



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par  
**Axel CHETAIL**

Pour obtenir le titre d'**INGÉNIEUR**  
de l'école d'**Electricité, de Production et des Méthodes Industrielles**  
**INSTITUT POLYTECHNIQUE SAINT-LOUIS**

*Etude d'un nouveau système de contrôle (composants électroniques et logiciel) pour le télescope suisse « EULER » situé à La Silla, Chili.*

**Période du stage :** du lundi 7 février 2005 au vendredi 29 juillet 2005

**Date de soutenance :** le vendredi, 8. juillet 2005

**Jury :**

Monsieur Jean-Patrice COUDERT  
Monsieur Francesco PEPE

Tuteur enseignant (EPMI)  
Tuteur d'établissement (UniGe)

- Stage de fin d'études effectué au sein du service technique de l'Observatoire Astronomique de l'Université de Genève
- Sous la direction de Monsieur Francesco PEPE, responsable du département technique de l'observatoire.



## Remerciements

Avant toute chose, je tiens à remercier Charles MAIRE ainsi que Francesco PEPE qui m'ont guidé et ont eu la patience de m'apprendre énormément. Ils m'ont permis de bien comprendre le fonctionnement de l'observatoire et m'ont appris ce qu'était réellement le métier d'ingénieur dans un milieu scientifique.

Je tiens également à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté de l'aide, soit par leurs connaissances dans des domaines spécifiques, soit sous forme de conseils lorsque j'en avais besoin.

Je tiens enfin à remercier toutes les personnes qui se sont intéressées de près ou de loin au projet.



## Avant-propos

L'année dernière, j'ai effectué un stage au laboratoire d'astrophysique de Grenoble. Le milieu de l'astronomie me plaît énormément et c'est pour cette raison que j'ai cherché un stage dans ce domaine et cadrant avec mes études.

Le sujet de ma mission rempli parfaitement ces deux conditions essentielles pour mon projet professionnel.

Le but de ce rapport est de fournir une documentation sur ce que j'ai réalisé, les méthodes que j'ai employées et sur ce que j'ai appris à l'observatoire.



**Site de La Silla**



# Sommaire

## REMERCIEMENTS

## AVANT-PROPOS

## SOMMAIRE

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

## SYNOPSIS

<b>I. INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
A. LE CONTEXTE DANS LEQUEL SE SITUE LE STAGE.....	1
B. LES ENJEUX DE L'ETUDE.....	1
<b>II. PARTIE 1 : PRESENTATION GENERALE DE L'OBSERVATOIRE .....</b>	<b>3</b>
A. HISTORIQUE .....	3
B. LES MISSIONS .....	4
C. THEMATIQUES .....	4
D. LES GRANDES DECOUVERTES DE L'ANNEE 2004.....	5
E. LE DEPARTEMENT TECHNIQUE.....	7
F. STRUCTURE DE L'OBSERVATOIRE .....	8
<b>III. PARTIE 2 : ETUDE THEORIQUE .....</b>	<b>10</b>
A. PRESENTATION DU TRAVAIL A EFFECTUER .....	10
<i>Les étapes de l'étude préliminaire.....</i>	10
B. METHODE EMPLOYEE .....	11
C. COMPREHENSION DU TELESCOPE.....	11
<i>Description du matériel.....</i>	12
<i>Description du logiciel .....</i>	13
Le langage OCCAM.....	13
D. CAHIER DES CHARGES AVEC HIERARCHISATION DES CONTRAINTES.....	16
E. SOLUTIONS ENVISAGEES.....	18
<i>1<sup>ère</sup> solution : Processeurs équivalent fonctionnant sous bus G96 .....</i>	18
<i>2<sup>ème</sup> solution : Remplacement des transputers par des PC.....</i>	18
<i>3<sup>ème</sup> solution : Utiliser des cartes Compact PCI.....</i>	19
<i>Remarque : .....</i>	19
F. SOLUTION RETENUE.....	19
<i>Liaisons à modifier.....</i>	19
1 <sup>er</sup> module : TRANSPUTER OPTIQUE .....	20
2 <sup>ème</sup> module : TRANSPUTER REGLEAGE, AZIMUT, ROTATION, ELEVATION.....	22
3 <sup>ème</sup> module : SERVICE.....	24
<i>Temps réel .....</i>	26
<i>Choix des cartes .....</i>	26
<i>Systèmes d'exploitations.....</i>	27
<i>Liaison entre les processeurs .....</i>	28
<i>Remplacement logiciel.....</i>	29
<b>IV. PARTIE 3 : PRESENTATION DES RESULTATS ET BILAN DE LA MISSION.....</b>	<b>30</b>
A. CHOIX DES CARTES.....	30
B. CHOIX DE L'OS .....	30
<i>Les caractéristiques des OS en bref.....</i>	30
Temps de réponse.....	30
La stabilité .....	31
Réseaux .....	31
Rapidité .....	31



Programmation .....	31
C.    CHASSIS.....	32
D.    LIAISON ENTRE LES PROCESSEURS.....	33
Ethernet commuté.....	33
Powerlink .....	34
Sercos II.....	35
E.    SCHEMA COMPLET DE LA SOLUTION .....	36
F.    ANALYSE DES COUTS.....	39
<b>V. CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>40</b>

**BIBLIOGRAPHIE****ANNEXES**



## Table des illustrations

FIGURE 1 : DIAGRAMME DU TAUX DE DÉFAILLANCE .....	2
FIGURE 2 : GALAXIE LA PLUS LOINTAINE .....	5
FIGURE 3 : TORSION DU PLAN GALACTIQUE .....	6
FIGURE 4 : PULSAR LE PLUS RAPIDE .....	6
FIGURE 5 : VUE D'ARTISTE D'UNE PLANÈTE EXTRASOLAIRE .....	6
FIGURE 6 : ASSEMBLÉE GÉNÉRALE 17-06-2005 .....	9
FIGURE 7 : REM .....	11
FIGURE 8 : STRUCTURE EN ARBRE DU RÉSEAU DE TRANSPUTERS .....	12
FIGURE 9 : TÉLESCOPE 1M20 « EULER » .....	13
FIGURE 10 : CANAUX DE COMMUNICATION ENTRE LES TRANSPUTERS .....	14
FIGURE 11 : DESCRIPTION DE LA CONFIGURATION LOGICIELLE .....	15
FIGURE 12 : SOUS-ENSEMBLE LOGICIEL D'UN TRANSPUTER .....	16
FIGURE 13 : MORCEAU DE CODE EN LANGAGE OCCAM DU MODULE RÉGLAGE .....	29
FIGURE 14 : TABLEAU D'EQUIVALENCE DES CARTES .....	30
FIGURE 15 : DIMENSIONS DU CHASSIS .....	33
FIGURE 16 : ARCHITECTURE D'ETHERNET COMMUTE .....	34
FIGURE 17 : PROTOCOLE POWERLINK .....	35
FIGURE 18 : TABLEAU DES COUTS .....	39



## Synopsis

### Résumé

Titre : Etude d'un nouveau système de contrôle (composants électroniques et logiciel) pour le télescope suisse « Euler » à l'observatoire de La Silla, Chili.

Le télescope Euler a été mis en service en 1998 dans le but de découvrir des planètes extrasolaires. Toute l'électronique est donc déjà âgée de 7 ans. Au moment de sa construction, il semblait très prometteur d'utiliser ce que l'on appelle des transputers (transistor + computer) pour contrôler les différents modules du télescopes. Malheureusement, il s'est avéré que cette technologie a finalement disparu. A plus ou moins long terme, le manque de matériel de rechange va finir par poser un problème.

L'objectif de mon stage est non seulement de proposer une solution pour remplacer ces transputers, mais il faut également que cette solution remplisse un cahier des charges très précis. La solution doit en effet avoir entre autre un faible coût, une très grande adaptabilité au système existant et une grande facilité de mise en œuvre.

Il faut bien comprendre que le système actuel fonctionne convenablement et le risque de le remplacer par quelque chose ne fonctionnant pas parfaitement doit rester faible.

### Abstract

Title : Study of a new control system (hardware and software) for the Swiss telescope “Euler” at La Silla observatory, Chile.

The Euler telescope opened in 1998 with the objective of discovering extrasolar planets. All the electronics is 7 years old. Unfortunately, when it has been decided to make it, it seemed a good idea to use what we call transputers (transistor + computer) so that we could control all the different parts of the telescope. This technology finally disappeared. In the future, changing the components will become a real problem.

The aim of my internship is to propose a solution to replace these transputers, but this solution should fit very strict specifications. The solution must have a low cost, be very adaptable to the existing system and be as easy as possible to execute.

It's important to understand that the actual system works properly and that the risk to replace it with something no perfect should be low.



## I. Introduction générale

### A. Le contexte dans lequel se situe le stage

Il est très important de comprendre l'objectif et les enjeux de l'étude préliminaire que j'ai dû réaliser.

En effet, le télescope Léonard EULER (nommé en l'honneur du célèbre mathématicien suisse) situé à La Silla au Chili a fait de nombreuses découvertes et a joué un rôle essentiel dans la recherche de planètes extrasolaires (planètes situées hors du système solaire).

Tout commence en 1995, lorsque Michel Mayor et Didier Queloz découvrent la première exoplanète à l'OHP (Observatoire de Haute Provence) avec le spectrographe ELODIE. A la même période, un télescope de 1m20 est en projet de construction avec pour objectif principal la photométrie.

Sous l'impulsion de Michel Mayor, il a été décidé de monter sur EULER un spectrographe à haute résolution CORALIE (copie de ELODIE fait à l'OHP) pour effectuer des mesures de vitesses radiales et ainsi tenter de découvrir d'autres planètes extrasolaires. Cette initiative de Michel Mayor donne un important but scientifique au télescope.

Pour réduire les coûts, il est construit en deux exemplaires avec la collaboration de l'université catholique de Louvain en Belgique. MERCATOR, le jumeau de EULER, a été mis en service en 2001 sur le site de La Palma aux Canaries.

La décision est prise et en 1998, EULER peut commencer de fonctionner avec CORALIE. Sur les 144 planètes découvertes à ce jour, 49 ont été découverte par ce petit télescope. Il rivalise avec le télescope géant américain de 10m KECK.

Son principal atout tient surtout du fait qu'il est dédié uniquement à cette tâche de manière automatique. EULER travail sur un échantillon de 1650 étoiles de types solaires couvrant une sphère de 150 AL, choisies pour leurs stabilités.

Les étoiles les plus brillantes ont déjà été étudiées et c'est pourquoi le nombre de découvertes va décroître. De plus, aujourd'hui, 50 % de son temps est partagé avec une caméra CCD pour faire de la photométrie et d'autres sciences (lentilles gravitationnelles, étoiles variables...).

Le spectrographe HARPS, fixé sur un télescope de 3m60 également situé à La Silla, travaille aussi sur la recherche de planètes mais sur un échantillon plus grand et donc sur des étoiles moins brillantes. Ce télescope prend donc le relais du télescope EULER.

Le site de La Silla peut-être soumis à une décision de fermeture pour des raisons budgétaires et pour concentrer les efforts sur le site du Mont Paranal.

Actuellement il est certain que le télescope restera ouvert jusqu'en 2008 et sera peut-être prolongé jusqu'en 2010. Il faut donc trouver de bonnes raisons de déplacer le télescope, c'est-à-dire de lui trouver un objectif scientifique sachant que HARPS devrait être déplacé. Ses ambitions sont privilégiées.

Si on choisi de le prolonger, ce sera sans doute pour une période d'au moins 10 ans.

### B. Les enjeux de l'étude

Le véritable enjeu de l'étude préliminaire que je dois réaliser est tout d'abord scientifique.



Si aucune solution n'est trouvée, l'avenir de l'instrument peut être remis en question. Il semblerait que sa durée de vie est aujourd'hui aléatoire et qu'il ne tiendra certainement pas longtemps au-delà de 2008.

Il faut également penser que cette étude pourrait éventuellement intéresser l'équipe belge dans la mesure où leur électronique est identique à celle du télescope suisse. Malgré une mise en service un peu plus tardive, l'âge de son électronique est la même et par conséquent, le risque de panne reste également très élevé.

Typiquement, la courbe du taux de défaillance ( $\lambda t$ ) de l'équipement a la forme suivante :

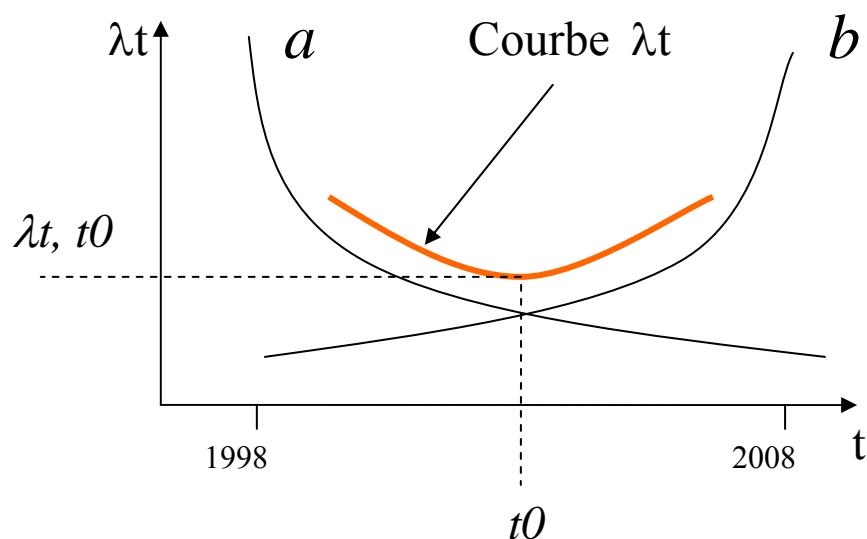


Figure 1 : Diagramme du taux de défaillance

La courbe ***a*** représente la courbe d'évolution du taux de défaillance lié aux défauts de jeunesse.

La courbe ***b*** représente la courbe d'évolution du taux de défaillance lié aux phénomènes d'usures et de dégradations.

La dérivée a une forte croissance dans le temps et la maintenance préventive pourrait être une bonne solution. Le problème est que le matériel de rechange n'étant plus disponible, il n'y a plus la possibilité de racheter les composants de l'électronique. Il est donc judicieux de trouver une solution de remplacement qui permettrait de s'affranchir de cette maintenance.



## II. Partie 1 : Présentation générale de l'observatoire

### A. Historique

L'Observatoire de Genève a été créé en 1772 par l'astronome Jacques André Mallet.

Les premiers travaux furent consacrés principalement à la chronométrie, à la météorologie, ainsi qu'à des études sur les éclipses, les comètes, les planètes.

Depuis 1966, l'Observatoire s'est installé et développé à Sauverny, grâce au professeur Marcel Golay, qui en a assuré la direction jusqu'en 1992. L'Observatoire de Genève et le Laboratoire d'astrophysique de l'EPFL (dirigés respectivement par les professeurs G. Burki et G. Meylan) sont fortement liés tant scientifiquement que sur le plan des locaux et des moyens. Ils constituent un centre de gravité pour l'astrophysique en Suisse, dans les domaines de l'enseignement, de la recherche et des services au public. L'ISDC est également en étroite collaboration avec le l'observatoire même si le personnel ne partage pas les mêmes locaux.

Dans ce centre se trouvent environ 80 personnes issus de domaines aussi variés que des scientifiques, des ingénieurs, des informaticiens, des techniciens, le personnel administratif, des doctorants et des étudiants.

L'Observatoire abrite des bureaux de recherches, des ateliers de mécanique et d'électronique, des laboratoires pour la mise au point des instruments, un centre d'informatique, une bibliothèque et des chambres pour des chercheurs extérieurs. Deux coupoles permettent d'un côté l'observation et de l'autre le montage et le réglage des instruments.



## B. Les missions

Les recherches menées à l'observatoire ont pour objet un vaste secteur de l'astrophysique moderne, comprenant les observations, la théorie et le développement de l'instrumentation au sol et spatiale.

Sur le plan de l'enseignement, les deux départements de Genève et Lausanne assurent en collaboration l'enseignement de l'astrophysique en Suisse Romande. Genève et Lausanne participent avec Lyon et Grenoble au groupement L2G2 qui offre une reconnaissance mutuelle des diplômes et organise en commun des cours avancés. L'Observatoire met aussi sur pied des visites pour le public (2000 visiteurs par an), des cours de recyclage pour le corps enseignant, un cours « grand public » et répond aux innombrables questions du public.

## C. Thématiques

L'observatoire de l'université de Genève aborde plusieurs thèmes qui sont aujourd'hui d'une très grande importance dans le domaine de l'astronomie et de l'astrophysique.

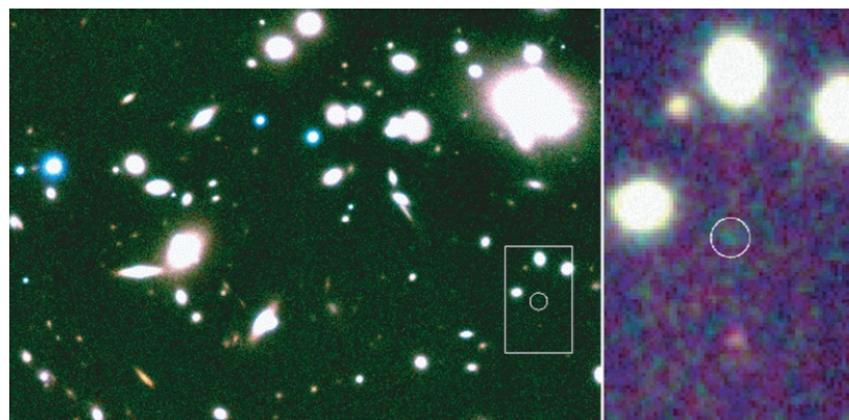
- Etoiles chimiquement particulières
- La dynamique galactique
- L'astrophysique de haute énergie
- Astrométrie (Hipparcos, Gaia...)
- Amas ouverts
- Photométrie
- Recherche de planètes extrasolaires et la cinématique stellaire
- L'évolution stellaire et la nucléosynthèse
- Cosmologie observationnelle



## D. Les grandes découvertes de l'année 2004

L'observatoire de Genève est un institut où de nombreuses découvertes sont faites chaque année. Voici quelques exemples de ces découvertes qui donnent une si grande réputation à ce lieu si innovant.

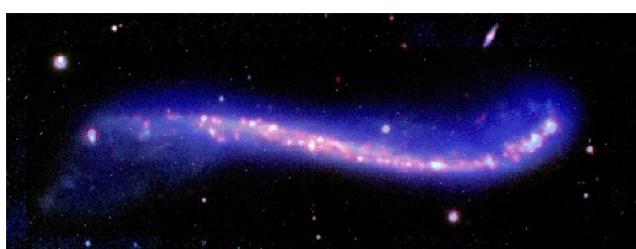
- Le 9 Juillet 2004, l'équipe de Daniel SCHAERER annonce la découverte de la galaxie la plus lointaine : Elle est située à plus de 13 milliards d'années lumières et nous pouvons la voir telle qu'elle était lorsque l'univers n'avait que 3,4% de son âge actuel. Si nous comparons l'âge de l'univers à une personne de 75 ans, cette galaxie serait âgée de 2 ans.



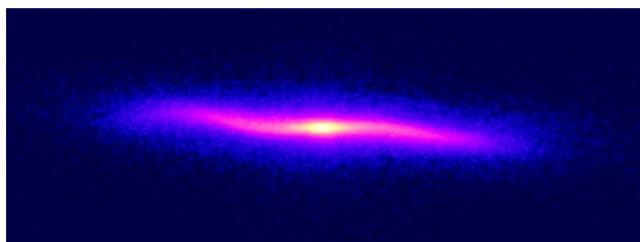
Gauche: Image ISAAC en infrarouge proche de la partie centrale de l'amas Abell 1835 indiquant la position de la galaxie lointaine Abell 1835 IR1916. Droite: agrandissement de la zone rectangulaire avec la position de la galaxie lointaine (cercle)

**Figure 2 : Galaxie la plus lointaine**

- En 2004, le professeur Daniel Pfenniger et son assistant Yves Revaz ont résolu le problème de la torsion des galaxies. Ce problème n'était pas résolu depuis 1950, lorsque fut découvert la distorsion de notre propre galaxie.



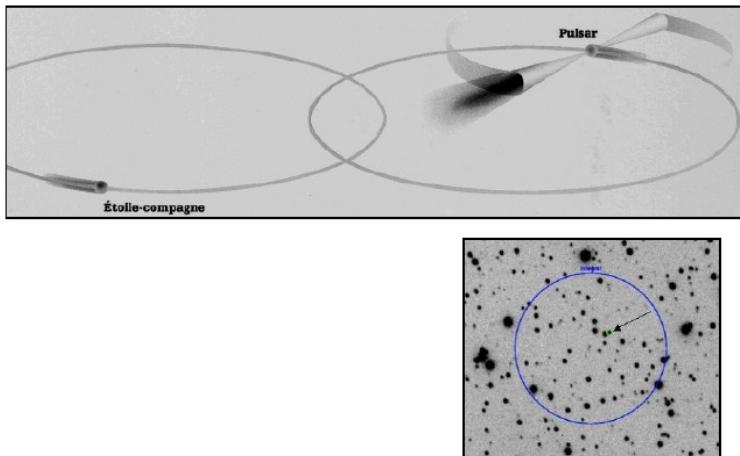
Un exemple de torsion de plan galactique: la galaxie NGC 3697



Un exemple de simulation numérique montrant une torsion de plan galactique

**Figure 3 : Torsion du plan galactique**

- Le 2 décembre 2004, une nouvelle source de rayonnement X a été découverte à l'ISDC (Integral Science Data Center), centre rattaché à l'ObsGE, dont la tâche est de récolter et analyser les données fournies par le satellite INTEGRAL de l'Agence Spatiale Européenne. Il s'agissait du pulsar ayant la plus courte période connue. La durée du jour est de 1,67 milliseconde et celle de l'année de 2h27minutes

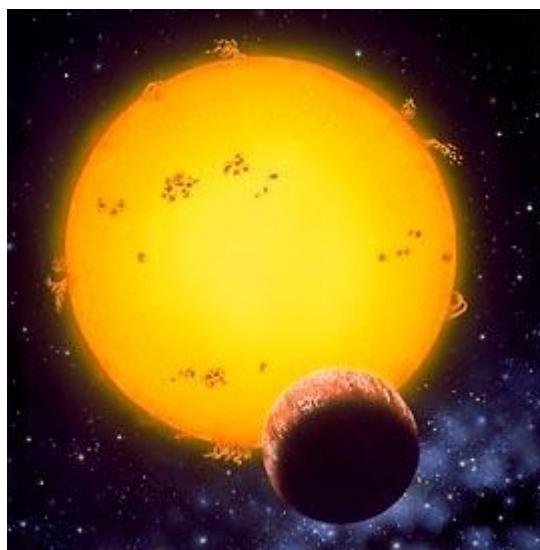


*Modèle du pulsar IGR J00291+5954 en orbite autour d'une étoile "normale"*

*Contre-partie optique du pulsar IGR J00291+5954, repérée par la flèche. Sur cette image, obtenue le 4 décembre 2004 depuis l'Observatoire du Mont Palomar, la magnitude dans la bande R de l'infrarouge proche est de -17.4.*

**Figure 4 : Pulsar le plus rapide**

- Le 31 août 2004, l'équipe de Michel Mayor a découvert la planète extrasolaire avec la plus petite masse à ce moment là, soit 14 fois la masse de la Terre. Ce record a tout de même été battu au début de cette année.

**Figure 5 : Vue d'artiste d'une planète extrasolaire**



## **E. Le département technique**

L'observatoire de Genève a une grande capacité à effectuer des développements technologiques de pointe et à réaliser des instruments et des détecteurs pour l'observation au sol ou dans l'espace.

Il est important pour les astronomes de ne pas être seulement utilisateur des moyens existants, mais d'être aussi capable de concevoir et de fabriquer des instruments et des détecteurs pour l'astrophysique au sol et spatiale. Une bonne compréhension des instruments et de leur fonctionnement est nécessaire pour faire des découvertes scientifiques majeures.

Cela explique la présence d'ateliers de mécanique, d'électronique et de laboratoires importants à l'Observatoire. Cette compétence expérimentale et théorique a conduit à des réalisations instrumentales telles que les spectrographes CORAVEL, CORALIE et HARPS, des photomètres et caméras CCD de précision, ou des ballons stratosphériques, et la construction de télescopes auxquelles il faut ajouter des coopérations scientifiques avec l'ESO, l'ESA et le PSI.

Ces instruments travaillent dans les stations d'observation sur le site de l'Observatoire de Haute Provence (OHP), au Chili (sur le site de La Silla, dans le cadre d'une coopération avec l'ESO) ou à bord d'engins spatiaux.



## **F. Structure de l'observatoire**

### DIRECTIONS

- **Prof. Gilbert BURKI**, Directeur ObsGE
- **Prof. Georges MEYLAN**, Directeur LASTRO (EPFL)
- **Prof. Thierry COURVOISIER**, Directeur ISDC

### ADMINISTRATION

- **Dr Denis MÉGEVAND**, Administrateur ObsGE

### SECRÉTARIAT - ADMINISTRATION

- **8 personnes réparties entre LASTRO, l'ISDC et l'ObsGE**

### COMPTABILITÉ

- **2 personnes**
- **Responsable Mme Françoise PAGE**

### 5 GROUPES DE RECHERCHE

- **Professeur Michel Mayor : Planètes extrasolaires**
  - **11 personnes**
- **Professeur Daniel Pfenniger : Dynamique des galaxies**
  - **8 personnes**
- **Professeur André Maeder : Evolution stellaire des étoiles massives.**
  - **6 personnes**
- **Professeur Bernard Hauck : Etoiles particulières.**
- **Professeur Corinne Charbonnel et professeur Daniel Schaefer : Structure interne et évolution stellaire des galaxies.**
- **Jean-Claude Mermilliod : Photométrie et amas ouverts**

### GROUPE TECHNIQUE

- **Responsable Francesco PEPE**

#### Groupe électronique

- **3 personnes**
- **Responsable Emile Ischi**

#### Groupe mécanique

- **6 personnes**



- **Responsable Michel Fleury**

Groupe bâtiment

- **Responsable Jean-François Veraguth**

BIBLIOTHEQUE

- **Responsable Eva Kiraly**



Figure 6 : Assemblée Générale 17-06-2005



## III. Partie 2 : Etude théorique

### A. Présentation du travail à effectuer

#### Les étapes de l'étude préliminaire

Le travail que j'ai dû effectuer a suivi un fil conducteur établi à mon arrivé à l'observatoire.

- Compréhension du télescope actuel

- Acquisition des connaissances de base en astronomie.
- Lecture de la thèse de Giovanni Russiniello ce qui implique l'acquisition de connaissances en mécanique céleste, en électronique et logicielle.
- Etude de l'architecture logicielle et matérielle.
- Etude de la boucle de réglage.
- Prendre connaissance de l'interpréteur des commandes INTER. Il s'agit d'un interpréteur développé par l'observatoire de Genève pour le télescope EULER.
- Protocole de communication GOP<sup>1</sup>.
- Etude de l'affichage des données au travers de SDB. Il s'agit d'une interface graphique.

- Cahier des charges

- Au niveau matériel, établir une liste de toutes les fonctionnalités et interfaces et de leurs performances.
  - Au niveau logiciel, établir une liste des tâches logicielles, de leurs interactions et actions avec l'extérieur. Dessiner un schéma bloc du logiciel actuel.
- Au niveau général, définition des priorités.

- Evaluation des diverses solutions

- Passer en revue diverses solutions matérielles et logicielles en prenant en compte le facteur maintenance et durée de disponibilité des éléments.
- Les solutions devront avoir une grande facilité de mise en œuvre.

- Premier document

- Pendant le stage, un pré document devra être tenu à jour.

- Choix de la solution

- Le choix de la solution retenue sera faite en accord avec le groupe technique de l'observatoire de Genève et du stagiaire.

- Programme d'évaluation

- Faire un organigramme complet du programme et du matériel.

- Banc test

- Si le temps le permet, un banc test pourrait être monté afin de valider la solution choisie.

---

<sup>1</sup> L'ensemble des acronymes peut être retrouvé en ANNEXE.



Il faut bien garder à l'esprit que le but de mon stage est de trouver une solution pour remplacer l'électronique actuelle afin d'en assurer sa longévité. Nous estimons qu'une durée de vie supplémentaire d'une dizaine d'années pourrait garantir l'aboutissement de son programme scientifique.

## B. Méthode employée

Après avoir analysé et fait l'inventaire de toutes les tâches à la fois matérielles et logicielles, il a fallut réfléchir à différentes solutions pour résoudre le problème de l'ancienneté et de la maintenance des transputers.

Il a également fallut étudier les contraintes de temps et de budget pour mettre en œuvre chacune des solutions.

1. Etude du fonctionnement matériel du télescope :

Ceci inclut la compréhension du réseau de transputer et l'électronique dépendant de ce réseau.

2. Etude du fonctionnement logiciel du télescope :

Apprentissage du langage Occam et inventaire des commandes logicielles.

3. Analyse du cahier des charges :

Prise en compte des contraintes budgétaires et de temps de mise en œuvre d'une solution.

4. Etude des différentes possibilités d'arrêt du télescope :

Soit dans 3 ans, soit dans une dizaine d'années.

5. Etude de diverses solutions en fonction du cahier des charges :

Solutions répondant le mieux aux critères que nous nous sommes fixés dans le cahier des charges.

6. Proposition des solutions répondant au cahier des charges.

## C. Compréhension du télescope

En arrivant à l'observatoire, j'ai dû prendre connaissance du fonctionnement du télescope. Toute son électronique ne se situe pas au même endroit dans le bâtiment du télescope. Les modules REGLAGE, OPTIQUE, AZIMUT et ROTATION sont situés sur le REM (Rack Electronic Monture). Ils sont séparés du module SERVICE.

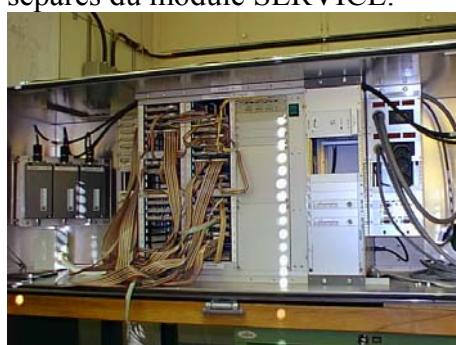


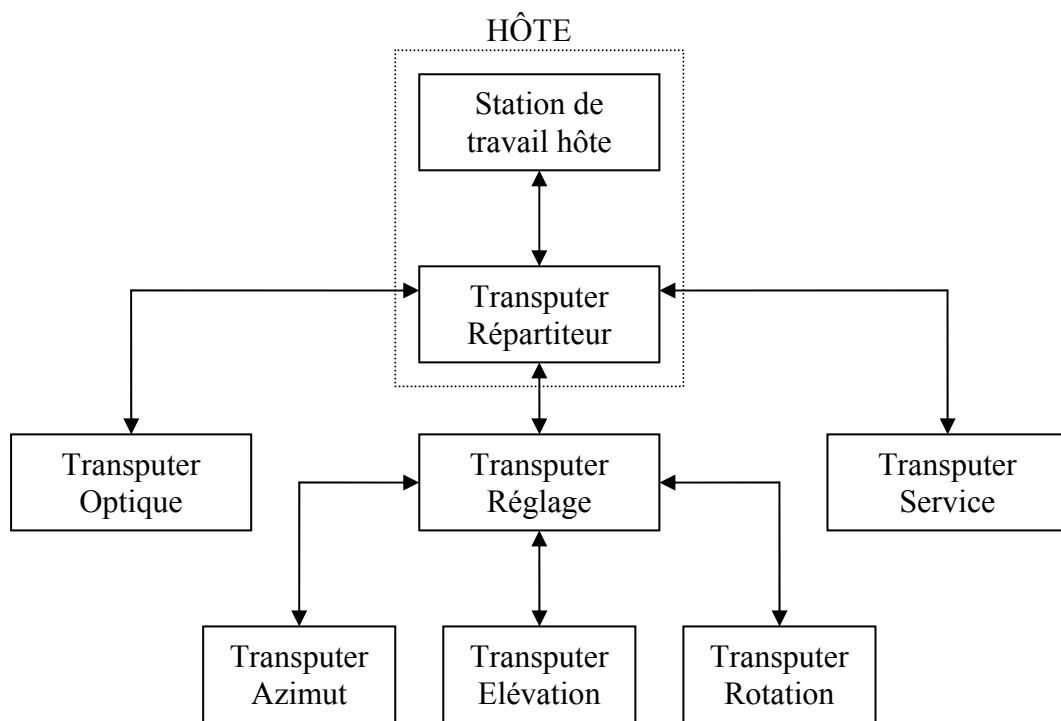
Figure 7 : REM



Pour contrôler le télescope, il y a deux grandes parties dépendantes l'une de l'autre. Il s'agit de la partie matérielle et de la partie logicielle. La partie logicielle permet de contrôler la partie matérielle.

L'architecture matérielle du contrôle du télescope est une architecture en arbre basée sur des processeurs (transputers).

## Description du matériel



**Figure 8 : Structure en arbre du réseau de transputers**

Sur le schéma ci-dessus, nous pouvons voir que le processeur REPARTITEUR échange des informations avec les processeurs OPTIQUE, REGLAGE, SERVICE et au niveau supérieur avec la station hôte. Le processeur REGLAGE échange quant à lui des informations avec les processeurs AZIMUT, ELEVATION, ROTATION.

Chacun des processeurs effectuent des tâches bien spécifiques.

### Les tâches du processeur OPTIQUE :

- M1, miroir primaire
- M2, miroir secondaire
- M3, miroir déviateur
- Prise de température de l'optique télescope
- Gère le télémanipulateur du télescope

### Les tâches du processeur SERVICE :

- La référence de temps GPS se trouve dans le module SERVICE mais est connecté au REGLAGE.
- Gestion des sécurités
- Environnement
- Commande des pompes circuit hydraulique



- Réfrigérateur de l'huile du palier hydrostatique
  - Codeur de position absolue du dôme
  - Commande coupole

### Les tâches du processeur AZIMUT :

- Servo-ampli régulateur de vitesse
  - Servo-ampli anti-jeu
  - Commutateurs de fin de course
  - Codeur de position absolue
  - Codeur de position optique

#### Les tâches du processeur ELEVATION :

- Servo-ampli régulateur de vitesse
  - Commutateurs de fin de course
  - Codeur de position absolue
  - Codeur de position optique

#### Les tâches du processeur ROTATION :

- Servo-ampli régulateur de vitesse
  - Fins de course



**Figure 9 : Télescope 1m20 « EULER »**

## Description du logiciel

## Le langage OCCAM

Le programme qui permet de contrôler le télescope est écrit en langage OCCAM. Ce langage est un peu particulier car il a été créé notamment dans le but de contrôler les transputers. De plus, en fonctionnant avec des transputers, le logiciel est en même temps un OS à part entière. Il fonctionne avec des variables appelées canaux qui servent de liens de communication entre différents processus. Toutes les communications entre les processeurs s'effectuent en parallèles au travers de ces canaux.

Il existe 2 types de commandes adressées à un processus d'exécution :

- Les requêtes externes qui proviennent du système d'observation et sont adressées au contrôleur de télescope par l'intermédiaire de l'interpréteur. Le déclenchement et la



définition des paramètres temporelle de tâches se fait par le biais de commandes externes.

- Les **requêtes internes** générées par des tâches s'exécutant dans un processus maître.

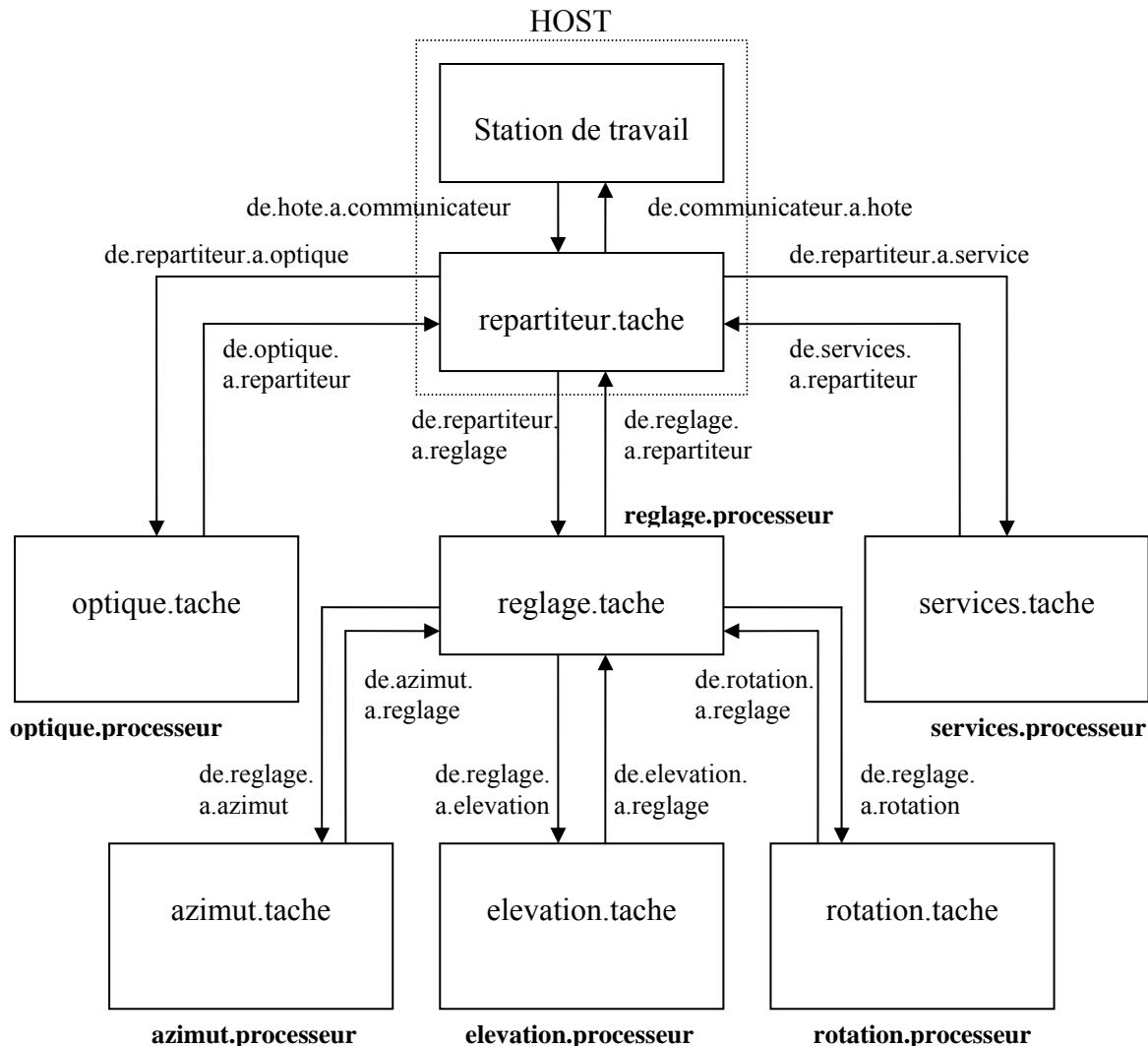
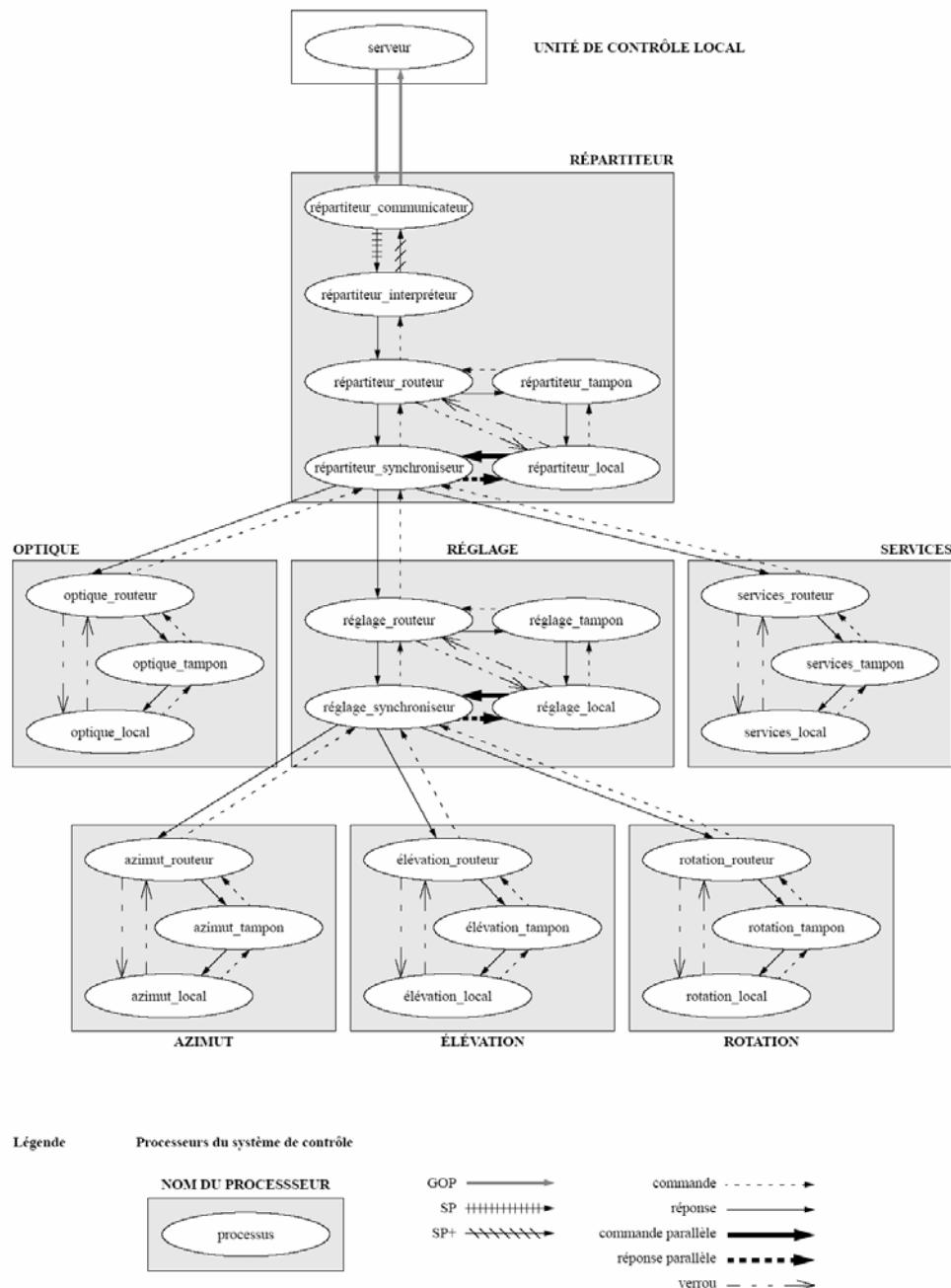


Figure 10 : Canaux de communication entre les transputers

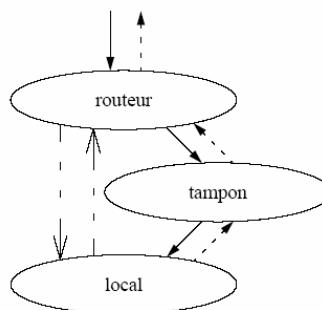
**Figure 11 : Description de la configuration logicielle**

Au niveau logiciel, chaque transputer est constitué de trois sous-ensembles. Chaque sous-ensemble correspondant à un processus :

- Le processus de **routing** des communications s'occupe de l'acheminement correct des messages de commande vers leurs processus d'exécution en gérant le problème du blocage des communications. Il a donc deux tâches principales :
  - Redirection d'une commande vers le processus d'exécution local ou vers un processus situé dans une ramifications plus basse ; lors de l'arrivée de la réponse, la redirection inverse est aussi faite.



- Prévention des blocages de communication interprocessus par un contrôle d'occupation des ressources.
- Le processus **tampon** sert d'intermédiaire pour le stockage des tableaux d'états de chaque sous-ensemble.
- Le processus **d'exécution des commandes (local)** : Il constitue la terminaison des branches du réseau où sont effectuées les commandes. Le processus local échange les informations avec le processus tampon.



**Figure 12 : Sous-ensemble logiciel d'un transputer**

Chaque transputer dispose, au niveau logiciel, d'un processus esclave : optique\_local, services\_local, azimut\_local, elevation\_local et rotation\_local.

Ces processus fonctionnent tous de la même manière et suivent ces 7 étapes pour acheminer et exécuter les commandes provenant du canal de.tampon :

- 1) réception de la ligne de commande.
- 2) extraction de la commande, de ses paramètres et du processus de destination.
- 3) codage de la commande et de ses paramètres selon le protocole de commande interne du contrôleur.
- 4) routage du message vers le processus destinataire avec logique de contrôle d'occupation de ressources.
- 5) décodage de la commande et de ses paramètres
- 6) exécution de la commande.
- 7) codage des résultats d'exécution.

#### **D. Cahier des charges avec hiérarchisation des contraintes**

Au départ, nous nous sommes fixés des contraintes. Chacune de ces contraintes entraîne d'autres contraintes auxquelles je me suis efforcé de trouver des solutions.

Si nous voulons que le télescope reste en service, il faut prévoir au moins de doubler sa durée de vie. Nous n'avons pas de garantie que les cartes dures 10 ans, mais nous pouvons être sûr qu'un type de carte soit encore produit dans plusieurs années.

Nous souhaitons évidemment qu'il fonctionne aussi bien qu'avant et donc que le pointage et le suivi soient au moins aussi rapide que maintenant.

Le coût doit être le plus faible possible et nous devons trouver le bon compromis entre les ressources humaines et la durée de développement du nouveau système.

Enfin, la taille du châssis contenant le REM est limitée donc il serait préférable de pouvoir encastre le nouveau système à la place de l'ancien.

Contraintes

1er Niveau	2ème Niveau	3ème Niveau	4ème Niveau	Solutions
Durée de vie 10 ans	Fiabilité matérielle	Matériel éprouvé	Matériel standard	Utilisation de PC Cartes PCI Liaison ethernet
	Fiabilité software	Software éprouvé	Software standard	Linux
	Remplaçable et disponible	Matériel standard		Utilisation de PC Cartes PCI Liaison ethernet
			Stock de matériel	Achat de composants de rechanges
	Pointage et suivi aussi rapide	Temps de réponse garanti		OS Préemptif Ethernet commuté
	Mêmes fonctionnalités			Listing des tâches logicielles Listing des fonctionnalités du télescope
	Quantité de matériel le plus faible possible			Le plus de cartes identiques possibles Limitation du stock
	Coûts de maintenance faibles	Facilité de maintenance		Matériel standard Matériel en stock
	Arrêt du télescope le plus court possible	Rapidité de mise en œuvre		Augmentation des ressources humaines
		Facilité de mise en œuvre sur place	Développement à Genève	Réalisation d'un banc test à Genève
			Modularité des éléments	Séparation de optique, service, réglage
Coût le plus faible possible	Court développement software	Ne pas réécrire le programme		Compilateur Occam sur PC OS RMoX avec Occam
	Rapidité de mise en œuvre	Développement court de la solution		Augmentation des ressources humaines
	Taille du châssis			PC utilisant le bus Compact PCI



## **E. Solutions envisagées**

Au cours de mon stage, j'ai été confronté à toute une série de décisions importantes dans le choix et l'aboutissement de la solution finale.

Il s'est avéré que trois solutions ont émergé des contraintes que nous nous étions fixées au départ. Elles présentent toutes des avantages dont nous avons dû tenir compte.

### **1<sup>ère</sup> solution : Processeurs équivalent fonctionnant sous bus G96**

L'idée de cette solution est de remplacer les transputers par des processeurs équivalent et fonctionnant sur bus G96. Nous pourrions ainsi garder toute l'électronique.

Cette première solution est une solution qu'on pourrait qualifier de « solution de dépannage ». Elle pourrait être envisagée si le télescope tombe en panne subitement. Par exemple si la foudre tombe sur la coupole détruisant plusieurs cartes.

Chaque jour de panne ayant un coût, il faudrait le remettre en fonction le plus rapidement possible.

C'est une solution qui pourrait demander le moins de temps d'immobilisation car nous ne toucherions qu'au logiciel. Elle présente tout de même le gros avantage d'être rapide. Par contre, elle ne fait que repousser le problème. Aujourd'hui, l'objectif est de remplacer les transputers afin que le télescope puisse fonctionner pour une dizaine d'années. Si nous choisissons cette solution, nous remplaçons du matériel ancien par du matériel également ancien. Toutes les liaisons avec les transputers se font par bus G96. Il s'agit d'un ancien standard qui n'est plus utilisé. Si le télescope doit durer une dizaine d'années, il faudra de toute manière trouver une autre solution qui supprime ce bus G96.

Après avoir effectué des recherches sur l'existence de processeurs utilisant le bus G96, il s'est avéré que seul le constructeur MPL possède encore 22 cartes de ce type. Ceci peut être suffisant si nous achetons ce stock mais de toute évidence, cette solution ne convient pas à long terme. D'autre part, le concepteur du bus GESPAC a fait faillite en fin d'année dernière.

### **2<sup>ème</sup> solution : Remplacement des transputers par des PC**

La deuxième solution semble être la plus prometteuse. Elle est plus lourde à mettre en œuvre et nécessite l'arrêt du télescope pendant plusieurs mois mais garanti d'être toujours valable dans plusieurs années.

L'idée est de remplacer les transputers par des PC.

Les avantages sont nombreux :

- Prix : Le coût de cette solution restera relativement faible dans la mesure où nous utiliserons seulement des produits largement commercialisés.
- Standard : Nous pouvons utiliser des produits tout à fait standard dont nous sommes sûrs qu'ils seront toujours utilisés dans 10 ans.
- Possibilité d'évoluer dans le temps : Cette solution pourra évoluer au cours du temps. Nous pourrons changer des éléments très facilement sans avoir besoin d'arrêter le télescope. Par exemple, changer un processeur ne nécessite que quelques heures et peut donc se faire en une journée sans perdre une nuit d'observation.
- Facilité de mise en œuvre : La facilité de mise en œuvre est un atout. Malgré la longue durée de développement, la mise en place d'un tel système est relativement courte.



- Bus PCI: Le bus G96 serait remplacé par le standard PCI qui est une technologie récente et ne s'essoufflera pas avant plusieurs années.

L'inconvénient majeur est la durée d'immobilisation du télescope pour mettre en place un tel système. Par contre, en 2008 ou 2010, le site de La Silla sera probablement fermé. Si le choix est fait de déplacer le télescope, nous pourrons profiter de cette période d'inactivité pour mettre en place cette solution. Nous pouvons également envisager de changer les éléments par morceaux pour éviter de stopper le télescope longtemps.

### **3<sup>ème</sup> solution : Utiliser des cartes Compact PCI.**

Le concept CompactPCI est réellement intéressant pour des applications nécessitant des fonctionnalités supplémentaires, requises par des conditions d'environnement spécifiques, une facilité de maintenance ou une garantie de longévité. Le CompactPCI est particulièrement adapté pour les applications nécessitant un bus, ou lorsque le système requiert une souplesse d'extension au niveau des Entrées/Sorties.

Au lieu d'utiliser des cartes PCI, nous pourrions utiliser des cartes cPCI. Le gros avantage est que nous pouvons garder la structure du châssis.

L'inconvénient majeur du système compact PCI est qu'il est constitué d'au maximum 8 emplacements pour carte PCI et est un peu moins standard que le bus PCI.

Pour le REGLAGE qui nécessite le plus de cartes, nous arrivons à réduire le nombre de carte à 7 (1CPU, 1 carte encodeur, 1 carte série 8 E/S, 4 cartes E/S 24V), ce qui rend cette solution possible.

#### **Remarque :**

- La solution d'un bus VME a été rejetée par l'observatoire pour des raisons de coût et d'encombrement.
- La solution avec un bus ISA est rejetée à cause de la vieillesse du bus. Nous préférions ne pas l'utiliser.

### **F. Solution retenue**

Les solutions PC ou cPCI sont toutes les deux possibles. La partie logiciel qui représente la part importante du travail est la même. L'avantage de la solution cPCI est son intégration dans le châssis du REM. Il est pratiquement identique à la solution G96 actuelle.

Le choix reste ouvert et le groupe technique de l'OG prendra la décision finale.

#### **Liaisons à modifier**

Pour adapter un système plus récent, il faut modifier les liaisons autour du transputer. Il est possible de changer les éléments de manières indépendantes mais cela pose d'énormes contraintes au niveau du logiciel. Il faudra que les nouveaux éléments installés puissent communiquer avec les anciens. C'est-à-dire qu'une partie se fera par liaison Ethernet alors qu'une autre par liaison entre transputer.

Les transputers peuvent donc être séparés en 3 parties qui interagissent très peu entre elles.

*Que nous choisissons de changer les parties de manière séparé ou que nous choisissons de tout changer en une seule fois, les liaisons à modifier restent les mêmes. C'est pourquoi les*



*schémas suivant sont très intéressants pour comprendre où les éléments doivent être déconnectés.*

### 1<sup>er</sup> module : TRANSPUTER OPTIQUE

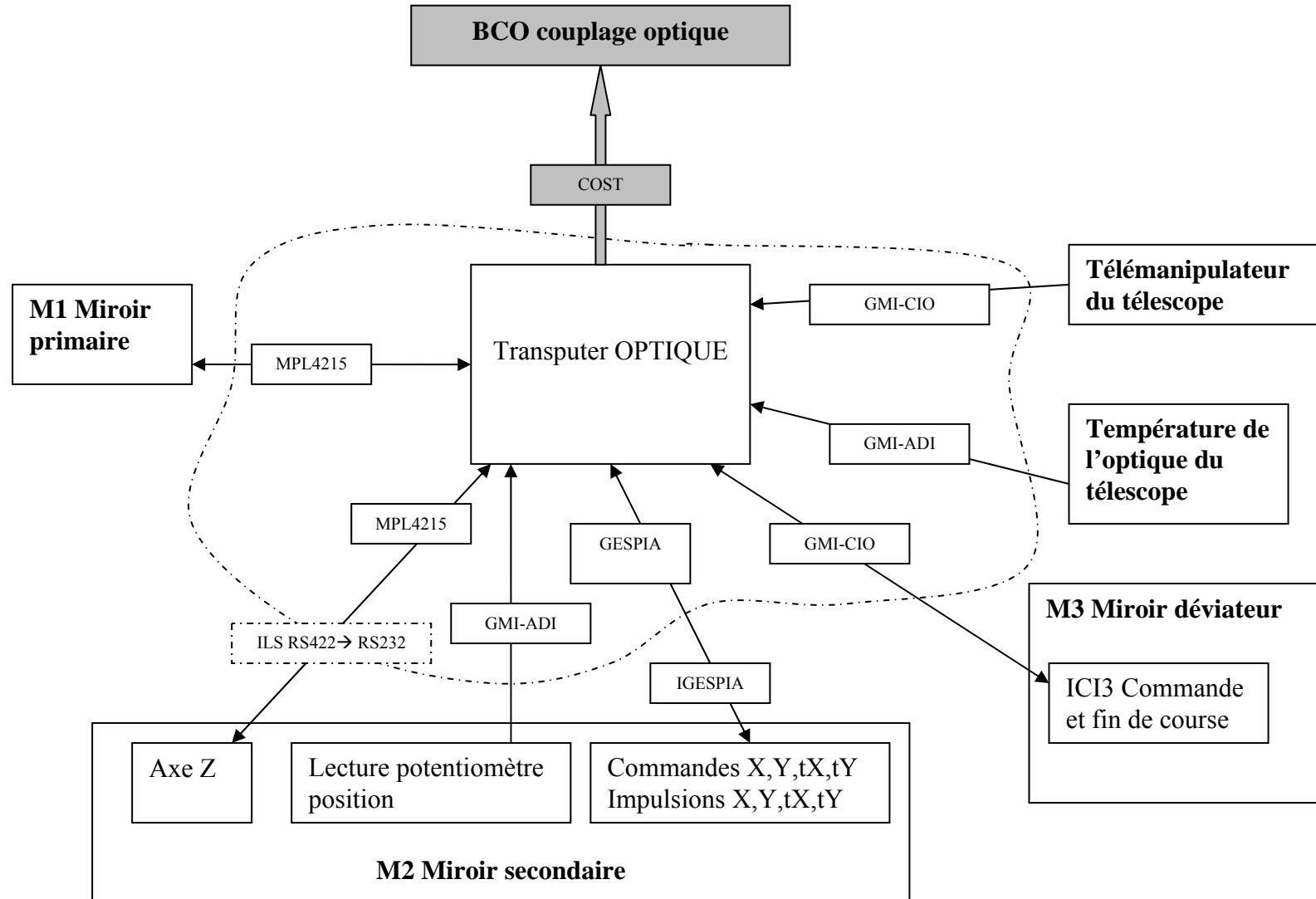
Le nombre de liens à modifier a son importance. En effet, si nous choisissons de changer l'électronique du télescope alors qu'il est en service, nous devrons effectuer de nombreux tests qui se feront la journée, lorsque le télescope ne sera pas en fonction. Le matin, nous pouvons imaginer que nous déconnectons les liens, nous faisons les tests la journée et nous les rebranchons le soir pour que les observations se poursuivent.

5 liens à modifier pour le transputer optique :

- M1, miroir primaire
- M2, miroir secondaire
- M3, miroir déviateur
- Températures de l'optique télescope
- Télémanipulateur du télescope

La figure suivante représente schématiquement le transputer optique avec les cartes auxquelles il est connecté.

La ligne en pointillé représente la coupure « virtuelle » qu'il faudra effectuer. Elle délimite les interfaces que nous souhaitons garder. Nous remplacerions tout ce qui se trouve à l'intérieur de cette ligne.





## **2<sup>ème</sup> module : TRANSPUTER REGLAGE, AZIMUT, ROTATION, ELEVATION**

13 liens à modifier :

AZIMUT :

- Servo-ampli régulateur de vitesse
- Servo-ampli anti-jeu
- Commutateurs de fin de course
- Codeur de position absolue
- Codeur de position optique

ELEVATION :

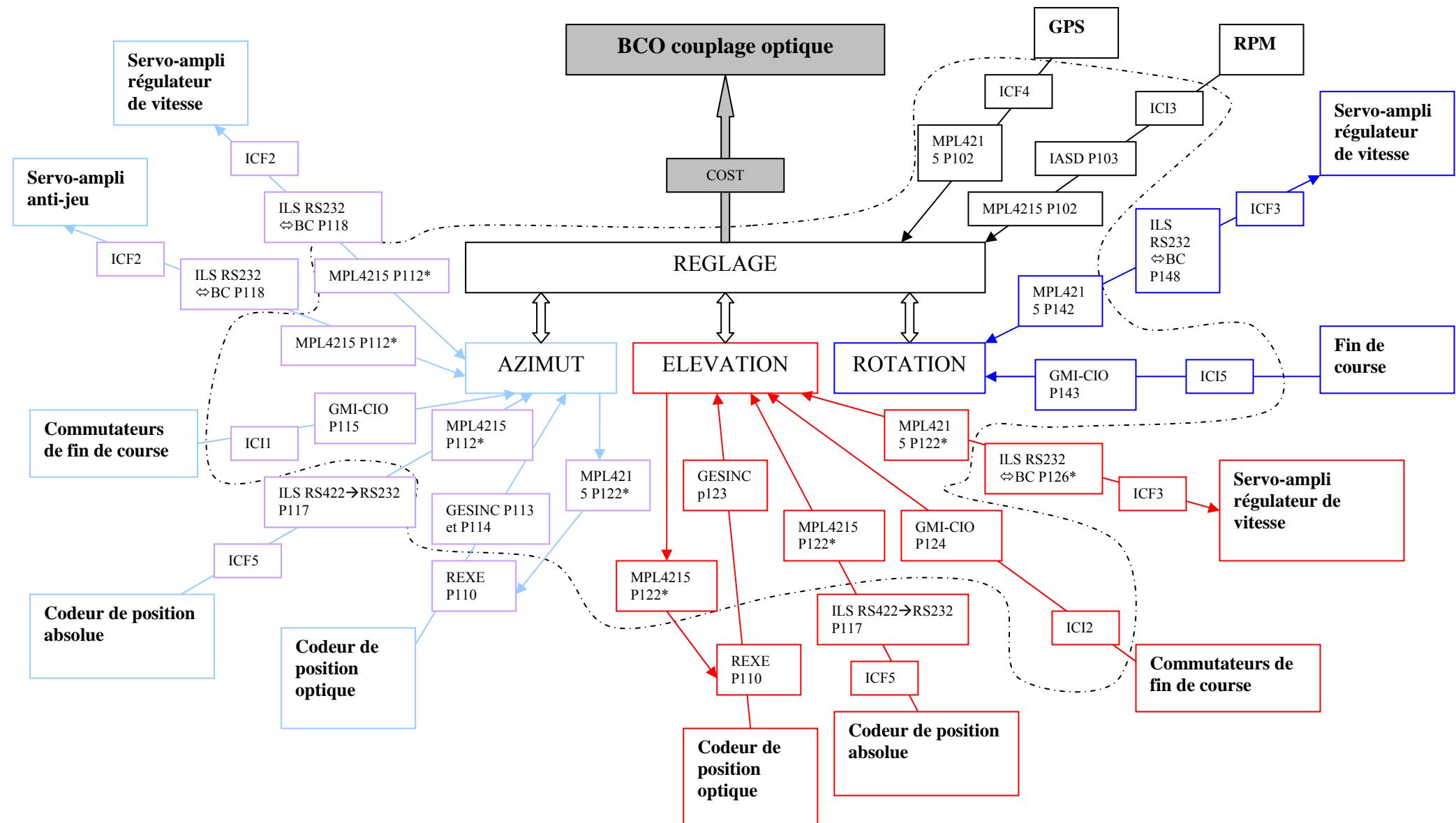
- Servo-ampli régulateur de vitesse
- Commutateurs de fin de course
- Codeur de position absolue
- Codeur de position optique

ROTATION :

- Servo-ampli régulateur de vitesse
- Fin de course

REGLAGE :

- Référence de temps GPS
- RPM

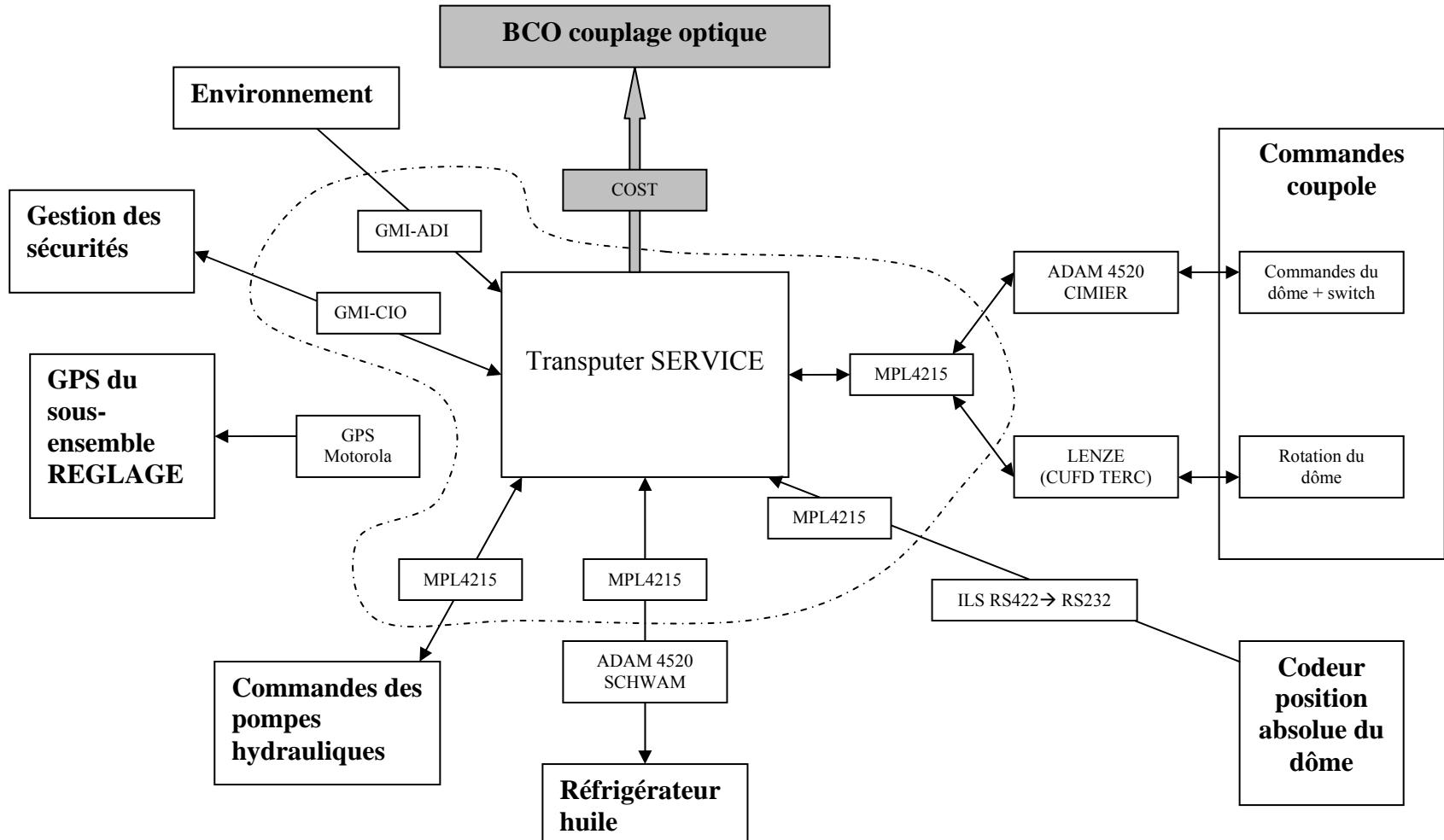




### 3<sup>ème</sup> module : SERVICE

7 liens à modifier :

- Référence de temps GPS
- Gestion des sécurités
- Environnement
- Commande des pompes du circuit hydraulique
- Réfrigérateur de l'huile du palier hydrostatique
- Codeur de position absolue du dôme
- Commande coupole





## Temps réel

Le télescope doit bouger en permanence pour suivre le ciel. Il faut compenser le mouvement induit par la rotation de la Terre. Une des contraintes que nous pouvons nous fixer est la contrainte de temps réel.

Nous devrons donc tenir compte de ces contraintes de temps, à la fois dans le choix du système d'exploitation.

## Choix des cartes

Pour remplacer les cartes existantes par des cartes compatibles avec les PC, j'ai effectué l'inventaire des cartes et relevé les caractéristiques indispensables pour le fonctionnement du télescope.

- Cartes séries
  - Une carte ayant 8 ports COM pourrait convenir.
- Compteurs incrémentaux
  - Entrées différentielles.
  - Signal en quadrature.
  - 25 bits nécessaires → carte de 32 bits.
  - Interface PC : PCI
  - Fréquence des cartes actuelles : 1,25 Mhz
  - Polarité : Pull up, actif niveau haut.
  - Validation du top 0.
- Parallèles IO standard
  - 16 bits entrées et 16 bits sorties niveau TTL.
  - Pull up, collecteur commun.
  - 1 compteur utile.
- Parallèles IO industrielles
  - 16 bits entrées et 16 bits sorties niveau 24V opto couplé
- Analogue Inputs
  - 16 canaux 12 bits différentielles mode unipolaire de 0 à 10V



## Systèmes d'exploitations

Le choix du système d'exploitation, si la solution des PC est choisie, est très important pour le bon fonctionnement du télescope.

Il devra être léger, rapide et répondre aux caractéristiques suivantes :

- Préemptif ou temps réel
- Open source
- Débuggeur, outils de programmation

Plusieurs OS doivent être comparés :

• MacOS	}	MAC
• Windows 9x • Windows NT • Windows XP		WINDOWS
• Linux • FreeBSD • OpenBSD • NetBSD • Solaris	}	UNIX
• RTLinux • RT Dos • QNX		REAL TIME
• Windows CE • µCLinux • eCOS • Jaluna	}	EMBARQUE
• RMoX		OS en langage Occam

En cas d'équivalence des OS, d'autres caractéristiques peuvent être prises en compte :

- Stabilité :

Les ordinateurs vont devoir tourner environ 18h sans être redémarrés.

- Sécurité :

Ils devront être protégés contre les virus et les intrusions par des pirates informatique ou les personnes non autorisées.



Ceci ne devrait pas être trop gênant dans la mesure où le réseau est fermé.

- Open Source :

Ceci n'est pas vraiment une contrainte mais plutôt un atout. Les Open Sources sont généralement gratuits.

- Réseaux :

Systèmes capables de gérer des réseaux, notamment ethernet.

- Système temps de réponse garanti :

Le temps de réponse garanti nous assure une bonne transmission de donnée en un temps convenable.

- Compatibilité :

Le système devra supporter les cartes installées ainsi que les pilotes.

- Facilité d'utilisation :

Pour deux systèmes équivalents, il est toujours possible de trancher par leur simplicité d'utilisation.

- Environnement graphique :

Afin de ne pas gaspiller de ressources systèmes, nous préférions ne pas utiliser un environnement graphique. Cela pourrait tout de même être un atout pour le déboguage.

- Prix :

Le faible coût est indéniablement un avantage mais il vaut peut-être mieux payer plus cher pour un temps de développement plus court.

## Liaison entre les processeurs

Pour communiquer avec les amplificateurs, le choix d'une liaison série a été fait il y a 10 ans et nous limitera si nous souhaitons augmenter le flux de communication.

Pour cette raison, les liens entre les transputers n'ont pas besoin d'être trop rapide car quoiqu'il arrive, nous sommes limités par cet accès au matériel.

Actuellement, le flux de données théorique est de 0,9 Ko/s pour une liaison 10 Mb/s entre répartiteur et réglage, optique, service. Le flux de données effectivement mesuré est de 0,7 pour les liens répartiteur – réglage et optique et 0,75 pour répartiteur – service.

Pour les liaisons réglage – azimut, élévation et rotation, le flux de données théorique est de 1,8 Ko/s pour une liaison 20 Mb/s. Le flux de données effectivement mesuré est de 1,65.

Le choix d'une liaison Ethernet 100Mb/s conviendrait pour compenser le protocole plus lourd de cette solution. De plus, elle est standard et facile à mettre en œuvre.



## Remplacement logiciel

Il est sans doute possible de garder le même logiciel en le recompilant avec KRoC. C'est un compilateur Occam sur PC. Par contre, nous serons obligé de le tester au préalable sur un banc test, comme toute autre solution.

L'inconvénient de cette solution est sa faisabilité. Nous ne savons pas encore s'il est possible de gérer les communications entre les transputers avec ce logiciel.

Par rapport au langage C, le langage Occam est très structuré, très stricte et le faible nombre d'instructions le rend très accessible aux programmeurs. Le gros inconvénient de ce langage est son avenir incertain et c'est pourquoi de réécrire le code en langage C est un atout.

```

WHILE REG.Active

SEQ
REG.Error := 0(INT16)

PRI ALT

From.Tampon ? Address;
History;
Command;
From.Tampon.Message.Length::From.Tampon.Buffer

SEQ
Clock ? REG.CLOCK.Time1

IF
Address = REG.PROCESS.ADDRESS
REG.Decoder(History,
Command,
From.Tampon.Message.Length,
From.Tampon.Buffer,
REG.Error,
To.Tampon.Message.Length,
To.Tampon.Buffer)

TRUE
SEQ
RoutingError(Address,
To.Tampon.Message.Length,
To.Tampon.Buffer)
REG.Error := -10009(INT16)
Address := REG.PROCESS.ADDRESS

Clock ? REG.CLOCK.Time2

To.Tampon ! Address;
History;
Command;
REG.Error;
To.Tampon.Message.Length::To.Tampon.Buffer

```

Figure 13 : Morceau de code en langage Occam du module REGLAGE



## IV. Partie 3 : Présentation des résultats et bilan de la mission

### A. Choix des cartes

Après avoir analysé les caractéristiques des cartes de remplacement<sup>2</sup>, le choix a été fait sur les cartes suivantes.

Type de carte	Carte actuelle	Carte de remplacement
Cartes RS 232 <b>Cartes RS 422</b>	MPL4215 <b>ILS422 → 232</b>	DSC 100 <b>DSC 200</b>
Cartes Analogiques	GMI ADI	PCI 725
Parallèle IO Standard	GESPIA	NI 6601
Parallèle IO Industriel	GMI CIO	NI-6503
Codeurs incrémentaux	GESINC	PCI 1784

Figure 14 : Tableau d'équivalence des cartes

La ligne deux est grisée car il s'agit d'une carte que nous n'utiliserons finalement pas. La carte actuelle est un convertisseur RS422 → RS232 pour se connecter sur une carte MPL4215. Nous pouvons utiliser une carte de remplacement nous permettant de nous affranchir de ce convertisseur et de cette carte MPL4215 mais finalement, pour des raisons de maintenance, nous devons toujours garder en réserve des cartes de rechange. Nous essayons donc d'avoir un minimum de type de cartes différentes.

Nous avons décidé de garder le convertisseur RS422 → RS232 et de remplacer seulement la carte MPL4215 par une DSC100.

### B. Choix de l'OS

#### Les caractéristiques des OS en bref

##### Temps de réponse

**Le système préemptif exécute toujours la tâche la plus prioritaire qui est prête à être exécutée.**

Un système est dit préemptif lorsqu'il possède un Ordonnanceur (aussi appelé planificateur), qui répartit, selon des critères de priorité le temps machine entre les différentes tâches qui en font la demande.

Un processus ne peut pas travailler indéfiniment. Cela se ferait au détriment des autres processus que souhaite traiter le processeur. L'accès au processeur est donc strictement réglementé.

Pour permettre le passage correct d'un processus à l'autre, chacun est doté d'une priorité. Le processus ayant la plus haute priorité sera traité en premier. Lorsque le processus est en cours

<sup>2</sup> Les caractéristiques complètes des cartes se trouvent en ANNEXE



de traitement et qu'il est exécuté, sa priorité baisse. Ce système permet de traiter tous les processus à tour de rôle.

La priorité de base avec laquelle tous les processus commencent leur vie est un paramètre que nous ne pouvons normalement pas modifier. Nous pouvons tout de même intervenir dans une certaine mesure avec la commande « nice ».

## La stabilité

- Les systèmes les plus stables sont sans doute FreeBSD, NetBSD et OpenBSD suivis de près par Linux.
- Windows NT est également relativement stable en poste isolé mais présente encore quelques lacunes.
- MacOS et BeOS ont une stabilité correcte pour une utilisation personnelle.
- Windows 9x est le système le plus instable.

## Réseaux

- Les systèmes UNIX (xBSD, Linux, Solaris, etc...) sont les systèmes les plus aptes à une utilisation en Réseau.
- Pour des petits réseaux locaux, Windows ou MacOS est cependant très satisfaisant grâce à sa maintenance facile.
- Pour des gros réseaux et des systèmes ouverts à Internet, mieux vaut prendre un système UNIX qui est plus stable, plus performant et plus sécurisé.

## Rapidité

- FreeBSD, OpenBSD et NetBSD sont les systèmes les plus rapides et se contentent d'une très petite configuration.
- Linux est un peu moins rapide mais son utilisation est plus simple. Linux se contente également d'une petite configuration sauf avec une interface graphique.
- Avec au moins un Pentium, BeOS est néanmoins beaucoup plus rapide qu'un Unix sous X.
- Windows NT est également assez rapide à condition d'avoir une bonne configuration avec beaucoup de mémoire vive.
- Par contre, Windows 95, Windows 98 et surtout Windows Millenium sont les systèmes les plus lents et demandent une grosse configuration.

## Programmation

- Les systèmes UNIX sont les systèmes les plus adaptés aux programmeurs avec de nombreux outils gratuits et la disponibilité des sources de nombreux programmes.
- La programmation sous Windows est très facilitée grâce à des outils performants et simples d'utilisation (Visual C++, Builder C++, Delphi...). DEV-CPP (gratuit) GNU Windows. La programmation est même ouverte aux utilisateurs peu expérimentés avec des outils comme Visual Basic qui permet de programmer d'une manière intuitive et visuelle avec peu de connaissances en programmation.
- Les systèmes Unix ont maintenant des outils comparables à Visual C++ et sous licence GPL. C'est par exemple le cas de KDevelop, Glade...

Après avoir étudié les différents systèmes d'exploitation et notamment en comparant les avantages et les inconvénients de chacun, j'en suis arrivé aux conclusions suivantes :



Les **xBSD** pourraient convenir car ils sont rapides et stable mais ils ne font pas parti des standards. A long terme, je ne suis pas certain de leur survie.

**Solaris** est très convenable, l'inconvénient majeur est que très peu de logiciels sont développés sous cet OS et il faudra créer tous les pilotes.

**Mac OS** me semble être un très bon OS, mais ne peut rivaliser avec la rapidité et la gratuité de Linux.

Le principal avantage de **Windows** est sa simplicité d'utilisation et sa grande diversité de logiciels. Ces deux caractéristiques ne nous intéressent malheureusement pas. Nous avons besoin de rapidité, de stabilité et de robustesse. Il ne peut en aucun cas rivaliser avec un système Linux sans environnement graphique.

**Windows NT** présente des avantages mais il est payant et fonctionne en mode graphique. Il n'excelle dans aucun domaine.

Les **systèmes temps réel** sont relativement chers. Si certains sont gratuits, leurs outils de développement coûtent environ 1000€.

Le système d'exploitation **RMoX** (**R**aw-**M**etal **o**ccam **X**periment) est un système expérimental écrit en langage Occam. Il est très fiable et permet de faire fonctionner les programmes en parallèle. En utilisant en complément le compilateur KRoC, nous pouvons garder le logiciel actuel sans avoir à tout réécrire.

Le principal inconvénient de ce système est qu'il est encore au premier stade de son développement et que nous n'avons pas de garanti sur l'avenir d'un tel système d'exploitation.

Suite à une confirmation du développeur Fred Barnes de l'université de Cambridge, que ce système n'était encore qu'au stade expérimental, nous avons décidé de l'abandonner définitivement.

*Linux est le système qui semble le mieux adapté à nos besoins.*

*Pour certaines cartes, il sera même possible d'obtenir les drivers.*

*Il a un compilateur Occam et peut fonctionner avec ou sans environnement graphique.*

*Si ce système est choisi, il restera encore à déterminer quelle distribution ou quel noyau de Linux choisir.*

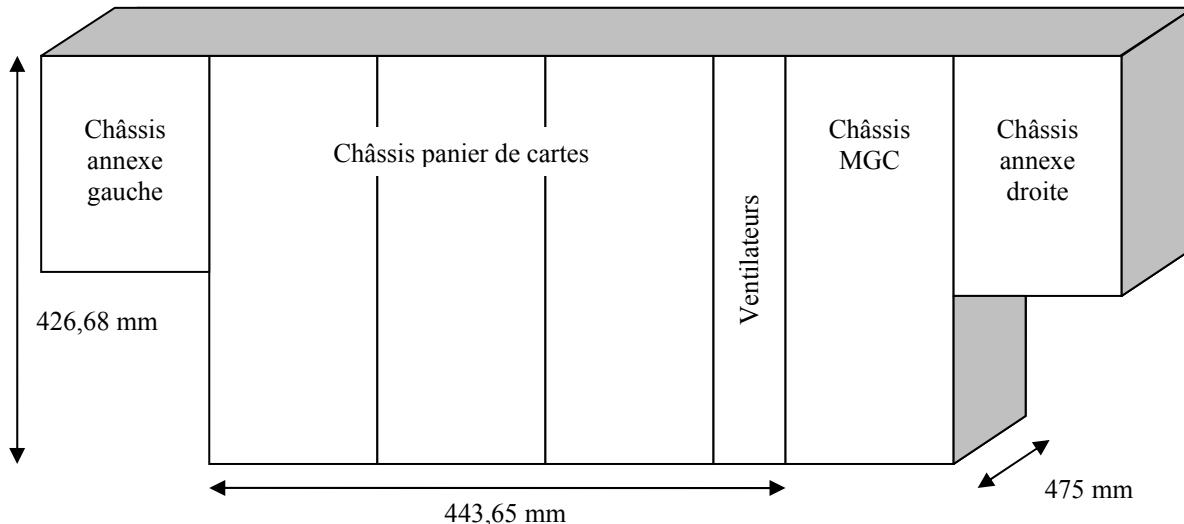
*De plus, si jamais le temps réel s'avère nécessaire, nous pourrons utiliser RT Linux qui s'installe par-dessus le noyau Linux. Cela s'applique un peu comme un patch sur un système existant ce qui rend son installation très facile.*

## C. Châssis

Le châssis dans lequel se trouve l'électronique que nous devons remplacer a une taille limitée et fixe. La solution doit tenir compte de ce paramètre. Si nous choisissons de mettre des PC, ils devront tenir dans la partie « châssis panier de cartes + ventilateur ». Après avoir pris



quelques mesures, il semble tout à fait envisageable que des PC industriels mis en position verticale rentre dans ces compartiments.



**Figure 15 : Dimensions du châssis**

#### D. Liaison entre les processeurs

Pour communiquer entre eux, les PC doivent être reliés. Nous pouvons envisager 3 solutions mais Ethernet commuté est certainement la solution qui sera adoptée.

##### Ethernet commuté

Le commutateur inspecte les adresses de source et de destination des messages, il dresse ensuite une table qui lui permet alors de savoir quelle machine est connectée sur quel port du commutateur. Ce processus se fait automatiquement par auto apprentissage, mais le gestionnaire du commutateur peut procéder à des réglages complémentaires.

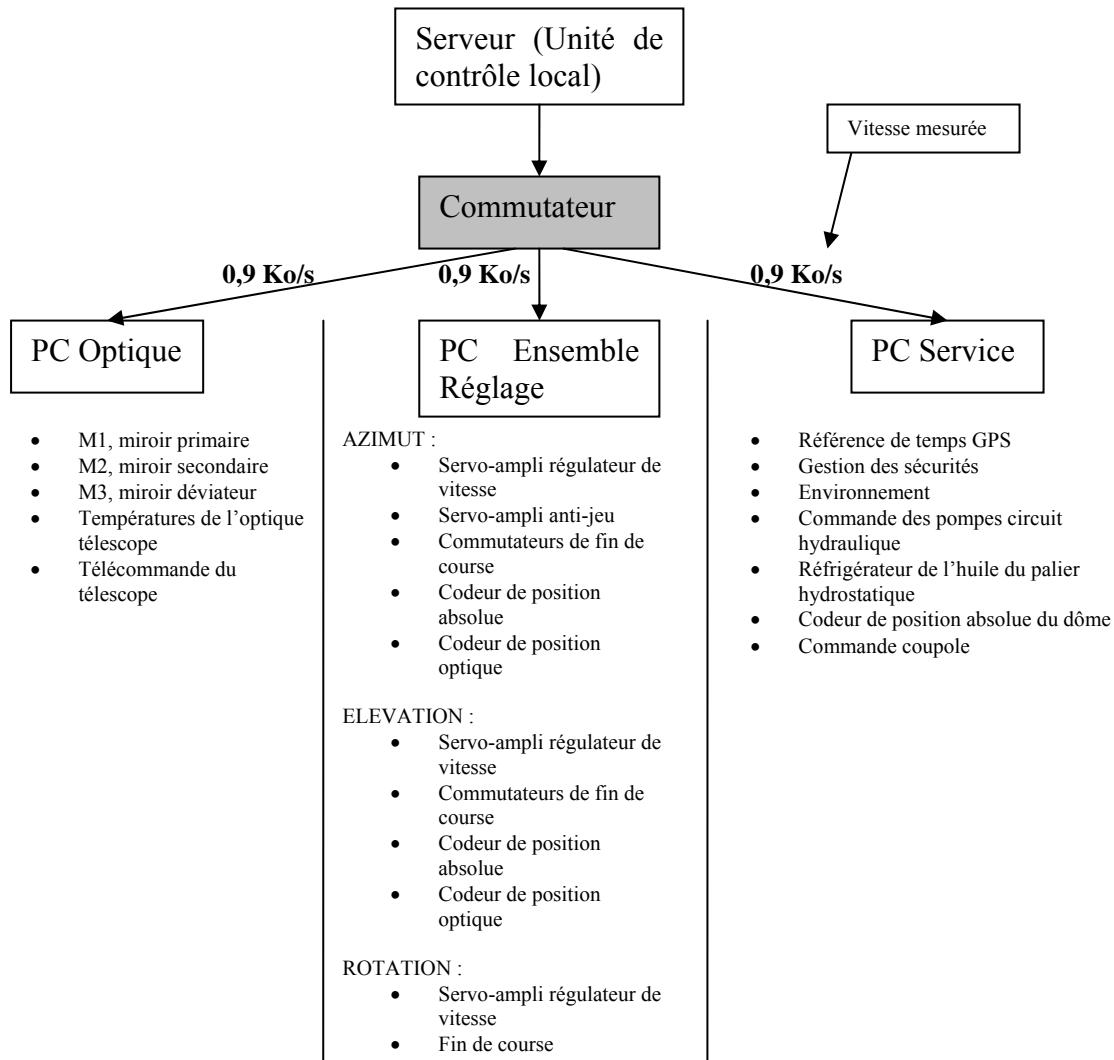
Connaissant le port du destinataire, le commutateur ne transmettra le message que sur le port adéquat, les autres ports restent alors libres pour d'autres transmissions pouvant se produire simultanément.

Il en résulte que chaque échange peut s'effectuer sans collisions ce qui a pour conséquence une augmentation très sensible de la bande passante du réseau.

La solution d'utiliser Ethernet avec des commutateurs me semble la plus prometteuse.

- C'est le standard le plus répandu et peut supporter des connexions hauts débits allant de 10 Mb/s à 1Gb/s voir plus.
- La commutation permet d'éviter les collisions entre les paquets envoyés et rend ainsi le temps d'accès au réseau déterministe.
- Le commutateur permet de transmettre la trame d'un port à sa vitesse d'arrivée. L'intégralité de la bande passante est disponible pour chaque port. Ceci ne garanti pas le temps réel mais garanti un temps de transmission.
- Son utilisation est facilitée par l'utilisation d'un protocole standard.

L'architecture de l'Ethernet commuté reste une architecture en étoile.



**Figure 16 : Architecture d'Ethernet commuté**

## Powerlink

Pour créer un réseau Ethernet vraiment adapté à l'environnement industriel, B & R avec Powerlink se propose tout simplement de remplacer la pile TCP ou UDP/IP par un protocole déterministe, baptisé SCNM (Slot Communication Network Management) et permettant la communication temps réel

Il permet de faire circuler les données sur le réseau dans des tranches (slots) prédéterminées. Dans le cas d'Ethernet Powerlink, ce procédé porte le nom de Slot Communication Network Management.

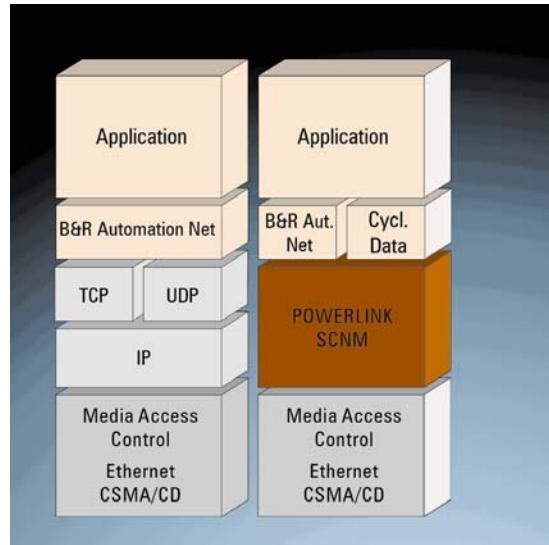


Figure 17 : Protocole Powerlink

Si on se base entièrement sur le standard Fast Ethernet avec un débit de 100 Mbit/s, on peut envisager des temps de cycles de 400 µs voire inférieurs dans les applications. Le jitter ou gigue (Incertitude temporelle avec laquelle un message arrive à destination) de réseau s'avère alors inférieur à 1 µs. En raison de ces exigences de temps réel, seuls des hubs peuvent être utilisés. Les switchs ne sont pas adaptés à de telles exigences. Ils peuvent fonctionner mais nous perdons énormément de temps dans la commutation des switch.

J'ai vérifié s'il y avait la possibilité d'utiliser des fibres optiques à la place du câblage classique mais il semble que l'intérêt soit limité par rapport à nos besoins et le coût de mise en œuvre beaucoup plus élevé. Nous pourrions tout de même utiliser la fibre optique si nous souhaitons des débits très élevés, de l'ordre du Gb/s, mais ce n'est pas le cas. Encore que maintenant, en utilisant des câble RJ45 de classe 5, nous pouvons obtenir ce débit là mais sur une distance d'une centaine de mètres. Ceci est tout à fait convenable dans la mesure où les liens les plus grands sont entre le répartiteur et le réglage et entre le répartiteur et l'optique. La distance ne dépasse pas 31m.

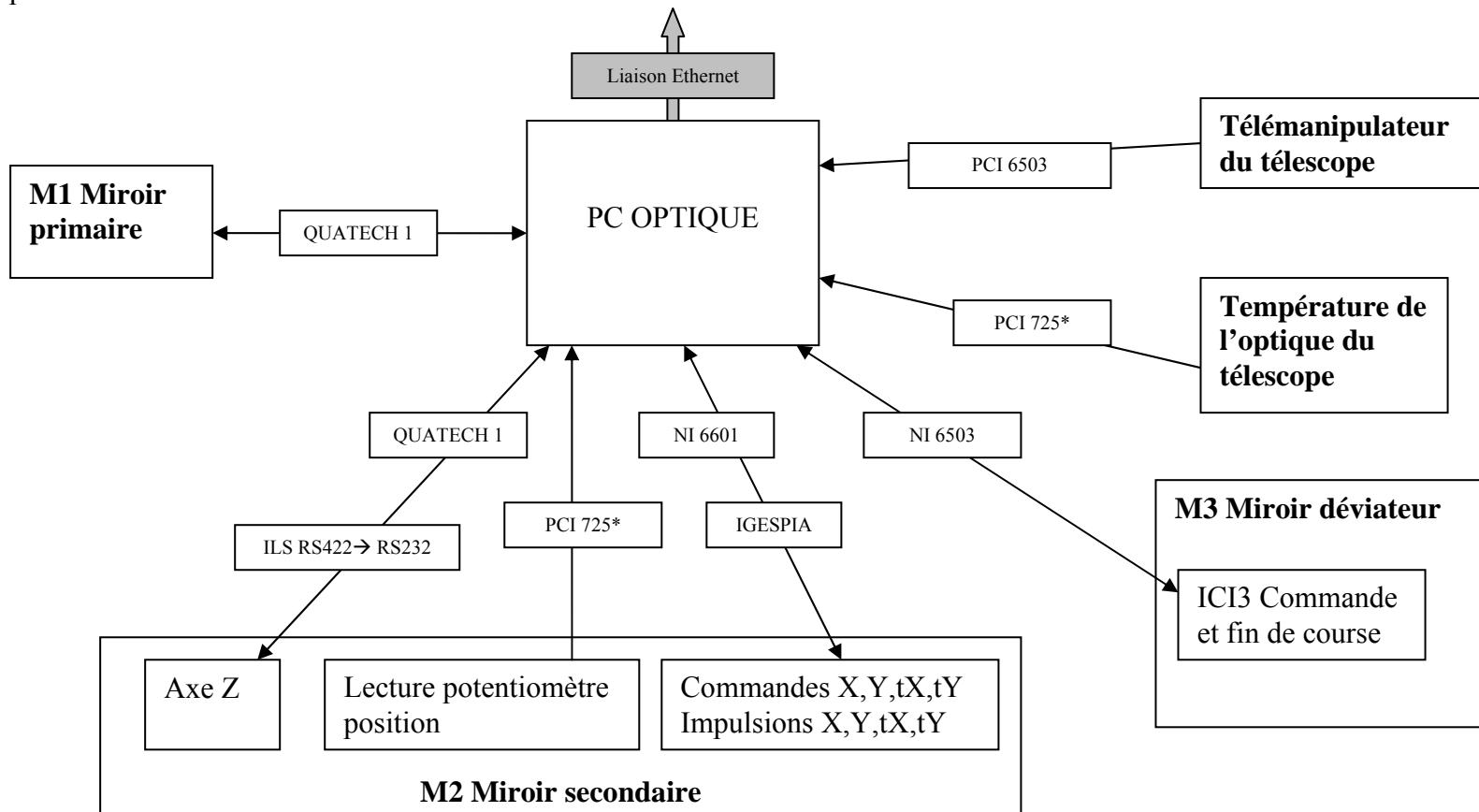
## Sercos II

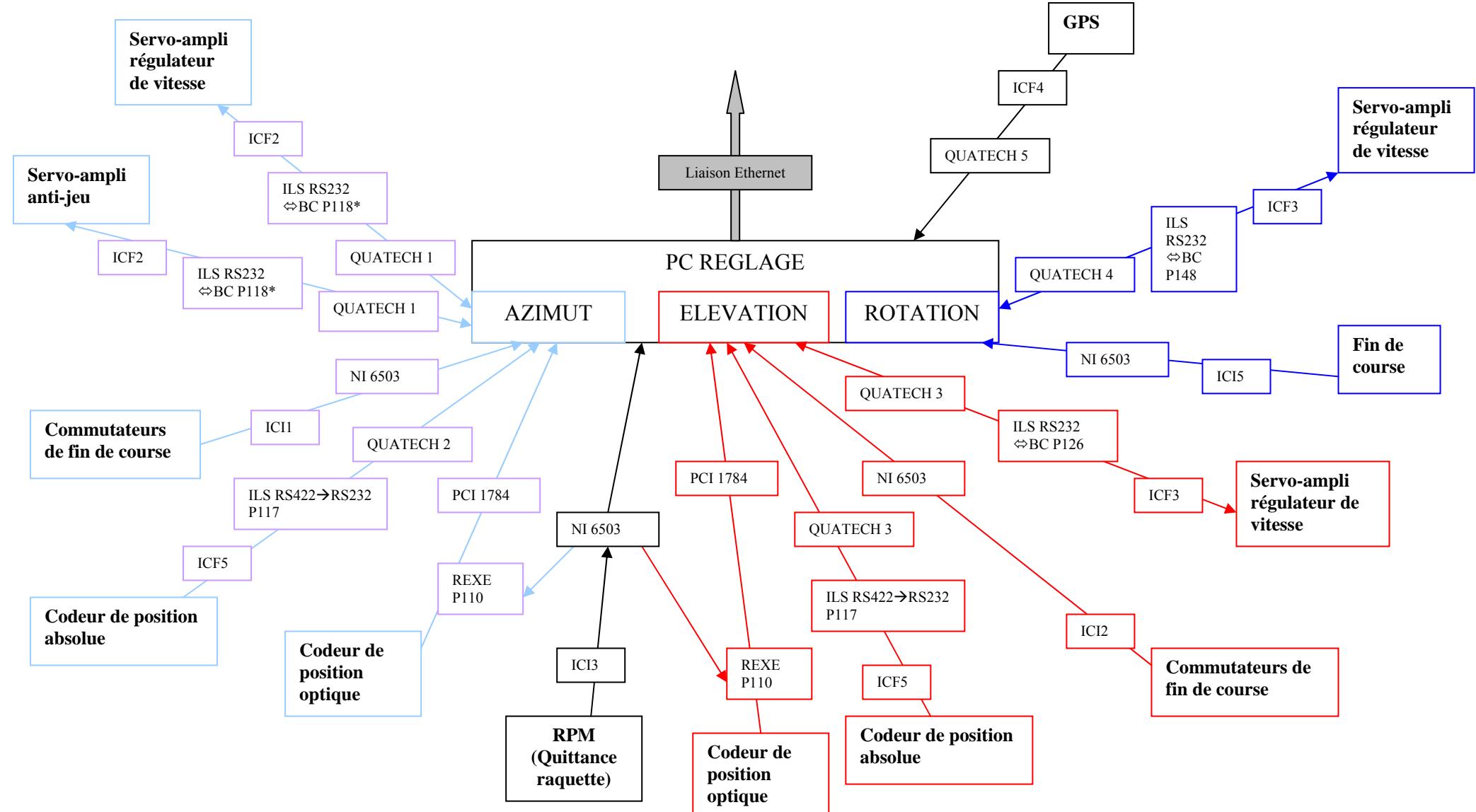
L'interface SERCOS (SERIAL Real-time COmmunications System) est un bus hautement déterministe et très rapide. Il fonctionne avec des fibres optiques ce qui augmente considérablement les coûts de cette solution. Sa difficulté de mise en œuvre ne nous incite pas à utiliser ce système. Nos contraintes de temps réel ne justifient pas d'employer une méthode aussi radicale. Nous préférions partir sur un système plus simple, peut-être moins déterministe, mais que nous pouvons facilement adapter à la solution choisie.

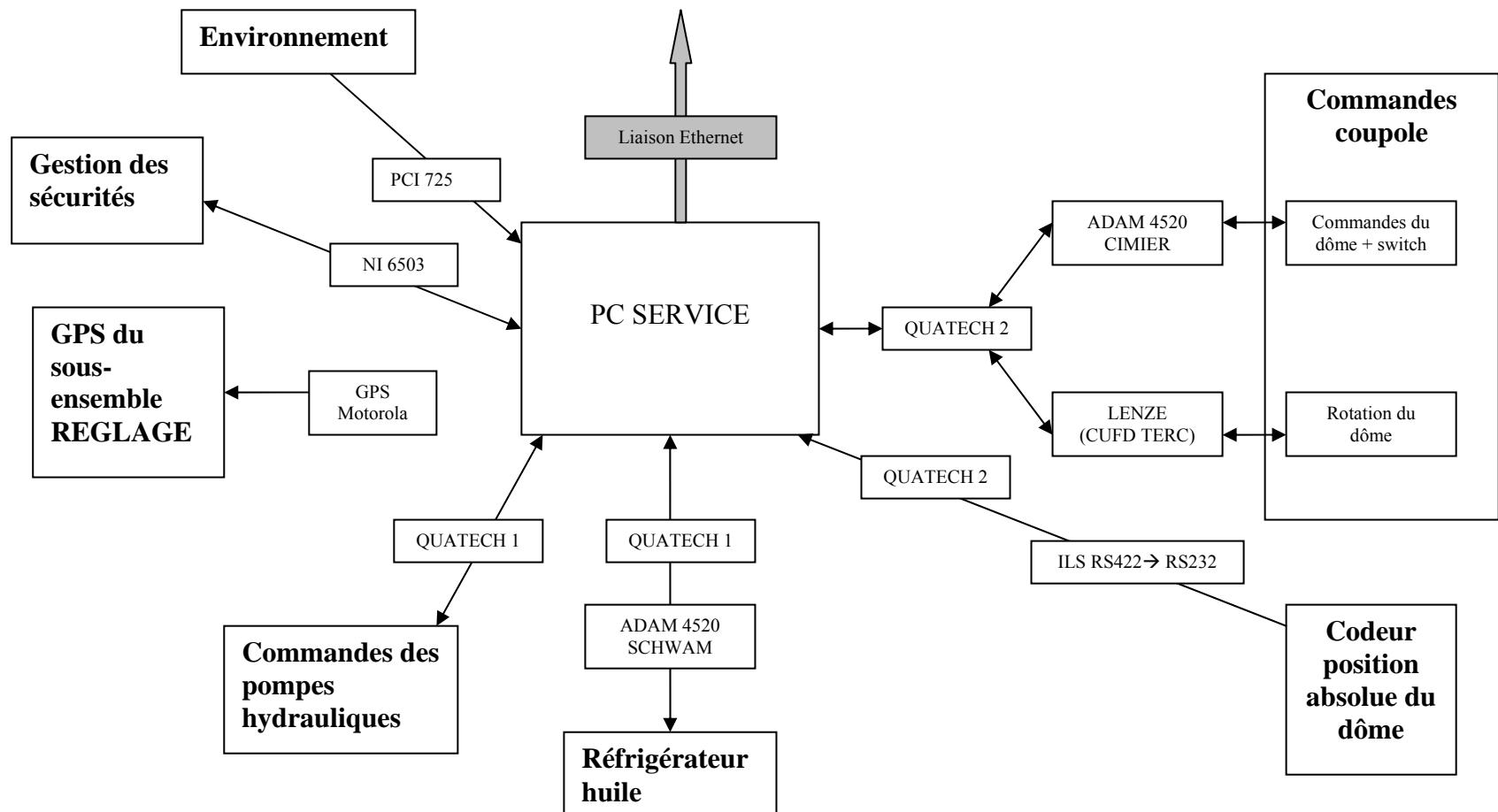


## E. Schéma complet de la solution

Dans les schémas suivants, les transputers sont remplacés par des PC et les interfaces par leurs cartes de remplacement. Les modules sont reliés par des liaisons Ethernet.









## F. Analyse des coûts

Cette analyse des coûts est une première approche financière du problème pour se donner une idée du coût matériel que l'opération peut représenter.

Elle ne prend donc pas en compte les ressources humaines nécessaires, le coût de la main d'œuvre et le temps nécessaire pour effectuer l'opération.

Cette étude ne prend pas non plus en compte la quantité de matériel de rechange nécessaire, ce sera au groupe technique de l'OG de le définir.

Type de matériel	Noms	Caractéristiques	Quantité	Prix Unitaire	Prix
Cartes RS 232	DSC-100	2 ports RS-232	8	CHF 137,00	CHF 1 096,00
Cartes analogiques 16 entrées	PCI-725	100kHz 16 voies, 14-bit A/D	2	CHF 578,00	CHF 1 156,00
Parallèle IO Standard	NI 6601	4 compteurs 32 bits, 32 IO	1	CHF 430,00	CHF 430,00
Parallèle IO Industriel	NI-6503	24 lines (5 V/TTL)	6	CHF 181,00	CHF 1 086,00
Compteurs Incrémentaux	PCI 1784	4 codeurs incrémentaux 32 bits	2	CHF 600,00	CHF 1 200,00
				<b>Coût des cartes</b>	<b>CHF 4 968,00</b>

PC			3	CHF 1 500,00	CHF 4 500,00
Ethernet (Switchs, Hubs)			1	CHF 200,00	CHF 200,00
Racks électronique			2	CHF 500,00	CHF 1 000,00
Câbles, connectique			1	CHF 2 000,00	CHF 2 000,00
Alimentations			2	CHF 400,00	CHF 800,00
				<b>Coût Matériel divers</b>	<b>CHF 8 500,00</b>

<b>Coût TOTAL</b>	<b>CHF 13 468,00</b>
-------------------	----------------------

**Figure 18 : Tableau des coûts**

**Le coût total du matériel peut donc être estimé à environ 15 000 CHF.**



## V. Conclusion générale

Après avoir étudié plusieurs solutions pour remplacer l'électronique du télescope « Euler », il s'est avéré tout à fait possible d'effectuer des changements.

L'étude que j'ai réalisée est seulement une étude préliminaire qui a démontré la faisabilité et la nécessité d'effectuer ces changements. Elle donne une bonne idée des modifications que nous pouvons apporter à ce télescope mais ne présente pas de solutions définitives. Pour chaque solution, il se pose plusieurs problèmes et pour chacun de ces problèmes, je me suis efforcé d'apporter les meilleures solutions. De plus, chaque solution a ses propres avantages et répond à une demande qui n'est pas forcément la même. Par exemple, si le télescope tombe subitement en panne, la solution adoptée sera la plus rapide à mettre en œuvre. Si le télescope tient encore 3 ans et qu'il est envisagé de le garder encore 10 ans, alors la solution à long terme sera privilégiée.

Il appartiendra au groupe technique de l'OG de faire le choix des modifications à apporter.

Quoiqu'il en soit, cette étude préliminaire fournit une première approche à un problème qui se posera dans un futur relativement proche et il est bon de commencer à se soucier de ce problème sans pour autant se précipiter.

Le sujet de mon stage entre parfaitement dans le cadre de mon projet professionnel mais également dans le cadre de ma formation scolaire et j'ai eu beaucoup de plaisir à travailler dans un lieu aussi motivant.

Pendant toute la durée de mon stage, je me suis senti très libre, libre d'apporter des solutions et de faire des remarques sur les choix envisagés. Cette autonomie et cette indépendance m'ont permis de prendre beaucoup d'initiatives, tout en restant guidé par mon maître de stage.

A la fin de mon stage, je pense que les objectifs fixés ont été atteints. Bien sûr, il reste beaucoup de choses à faire pour que les solutions envisagées prennent forme et se concrétisent. Cette étude est une bonne base pour définir un projet.

Ce stage a aussi été très intéressant dans la mesure où nous ne savions pas si une solution envisagée conviendrait parfaitement. Nous avons dû trouver des astuces et innover à chaque fois qu'un problème se présentait à nous.

J'ai également pu participer à la vie de l'observatoire et à de nombreux séminaires. Ceci m'a permis de bien comprendre comment était structuré l'observatoire et d'apprendre beaucoup sur les dernières nouveautés en matière d'astrophysique.

Enfin, j'ai pu découvrir ce qu'était réellement le métier d'ingénieur dans un milieu de recherche et j'ai également appris beaucoup en électronique, ce qui fut extrêmement enrichissant. Je suis sûr que les connaissances que j'ai acquises me seront très utiles dans ma vie professionnelle.



## Bibliographie

- Réf 1 : « Systèmes de commande et de contrôle pour télescopes de 1,2 mètres » Thèse de Giovanni-Battista RUSSINIELLO, Genève 1998.
- Réf 2 : « Documentation cartes d’interface bus GESPAC G96 »
- Réf 3 : « Documentation appareils commandés par liaisons sérielles »
- Réf 4 : « Télescope T4 « EULER » La coupole suisse à la Silla (Chili) » 4 septembre 2000.
- Réf 5 : « The transputer Databook » INMOS second edition, 1989.
- Réf 6 : « A tutorial introduction to OCCAM Programming » Dick Pountain et David May, INMOS 1988.
- Réf 7 : « INMOS Limited Occam 2 Reference Manual » Prentice Hall, INMOS 1988.
- Photos : Les photos présentes dans ce rapport proviennent du site de l’observatoire de Genève.



## Annexes

<b>TACRONYMES.....</b>	<b>I</b>
<b>CHOIX DES CARTES .....</b>	<b>II</b>
<b>BOUCLE DE REGLAGE .....</b>	<b>VII</b>
<b>JOURNAL DE BORD .....</b>	<b>VIII</b>



## Acronymes

AGREGAT : Hydraulique Palier  
 AZ : Azimut  
 BJCF : Boîtier Jonction Capteur de Force  
 BC : Boucle de Courant  
 BCS : Boîtier Contrôle Sécurité  
 BCO : Boîtier de Couplage Optique BJTPE : Boîtier de Jonction de la Position AZ  
 BJTPE : Boîtier de Jonction du Commutateur Fin de Course  
 BJVA : Boîtier de Jonction du Verrou d'AZ  
 BJVE : Boîtier de Jonction du Verrou d'EL  
 CAA : Codeur Absolu Azimut  
 CAE : Codeur Absolu d'Elévation  
 CD : Codeur Dôme  
 CIS : Capteur Inclinaison Sensorex  
 COST : Couplage Optique des Signaux Transputer  
 CT : Système de Codage du Télescope  
 CUFD : Convertisseur Tension Fréquence du Dôme  
 CUFI : Commande Moteur Pompe Poches Inférieures  
 CUFS : Commande Moteur Pompe Poches Supérieures  
 EL : Elévation  
 GFS : Groupe Frigorifique Schwammle  
 IASD : Interface d'Adaptation des Signaux Digitaux  
 ICT : Interface des Câbles Transputer  
 ILS : Interface de Liaison Série  
 IS : Interface de Sécurité  
 M : Miroir  
 OG : Observatoire de Genève  
 OS : Operating System (Système d'exploitation)  
 REM : Rack Electronique Monture  
 RMoX : Raw Metal occam eXperiment  
 RO : Dérotateur de Champ  
 RPM : Rack Puissance Monture  
 RS : Réseau de Service ADAM  
 RTT : Raquettes de Test Télescope  
 SER : Tiroir de Service  
 SERCOS : SErial Real-time COmmunications System  
 SDB : Base de donnée visuelle  
 SCR : Système de Coordonnées de Référence  
 SCT : Système de Coordonnées du Télescope  
 TCP : Tableau de Commande des Pompes  
 TERC : Tableau Electrique Rotation Coupole  
 TPA : Commutateurs Fin de Course Azimut  
 TPE : Commutateurs Fin de Course Elévation  
 TPU : Transputer



## Choix des cartes

### Carte RS-232 : QUATECH DSC100



**RS-232 SERIAL PCI BOARDS**

---

### Features

- 2, 4, or 8 independent RS-232 ports
- Speeds up to 921.6 kbps
- 16750 UARTs with 64-byte FIFOs
- Full modem control and hardware and software flow control
- DB-9, DB-25, or RJ-11 connectors
- Surge suppression package available
- Windows 95/98/Me/NT/2000/XP & Linux support
- 5 year warranty

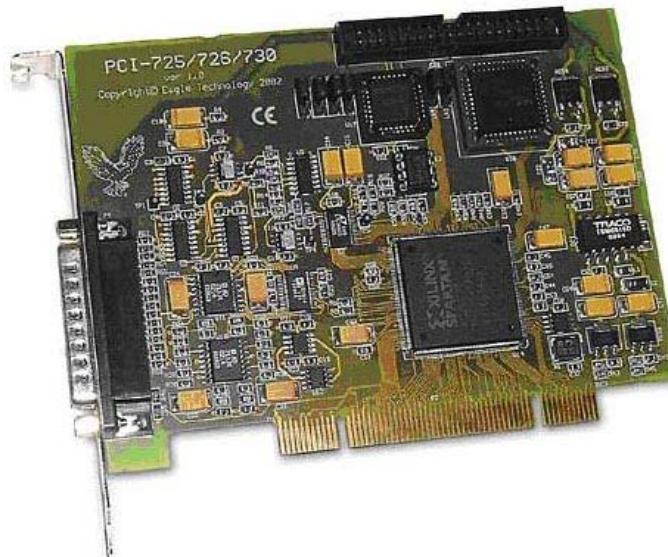
### Description

Quatech RS-232 PCI boards utilize a single PCI slot to provide two, four, or eight independent asynchronous serial ports that share a single interrupt. All PCI registers are properly implemented, so you can be assured that Quatech boards will be good citizens on the PCI bus. Serial port connections are made via DB-9 male connectors, DB-25 male connectors, RJ-11 modular connectors (8 port only) or using a breakout box providing one DB-25 male and seven DB-9 male connectors (8 port only).

The boards are implemented with 16750 UARTs containing 64-byte FIFOs. They use a clock multiplying feature allowing the to achieve data rates as high as 921.6 kbps. To maintain maximum signal integrity, Quatech uses a four-layer board design. But, for even more protection in industrial environments, an optional surge suppression package is available. This "IND" option applies a surge suppressor to each line that is capable of sustaining up to 40A peak, 8 x 20 $\mu$ s transient surges, a clamping voltage of 30V and a peak energy dissipation of 0.1 Joules. (Note that implementing the IND option restricts the board's speed to 115.2 kbps.)



## Carte Analogique : PCI-725



16 voies A/D ou 8 voies d'entrées différentielles

Résolution 14-bit

100kHz de fréquence d'échantillonnage

Différentes plages de tension d'entrée :  $\pm 2.5$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10V$

4 voies de sortie D/A 14-bit

24 (3x 8) voies d'Entrée/Sorties digitales (DIO)

3x 16-bit Counter Timers (Utilisateur)

2048 buffer FIFO avec compteur de mot programmable

DB25M (A/D & D/A); Connecteur IDC40 (DIO)

Supporte Windows98/ME/2000/XP; (Linux & NT sur demande)

Logiciel d'acquisition de donnée et d'exploitation WaveView sous Windows

Supporte Labview, Testpoint & Agilent-VEE

La PCI-730/25/26 est une carte d'acquisition Low-Cost et haute performance pour le bus PCI. C'est une carte multifonctions caractérisée par des entrées/sorties analogiques et digitales.

Elle dispose des connecteurs Low-Cost faciles à installer et ne nécessite guère l'achat d'onéreux câbles et connecteurs SCSI.

Extrêmement compact, le PCI-730/26/25 dispose de 16 voies d'entrées analogiques single-ended ou 8 voies entrées analogiques différentielles 14-bit avec une vitesse d'échantillonnage de 100KHz. Comparée à la plupart des cartes de sa gamme ces modèles disposent de 4 sorties analogiques 14-bits au lieu de deux en standard industriel. Elles sont d'une perfection pour l'usage en laboratoire comme référence de voltage.

Le système PCI-730/26/25 est livré avec le logiciel WaveView sous Windows qui permet à l'utilisateur de démarrer l'échantillonnage dès que la carte est insérée dans le slot PCI.

### Description des références

Référence	Description	Prix Euro HT
PCI-725	100kHz 16 voies, 14-bit A/D	377.00



## Parallèle IO Standard : NI-6601

# 32-Bit Counter/Timers

### NI 660x

- Up to eight 32-bit counter/timers
- 80 MHz maximum source frequency (125 MHz with prescalers)
- Debouncing and glitch removal
- High-stability timebase (PXI-6608 only)
- GPS-based synchronization (PXI-6608 only)
- NI DAQ driver simplifies configuration and measurements

### Models

- NI PCI-6601
- NI PCI-6602
- NI PXI-6602
- NI PXI-6608

### Operating Systems

- Windows 2000/NT/XP
- Real-time performance with LabVIEW (p. 134)
- Others such as Linux and Mac OS X (page 187)

### Recommended Software

- LabVIEW
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio

### Other Compatible Software

- Visual Basic
- Visual C/C++, C#

### Driver Software (included)

- NI-DAQ 7

### Calibration Certificate Included

See page 21.



## Overview and Applications

NI 660x devices are timing and digital I/O (DIO) modules for PCI and PXI. They offer up to eight 32-bit counter/timers and up to 32 lines of 5 V TTL/CMOS-compatible digital I/O. You can perform a wide variety of buffered measurements or other counter/timer tasks with NI 660x devices, including position or quadrature encoder measurement, event counting, period measurement, pulse-width measurement, frequency measurement, pulse generation, and pulse-train generation.

## Features

### Counter/Timers

The NI 660x devices are equipped with the NI-TIO ASIC, a National Instruments counter and digital I/O ASIC for advanced timing and counting applications. Each NI 6602 and NI 6608 device features two NI-TIO ASICs to provide a total of eight counter/timers.

The PCI-6601 board features one NI-TIO ASIC for a total of four counter/timers. The counters are software-compatible with those found on E Series multifunction DAQ devices, but NI 660x devices offer additional capabilities.

Each counter has a gate, up/down, and source signal, which can be controlled by external or internal signals. Each counter has one output that can be routed externally or to other counters on the device. 20 MHz and 100 kHz timebases are available on each device for use with each counter/timer. In addition, an 80 MHz timebase is available on the NI 6602 and NI 6608 devices. A hardware trigger can be used to start multiple counters simultaneously. See Table 1 for more information.

Family	Bus	Counter/ Timers	Size	Max Source Frequency	Compatibility	Digital I/O	Pulse Generation	Buffered Operations	Debouncing/ Glitch Removal		GPS Syncrh.	Buffered Operations <sup>2</sup>	
									Removed	Oscillator Stability		DMA	Interrupt
NI 6601	PCI	4	32 bits	20 MHz <sup>1</sup>	5 V TTL/CMOS	Up to 32	✓	✓	✓	50 ppm	-	1	3
NI 6602	PCI	8	32 bits	80 MHz <sup>1</sup>	5 V TTL/CMOS	Up to 32	✓	✓	✓	50 ppm	-	3	5
NI 6608	PXI	8	32 bits	80 MHz <sup>1</sup>	5 V TTL/CMOS	Up to 32	✓	✓	✓	75 ppb	✓	3	5

<sup>1</sup>Max Source Frequency with prescalers is 60 MHz for the NI 6601 and 125 MHz for the NI 6602 and NI 6608. These frequencies are dependent on drive strength of input signal and cable length. Consider these speeds to be the maximum. <sup>2</sup>DMA transfers have higher throughput than interrupt transfers.



## Parallèle IO Industriel : NI-6503

# Digital I/O, 24 or 96 Lines, 5 V TTL/CMOS

### NI 650x

- 24 or 96 digital input/output lines
- 5 V TTL/CMOS
- 2-wire handshaking capability
- Known power-up states
- NI-DAQ driver simplifies configuration and measurements

### Models

- NI PCI-6503
- NI DAQCard-DIO-24
- NI PC-DIO-24
- NI PCI-DIO-96
- NI PXI-6508
- NI PC-DIO-96

### Operating Systems

- Windows 2000/NT/XP
- Real-time performance with LabVIEW (see page 134)
- Others such as Linux and Mac OS X (see page 187)

### Recommended Software

- LabVIEW
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio

### Other Compatible Software

- Visual Basic
- C/C++, C#

### Driver Software (included)

- NI-DAQ 7



Family	Bus	Digital I/O Lines	Device Type	Logic Level	Isolation	Handshaking VO	8255 Chipset	Change Notification	Pattern Matching
NI 6503	PCI	24	Software timed	5 V TTL/CMOS	–	✓ <sup>1</sup>	✓	–	✓
	PCMCIA ISA				–	✓ <sup>1</sup>	✓	–	✓
NI 6508	PCI	96	Software timed	5 V TTL/CMOS	–	✓ <sup>1</sup>	✓	–	✓
	PXI ISA				–	✓ <sup>1</sup>	✓	–	✓

<sup>1</sup>Handshaking supplied by the 8255; only one handshaking mode is available.

Table 1. NI 650x Specifications Overview (See page 385 for detailed specifications.)

## Overview and Applications

NI 6503 devices are 24-bit parallel DIO interfaces for PCI, PCMCIA, and ISA. NI 6508 devices offer 96-bit parallel DIO interfaces for PCI, PXI, and ISA. All NI 650x devices are designed for 5 V TTL/CMOS I/O signals.

## Hardware

### 82C55 Parallel Port Interfaces

NI 650x devices use 82C55 Parallel Port Interfaces (PPIs). NI 6503 devices contain one PPI, and the NI 6508 devices contain four. Each PPI controls 24 bits of DIO and has three 8-bit ports (A, B, and C). You can configure each port as either input or output. Ports A and B are always used for digital data I/O, while port C can be configured for digital data I/O, control, status, or handshake signals.

### Digital I/O Power-Up State Selection

You can power up the PCI-6503, PC-DIO-24, PC-DIO-96, and PXI-6508 DIO lines in a user-defined state – either high or low. On these devices, each line is connected to a 100 kΩ resistor, and you can use a jumper to select whether the lines of the device power up in the high or low state. The DAQCard-DIO-24 and PCI-DIO-96 have 100 kΩ resistors that always pull high.

## Digital I/O Connector

Digital connectors for the NI 650x devices are described in Table 2. The eight bits in Port A of each PPI are at xPA7 through xPA0 on the digital I/O connector where x represents which PPI is being used. Ports B and C are at xPB7 through xPB0 and xPC7 through xPC0, respectively. Each port is programmed to be input or output. Power from the computer I/O channel is also available on the DIO connector. See page 381 to learn more about connectivity solutions, including direct connectors, electromechanical relay devices, and other signal conditioning solutions.

Device	Connector
PCI-6503	50-pin, shown in Figure 3
PC-DIO-24	27-pin; cable adapts it to the 50-pin connector shown in Figure 3
DAQCard-DIO-24	100 pin; shown in Figure 2
NI 6508	

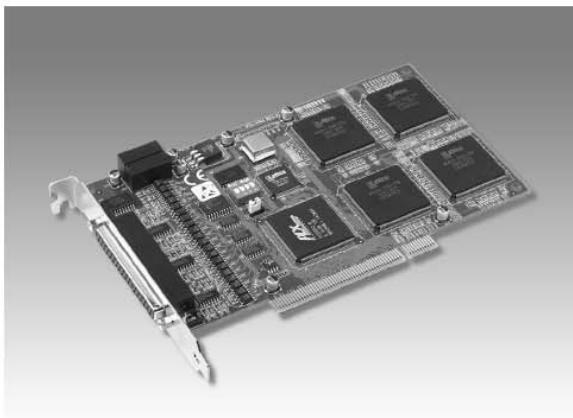
Table 2. NI 650x Connector Overview



## Codeurs incrémentaux : PCI-1784

# PCI-1784

**4-axis Quadrature Encoder  
and Counter Card**



### Features

- Four 32-bit up/down counters
- Single ended or differential inputs
- Pulse/direction and up/down counter
- x1, x2, x4 counts for each encoder cycle
- Optically isolated up to 2,500 V<sub>DC</sub>
- 4-stage digital filter with selectable sampling rate
- On board 8-bit timer with wide range time-base selector
- Multiple interrupt sources for precision application
- 4 isolated digital input
- 4 isolated digital output
- Board ID

CE

### Introduction

The PCI-1784 is a 4-axis quadrature encoder and counter add-on card for PCI bus. The card includes four 32-bit quadruple AB phase encoder counters, 8-bit timer with multi range time-base selector and 4 isolated digital inputs as well as 4 isolated digital outputs. Its flexible interrupt sources are suitable for motor control and position monitoring.

### Specifications

#### Encoder Input

Number of Axis	4 (independent)
Resolution	32-bit
Max. Quadrature Input Frequency	w/ Digital Filter 1.0 MHz
	w/o Digital Filter 2.0 MHz
Digital Filter	4 stage
Drive Type	Single-ended or differential
Counter Mode	Quadrature, Up/Down, Count/Direction
Optical Isolation	2,500 V <sub>DC</sub>
Max. Input Pulse Frequency	x 1, x 2, x 4
Sample Clock Frequency	8, 4, 2, or 1 MHz

#### Timer

- Resolution 8-bit
- Time Base 50 K, 5 K, 500, 50, 5 Hz

#### Isolated Digital Input

Number of Channel	4
Optical Isolation	2,500 V <sub>DC</sub>
Opto-isolator Response Time	25 ms
Over-voltage Protect	70 V <sub>DC</sub>
Input Voltage	VIH (max.) 30 V <sub>DC</sub>
	VIH (min.) 10 V <sub>DC</sub>
	VIL (max.) 3 V <sub>DC</sub>
Input Current	10 V <sub>DC</sub> 1.7 mA (typical)
	12 V <sub>DC</sub> 2.1 mA (typical)
	24 V <sub>DC</sub> 4.4 mA (typical)
	48 V <sub>DC</sub> 9.0 mA (typical)
	50 V <sub>DC</sub> 9.4 mA (typical)+

#### Isolated Digital Output

- Number of Channel 4
- Optical Isolation 2,500 V<sub>DC</sub>
- Response Time 20 ms (max.)
- Supply Voltage TTL level
- Sink/Source Current 50 mA max./channel

#### Interrupt

- Source Counter overflow, Counter underflow, Index input, Timer, Digital input

#### Counter Latch

- Source Software, Timer, Index input, Digital input

#### General

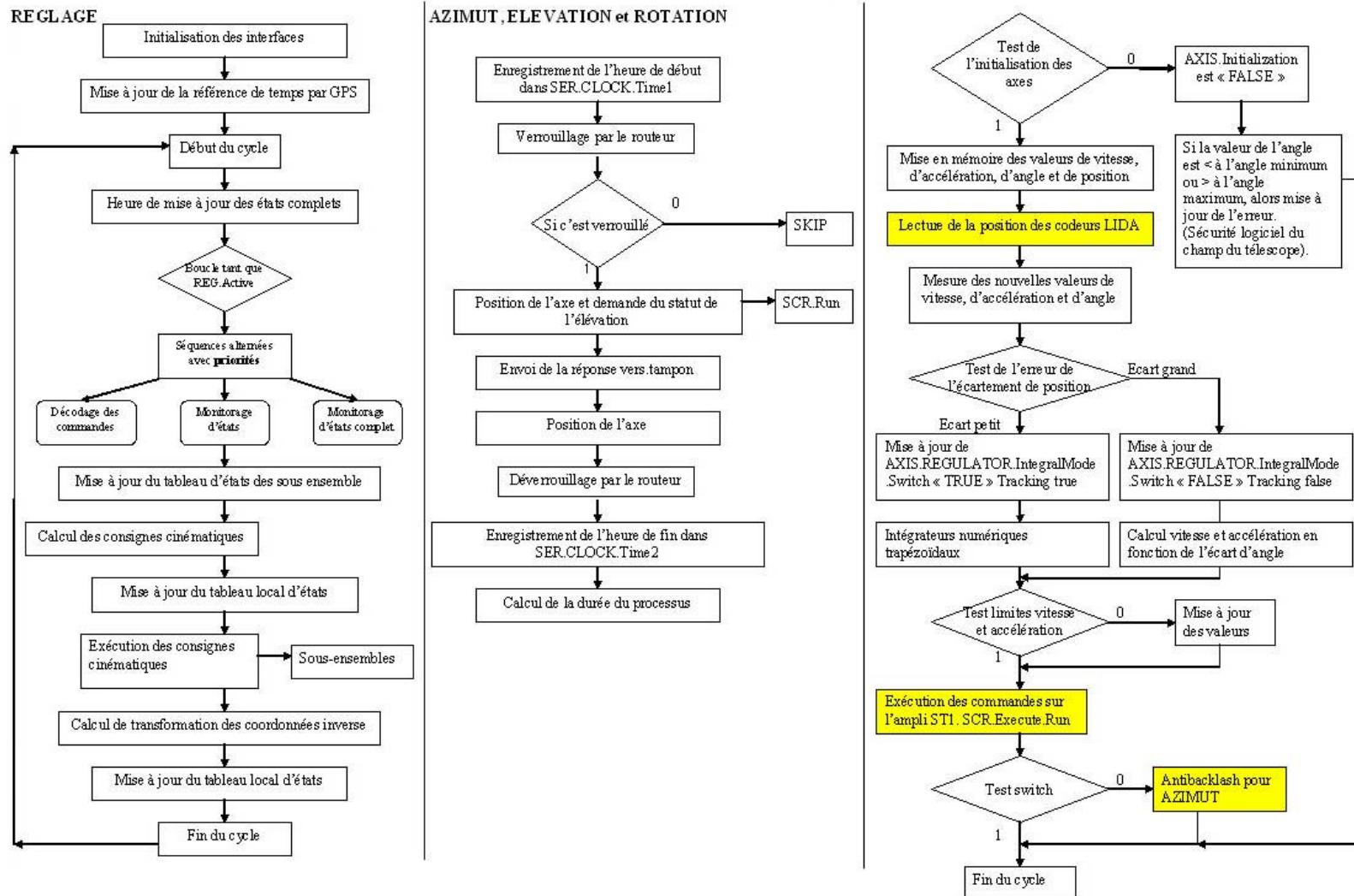
I/O Connector Type	37-pin D-sub female
Dimensions	175 mm x 100 mm (6.9" x 3.9")
Power Consumption	Typical +5 V @ 200 mA
	Max. +5 V @ 450 mA
Temperature	Operation 0 ~ 60°C (32 ~ 140°F) (refer to IEC 68-2-1,2)
	Storage -20 ~ 70°C (-4 ~ 158°F)
Relative Humidity	5~95%RH non-condensing (refer to IEC 68-2-3)
Certification	CE certified

### Ordering Information

- PCI-1784 4-Axis Quadrature Encoder and Counter Card
- PCL-10137H-1 High-speed DB-37 cable assembly, 1 m
- PCL-10137H-3 High-speed DB-37 cable assembly, 3 m
- ADAM-3937 DB-37 Wiring Terminal Board for DIN-rail mounting



## Boucle de REGLAGE





## Journal de Bord

### Semaine 1

#### Lundi 7 Février 2005 :

Arrivée à l'observatoire.  
Installation dans le bureau.

#### Mardi 8 Février 2005 :

Acquisition des connaissances : lecture de la thèse de Russiniello, mécanique céleste.

#### Mercredi 9 Février 2005 :

Prise en main de la station SUN.  
Acquisition des connaissances : lecture de la thèse de Russiniello.  
Début du cahier des charges matériel.

#### Jeudi 10 Février 2005 :

Prise en main de la station SUN.  
Cahier des charges.  
Acquisition des connaissances : TELESCOPE T4 « EULER » La coupole suisse à la Silla (Chili).

#### Vendredi 11 Février 2005 :

Poursuite du cahier des charges et nouvelle version.  
Poursuite de la compréhension du câblage du télescope.

---

### Semaine 2

#### Lundi 14 Février 2005 :

Poursuite de la nouvelle version du cahier des charges.  
Début de la prise en main du langage Occam.  
Premier regard sur le code du télescope.

#### Mardi 15 Février 2005 :

Poursuite de la nouvelle version du cahier des charges.  
Début de la prise en main du langage Occam.  
Premier regard sur le code du télescope.

#### Mercredi 16 Février 2005 :

Apprentissage du langage Occam.  
Code du télescope.

#### Jeudi 17 Février 2005 :

Apprentissage du langage Occam.  
Code du télescope.

#### Vendredi 18 Février 2005 :

Apprentissage du langage Occam.  
Code du télescope.  
Cahier des charges.

---



## *Semaine 3*

### **Lundi 21 Février 2005 :**

Programme Occam.  
Cahier des charges.

### **Mardi 22 Février 2005 :**

Programme Occam en relation avec la thèse de Giovanni Russiniello.  
Mise en place d'un document explicatif du logiciel de contrôle du télescope.  
Cahier des charges.

### **Mercredi 23 Février 2005 :**

Programme Occam.  
Document explicatif du logiciel de contrôle.

### **Jeudi 24 Février 2005 :**

Programme Occam.  
Document explicatif du logiciel de contrôle.  
Inventaire des commandes du télescope.

### **Vendredi 25 Février 2005 :**

Programme Occam.  
Document explicatif du logiciel de contrôle.  
Inventaire des commandes du télescope.

---

## *Semaine 4*

### **Lundi 28 Février 2005 :**

Inventaire des commandes du télescope.

### **Mardi 1 Mars 2005 :**

Fin de l'inventaire des commandes du télescope.  
Travail sur la boucle de réglage.

### **Mercredi 2 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

### **Jeudi 3 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.  
Inventaire des liaisons.

### **Vendredi 4 Mars 2005 :**

Inventaire des liaisons.  
Travail sur la boucle de réglage.

---

## *Semaine 5*

### **Lundi 7 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.



**Mardi 8 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.  
Etude préliminaire sur les systèmes exploitations.

**Mercredi 9 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.  
Etude préliminaire sur les systèmes exploitations.

**Jeudi 10 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.  
Etude préliminaire sur les systèmes exploitations.

**Vendredi 11 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

---

*Semaine 6*

**Lundi 14 Mars 2005 :**

Séminaire : « Ondes internes dans les intérieurs stellaires » (S. Mathys, LUTH Meudon).  
Travail sur la boucle de réglage.  
Etude préliminaire sur les systèmes exploitations.

**Mardi 15 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.  
Etude préliminaire sur les systèmes exploitations.

**Mercredi 16 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

**Jeudi 17 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.  
Etude préliminaire sur les systèmes exploitations.

**Vendredi 18 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

---

*Semaine 7*

**Lundi 21 Mars 2005 :**

Travail sur code T120.

**Mardi 22 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

Travail sur code T120.

**Mercredi 23 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

Travail sur code T120.

**Jeudi 24 Mars 2005 :**

Travail sur la boucle de réglage.

Travail sur code T120.



**Vendredi 25 Mars 2005 :**  
**Fermeture de l'observatoire.**

---

## *Semaine 8*

**Fermeture de l'observatoire.**

---

## *Semaine 9*

**Lundi 4 Avril 2005 :**  
Préparation de la présentation.

**Mardi 5 Avril 2005 :**  
Séminaire : « Extrasolar Planets in the OGLE-III Survey » (A. Udalski, Warsaw University).  
Préparation de la présentation.

**Mercredi 6 Avril 2005 :**  
1<sup>ère</sup> Présentation.

**Jeudi 7 Avril 2005 :**  
Etude d'un remplacement modulaire.

**Vendredi 8 Avril 2005 :**  
Etude du module SERVICE.

---

## *Semaine 10*

**Lundi 11 Avril 2005 :**  
Etude du module OPTIQUE.

**Mardi 12 Avril 2005 :**  
Etude du module REGLAGE, AZIMUT, ELEVATION, ROTATION.

**Mercredi 13 Avril 2005 :**  
Etude du sous-ensemble SCR.Run.  
Etude du sous-ensemble SCR.Execute.Run.

**Jeudi 14 Avril 2005 :**  
Etude du sous-ensemble SCR.Run.  
Etude du sous-ensemble SCR.Execute.Run.  
Approfondissement de la boucle de réglage.

**Vendredi 15 Avril 2005 :**  
1<sup>er</sup> Cours Python.  
Détails de la boucle de réglage.

---



## Semaine 11

### Lundi 18 Avril 2005 :

Détails de la boucle de réglage.

### Mardi 19 Avril 2005 :

Détails de la boucle de réglage.

### Mercredi 20 Avril 2005 :

Détails de la boucle de réglage.

Mise à jour des dossiers.

### Jeudi 21 Avril 2005 :

Mise à jour des dossiers.

Choix de la carte.

### Vendredi 22 Avril 2005 :

Recherche de cartes.

---

## Semaine 12

### Lundi 25 Avril 2005 :

Recherche de cartes.

### Mardi 26 Avril 2005 :

Séminaire : « The shape of space after WMAP data » (J.-P. Luminet, LUTH, Meudon).

Recherche de cartes.

Détails du sous-ensemble ROTATION.

### Mercredi 27 Avril 2005 :

Recherche de cartes.

Détails du sous-ensemble ROTATION.

Détails du sous-ensemble OPTIQUE.

### Jeudi 28 Avril 2005 :

Présentation de travail de diplôme, Master « The formation of massive stars by accretion, with a time-dependent peaked accretion rate » (Caroline Peter).

Recherche de cartes.

Détails du miroir M2.

### Vendredi 29 Avril 2005 :

2<sup>ème</sup> Cours Python.

Recherche de cartes.

---

## Semaine 13

### Lundi 2 Mai 2005 :

Recherche de cartes.

### Mardi 3 Mai 2005 :

Contexte du télescope.



Recherche de cartes.

**Mercredi 4 Mai 2005 :**

Contexte du télescope.

Recherche de cartes.

**Jeudi 5 Mai 2005 :**

Fermeture de l'observatoire.

**Vendredi 6 Mai 2005 :**

Fermeture de l'observatoire.

---

*Semaine 14*

**Lundi 9 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.

**Mardi 10 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.

**Mercredi 11 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.

**Jeudi 12 Mai 2005**

Recherche de cartes.

Renseignements sur Ethernet.

**Vendredi 13 Mai 2005**

Recherche de cartes.

Renseignements sur Ethernet.

---

*Semaine 15*

**Lundi 16 Mai 2005 :**

Fermeture de l'observatoire.

**Mardi 17 Mai 2005 :**

Séminaire : « Lentilles Gravitationnelles » (J.-P. Kneib, Marseille).

Recherche de cartes.

Renseignements sur Ethernet.

**Mercredi 18 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.

Renseignements sur Ethernet.

**Jeudi 19 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.

Renseignements sur Ethernet.

**Vendredi 20 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.

Renseignements sur Ethernet.



---

## *Semaine 15*

### **Lundi 23 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.

### **Mardi 24 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.

### **Mercredi 25 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.

### **Jeudi 26 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.  
Rapport.

### **Vendredi 27 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.  
Rapport.

---

## *Semaine 16*

### **Lundi 30 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.  
Rapport

### **Mardi 31 Mai 2005 :**

Recherche de cartes.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.  
Rapport.

### **Mercredi 1 Juin 2005 :**

Préparation présentation.  
Renseignements sur Ethernet.  
Renseignements sur les OS.  
Rapport.

### **Jeudi 2 Juin 2005 :**

Préparation présentation.



Schéma complet.

**Vendredi 3 Juin 2005 :**

Préparation présentation.  
Schéma complet.

---

*Semaine 17*

**Lundi 6 Juin 2005 :**

Préparation présentation.

**Mardi 7 Juin 2005 :**

Séminaire : « Enlightening the Dark Ages » (A. Ferrara, SISSA, Trieste).  
Préparation présentation.

**Mercredi 8 Juin 2005 :**

2<sup>ème</sup> Présentation.  
Systèmes préemptifs.  
Rapport.

**Jeudi 9 Juin 2005 :**

Systèmes préemptifs.  
Schémas complets du système.  
Rapport.

**Vendredi 10 Juin 2005 :**

Systèmes préemptifs.  
Schémas complets du système.  
Rapport.

---

*Semaine 18*

**Lundi 13 Juin 2005 :**

Systèmes préemptifs.  
Schémas complets du système.  
Rapport.

**Mardi 14 Juin 2005 :**

Séminaire : « Matière noire, neutralinos et rayonnement cosmique » (P. Salati, LAPTH, Annecy-le-vieux).  
Systèmes préemptifs.  
Schémas complets du système.  
Rapport.

**Mercredi 15 Juin 2005 :**

Cahier des charges hiérarchisé.  
Rapport.

**Jeudi 16 Juin 2005 :**

Cahier des charges hiérarchisé.  
Rapport.

**Vendredi 17 Juin 2005 :**



Assemblée Générale.  
Cahier des charges hiérarchisé.  
Rapport.

---

## *Semaine 19*

### **Lundi 20 Juin 2005 :**

Etude du système Compact PCI.  
Etude du système RMoX.  
Rapport.

### **Mardi 21 Juin 2005 :**

Etude du système Compact PCI.  
Etude du système RMoX.  
Rapport.

### **Mercredi 22 Juin 2005 :**

Etude du système Compact PCI.  
Etude du système RMoX.  
Rapport.

### **Jeudi 23 Juin 2005 :**

Etude du système RMoX.  
Rapport.

### **Vendredi 24 Juin 2005 :**

Rapport.