

Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 1 -

Titre du document : Architecture mécano-thermique de l'instrument.

Auteur(s): Tristan Buey

Date de création : 20 novembre 2006

N° de version: 1.0

 N° de référence : Siam-Mécanique-06-01

Date de révision : 03-07

Mots clefs:

Préparé par :	Date:	Signature :
Tristan Buey et al.	20/11/06	
Approuvé par :	Date:	Signature :



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 2 -

Ed.	Rév.	Date	Modifications	Visa
Draft	0	11/2006	1ère rédaction du document	
1	0	03/2007	Modification mécanique bonnette et concept télescope	•

DOCUMENTS DE REFERENCE

Repèr e	Ed.	Titre du document	Réf	Date
DR1	1	Spécifications techniques du télescope	SIAM-Tel-06-01	23/01/06
DR2	1	Spécifications techniques de la bonnette	SIAM-Bonnette-06-01	01/12/06
DR3	1	Support mécanique des connecteurs de fibre	SIAM-Méca-06-02	01/04/2007

DOCUMENTS APPLICABLES

Repèr e	Ed.	Titre du document	Réf	Date
DA1	1	Spécifications thermiques de l'instrument	SIAM-Therm-06-02	11/06



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 3 -

Objet : ce document décrit les principes adoptés en phase de faisabilité concernant le concept de contrôle thermique et mécanique de l'instrument. Des études thermiques et mécaniques détermineront la conception détaillée des différentes parties

Introduction.

Trois grandes parties doivent être distinguées :

- Le télescope et la bonnette associée.
- La fibre optique et le câblage interfaçant la bonnette et l'interféromètre.
- · L'interféromètre.

Rappel des spécifications et des contraintes.

Le télescope et la bonnette doivent fonctionner dans un environnement extrême avec des températures pouvant descendre jusqu'à $-80^{\circ}C$ et avec une amplitude pouvant monter l'été à $-20^{\circ}C$ (hors observation). La température de fonctionnement de la partie froide est cependant fixée à $-70^{\circ}C$ avec une amplitude de l'ordre de ± 10 K.

Les électroniques ainsi que les moteurs doivent fonctionner autour d'une température plus élevée autour de $-20^{\circ}C$. Le CCD de la caméra de guidage va se situer dans une zone intermédiaire avec une température maximale pouvant se fixer autour de $-20^{\circ}C$.

L'ensemble télescope/bonnette ne doit pas avoir de gradient élevé afin de maintenir les axes optiques alignés avec l'interface du connecteur fibre optique ainsi que la position des plans de focalisation. Les variations de température de la zone d'interface télescope/bonnette doivent être limitées à quelques degrés.



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 4 -

La fibre optique va avoir à chacune de ses extrémités une température d'équilibre égale à celle de ses interfaces : $-20^{\circ}C$ au niveau de la bonnette du télescope et $+20^{\circ}C$ au niveau de l'interféromètre. Sur la plus grande partie de sa longueur, sa température sera en équilibre avec l'extérieur : $-70^{\circ}C\pm10$ K en opérationnel via une isolation thermique.

L'interféromètre va se situer dans une pièce climatisée permettant le travail des expérimentateurs, donc autour de 20°C avec des variations de l'ordre de ±5K. Au niveau du banc optique on accepte des fluctuations de l'ordre de ±1K autour de la température nominale de réglage de l'instrument. Ces fluctuations acceptables permettent de garder l'ensemble des optiques dans leurs zones de tolérance. Au niveau de l'interféromètre, les fluctuations acceptables sont de l'ordre de ±50mK sur la lame à retard.

Les fluctuations de température sont à interpréter dans le spectre de Fourier, les fluctuations périodiques même de très faible amplitude vont impacter plus fortement le signal que les dérives lentes. Voir DA 1, Spécifications thermiques de l'instrument Siamois.

Au niveau mécanique les contraintes seront de deux types :

- Vibrations et chocs lors des transports des équipements.
- Micro-vibrations et contraintes sur la fibre lors du fonctionnement.

Les équipements seront conçus afin de supporter l'environnement vibratoire des phases de transport qu'ils subiront au travers des containers de transport spécifiquement développés. Pour les équipements les plus fragiles, un transport avec le personnel dans un environnement plus calme est choisi.

Lors du fonctionnement de l'interféromètre, on ne doit avoir aucune vibration externe se propageant dans le chemin optique et entraînant des modifications de position des surfaces optiques supérieures à quelques dizaines de nano-mètres. La fibre optique doit être protégée au maximum des contraintes mécaniques externes lors de son parcours entre le télescope et l'interféromètre ainsi qu'au niveau de sa connexion à la bonnette qui effectue un tour complet toutes les 24 heures.



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 5 -

Une campagne de qualification des sous-systèmes sera mise en place lors du développement de l'instrument, principalement en ce qui concerne le comportement des équipements lors de cyclage thermique.

Le télescope et la bonnette.

La monture du télescope est de type Equatoriale-Allemande. Elle peut supporter jusqu'à 100kg (y compris les contrepoids).

Elle est fixée sur un plot en béton enfoncé dans la glace.

Les roulements spécifiques sont a priori sans graisse lubrifiante ou avec une graisse qualifiée sur des mécanismes en fonctionnement en Antarctique. Les moteurs doivent se trouver dans une enceinte climatisée afin de pouvoir démarrer et fonctionner à des températures supérieures à -30°C (AC). On a donc à ce niveau un système de chauffage piloté depuis le rack de commande de l'instrument qui maintient la température des moteurs dans leur gamme de fonctionnement et/ou de stockage suivant le mode de fonctionnement. Lors de la mise en fonctionnement des moteurs, l'auto-échauffement doit permettre l'arrêt du système de chauffage durant les phases de fonctionnement du télescope.

Figure 1 : Vue de la monture (celle utilisée pour Siamois est du même type, un peu plus grosse).



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 6 -



La combinaison optique du télescope est un Schmidt-Cassegrain classique pris en compte dans les premières études d'implantation de la bonnette. Le télescope est directement issu du projet ASTEP en avance de phase sur Siamois. Des études sont en cours afin d'assurer un fonctionnement nominal dans les conditions de l'Antarctique. Une modification du télescope impacterait uniquement sur l'interface mécanique de la bonnette mais sur aucun des concepts de celle-ci, ni sur la stratégie de mise à poste et de quidage du télescope.

Dans cette configuration de base, le télescope est constitué de :

- Un tube supportant les optiques et s'interfaçant avec la monture.
- La lame de Schmidt supportant le miroir secondaire.
- Le miroir principal.
- Une plaque mécanique refermant la cavité optique dans la partie basse.

C'est au niveau de cette plaque que vient s'interfacer la bonnette qui constitue l'unique interface du télescope avec l'extérieur susceptible de modification.



thermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 7 -

La bonnette.

Elle est rigidement fixée à l'arrière du télescope via une pièce d'interface qui assure la tenue et le positionnement de l'optique de reprise et d'injection dans la fibre optique. Cette pièce vient se positionner avec précision au niveau de la partie arrière du télescope. Ces deux pièces sont dans des matériaux identiques afin d'éviter tout problème de dilatation différentielle lors de la mise en température de l'ensemble au Dôme-C.

Au niveau de cette pièce d'interface, on intercale une cale de réglage permettant d'ajuster au mieux la position du foyer du télescope par rapport au foyer de l'optique de la bonnette. Un jeu de cales pré-usinées permet de réaliser ce réglage sur le site.

La bonnette est à ce niveau thermiquement découplée du télescope via des rondelles isolantes.

Une structure tubulaire fixée au niveau de l'interface télescope permet de maintenir et d'aligner les différentes optiques et de la pièce supportant la fibre optique.

Une deuxième structure mécanique (plaques) assure la fermeture de l'alvéole optique et supporte les différents boîtiers électroniques ainsi que la caméra de guidage. Celle-ci est maintenue sur des plots usinés à la demande, permettant le réglage en focus du CCD.

Cette structure va supporter la protection thermique qui isole la bonnette de son environnement externe: couverture thermique, plaque isolante,...

Deux systèmes piézo-électriques assurent les corrections de positionnement des axes optiques et la correction des petites erreurs de dépointage.

Afin de maintenir la structure dans la gamme de température de fonctionnement, un système de chauffage est mis en place. Il consiste en un ensemble de sondes de température et de réchauffeurs dont la puissance dissipée est pilotée par une régulation active.

Le principe de base est d'isoler thermiquement la bonnette au maximum de son environnement et d'injecter une puissance quasi-constante sur la durée d'une observation. Les différentes sources de puissances internes de la bonnette sont par principe à dissipation constante dans le temps.

Les réchauffeurs doivent assurer une température minimale pour le démarrage des boîtiers électroniques.



Titre du document :

Architecture mécanothermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

-8-

La bonnette possède une deuxième partie qui assure la tenue des câbles et de la fibre optique et permet leur enroulement/déroulement lors des tours complets que doit effectuer le télescope toute les 24 heures.

Elle est constituée d'une boîte fixée rigidement à la monture du télescope reliée au reste de la bonnette via une liaison souple assurant l'isolation thermique de l'environnement externe.

L'ensemble câbles/fibre arrive dans cette boîte via une gaine thermique assurant la répartition du gradient thermique pendant la traversée entre l'extérieur à -80°C et le système de tenu qui se trouve à une température proche des -20°C.

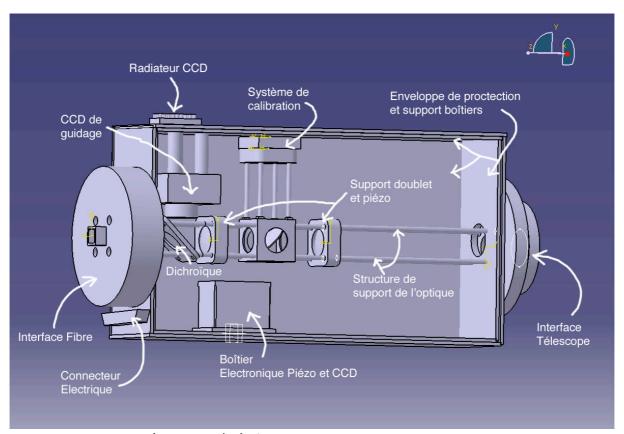


Figure : Principe mécanique de la bonnette.



thermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 9 -

La fibre optique et le câblage.

La fibre optique doit être comprise comme un Y comportant 4 branches :

- Un connecteur avec 3 fibres, connecté sur le banc optique.
- Un connecteur avec 1 fibre, connecté sur la source de calibration.
- Un connecteur avec 1 fibre, connecté à la bonnette du télescope.
- Un connecteur avec 1 fibre en attente.

Les fibres sont dans une gaine semi-rigide les protégeant de contraintes mécaniques externes. Pour des raisons de simplification, les 3 connecteurs monofibre sont identiques et l'injection du flux dans la source de calibration est optiquement identique à celui de la bonnette.

A la sortie de la première enceinte, la fibre allant vers le télescope ainsi que la fibre en attente sont rassemblées dans un toron comportant l'ensemble des câbles électriques en interface avec le rack de contrôle électronique et le télescope/bonnette.

La traversée de la pièce climatisée autour de +20°C vers l'extérieur pouvant se trouver à une température de -80°C doit se faire via une gaine thermique assurant la répartition de ce gradient sur une longueur de l'ordre de 1m. Le même type de gaine est utilisé à l'arrivée du toron électrique et de la fibre optique au niveau de l'ensemble télescope/bonnette. L'augmentation du diamètre du toron via une gaine isolante et une source de chaleur positionnée sur le toron permet de réduire le gradient longitudinal (existence d'un gradient radial).

Les connecteurs de fibre sont des pièces spécifiques réalisées sur mesure. Les fibres optiques sont collées dans des sillons creusés dans ces pièces puis ensuite polies afin de retrouver les performances optiques originelles.

Pour plus d'informations voir DR3 sur la description du connecteur des fibres optiques.

L'interféromètre.

On part sur un principe de poupées Russes avec différentes enveloppes isolantes permettant de limiter au maximum les échanges thermiques convectifs et ainsi de filtrer les fluctuations provenant du chauffage du local. En tout, trois enceintes vont isoler le banc optique de l'extérieur, elles vont aussi permettre un



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 10 -

bafflage optique efficace de l'instrument ainsi qu'une isolation aux vibrations acoustiques.

Le banc optique est positionné via 3 pieds (montage isostatique) sur un marbre massif qui est relié au sol via 4 pieds munis d'amortisseur permettant de filtrer les vibrations extérieures se propageant dans la structure du bâtiment. Le marbre massif va lui aussi filtrer les vibrations mécaniques ainsi que les fluctuations thermiques en conduction via le sol du bâtiment. Le banc optique supportant les éléments optiques (collimateur, réseaux, ...) et la cuve à vide pourra être découplé du marbre pour améliorer le filtrage. Il en est de même de la cuve à vide fixée sur le banc optique (via 3 pieds) et qui contient la partie interféromètre de l'instrument. Le vide nécessaire au niveau de la cuve est de l'ordre de 1mbar, permettant d'atténuer les variations d'indice dues aux turbulences dans la cavité optique. L'ensemble cavité interférométrique et miroirs segmentés est positionné sur un support mécanique interfacé à la cuve à vide (via 3 pieds).

L'intérieur de la cuve sera traité afin de limiter les échanges radiatifs en imposant une émissivité proche de 0. Les hublots optiques seront traités afin de couper la partie IR du spectre au-delà de $1\mu m$. Un connecteur permet le passage des câbles des sondes de température et des éventuels réchauffeurs. Une pompe à vide est installée hors des enceintes, en nominal on effectue le pompage de la cuve avant le démarrage des observations. Une jauge de pression est placée au niveau de l'embout de pompage de la cuve permettant de s'assurer de la bonne qualité du vide.

Si le besoin est prouvé, on peut disposer de plusieurs contrôles thermiques actifs :

- Une climatisation classique positionnée le plus loin possible du cœur de l'interféromètre (entre les deux premières enceintes) permettant d'atteindre la température nominale de fonctionnement et de gommer les fluctuations externes de grandes amplitudes.
- Un ensemble de réchauffeurs répartis sur les chemins thermiques où s'écoulent les perturbateurs permettant de lisser les fluctuations au niveau de l'interféromètre. Les coefficients d'asservissement seront adaptés aux conditions réelles de fonctionnement.



thermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

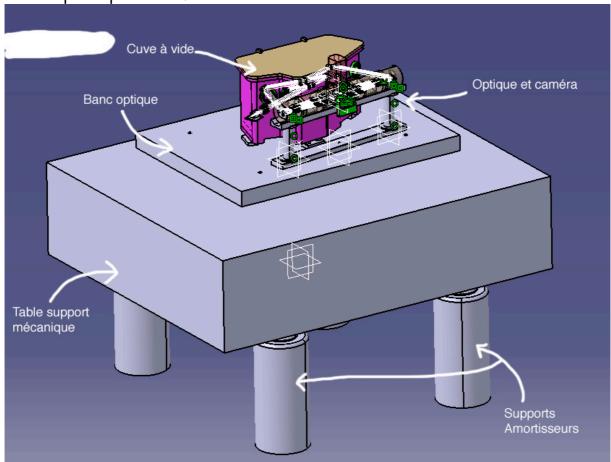
Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 11 -

Le concept de base du contrôle thermique est de filtrer un maximum les perturbations externes grâce à l'inertie thermique des éléments et de positionner les régulations actives le plus loin possible (à optimiser en fonction de la puissance disponible) des zones très sensibles.

Figure 4 ; vue d'ensemble de l'architecture mécano-thermique. Sur cette vue les enceintes thermiques, le système de pompage ainsi que les boîtiers électroniques ne sont pas représentés.



Entre la première enceinte et l'extérieur on va placer toutes les sources d'énergie de l'instrument pilotant des équipements ayant un besoin de stabilité peu contraignant :

- La lampe de calibration et son alimentation.
- L'électronique d'alimentation de la caméra.



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 12 -

- L'électronique du contrôle thermique (sonde et alimentation des réchauffeurs).
- La climatisation.

A l'intérieur des autres enceintes, on ne trouve aucune source de puissance sauf la caméra. Celle-ci devra être au maximum thermiquement découplée du banc optique tout en étant rigidement tenue par rapport à l'optique. Pour ce faire, une pièce mécanique unique assure la tenue du rail optique comportant les optiques de focalisation et de la caméra. Au niveau de cette pièce, une cale isolante assure le découplage thermique de la caméra. Les miroirs plans de renvoi sont eux aussi solidaires de cette pièce et dispose d'un système de réglage afin d'ajuster le focus des spectres sur le CCD.

Le CCD est refroidi par un dispositif à effet Peltier, une circulation de fluide vers l'extérieur est mise en place afin d'évacuer les Watt nécessaires à son refroidissement. Afin d'éviter les vibrations mécaniques, le liquide circule sous l'effet de la gravité seule, le système de pompage étant reporté à l'extérieur des enceintes. La caméra fonctionne durant toute la durée des acquisitions sur le même mode de lecture, on va donc avoir une puissance dissipée constante de son électronique à l'intérieur de la dernière enceinte. Un manchon permet d'évacuer par convection naturelle l'énergie dissipée par l'électronique vers l'extérieur des enceintes.

Le banc optique.

Le banc optique est du type Super Invar Breadboard de chez Newport. Sa structure en Invar permet des dilatations très faibles et relaxe fortement les spécifications sur les stabilités thermiques.

En entrée du banc, on trouve le support de fibre optique, le shutter et le collimateur d'éclairement sur un rail optique. Le connecteur de fibre vient se positionner sur son support qui est lui-même sur un ensemble de platines 5 axes (3 translations et 2 rotations) permettant le réglage fin de l'injection du flux dans l'interféromètre au moment de l'intégration et de la recette sur place. Le shutter est positionné au plus proche du connecteur de fibre optique afin de minimiser ses spécifications (stabilité du temps de fermeture, hystérésis, effet de bord et surtout sa taille). Il est monté sur un support isolant permettant de



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 13 -

filtrer les vibrations mécaniques dues à son ouverture/fermeture (montage sur le banc).

Le barillet du collimateur est rigidement fixé au rail sans système de réglage. La cavité interférométrique, constituée des deux miroirs plans (dont un à échelons), de la séparatrice et de la lame à retard, est taillée dans un bloc de zérodur dont les différents éléments sont assemblés par collage moléculaire. La seule pièce amovible est la lame à retard qui doit être remplacée avant chaque campagne d'observation (optimisation de son épaisseur en fonction des cibles observées). Cette pièce doit être repositionnée avec une précision en angle de ±10arsec sans aucun réglage possible. L'industriel en charge de la réalisation de l'optique proposera un montage mécanique spécifique respectant ces contraintes. Les miroirs segmentés sont alignés avec l'interféromètre lors de l'installation de cet ensemble sur le support mécanique s'interfaçant avec la cuve via un trait point plan. Ce support mécanique est lui aussi en Invar ce qui permet une bonne stabilité vis-à-vis des variations de températures et des coefficients de dilatation différentielles de l'Invar et du Zérodur. Trois vis de réglage aux interfaces mécaniques permettent un réglage en hauteur et en planéité par rapport aux hublots optiques de sortie de la cuve.

La cuve vient se positionner sur le banc optique via un trait-point-plan. Un deuxième rail optique supporte les réseaux de dispersion, les optiques de focalisation, les miroirs prismatiques permettant le renvoi des faisceaux et la caméra. Cet ensemble est mécaniquement réglé avant le positionnement sur le banc optique.

Les deux rails optiques se positionnent sur le banc optique via des traits-pointsplans.



thermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

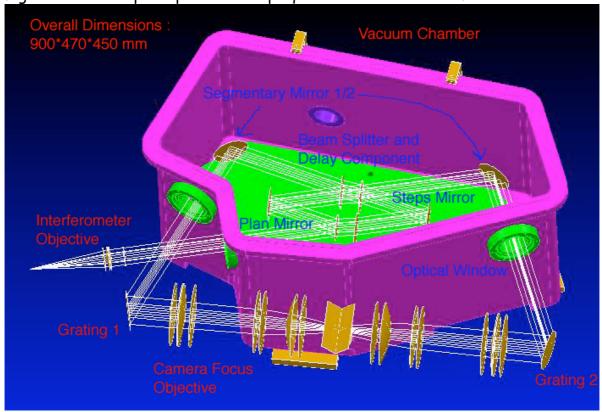
Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 14 -







thermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

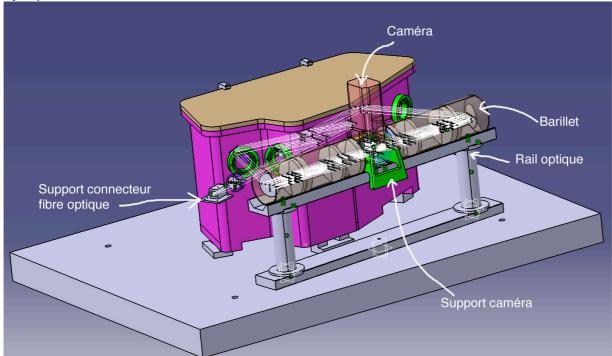
Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 15 -

Figure 6 : Implantation des différents éléments sur le banc optique.





Titre du document :

Architecture mécanothermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

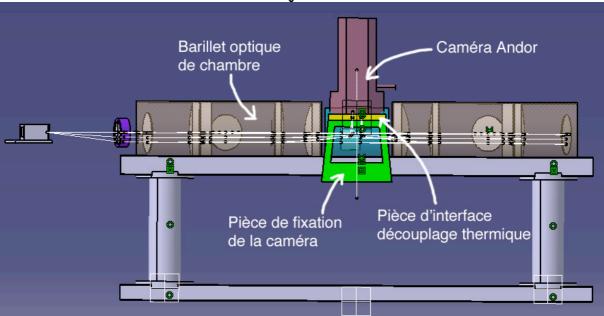
Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 16 -

Figure 7 : Zoom sur la zone d'implantation de la caméra. A ce niveau l'encombrement des différents éléments est critique, on voit que la caméra se situe entre les deux objectifs de focalisation et que son support doit éviter toute collision avec les barillets des objectifs.



Les sondes de température.

Elles doivent se placer sur les éléments les plus sensibles en température mais aussi sur les chemins thermiques le long desquels se propagent les perturbateurs (en conduction!). Leur disposition précise sera déterminée par le modèle thermique.

Position préliminaire des sondes :

- Cavité Interférométrique.
- Cuve à vide.
- Connecteur fibre optique.
- Caméra.
- Banc optique.
- Source de calibration.

Les réchauffeurs.



thermique de l'instrument

Auteurs:

T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 17 -

Le modèle thermique déterminera leurs éventuelles positions ainsi que les puissances à installer.

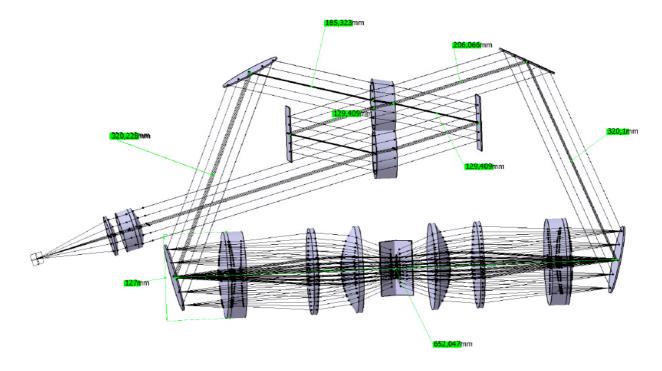


Figure 7 : Les cotations mécaniques du banc optique.

Les dimensions hors tout du banc optique sont de : 100*60cm en prenant des marges pour l'installation des équipements. La hauteur hors tout est de l'ordre de 30cm.

Un premier bilan de masse donne un poids total de l'ordre de 60kg supporté par le banc optique.



Auteurs : T. Buey et al.

Référence: SIAM-Mécanique-06-01

Version: 1.0

Date: 20/11/2006

- 18 -

Problème du givre.

Plus que le problème du froid qui peut être pris en compte lors de l'AIT, par le choix des matériaux ou bien par un contrôle thermique adapté, le problème du givre se déposant sur les surfaces optiques apparaît plus critique.

Ce problème se pose pour l'ensemble des surfaces optiques soumises à de basses températures au niveau de la bonnette et du télescope.

Une des solutions adoptée est de maintenir via un système de chauffage la surface des optiques au moins à $+0.5^{\circ}C$ au-dessus de la température de l'air ambiant.

L'ensemble du concept du contrôle thermique du télescope sera mis en œuvre dans le cadre du projet A-Step et optimisé aux conditions de fonctionnement de Siamois.