/	Input	Encoder C CH. NEG
8	CHC4/	Input	Encoder C CH. NEG
9	CHB3	Input	Encoder B CH. POS
10	CHB4	Input	Encoder B CH. POS
11	CHB3/	Input	Encoder B CH. NEG
12	CHB4/	Input	Encoder B CH. NEG
13	CHA3	Input	Encoder A CH. POS
14	CHA4	Input	Encoder A CH. POS
15	CHA3/	Input	Encoder A CH. NEG
16	CHA4/	Input	Encoder A CH. NEG
17	CHC1	Input	Encoder C CH. POS
18	CHC2	Input	Encoder C CH. POS
19	CHC1/	Input	Encoder C CH. NEG
20	CHC2/	Input	Encoder C CH. NEG
21	CHB1	Input	Encoder B CH. POS
22	CHB2	Input	Encoder B CH. POS
23	CHB1/	Input	Encoder B CH. NEG
24	CHB2/	Input	Encoder B CH. NEG
25	CHA1	Input	Encoder A CH. POS
26	CHA2	Input	Encoder A CH. POS
27	CHA1/	Input	Encoder A CH. NEG
28	CHA2/	Input	Encoder A CH. NEG
29	DAC3	Output	Analog out Pos. 3

Pin #	Symbol	Function	Description
30	DAC4	Output	Analog out Pos. 4
31	DAC3/	Output	Analog out Neg. 3
32	DAC4/	Output	Analog out Neg. 4
33	AENA3/DIR3	Output	Amp-Ena/Dir. 3
34	AENA4/DIR4	Output	Amp-Ena/Dir. 4
35	FAULT3	Input	Amp-Fault 3
36	FAULT4	Input	Amp-Fault 4
37	+LIM3	Input	Neg. End Limit 3
38	+LIM4	Input	Neg. End Limit 4
39	-LIM3	Input	Pos. End Limit 3
40	-LIM4	Input	Pos. End Limit 4
41	HMFL3	Input	Home Flag 3
42	HMFL4	Input	Home Flag 4
43	DAC1	Output	Analog out Pos. 1
44	DAC2	Output	Analog out Pos. 2
45	DAC1/	Output	Analog out Neg. 1
46	DAC2/	Output	Analog out Neg. 2
47	AENA1/DIR1	Output	Amp-Ena/Dir. 1
48	AENA2/DIR2	Output	Amp-Ena/Dir. 2
49	FAULT1	Input	Amp-Fault 1
50	FAULT2	Input	Amp-Fault 2
51	+LIM1	Input	Neg. End Limit 1
52	+LIM2	Input	Neg. End Limit 2
53	-LIM1	Input	Pos. End Limit 1
54	-LIM2	Input	Pos. End Limit 2
55	HMFL1	Input	Home Flag 1
56	HMFL2	Input	Home Flag 2
57	FEFCO/	Output	Fe/Watchdog Out
58	AGND	Input	Analog Common
59	A+15V/OPT+V	Input	Analog +15V Supply
60	A-15V	Input	Analog -15V Supply

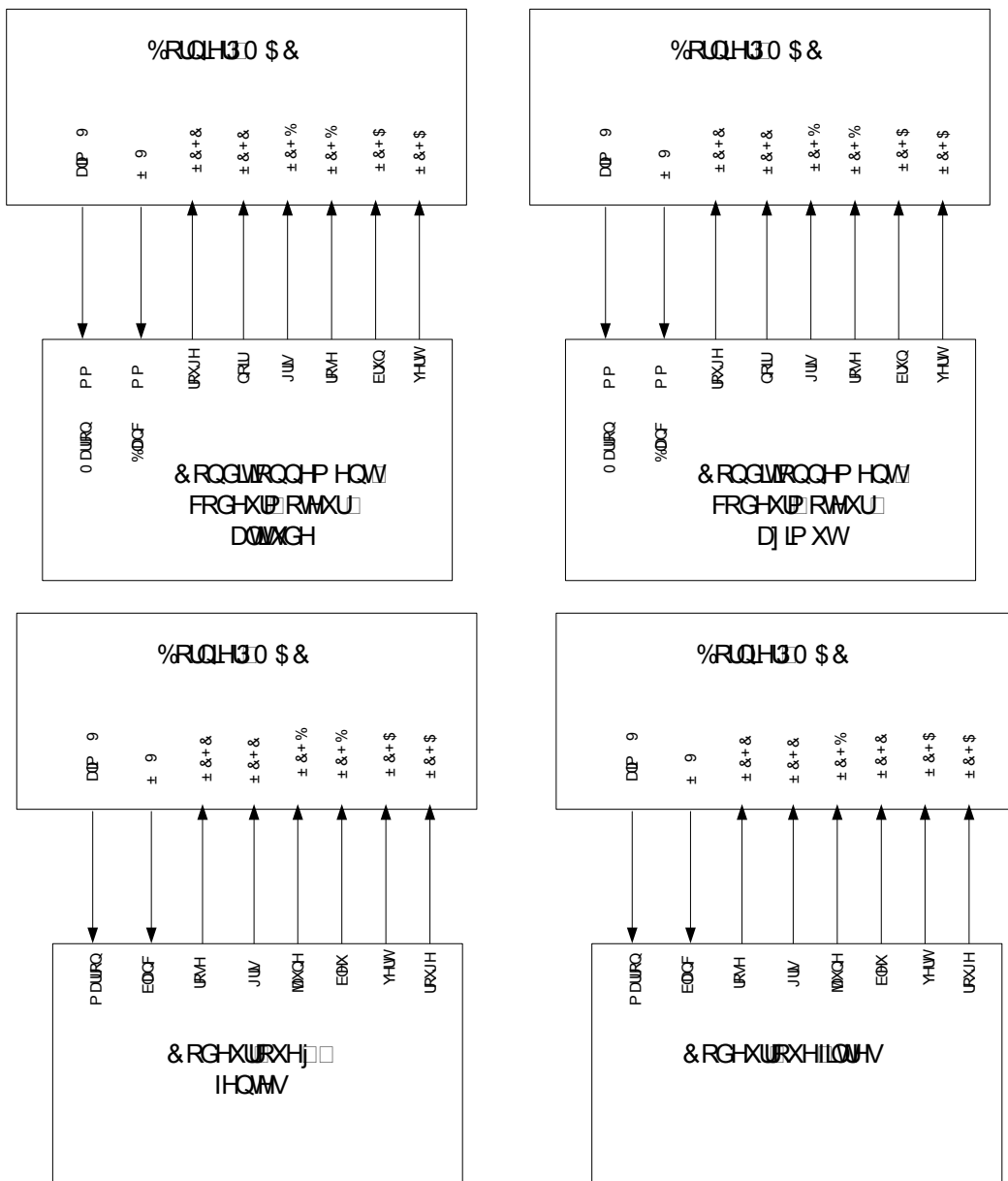
(Toutes les voies ne sont pas utilisées)

Remarque : Les entrées de limites sont inversées par rapport à la logique attendue. L'entrée LIM+ bloque le déplacement dans le sens négatif. L'entrée LIM- bloque le déplacement dans le sens positif.

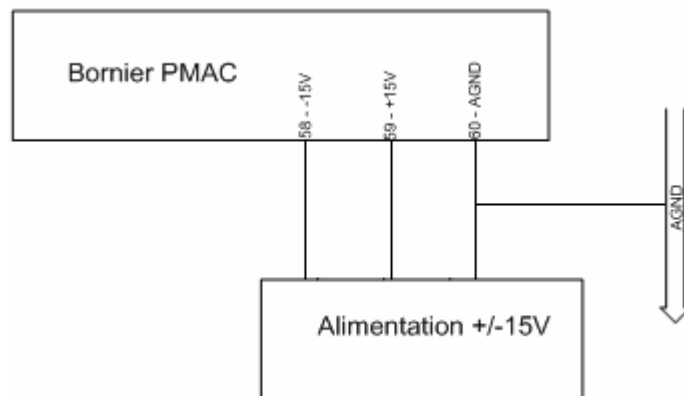
Chaque connecteur du bornier PMAC étant identifié, je vais maintenant décrire le câblage de ce bornier, que j'ai réalisé en intégrant divers relais, interrupteurs intervenant dans le contrôle des automatismes.

Le câblage des différents signaux reliés au bornier PMAC est alors le suivant :

Les différents codeurs :

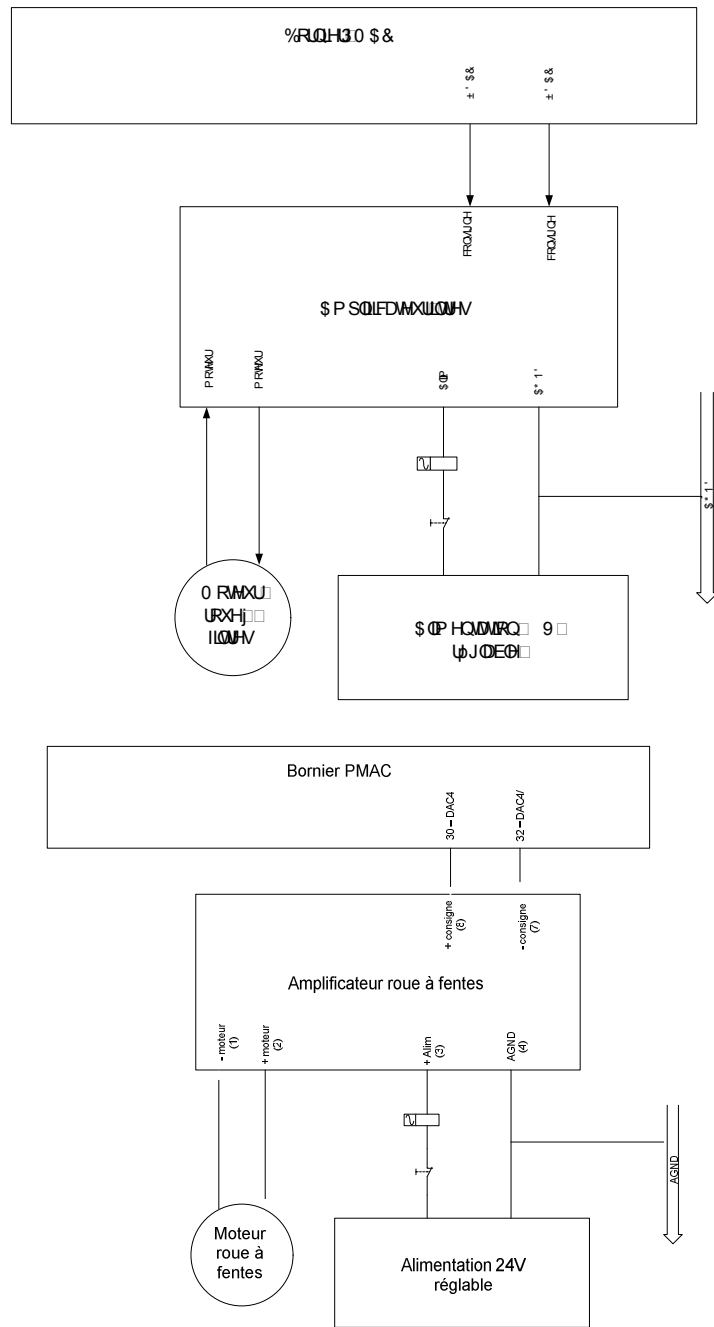


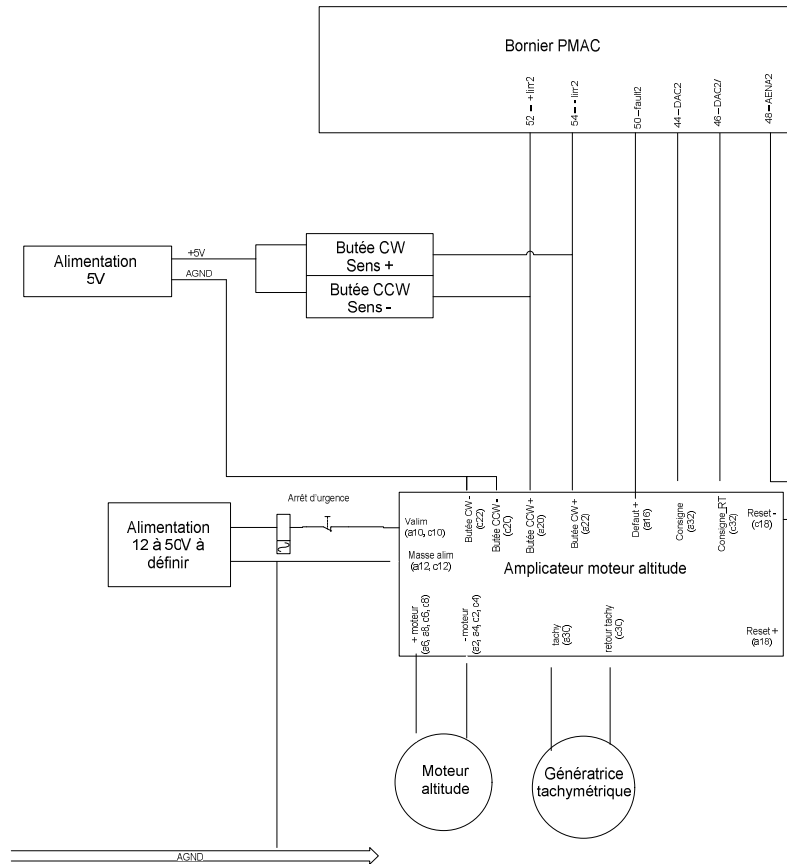
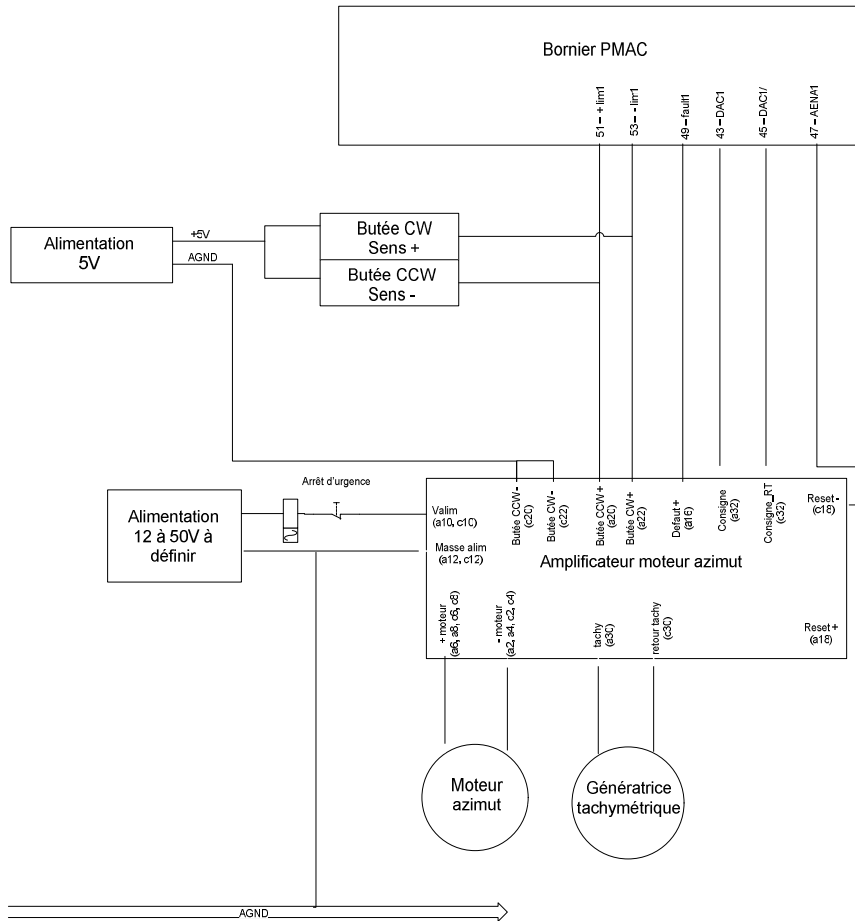
L'alimentation de la carte PMAC :



C'est cette alimentation +/- 15V qui fait que la carte peut fonctionner.

Les 2 amplificateurs de la boîte focale :



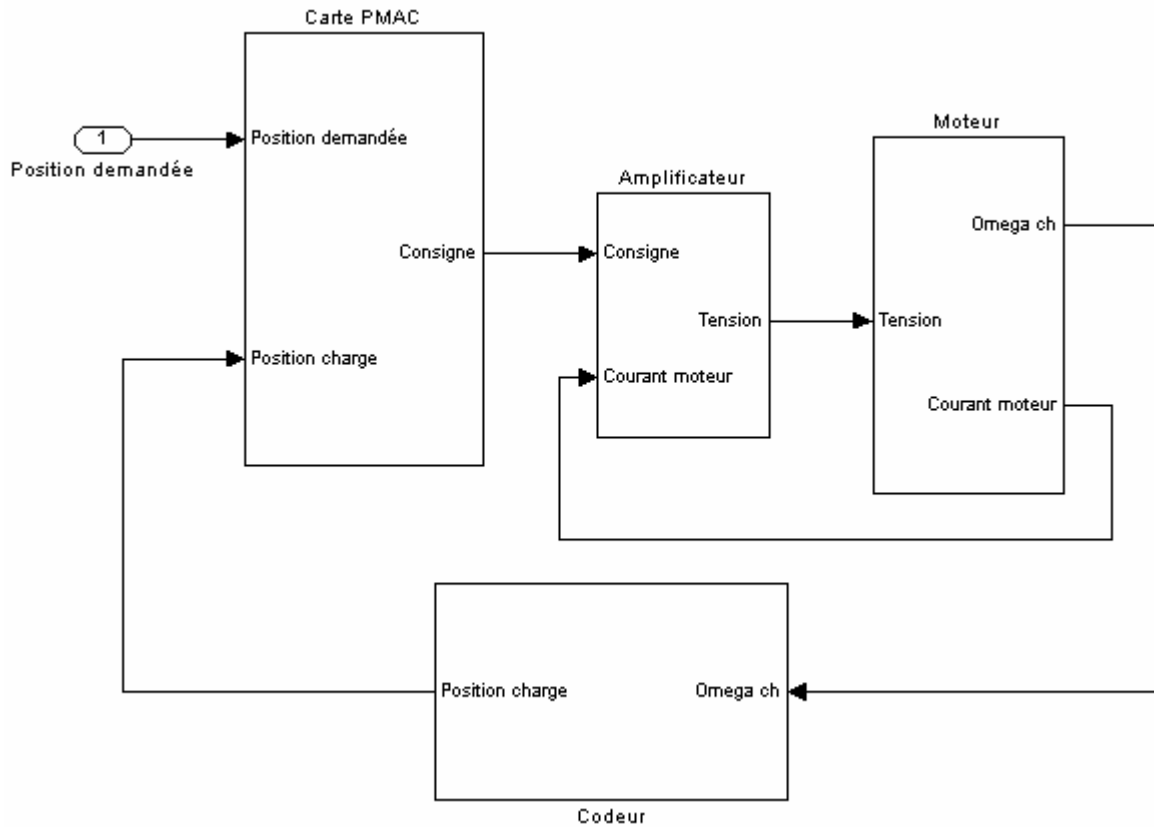


5. L'asservissement

5.1. Modélisation

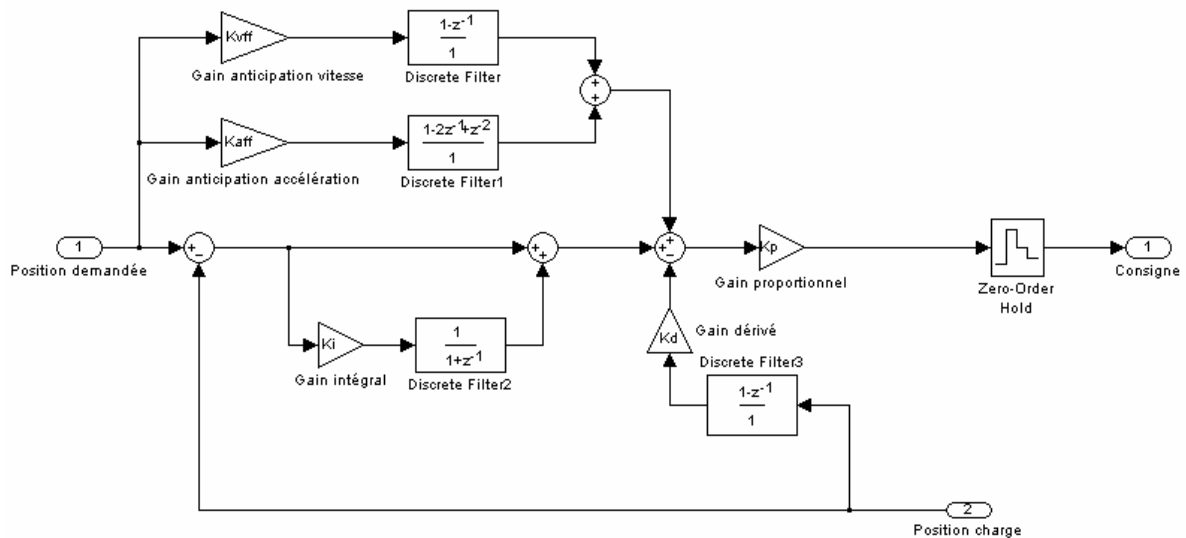
5.1.1. La boîte focale

D'après ce que l'on a pu voir précédemment, l'asservissement de la motorisation de la boîte focale peut-être modélisé de la façon suivante (schémas réalisés avec l'outil « Simulink » de MATLAB) :



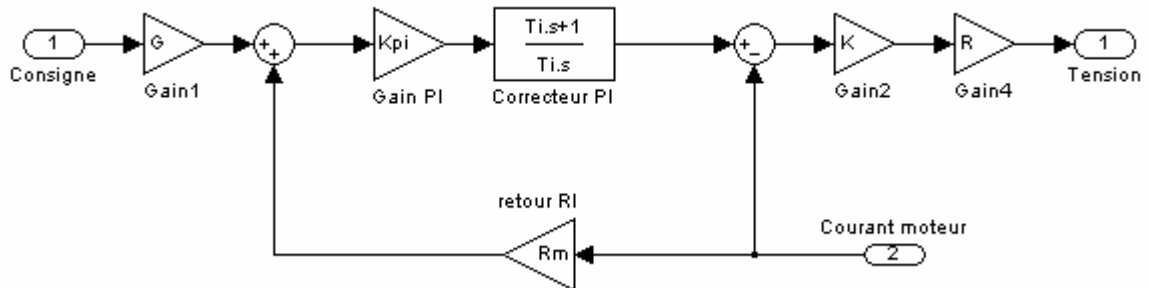
Et voici le détail de chaque élément :

- La carte PMAC : (qui effectue un asservissement PID)



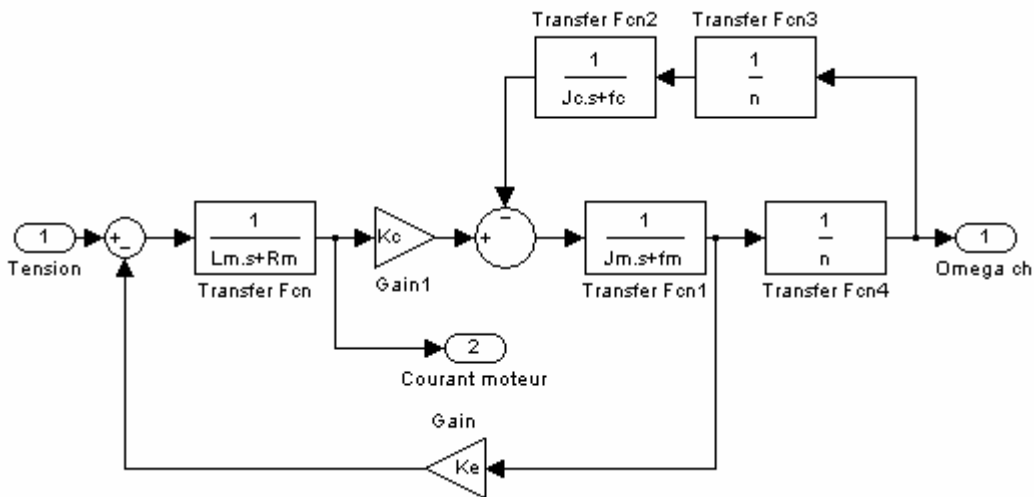
Toute la partie asservissement par la carte d'axes est effectuée en numérique, c'est pour cette raison qu'il m'a été nécessaire d'insérer un bloqueur d'ordre zéro afin de permettre le passage de la carte (numérique) à l'amplificateur (analogique). Tous les gains introduits dans cette modélisation seront identifiés par la suite.

- L'amplificateur :

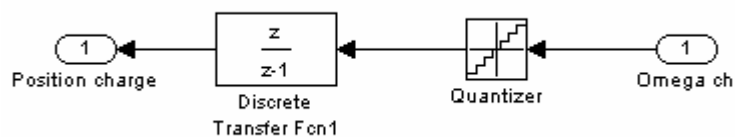


On s'aperçoit bien que l'amplificateur effectue un asservissement par compensation RI et que cet asservissement est effectué à l'aide d'un correcteur Proportionnel Intégral.

- Le moteur :

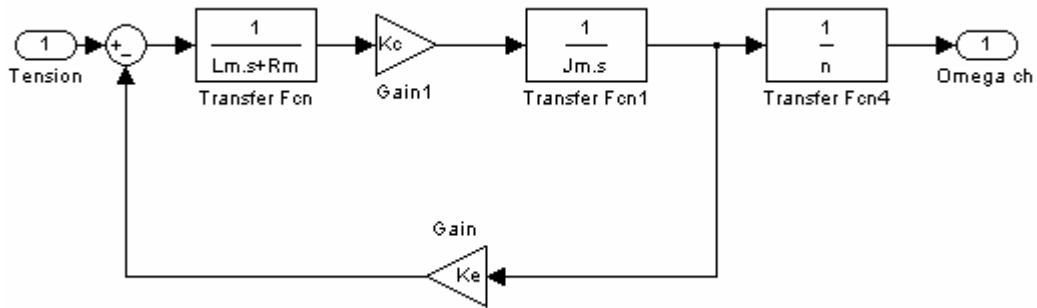


- Le codeur :



Le passage entre le moteur et le codeur qui est numérique est alors assuré en discrétisant le signal issu du moteur.

Etant donné que la charge n'est pas très conséquente, nous négligerons la perturbation due à celle-ci. Nous négligerons également les frottements secs des moteurs. Tout ceci nous mène, pour le moteur, au schéma bloc suivant :



Nouveau schéma bloc du moteur

5.1.2. Le guidage du télescope

Mis à part l'amplificateur, la modélisation reste la même pour tous les éléments entourant l'asservissement par la carte PMAC. En effet, l'amplificateur n'effectue non pas un asservissement en vitesse par compensation RI comme dans la boîte focale, mais par génératrice tachymétrique (comme il est indiqué dans la partie 4.2).

La modélisation de l'amplificateur devient alors :

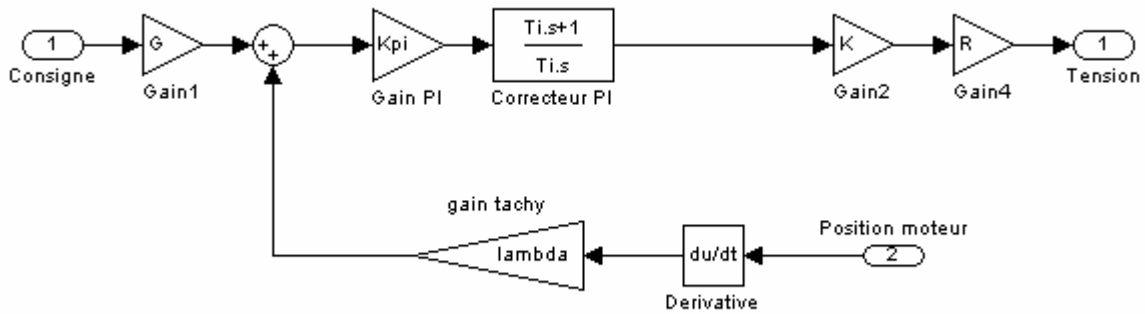


Schéma bloc de la modélisation de l'amplificateur MICL504

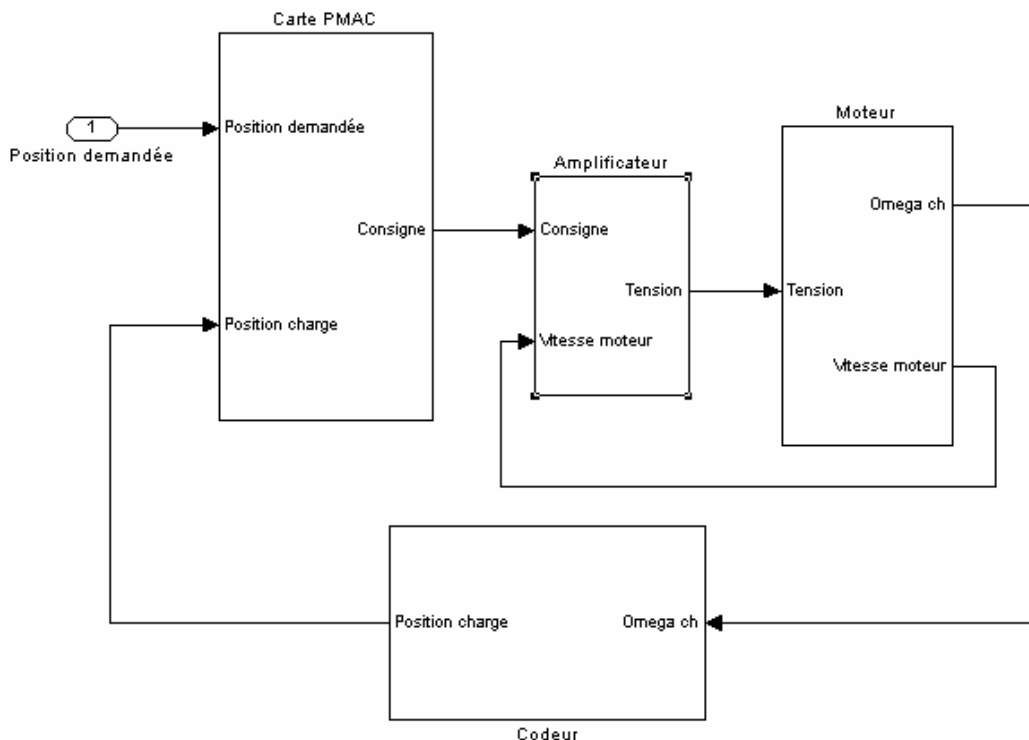


Schéma bloc de la modélisation totale de l'asservissement

Remarque : Par souci de clarté, les schémas blocs des modélisations globales ne comprennent qu'un seul des deux moteurs.

La modélisation de l'ensemble des différents asservissements des moteurs est alors effectuée. Il reste enfin à déterminer les différents gains utilisés dans la modélisation de la carte PMAC grâce au logiciel qui sert à contrôler cette carte.

5.2. Asservissement des différents moteurs

Cette partie concerne uniquement l'asservissement de la motorisation de la boîte focale car je n'ai pas eu la possibilité d'effectuer le réglage complet de l'asservissement de la motorisation du guidage du télescope.

Après avoir effectué correctement le câblage des différents éléments sur le bornier PMAC (comme indiqué au paragraphe 4.3), j'ai alors pu contrôler les différents moteurs avec le PC de pilotage, grâce au logiciel de la carte PMAC sachant que :

- moteur #1 correspond au moteur d'axe d'azimut,
- moteur #2 correspond au moteur d'axe d'altitude,
- moteur #3 correspond au moteur de la roue à filtres,
- moteur #4 correspond au moteur de la roue à fentes.

Les commandes principales utilisées afin de contrôler un moteur sont les suivantes :

Ix00=1	: active le moteur x
Ix25=Ix25 \$20000	: désactive les limites (utile pour la motorisation de la boîte focale car les roues ne possèdent pas de limites mécaniques)
Ix69= 32768	: change la limite de commande différentielle du moteur x à 10V
#xJ/	: ferme la boucle d'asservissement du moteur x
hmz	: la position actuelle est le zéro
j=2000	: aller à la position 2000
j:2000	: déplacement de 2000 incréments
j+	: demande de déplacement continu positif
j-	: demande de déplacement continu négatif
home	: demande origine moteur
k	: arrête le contrôle du moteur (boucle ouverte)

La mise en oeuvre de l'asservissement des moteurs par la carte PMAC s'effectue par le biais du filtre d'asservissement. Le réglage de ce filtre se fait à l'aide d'une procédure. Cette dernière se divise en 2 parties : le réglage par la méthode de l'échelon et celle du déplacement parabolique.

La première partie, où l'on cherche à ne plus avoir d'erreur statique ni d'oscillations, permet d'obtenir la valeur des gains proportionnel, dérivé et d'anticipation de vitesse, et la seconde sert à obtenir les gains d'anticipation d'accélération, intégral et anticipation de friction afin de diminuer au maximum l'erreur de poursuite.

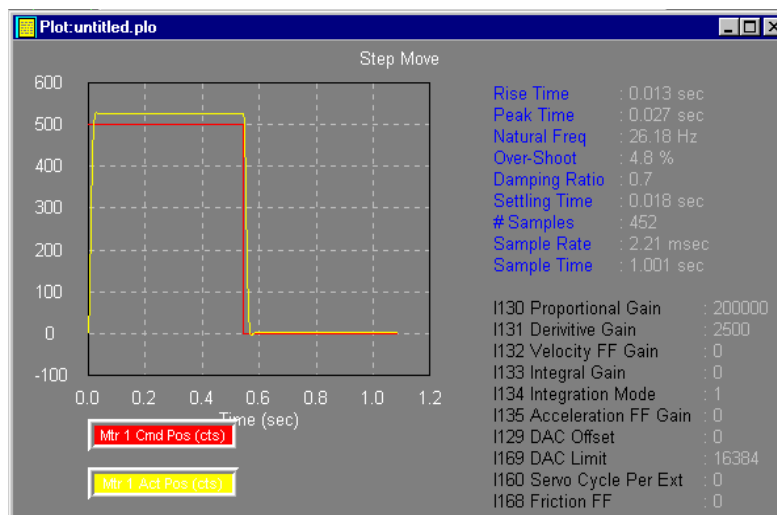


Figure représentant le step (les gains inscrits dans le filtre sont quelconques)

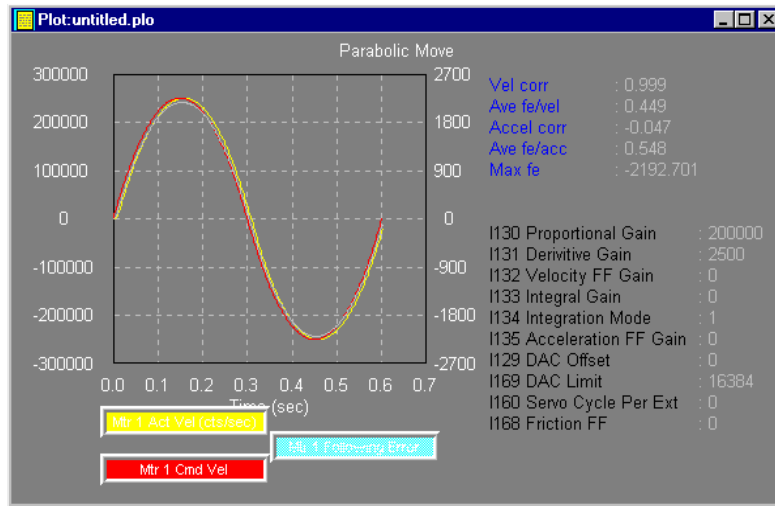
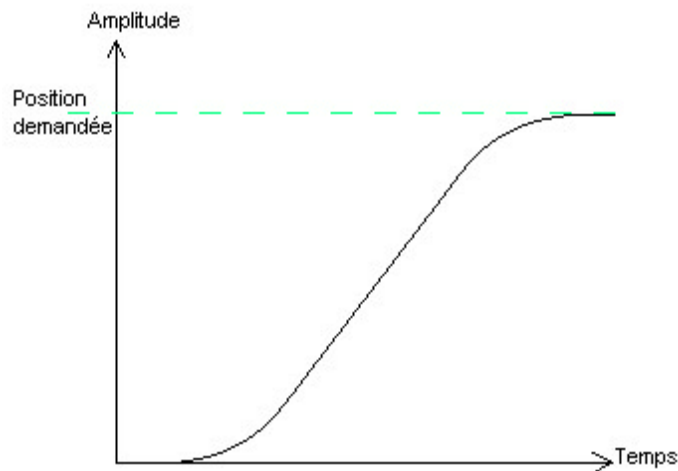


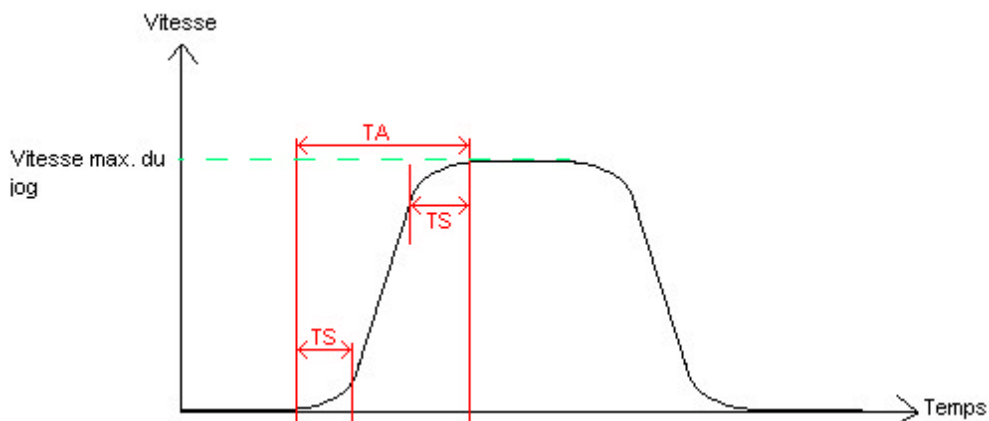
Figure représentant le mouvement parabolique (les gains inscrits dans le filtre sont quelconques)

Ensuite, la partie la plus délicate, qui est la finalisation, est réalisée grâce aux « jogs ». Car lorsque les 2 méthodes ont été mises en oeuvre, l'asservissement est encore assez loin de ce que l'on souhaite obtenir.

La méthode de l'échelon effectue un mouvement très critique de la roue concernée. En effet, en pratique, le mouvement des 2 roues, c'est à dire le changement de filtre et de fente, auront plus l'allure suivante :



Ce qui correspond à la courbe de vitesse suivante :



Avec TA : le temps d'accélération
 TS : le temps pendant lequel la vitesse sera parabolique

C'est grâce à ces temps que l'on a pu conditionner les paramètres suivants :

- Ix20 : temps d'accélération
- Ix21 : TS (S-curve Time)
- Ix22 : vitesse maximum du déplacement

Il faut ensuite diminuer l'overshoot qui a pour conséquence de créer de légères oscillations à la fin du mouvement. Ainsi en augmentant ou en diminuant certains gains, nous sommes arrivés à obtenir un asservissement assez convenable, c'est à dire que la roue, à fentes ou à filtres, se positionne en un temps assez faible avec une erreur statique quasiment nulle et sans oscillations.

Voici les gains des 2 filtres des 2 asservissements des 2 moteurs de la boîte focale :

Filtre correspondant au moteur de la roue à filtres		Filtre correspondant au moteur de la roue à fentes	
Original Gains		Original Gains	
I330 Prop. Gain	52775	I430 Prop. Gain	52300
I331 Derivative Gain	3900	I431 Derivative Gain	3785
I332 Velocity FF Gain	13000	I432 Velocity FF Gain	12750
I333 Integral Gain	58750	I433 Integral Gain	57500
I334 Integration Mode	0	I434 Integration Mode	0
I335 Accel. FF Gain	118725	I435 Accel. FF Gain	122500
I329 DAC Offset	0	I429 DAC Offset	0
I369 DAC Limit	32768	I469 DAC Limit	32768
I360 Servo Cycle Per Ext.	0	I460 Servo Cycle Per Ext.	0
I368 Friction FF Gain	125	I468 Friction FF Gain	385

Les 2 boîtes de dialogue avec les gains d'asservissement

Les autres paramètres I qui ont du être modifiés pour le bon fonctionnement des différents asservissements sont les suivants :

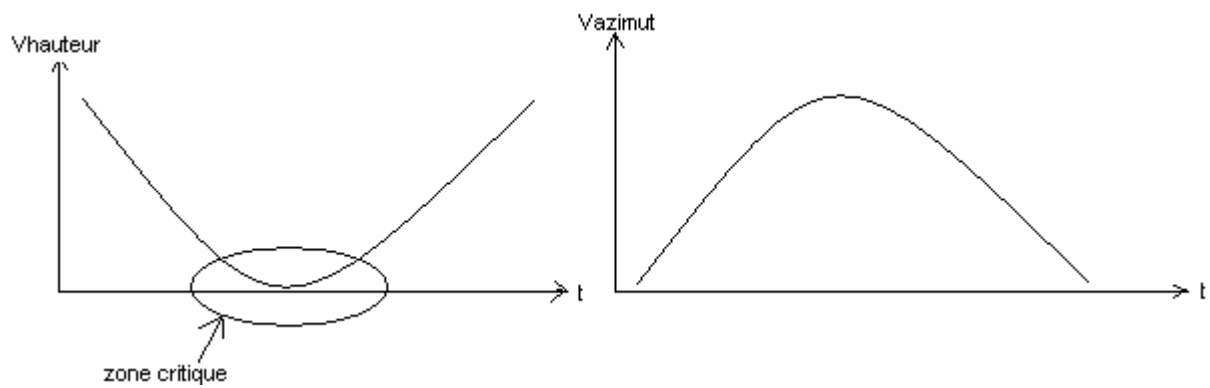
- Ix20: Jog/Home Acceleration Time
- Ix21: Jog/Home S-Curve Time
- Ix22: Jog Speed
- Ix23: Homing Speed and Direction
- Ix28: In position Band

Ils ont pour valeurs :

I320:	22	I420:	30
I321:	10	I421:	12
I322:	7	I422:	7
I323:	6	I423:	16
I328:	24	I428:	4

Le problème principal que j'ai rencontré lors de la mise en oeuvre de cet asservissement est la difficulté à respecter les différents points caractéristiques que l'on attendait. En effet, il me fallait effectuer un positionnement de la fente (et/ou du filtre) très précis pour que le faisceau lumineux provenant du télescope soit exactement aligné avec la fente (et/ou du filtre), et cela en un temps minimal afin d'effectuer le plus de mesures possibles entre 2 changements de fentes (ou de filtre). Il m'a alors fallu faire un compromis entre ces 2 principales caractéristiques.

En ce qui concerne la motorisation des axes d'azimut et d'altitude, l'asservissement est plus complexe que pour la motorisation de la boîte focale. En effet, voici l'allure des courbes de vitesse des 2 axes qui conditionnent le suivi du soleil :



On peut remarquer que pour l'axe de hauteur, on aperçoit une zone critique, correspondant au midi solaire, durant laquelle la vitesse du soleil (vue de la Terre) est très faible. Le retour dans la boucle de vitesse sera donc très faible et donc l'asservissement en sera d'autant plus complexe. Ce problème n'est pas perçu sur l'axe azimutal car au midi solaire correspond la vitesse maximale.

Je n'ai, malheureusement, pas eu l'occasion d'effectuer l'asservissement de cette motorisation par manque de temps et de matériel (notamment le nouvel amplificateur MICL504).

Conclusion

Ce stage m'a permis de travailler dans un des domaines les plus prisés de l'I.P.S.A. : l'espace. J'ai en effet eu l'occasion d'approcher le télescope MISOLFA qui fait partie intégrante de la mission spatiale PICARD organisé par le CNES.

Mon sujet de stage était donc « le contrôle des automatismes, la mise en oeuvre et la modélisation de l'asservissement du télescope MISOLFA ».

La première partie de ce stage consistait en la prise de connaissance des différentes caractéristiques du télescope et de la carte PMAC à l'aide des ouvrages cités dans la bibliographie. Le télescope, MISOLFA, est donc constitué de cinq moteurs dont quatre seulement ont besoin d'être asservis, car le cinquième, le moteur de focalisation qui assure le déplacement longitudinal de l'araignée secondaire est un moteur pas à pas fonctionnant en « tout ou rien » et le contrôle de la focalisation s'effectuera directement par l'utilisateur. La carte PMAC, quant à elle, est une carte de contrôle d'axes. C'est cette carte qui effectue un asservissement Proportionnel Intégral et Dérivé (PID) sur chacun des 4 moteurs afin de garantir un bon positionnement de chaque charge (roue à filtres, roue à fentes, télescope).

J'ai donc effectué un câblage rassemblant tous les éléments nécessaires pour le bon fonctionnement du télescope (moteurs et amplificateurs de la boîte focale, et pour le guidage du télescope, carte PMAC) et ainsi effectué un contrôle des différents automatismes. Et j'ai, par la suite, mis en place l'asservissement de la motorisation de la boîte focale grâce au logiciel Pewin32 servant d'interface pour le contrôle de la carte d'axes. Malheureusement, je n'ai pas eu l'occasion de réaliser l'asservissement de la motorisation du guidage du télescope par manque de temps.

Cependant, je garde un bon souvenir de ce stage qui m'a été assez profitable. En effet, j'ai pu approfondir mes connaissances acquises lors des cours d'automatisme et d'électronique faits à l'I.P.S.A.. Mon seul regret est de ne pas avoir eu l'opportunité d'achever l'asservissement concernant la partie guidage du télescope car il s'agissait non pas de la partie la plus intéressante mais la plus pertinente de ce stage.

Acronymes

A

AMS : *Astrométrie et Métrologie Solaire.*

C

CERGA : *Centre d'Etude et de Recherches Géodésiques et Astronomiques.*

CNES : *Centre National d'Etudes Spatiales.*

CNRS : *Centre National de la Recherche Scientifique.*

D

DIVA : *Développements Instrumentaux Vers l'Astrophysique.*

DORaySol : *Définition et Observation du RAYon SOLAire.*

G

GMC : *Géodésie et Mécanique Céleste.*

I

INSU : *Institut National des Sciences de l'Univers.*

IPSA : *Institut Polytechnique des Sciences Avancées.*

M

MISOLFA : *Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien.*

O

OCA : *Observatoire de la Côte d'Azur.*

P

PACA : *Provence Alpes Côte d'Azur.*

PID : *Proportionnel Intégral dérivé.*

PSI : *Physique Stellaire et Interférométrie.*

R

R2S3 : *Réseau de Suivi au Sol du Rayon Solaire.*

R&DM : *Recherche et Développement en Métrologie.*

S

SODISM : *Solar Diameter Imager and Surface Mapper.*

T

TELO : *TÉlémétrie Laser Opérationnelle.*

U

UMR : *Unité Mixte de Recherche.*

V

VLTI : *Very Large Telescope Interferometer.*

Bibliographie

- « **MISOLFA UN MONITEUR DE QUALITE D'IMAGES SOLAIRES UTILE A LA MISSION PICARD** » rédigé par *Abdanour IRBAH, Pierre ASSUS, Amokrane BERDJA, Julien BORGNINO, Maamar FODIL, Frédéric MORAND, Yacine SAIDI.*

Référence : PIC-SA-AI-DJ-1.1- 01

Ce rapport présente le moniteur de qualité d'images solaires MISOLFA, les aspects scientifiques qui sont à la base de la construction du moniteur mais également les aspects techniques y sont détaillés.

- « **INITIATION A PMAC** » de *DELTA TAU DATA SYSTEMS, seconde édition, mai 1999.*

Ce manuel s'adresse à ceux qui débutent la mise en œuvre de **PMAC** pour la première fois. Il a pour objectif de fournir une approche progressive de la carte en abordant les points successifs et chronologiques de la prise en main. Le but étant, qu'à la fin de ce document, un moteur soit sous le contrôle de **PMAC**.

- « **USER'S MANUAL** » de *DELTA TAU DATA SYSTEMS.*

Cet ouvrage recense toutes les utilisations possibles pour la carte **PMAC**, et donc toutes les configurations utilisées.

- « **www.obs-azur.fr** »

Le site de l'Observatoire de la Côte d'Azur utilisé pour la présentation de l'Observatoire et des différentes équipes du laboratoire GEMINI.

Sommaire des annexes

Annexe 1 : La mission PICARD

Annexe 2 : Configuration physique de la carte PMAC

Annexe 3 : Documentation sur l'amplificateur ESCAP

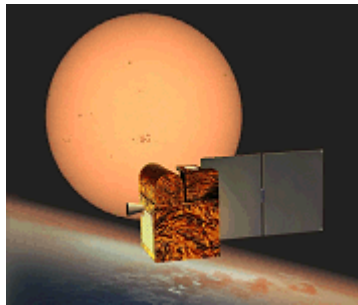
Annexe 1

La mission PICARD a été nommée ainsi en hommage à l'astronome français Jean Picard (1620-1682) qui fit les premières mesures de précision du diamètre solaire.

PICARD est un satellite permettant de mesurer simultanément l'irradiance solaire absolue (totale et spectrale), le diamètre et la forme du soleil, et de sonder son intérieur par la méthode de l'héliosismologie. Cette mission disposera d'instruments placés en orbite et au sol.

Son objectif est d'apporter des mesures spécifiques pour approfondir notre connaissance :

- du fonctionnement du soleil grâce à de nouvelles observations
- de l'influence de l'activité solaire sur le climat de la Terre.



Le satellite PICARD

Le satellite PICARD comporte trois instruments :

- SODISM I (Solar Diameter Imager and Surface Mapper): mesure le diamètre et la forme du soleil à quelques milliarcsecondes près, et effectue un sondage de l'intérieur du soleil (héliosismologie).
- SOVAP (Solar Variability PICARD) : mesure l'irradiance solaire totale.
- PREMOS (PRECision Monitor Oscillation measurement): composé de trois photomètres pour étudier la variabilité de l'ozone et observer les oscillations solaires (héliosismologie).

L'ensemble au sol (PICARD-SOL), complémentaire aux instruments du satellite, est situé sur le site de Calern. Cet ensemble effectuera des mesures au sol pendant la mission PICARD et les poursuivra après la fin de celle-ci.



Cet ensemble est composé de :

- DORaySol
- SODISM II, réplique de SODISM I, qui sera utilisé pour la mesure du diamètre solaire
- MISOLFA (Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien), un instrument spécifique à la caractérisation de la turbulence atmosphérique.

La comparaison sol-espace permettra de comprendre l'influence de l'atmosphère sur la mesure du diamètre solaire.


Annexe 2

E1 - E2: Machine Output Supply Voltage Configure

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
<p>E1</p> 	D1	<p>CAUTION <i>The jumper setting must match the type of driver IC, or damage to the IC will result.</i></p> <p>Jump pin 1 to 2 to apply +V (+5V to 24V) to pin 11 of "U26" (should be ULN2803A for sink output configuration) JOPTO "MACHINE" outputs M01-M08</p> <p>Jump pin 2 to 3 to apply GND to pin 11 of U26 (should be UDN2981A for source output configuration)</p>	1-2 Jumper installed
<p>E2</p> 	D1	<p>CAUTION <i>The jumper setting must match the type of driver IC, or damage to the IC will result.</i></p> <p>Jump pin 1 to 2 to apply GND to pin 10 of "U26" (should be ULN2803A for sink output configuration).</p> <p>Jump pin 2 to 3 to apply +V (+5V to 24V) to pin 10 of "U26" (should be UDN2981A for source output configuration).</p>	1-2 Jumper installed

E3 - E6: Servo Clock Frequency Control

The servo clock (which determines how often the servo loop is closed) is derived from the phase clock (see E98, E29 - E33) through a "divide-by-N" counter. Jumpers E3 through E6 control this dividing function.

E3	E4	E5	E6	Servo Clock = Phase Clock Divided by N	Default & Physical Layout E3 E4 E5 E6  LOC.: E4 E4 E4 E4
ON	ON	ON	ON	N = Divided by 1	
OFF	ON	ON	ON	N = Divided by 2	
ON	OFF	ON	ON	N = Divided by 3	
OFF	OFF	ON	ON	N = Divided by 4	ONLY E5 and E6 ON
ON	OFF	ON	ON	N = Divided by 5	
OFF	ON	OFF	ON	N = Divided by 6	
ON	OFF	OFF	ON	N = Divided by 7	
OFF	OFF	OFF	ON	N = Divided by 8	
ON	ON	ON	OFF	N = Divided by 9	
OFF	ON	ON	OFF	N = Divided by 10	
ON	OFF	ON	OFF	N = Divided by 11	
OFF	OFF	ON	OFF	N = Divided by 12	
ON	ON	OFF	OFF	N = Divided by 13	
OFF	ON	OFF	OFF	N = Divided by 14	
ON	OFF	OFF	OFF	N = Divided by 15	
OFF	OFF	OFF	OFF	N = Divided by 16	


Adjust the setting of I-variable I10 to match the servo interrupt cycle time set by E98, E29 -- E33, and E3 - E6. I10 holds the length of a servo interrupt cycle, scaled so that 8,388,608 equals one millisecond.

Since I10 has a maximum value of 8,388,607, the servo interrupt cycle time should always be less than a millisecond (unless you want to make your basic unit of time on PMAC something other than a millisecond). If you wish a servo sample time greater than one millisecond, the sampling may be slowed in software with variable Ixx60.

Frequency can be checked on J4 pins 21 & 22. It can also be checked from software by typing RX:0 in the PMAC terminal at 10-second intervals and dividing the difference of successive responses by 10000. The resulting number is the approximate Servo Clock frequency kHz.



If E40-E43 are not all ON, the phase clock is received from an external source through the J4 serial-port connector, and the settings of E3 - E6 are not relevant.

E7: Machine Input Source/Sink Control





E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E7 	C1	<p>Jump pin 1 to 2 to apply +5V to input reference resistor sip pack; this will bias MI1 to MI8 inputs to +5V for "OFF" state; input must then be grounded for "ON" state.</p> <p>Jump pin 2 to 3 to apply GND to input reference resistor sip pack; this will bias MI1 to MI8 inputs to GND for "OFF" state; input must then be pulled up for "ON" state (+5V to +24V).</p>	1-2 Jumper installed

E9, E10, E13, E14: Serial Interface Direction Control

The E9, E10, E13, and E14 jumpers control whether the RS-232 serial port will be in DCE or DTE format. The default configuration permits straight-across connection to a PC DB-9 serial port.



E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E9 E10 	E1	<p>Jump E9-1 to E9-2 to allow RXD/ to be input on J4-3. Jump E10-1 to E10-2 to allow TXD/ to be output on J4-5.</p> <p>Jump E9-1 to E10-1 to allow TXD/ to be output on J4-3. Jump E9-2 to E10-2 to allow RXD/ to be input on J4-5.</p>	1-2 Jumpers installed
E13 E14 	E1	<p>Jump E13-1 to E13-2 to allow RTS to be input on J4-7. Jump E14-1 to E14-2 to allow CTS to be output on J4-9.</p> <p>Jump E13-1 to E14-1 to allow CTS to be output on J4-7. Jump E13-2 to E14-2 to allow 'RTS' to be input on J4-9.</p>	1-2 Jumpers installed

E17A-D: Amplifier Enable/Direction Polarity Control

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E17A 	F1	Jump 1-2 for high-true AENA1 Remove jumper for low-true AENA1	No jumper installed
E17B 	F1	Jump 1-2 for high-true AENA2 Remove jumper for low-true AENA2	No jumper installed
E17C 	F1	Jump 1-2 for high-true AENA3 Remove jumper for low-true AENA3	No jumper installed
E17D 	F1	Jump 1-2 for high-true AENA4 Remove jumper for low-true AENA4	No jumper installed


Note: Low-true enable is the fail-safe option with the default sinking ULN2803A output driver IC. High-true enable is the fail-safe option with the alternate sourcing UN2981A.

E22 - E23: Control Panel Handwheel Enable

E-Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E22 	E2	Jump pin 1 to 2 to obtain handwheel encoder signal from front panel at J2-16 for CHB2 (ENC2-B).	No jumper
E23 	E2	Jump pin 1 to 2 to obtain handwheel encoder signal from front panel at J2-22 for CHA2 (ENC2-A).	No jumper






Note: With these jumpers ON, no encoder should be wired into ENC2 on JMACH1. Jumper E26 must connect pins 1-2, because these are single-ended inputs. This function is unrelated to the encoder brought in through ACC-39 on J2.

E28: Following Error/Watchdog Timer Signal Control

E-Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E28 	C2	Jump pin 1 to 2 to allow warning following error (1x12) for the selected coordinate system to control FEFCO/ on J8-57 Jump pin 2 to 3 to cause WATCHDOG timer output to control FEFCO/. Low TRUE output in either case	2-3 Jumper installed

E29 - E33: Phase Clock Frequency Control


Jumpers E29 through E33 control the speed of the phase clock, and, indirectly, the servo clock, which is divided down from the phase clock (see E3 - E6). No more than 1 of these 5 jumpers may be on at a time.

E29	E30	E31	E32	E33	PHASE CLOCK FREQUENCY		DEFAULT & PHYSICAL LAYOUT	LOC
					E98 Connects Pins 1 and 2	E98 Connects Pins 2 and 3		
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	2.26 kHz	1.13 kHz	 E29	B2
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	4.52 kHz	2.26 kHz	 E30	B2
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	9.04 kHz	4.52 kHz	 E31	B2
OFF	OFF	OFF	ON	OFF	18.07 kHz	9.04 kHz	 E32	B2
OFF	OFF	OFF	OFF	ON	36.14 kHz	18.07 kHz	 E33	B2


Note: If E40-E43 are not all ON, the phase clock is received from an external source through the J4 serial-port connector, and the settings of E29 – E33 are not relevant.

E34 - E38: Encoder Sampling Clock Frequency Control


Jumpers E34 - E38 control the encoder sampling clock (SCLK) used by the gate array ICs. No more than 1 of these 6 jumpers may be on at a time.

E34A	E34	E35	E36	E37	E38	SCLK CLOCK FREQUENCY	DEFAULT & PHYSICAL LAYOUT
							
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	19.6608 MHz	
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	9.8304 MHz	E34 ON
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	4.9152 MHz	
OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	2.4576 MHz	
OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	1.2288 MHz	
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	External Clock 1 TO 30 MHz max. input on CHC4 & CHC4/	

E39: Reset-From-Bus Enable

E-Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E39 	C4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC to derive its reset from the PC backplane. Remove jumper to allow PMAC to power up in normal way; PCbus hardware reset will not reset PMAC; it must be removed for standalone operation. Only one of E39, E93, and E94 should be on at once. See also E93 & E94	No jumper

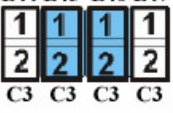
E40 - E43: Servo and Phase Clock Direction Control

E40	E41	E42	E43	Card Address	Servo & Phase Clock Direction	Default & Physical Layout
						
ON	ON	ON	ON	@0	OUTPUT	(ALL ON)
OFF	ON	ON	ON	@1	INPUT	
ON	OFF	ON	ON	@2	INPUT	
OFF	OFF	ON	ON	@3	INPUT	
ON	ON	OFF	ON	@4	INPUT	
OFF	ON	OFF	ON	@5	INPUT	
ON	OFF	OFF	ON	@6	INPUT	
OFF	OFF	OFF	ON	@7	INPUT	
ON	ON	ON	OFF	@8	INPUT	
OFF	ON	ON	OFF	@9	INPUT	
ON	OFF	ON	OFF	@A	INPUT	
OFF	OFF	ON	OFF	@B	INPUT	
ON	ON	OFF	OFF	@C	INPUT	
OFF	ON	OFF	OFF	@D	INPUT	
ON	OFF	OFF	OFF	@E	INPUT	
OFF	OFF	OFF	OFF	@F	INPUT	

Note: If any jumper E40 – E43 is removed and the servo and phase clocks are not brought in on the J4A serial port, the watchdog timer will trip immediately.


E44 - E47: Serial Baud Rate Control

Jumpers E44 - E47 control what baud rate to use for serial communications. Any character received over the bus causes PMAC to use the bus for its standard communications. The serial port is disabled when E44-E47 are all on.


Baud Rate Control "E" Points				Baud Rate				Default & Physical Layout
E44	E45	E46	E47	20 MHz Flash CPU (OPT 4A)	Battery CPU, 40 MHz Flash CPU (Opt 5A)	60 MHz Flash CPU (Opt 5B)	80 MHz Flash CPU (Opt 5C)	E44 E45 E46 E47
								
ON	ON	ON	ON	DISABLE D	DISABLE D	DISABLE D	DISABL ED	
OFF	ON	ON	ON	300	600	900	1200	
ON	OFF	ON	ON	400*	800*	1200	1600*	
OFF	OFF	ON	ON	600	1200	1800	2400	
ON	ON	OFF	ON	800*	1600*	2400	3200*	
OFF	ON	OFF	ON	1200	2400	3600	4800	
ON	OFF	OFF	ON	1600*	3200*	4800	6400*	
OFF	OFF	OFF	ON	2400	4800	7200	9600	Opt 5C
ON	ON	ON	OFF	3200*	6400*	9600	12800*	Opt 5B
OFF	ON	ON	OFF	4800	9600	14400	19200	Standard, Opt 5A
ON	OFF	ON	OFF	6400*	12800*	19200	25600*	
OFF	OFF	ON	OFF	9600	19200	28800	38400	Opt 4A (1.5-Lite)
ON	ON	OFF	OFF	12800*	25600*	38400	51200*	
OFF	ON	OFF	OFF	19200	38400	57600	76800	
ON	OFF	OFF	OFF	25600*	51200*	76800	102400*	
OFF	OFF	OFF	OFF	38400	76800	115200	153600	

*Non-standard baud rate
Note: These jumpers are only read at power-up/reset to set the baud rate at that time.


E48: CPU Clock Frequency Control

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E48 	C2	Jump pins 1 and 2 to multiply crystal frequency by 3 inside CPU for 60 MHz operation Remove jumper to multiply crystal frequency by 2 inside CPU for 40 MHz operation Don't care for 20 MHz CPU versions For 80 MHz operation, set jumper for 40 MHz, then increase speed in software (WXSFFFD,\$750003)	No jumper installed (20, 40 & 80 MHz versions) Jumper installed (60 MHz version)
<p>Note: It may be possible to operate a board at a frequency higher than that for which its components are rated. However, this uses the components outside of their specified operating range, and proper execution of the PMAC under these conditions is not guaranteed. PMAC software failure is possible, even probable, under these conditions, and this can lead to very dangerous machine failure. Operation in this mode is done completely at the user's own risk; Delta Tau can accept no responsibility for the operation of the PMAC or the machine under these conditions.</p>			


E49: Serial Communications Parity Control

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E49 	C2	Jump pin 1 to 2 for NO serial parity; remove jumper for ODD serial parity	Jumper installed

E50: Non-Volatile Memory Save Control

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E50 	C2	Jump pin 1 to 2 to enable save to EAROM or flash memory Remove jumper to disable save to EAROM or flash memory	Jumper installed

E51: Normal/Re-initializing Power-Up

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E51 	C2	Jump pin 1 to 2 to re-initialize on power-up/reset, loading factory default parameters Remove jumper for normal power-up/reset, loading last saved parameters	No jumper installed
<p>Note: On the Universal PMAC-Lite, the board is put in "bootstrap mode" for the loading of new firmware by connecting pins 2 and 3 of E106. E51 is for re-initialization of parameters only.</p>			

E54 - E65: Host Interrupt Signal Select

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E55 2 1	B4	Jump pin 1 to 2 to allow EQU4 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR7	No jumper installed
E57 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow EQU3 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR7	No jumper installed
E58 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow MI2 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR6	No jumper installed
E59 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow AXIS EXPANSION INT-0 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR6	No jumper installed
E61 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow EQU2 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR6	No jumper installed
E62 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow MI1 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR5	No jumper installed
E63 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow AXIS EXPANSION INT-1 to interrupt host-PC at PMAC interrupt level IR5	No jumper installed
E65 2 1	C4	Jump pin 1 to 2 to allow "EQU1" to interrupt host-PC at PMAC interrupt level "IR5".	No jumper installed

E66 - E71: Bus Base Hardware Address (Low Bits)

These jumpers work with E91 & E92 to set the base address of PMAC-Lite on the PC bus. See *PMAC-Lite Bus Addressing* below for details on how to set these jumpers.

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E66 E67 E68 E69 E70 E71 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1	C4/D4	E66 - Bit 9 PC bus base address E67 - Bit 8 PC bus base address E68 - Bit 7 PC bus base address E69 - Bit 6 PC bus base address E70 - Bit 5 PC bus base address E71 - Bit 4 PC bus base address ON = 0; OFF = 1 for calculating bus address	E67-E70 installed

E72 - E73: Panel Analog Time Base Signal Enable

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E72 2 1	D2	Jump pin 1 to 2 to allow V to F converter FOUT derived from WIPER input on J2 to connect to CHA4	No jumper installed
E73 2 1	D2	Jump pin 1 to 2 to allow V to F converter SIGNOUT derived from WIPER input on J2 to connect to CHB4	No jumper installed

Note: With these jumpers ON, no encoder should be wired into ENC4 on JMACH1. E27 must connect pins 1 to 2 because these are single-ended inputs. Variable I915 should be set to 4 to create a positive voltage (frequency) number in PMAC.

E74 - E75: Clock Output Control for Ext. Interpolation

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E74 2 1	D2	Jump pin 1 to 2 to allow SCLK/ to output on CHC4/	No jumper installed
E75 2 1	D2	Jump pin 1 to 2 to allow SCLK to output on CHC4	No jumper installed

Note: SCLK out permits synchronous latching of analog encoder interpolators such as ACC-8D Opt 8.

E76 - E84: Host Interrupt Signal Select

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E76 2 1	D4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ14	No jumper installed
E77 2 1	D4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ15	No jumper installed
E78 2 1	D4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ12	No jumper installed
E79 2 1	D4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ11	No jumper installed
E80 2 1	D4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ10	No jumper installed
E81 2 1	E4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ3	No jumper installed
E82 2 1	E4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ4	No jumper installed
E83 2 1	E4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ5	No jumper installed
E84 2 1	E4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ7	No jumper installed

Note: Only one of the jumpers from E76 to E84, and E86, should be ON at one time.

E85: Host-Supplied Analog Power Source Enable

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E85 1 2	F4	Jump pin 1 to pin 2 to allow A+14V to come from PC bus (ties amplifier and PMAC-Lite power supply together. Defeats OPTO coupling) Note that if E85 is changed, E88 and E87 must also be changed Also see E90	No jumper

E86: Host Interrupt Signal Select

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E86 2 1	E4	Jump pin 1 to 2 to allow PMAC-INTERRUPT to host-PC on IRQ2	No jumper

E87 - E88: Host-Supplied Analog Power Source Enable

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E87 1 2	F4	Jump pin 1 to pin 2 to allow AGND to come from PC bus (ties amplifier and PMAC-Lite GND together. Defeats OPTO coupling) Note that if E87 is changed, E85 and E88 also must be changed Also see E90	No jumper
E88 1 2	F4	Jump pin 1 to pin 2 to allow A-14V to come from PC bus (ties amplifier and PMAC-Lite power supply together. Defeats OPTO coupling) Note that if E88 is changed, E87 and E85 must also be changed. Also see E90.	No jumper

E89: Amplifier-Supplied Switch Pull-Up Enable

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E89 1 2	F3	Jump pin 1 to 2 to use A+15V on J8 (JMACH1) pin 59 as supply for input flags Remove jumper to use A+15V/OPT+V from J7 pin 59 as supply for input flags Note: This jumper setting is only relevant if E90 connects pin 1 to 2	Jumper installed

E90: Host-Supplied Switch Pull-Up Enable



E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E90 1 2 3	F3	Jump pin 1 to 2 to use A+15V from J8 pin 59 as supply for input flags (E89 ON) {flags should be tied to AGND} or A+15V/OPT+V from J8 pin 11 as supply for input flags (E89 OFF) {flags should be tied to separate 0V reference} Jump pin 2 to 3 to use +12V from PC bus connector P1-pin B09 as supply for input flags {flags should be tied to GND} See also E85, E87, E88 and PMAC Opto-isolation diagram	1-2 Jumper installed

E91 - E92: Bus Base Address Select (High Bits)


E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E91 E92 2 2 1 1	A4	E91 - Bit 11 PC bus base address E92 - Bit 10 PC bus base address ON = 0 OFF = 1	Jumper installed

These jumpers work with E66 - E71 to set the base address of PMAC-Lite on the PC bus. See PMAC-Lite PC Bus Addressing below for details on how to set these jumpers.



E93 - E94: Reset from Bus by Software Enable

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E93 	C4	<p>Jump 1-2 to provide a hardware RESET of PMAC-Lite under the software control of the host-PC. PMAC-Lite will power up and stay in the RESET state until PC software writes 40 HEX to BASE+12. PMAC-Lite can be put in RESET state by PC writing 40 HEX to BASE+10</p> <p>Remove jumper to disable this function</p> <p>Only one of E39, E93, E94 should be ON at the same time</p>	No jumper
E94 	C4	<p>Jump 1-2 to provide a hardware RESET of PMAC-Lite under the software control of the host-PC. PMAC-Lite will power up in NORMAL mode. PMAC-Lite can be put in RESET state by PC writing 40 HEX to BASE+12. PMAC-Lite can be released from RESET state by PC writing 40 HEX to BASE+10</p> <p>Remove jumper to disable this function</p> <p>Only one of E39, E93, E94 should be ON at the same time</p>	No jumper


E98: DAC/ADC Clock Frequency Control

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E98 	D4	<p>Jump 1-2 to provide a 2.45 MHz DCLK signal to DACs and ADCs</p> <p>Jump 2-3 to provide a 1.22 MHz DCLK signal to DACs and ADCs. Important for high accuracy A/D conversion on ACC-28</p>	1-2 Jumper installed
<p>Note: This also divides the phase and servo clock frequencies in half.</p> <p>See E29-E33, E3-E6, I10</p>			


E101 – E102: Output Flag Supply Voltage Configure

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E101 		<p>CAUTION</p> <p><i>The jumper setting must match the type of driver IC, or damage to the IC will result.</i></p> <p>Jump pin 1 to 2 to apply +V (12V to 24V) to pin 10 of U54 (should be ULN2803A for sink output configuration) for AENA1-4 and EQU1-4 flag outputs</p> <p>Jump pin 2 to 3 to apply AGND to pin 10 of U54 (should be UDN2981A for source output configuration) for AENA1-4 and EQU1-4 flag outputs</p>	1-2 Jumper installed
E102 	D1	<p>CAUTION</p> <p><i>The jumper setting must match the type of driver IC, or damage to the IC will result.</i></p> <p>Jump pin 1 to 2 to AGND to pin 9 of U54 (should be ULN2803A for sink output configuration) for AENA1-4 and EQU1-4 flag outputs</p> <p>Jump pin 2 to 3 to apply apply +V (12V to 24V) to pin 9 of U54 (should be UDN2981A for source output configuration) for AENA1-4 and EQU1-4 flag outputs</p>	1-2 Jumper installed


E103: Watchdog Disable Jumper

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E103 		<p>Jump pin 1 to 2 to disable WATCHDOG timer (for test purposes only!!)</p> <p>Remove jumper to enable WATCHDOG timer</p>	No jumper installed

E106: Firmware Reload Enable

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E106 		<p>Remove jumper for normal operation</p> <p>Jump pin 1 to 2 to lock card in reset state for programming of on-board logic (for factory use only)</p> <p>Jump pin 2 to 3 to reload firmware through serial or bus port on power-up/reset</p>	No jumper installed

E110: Expansion Port Configuration

E Point & Physical Layout	Location	Description	Default
E110 		<p>Jump pin 1 to 2 to bring address line BA04 to JEXP pin 31 to support interface to ACC-24P2 board</p> <p>Jumper pin 2 to 3 to bring chip select line CS02/ to JEXP pin 31</p>	1-2 jumper installed

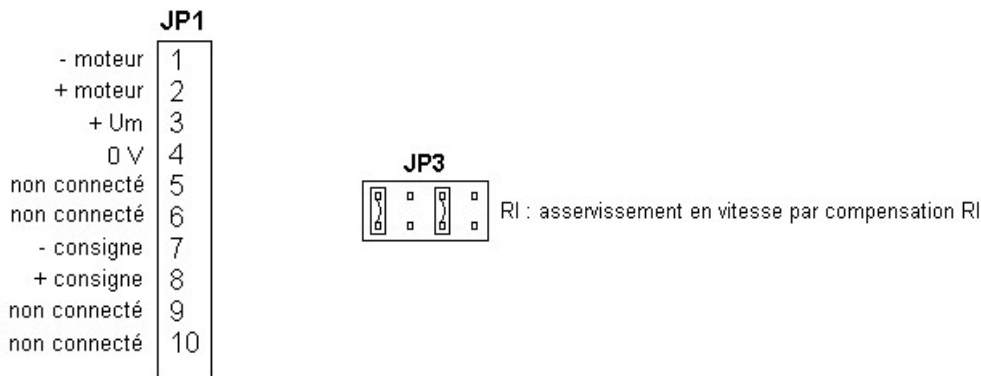
Annexe 3

Amplificateur pour moteur à courant continu à 4 quadrans (escap ELD-3503 V4)

La carte ELD-3503 V4 est un circuit de commande pour moteur à courant continu faisant appel à une régulation proportionnelle et intégrale avec le choix entre 3 modes de fonctionnement :

- mode source de courant (amplificateur à transconductance)
- asservissement en vitesse par génératrice tachymétrique
- asservissement en vitesse par compensation RI (*mode choisi*)

Avec ce mode de fonctionnement choisi, l'amplificateur fonctionne en mesurant la FEM du moteur et contrôle ainsi la vitesse du moteur.



Les composants montés en usine conviennent pour l'utilisation de cet amplificateur :

$$R_{43} = 100 \text{ k}\Omega$$

$$C_{15} = 6,8 \text{ nF}$$

L'alimentation de l'amplificateur doit être de 16,5 V car la chute de tension dans l'étage de puissance est d'environ 5 à 7 V selon le courant et la tension d'alimentation (ainsi, la tension aux bornes du moteur est de 12 V).

Le courant maximal circulant dans le moteur est de $I_{\max} = 140 \text{ mA}$.

Le signal de consigne est connecté à l'entrée différentielle aux bornes 7 et 8. Il doit être compris entre +10 et -10 V.

La composante de la tension du moteur dans le retour RI est réglé avec le potentiomètre U_{mot} :

$$U_{\text{mot}} = 29,9 \text{ k}\Omega \text{ (amplificateur pour la roue à filtres)}$$

$$U_{\text{mot}} = 52 \text{ k}\Omega \text{ (amplificateur pour la roue à fentes)}$$

La composante de courant dans le retour RI est réglé avec le potentiomètre I_{mot} :

$$I_{\text{mot}} = 93,5 \text{ k}\Omega \text{ (amplificateur pour la roue à filtres)}$$

$$I_{\text{mot}} = 100 \text{ k}\Omega \text{ (amplificateur pour la roue à fentes)}$$

Problèmes possibles avec le mode de fonctionnement par compensation RI :

- le moteur tourne avec une consigne de 0 V ? l'offset est mal ajusté.
- le moteur oscille avec un consigne à 0 V ? augmenter I_{mot} (tourner dans le sens anti-horaire).
- le moteur ralenti lors d'une augmentation du couple de charge ? diminuer I_{mot} (tourner dans le sens horaire).
- pas de courant dans le moteur ? le fusible est défectueux ; le radiateur est à plus de 80°C ; le courant I_{RMS} est réglé à 0 A.