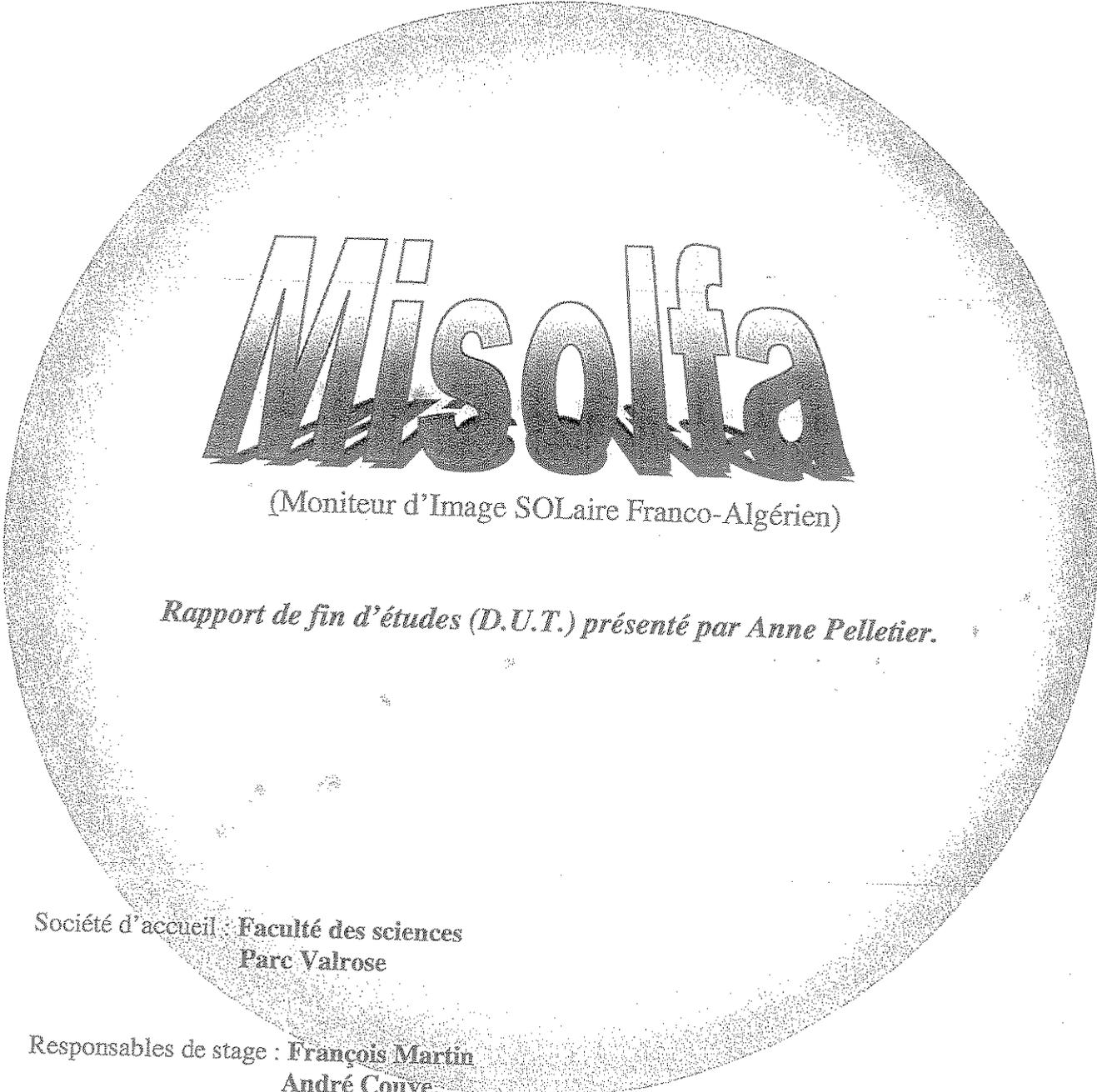


**IUT Paul Sabatier**  
**Département mesures physiques**  
**Option : MCPC**

A large circular logo with a textured, stippled background. In the center, the word "Misolta" is written in a bold, 3D-style font with a metallic or gradient effect. Below the word, there is a line of text in parentheses.

**Misolta**

**(Moniteur d'Image SOLaire Franco-Algérien)**

***Rapport de fin d'études (D.U.T.) présenté par Anne Pelletier.***

**Société d'accueil : Faculté des sciences**  
**Parc Valrose**

**Responsables de stage : François Martin**  
**André Couve.**

**Enseignant responsable : M Dezalay.**

**Du 8 Avril au 28 juin 2002.**

Je remercie tout d'abord M. le professeur François Martin, professeur, qui, malgré une situation de santé difficile, m'a donné de nombreux conseils.

Je tiens également à remercier très sincèrement M. André Couve, ingénieur, pour son aide et sa gentillesse. Il m'a apporté son soutien, son expérience en me consacrant une partie de son temps.

Je remercie aussi M. Jean Pascal Dezalay pour ses remarques qui m'ont permis d'avancer.

Un grand merci également à M. Henri Lantéri, professeur en électronique pour ses précieux conseils ainsi qu'à M. Eric Aristidi, maître de conférence pour m'avoir accompagné à l'OCA\* afin d'effectuer mes mesures.

Je remercie également Sylvie Robbe, maître de conférence, pour ses explications, ses conseils et sa bonne humeur quotidienne.

Enfin, je tiens à remercier tous les autres membres du département d'Astrophysique du Parc Valrose que j'ai rencontré lors de ce stage et qui m'ont accueillie très chaleureusement.

\* Observatoire de la Côte d'Azur.

# Résumé du stage

J'ai effectué mon stage de fin d'études de DUT Mesures Physiques dans le laboratoire d'Astrophysique de Nice Sophia-Antipolis situé sur le campus Valrose.

Dans le cadre d'une expérience destinée à mesurer le diamètre solaire simultanément à partir de l'espace et du sol, s'est développé au département d'Astrophysique un projet baptisé MISOLFA qui va être implanté à l'Observatoire de la Côte d'Azur sur le site de Calern.

Le but principal de mon stage était l'étude de la faisabilité de la photodiode qui servira à analyser le flux lumineux incident sur une petite zone de la pupille du télescope.

Pour cette réalisation, j'ai dû mettre en pratique mes connaissances théoriques principalement en électronique, optique et physique.

Après des phases de mise au point, des essais ont été effectués sur le ciel à l'Observatoire de Nice où un instrument présente une longueur focale et un diamètre équivalents à ceux qui sont utilisés par MISOLFA afin d'effectuer une simulation réaliste de l'expérience finale.

Les résultats obtenus ont permis de tirer des conclusions et d'envisager des améliorations du concept pour l'avenir.

# Summary of the training

I underwent my period of training end of studies of DUT Physical Measures in the laboratory of Astrophysics of Nice Sophia-Antipolis located on the Valrose campus.

Within the framework of an experiment intended to measure the sun diameter simultaneously from space and from the ground, has been developed a project named MISOLFA which is going to be implanted in OCA. This project is developed in the department of ASTROPHYSICS.

The main purpose of my training was the study and the feasibility of the photodiode which will be used to analyse the incident flux of light on a small part of the pupil of the telescope.

For this realization, I had to put into practice my theoretical knowledge, and particularly in electronics, optics and physics.

After finalizing phases, tests were made on the sky in the Observatory of Nice where an instrument features equivalent focal length and diameter to those used by MISOLFA in order to make a realistic simulation of the final experiment.

The obtained results allowed to draw conclusions and to view improvements of the concept for the future.

# Sommaire

Remerciement.....	P.2
Résumé du stage.....	P.3
Summary of the training.....	P.4
Sommaire.....	P.5
Introduction.....	P.8
I Laboratoire d'accueil et objet du stage.....	P 9
1.1 Présentation de l'U.M.R. d'astrophysique.....	P 9
1.1.1 Activité générale.....	P 9
1.1.2 L'équipe Optique atmosphérique.....	P 10
II Approche du sujet.....	P 11
2.1 Le contexte MISOLFA.....	P 11
2.2 L'expérience MISOLFA- Sujet du stage.....	P 12
2.2.1 L'expérience MISOLFA.....	P 12
2.2.2 Principe du MISOLFA.....	P 14
2.2.3 Sujet du stage et cahier des charges.....	P 15
2.3 Représentation générale du bloc fonctionnel.....	P 16

<b>IV Le système optique</b> .....	P 17
<b>4.1 Le montage optique</b> .....	P. 17
<b>4.2 La fente</b> .....	P 17
4.2.1 Rôle.....	P 17
4.2.2 Atténuation.....	P 18
<b>4.3 Le guide de lumière</b> .....	P. 19
<b>4.4 Le filtre</b> .....	P 19
4.4.1 Son rôle.....	P 19
4.4.2 Caractéristiques du filtre.....	P 19
<b>V Description du matériel</b> .....	P 20
<b>5.1 Fibre optique</b> .....	P 20
5.1.1 Principe de la fibre optique.....	P 20
5.1.2 Caractéristiques de la fibre optique.....	P 21
5.1.3 Modes de propagation.....	P 22
5.1.4 Les différents types de fibre optique.....	P 23
<b>5.2 La photodiode</b> .....	P 25
5.2.1 Rôle de la photodiode.....	P 25
5.2.2 Etude de la photodiode.....	P 25
5.2.3 Choix de la photodiode.....	P 25
5.2.4 Bruit de la photodiode.....	P 26
5.2.5 Bruit de photons.....	P 27
5.2.6 Le rapport signal à bruit.....	
<b>5.3 Les modules à effet Peltier</b> .....	P 28
5.3.1 Rôle.....	P 28
5.3.2 Description générale.....	P 28
5.3.3 Evaluation du refroidissement nécessaire.....	P 28
5.3.4 Choix et montage des composants.....	P 28
<b>5.4 Capteur de température</b> .....	P 31
5.4.1 Rôle.....	P 31
5.4.2 Choix et caractéristiques du composant.....	P 31
<b>5.5 Le boîtier</b> .....	P 31
5.5.1 Son rôle.....	P 31
<b>5.6 Vue d'ensemble des blocs matériels</b> .....	P 32

VI Acquisition et traitement du signal.....	P 33
6.1 Carte d'acquisition.....	P 33
6.2 Programme d'acquisition.....	P 34
VII Le montage électronique.....	P 35
7.1 Contrôle de la tension continue.....	P 35
7.2 Le filtre amplificateur.....	P 38
7.2.1 Son rôle.....	P 38
7.2.2 Choix du filtre.....	P 38
7.2.3 L'amplificateur.....	P 39
7.2.4 Montage final.....	P 40
7.3 La photodiode.....	P 41
VIII Mise en œuvre.....	P 41
8.1 Tests et caractérisations.....	P 41
8.1.1 Les modules à effet Peltier.....	P 41
8.1.2 Le filtre amplificateur.....	P 44
IX Essais à l'Observatoire de la Côte d'Azur.....	P 45
9.1 Le Coudé.....	P 45
9.2 Mesures préliminaires.....	P 46
9.3 Mesures diurnes au Coudé.....	P 47
9.4 Résultats.....	P 48
9.5 Conclusion sur les mesures.....	P 49
XII Pratique.....	P 50
Conclusion.....	P 51
Répertoires des tableaux et illustrations.....	P 52
Acronymes.....	P 55
Bibliographie.....	P 56
Annexes.....	P 57

## Introduction

Ce document présente le rapport de mon stage de douze semaines effectué à l'Unité Mixte de Recherche n°6525 associée au CNRS : département d'astrophysique de l'université de Nice Sophia-Antipolis.

On se propose de mesurer les fluctuations du bord de la couronne solaire en plusieurs points. Le but étant de déterminer les paramètres optiques qui caractérisent la turbulence atmosphérique, siège des perturbations sur les mesures notamment du diamètre solaire.

Afin de détecter les fluctuations dues à la turbulence atmosphérique, une transformation des défauts de phase de l'onde incidente sur la pupille du télescope en variations très faibles d'intensité lumineuse sera réalisée par un système optique que j'ai mis en œuvre.

Les grandes étapes du projet ont été :

- Utilisation du télescope, imagerie, banc optique (filtre, fente, lentille).
- Acquisition : choix de la photodiode, étude, mise en œuvre, mesures.
- Conception et réalisation d'un montage électronique constitué d'un filtre amplificateur.
- Régulation en température du boîtier électronique.
- Mise en œuvre du montage.
- Analyse des caractéristiques du signal à l'aide d'une carte de numérisation National Instrument.

## I. Laboratoire d'accueil et objet du stage.

### 1.1. Présentation de l'U.M.R. d'Astrophysique.

#### 1.1.1 Activité générale

L'U.M.R. (Unité Mixte de Recherche) d'Astrophysique n°6525 est un laboratoire de recherche de l'université de Nice Sophia-Antipolis associé au CNRS depuis 1976, il est situé à Nice sur le campus Valrose et dirigé par M. Farrokh Vakili. Il dépend totalement de la 14<sup>ème</sup> Section du comité National du CNRS « Système Solaire et Univers lointain », lui-même rattaché au secteur sciences de l'univers.

Le laboratoire se compose de 36 personnes dont 21 chercheurs CNRS, enseignants-chercheurs et astronomes, 6 ingénieurs, 3 administratifs et 6 doctorants.

Le thème fondateur de ce laboratoire est l'analyse statistique, théorique et expérimentale, de diverses manifestations aléatoires en astrophysique et en géophysique. Scientifiquement, l'activité du laboratoire s'est divisée jusqu'à présent en deux grands thèmes : la Haute Résolution Angulaire (HRA) d'une part (3 équipes de recherche) et l'Hélio-Astérosismologie d'autre part (une équipe), avec l'addition récente d'une composante qui concerne les orbites des astéroïdes.

Les activités scientifiques se sont regroupées autour de cinq équipes :

- Astérosismologie
- Imagerie probabiliste
- Interférométrie différentielle
- Optique atmosphérique
- Astéroïdes

Chaque équipe participe à des collaborations internationales avec de nombreux pays (France, Espagne, Russie, Maroc, Algérie, Mexique, USA, Australie, Allemagne,...).

Mon stage, concernant le projet MISOLFA (Moniteur d'Image SOLaire Franco-Algérien) se situe dans l'activité scientifique de l'Optique atmosphérique.

### 1.1.2 L'équipe Optique atmosphérique

Les travaux développés par l'équipe « Optique atmosphérique » trouvent leur place dans le cadre général de l'observation en Haute Résolution Angulaire en Astronomie. Ils portent principalement sur l'étude (théorique, expérimentale et en simulation numérique) des problèmes de l'optique atmosphérique associée aux grandes techniques d'imagerie actuelles à partir du sol (Astronomie) ou de l'espace (Téledétection.)

Les résultats de ces travaux constituent une solide contribution à la connaissance des paramètres caractérisant les effets optiques de la turbulence atmosphérique du point de vue spatial et temporel et ont pour but l'évaluation des effets perturbateurs produits par cette turbulence.

C'est dans ce but qu'est développée l'expérience scientifique Misolfa, réalisée dans le cadre de la collaboration Franco-Algérienne, dédiée à la mesure des paramètres caractérisant la turbulence atmosphérique et à la modélisation de ces effets sur la mesure du diamètre solaire.

## II. Approche du sujet

### 2.1 Le contexte Misolfa (Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien)

Misolfa est associé au projet Picard constitué lui-même de deux instruments : l'un au sol SODISM II (Solar Diameter Imager and Surface Mapper) et l'autre au-dessus de l'atmosphère, le satellite SODISM I. Ces deux appareils mesurent les variations du diamètre solaire. Ainsi, en comparant leurs résultats respectifs, on pourra se rendre compte des effets induits par l'atmosphère sur les mesures faites au sol avec SODISM II.

Durant mon stage, j'ai eu l'opportunité d'assister à des conférences en astrophysique. J'ai ainsi pu comprendre les effets de la turbulence atmosphérique sur l'observation du soleil et ainsi réaliser l'enjeu du Misolfa et son but.

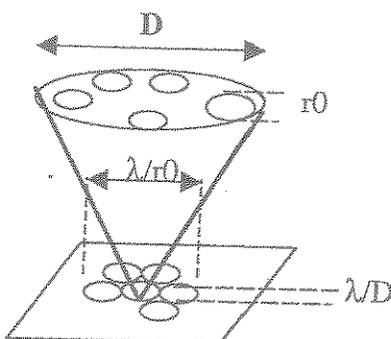
La propagation des ondes optiques à travers l'atmosphère est perturbée par les variations de l'indice de réfraction de l'air, induites principalement par l'inhomogénéité de sa température principalement si les observations s'effectuent dans le domaine du visible.

En effet, si l'on observe une source ponctuelle, l'onde émise par celle-ci peut-être considérée comme plane à l'entrée du milieu turbulent constitué par l'atmosphère terrestre. La traversée de l'atmosphère par cette onde provoque une dégradation de celle-ci qui conduit à un front d'onde présentant des fluctuations aléatoires de phase. Ceci se traduit par plusieurs effets sur l'image observée au niveau du sol à l'aide d'un instrument :

- La scintillation des étoiles (visible à l'œil nu) qui entraîne des variations photométriques à l'intérieur de l'image.
- Le basculement du front d'onde au-dessus du télescope (« tip/tilt ») entraîne une agitation de l'image.
- La réduction spatiale de l'onde entraîne un étalement de l'image de l'étoile qui conduit à des images de dimension qui peuvent être très supérieure à celle imposée par la diffraction. Cette image est de plus éclatée en granules brillants et sombres appelés tavelures (speckle).



{  $\alpha$  : tip/tilt : Basculement du front d'onde



{ Pupille d'entrée du télescope  
 $r_0$  : taille des cellules cohérentes dans la pupille.

{ plan focal image  
 $\lambda/r_0$  : étalement de l'image  
 $\lambda/D$  : taille des tavelures (=taille de la tâche d'Airy)

Plusieurs solutions peuvent être proposées afin de s'affranchir de la turbulence atmosphérique, par exemple :

- Sortir de notre atmosphère pour retrouver les conditions de propagation de l'espace
- Utiliser l'optique adaptative qui est destinée à détecter et compenser en temps réel les défauts atmosphériques.

Le but final du Misolfa concerne l'estimation et la modélisation des effets de la turbulence atmosphérique afin de corriger au mieux, à posteriori, les effets perturbateurs produits sur les mesures du diamètre solaire.

## 2.2 L'expérience Misolfa- Sujet du stage

### 2.2.1 L'expérience Misolfa

Les limitations majeures des performances instrumentales dans le domaine de l'observation à partir du sol, et tout particulièrement dans le domaine de l'imagerie, viennent avant tout des effets perturbateurs introduits par la turbulence atmosphérique qui dégradent les fronts d'onde lumineux incidents au sol.

Misolfa ( Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien) a pour but de quantifier les effets de la turbulence atmosphérique sur la mesure du diamètre solaire dans le but de valider des méthodes de corrections partielles de ces effets perturbateurs.

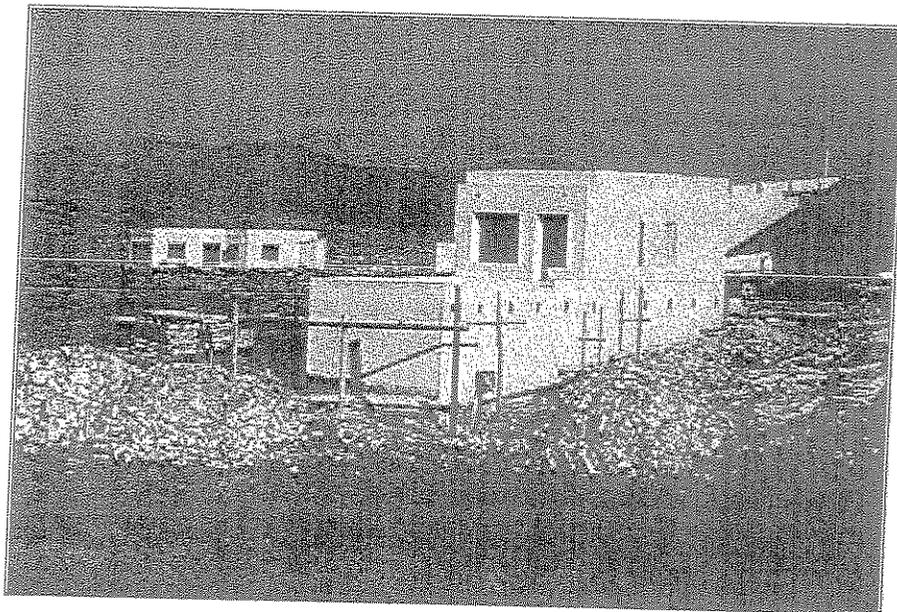


Fig.1 : Bâtiment destiné à abriter l'expérience Sodism II et l'instrument Misolfa sur le site de Calern (Observatoire de la Côte d'Azur)

### Premier objectif du Misolfa :

Misolfa va mesurer en temps réel les paramètres optiques qui définissent les conditions d'observation dans lesquelles sont effectuées les mesures. Ces paramètres sont :

- le paramètre de Fried  $r_0$ : diamètre de cohérence de la surface d'onde ; c'est le diamètre d'un télescope fictif opérant sans turbulence et qui donnerait la même résolution que celle obtenue dans les conditions d'observation réelles.
- l'échelle externe de cohérence spatiale  $L_0$  qui correspond à la taille des larges tourbillons présents dans l'atmosphère terrestre.
- le domaine d'isoplanétisme  $\theta_0$  qui définit le champ de vue de l'instrument dans lequel les perturbations atmosphériques peuvent être considérées comme inchangées.
- le(s) temps caractéristique(s) d'évolution du front d'onde  $t_0$  ;

Tous ces paramètres sont des paramètres de cohérence du front d'onde :

- Cohérence spatiale du front d'onde pour le paramètre de Fried et l'échelle externe de cohérence spatiale
- Cohérence angulaire pour le domaine d'isoplanétisme
- Cohérence temporelle pour le temps caractéristique d'évolution du front d'onde.

### Deuxième objectif de Misolfa

L'objectif second du Misolfa est d'élaborer des modèles qui expliquent les effets induits par l'atmosphère sur les mesures faites au sol avec SODISM II.

Ainsi, grâce aux paramètres acquis par Misolfa, on pourra envisager des corrections sur les observations et les mesures de SODISM II et tenter de se rapprocher le plus possible de celles de SODISM I, c'est à dire tenter d'améliorer les images en éliminant les défauts et le bruit sans réduire la résolution.

Cette dernière étape ne pourra être réalisée qu'après le lancement du satellite PICARD embarquant SODISM I prévu en 2006 par Ariane 5 et lorsque ses données seront disponibles.

### 2.2.2 Principe du Misolfa

Le moniteur d'images solaires est constitué de deux voies d'analyse :

- Dans le plan focal de l'instrument où l'analyse est faite sur les fluctuations du bord solaire à l'aide d'une caméra CCD (voie d'analyse A).
- Dans le plan pupille de l'instrument où les défauts du front d'onde sont mis en évidence par une fente placée sur le bord de l'image du soleil (voie d'analyse B).

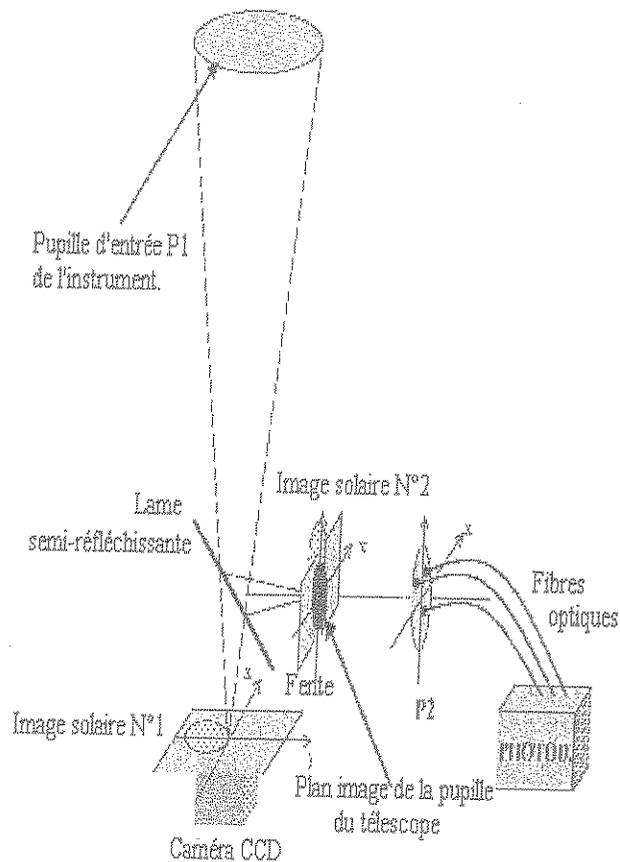


Fig.2 : Schéma de principe du MISOLFA

### 2.2.3 Sujet du stage et cahier des charges

J'interviens dans le projet MISOLFA au niveau du plan pupille du télescope (voie B sur le schéma.)

Tout d'abord, j'ai dû m'informer du principe théorique et expérimental du Misolfa et faire des recherches sur les phénomènes optiques mis en jeu.

Ensuite, j'ai conçu, suivi et participé à la réalisation du boîtier destiné à contenir le montage électronique permettant l'analyse des défauts du front d'onde mis en évidence par une fente placée sur la périphérie de l'image du soleil (Voir test de Foucault expliqué P.17.)

#### Cahier des charges :

Le MISOLFA fait intervenir trois fibres optiques et trois photodiodes, mais je me suis concentrée sur une seule fibre optique reliée à une photodiode pour démontrer la faisabilité de l'expérience

On utilise trois fibres optiques pour faire des intercorrélations entre plusieurs points de la pupille et avoir l'information dans deux directions.

Dans le boîtier arrive la fibre optique qui véhicule le flux incident entre la pupille (ou plus exactement son image) du télescope et la photodiode. Ce flux est alors analysé par cette dernière et transformé en signal électrique TBF (Très Basse Fréquence). J'ai dû amplifier puis filtrer le signal issu de la photodiode dans la bande considérée puis compenser la valeur continue qu'entraînent les variations de centrage de la fente.

La surchauffe causée par un tel montage, source d'élévation du courant d'obscurité, est évacuée grâce à des modules à effet Peltier positionnés contre l'étrier, support des photodiodes.

Le bruit diminuant avec la température, le refroidissement est indispensable pour visualiser le signal.

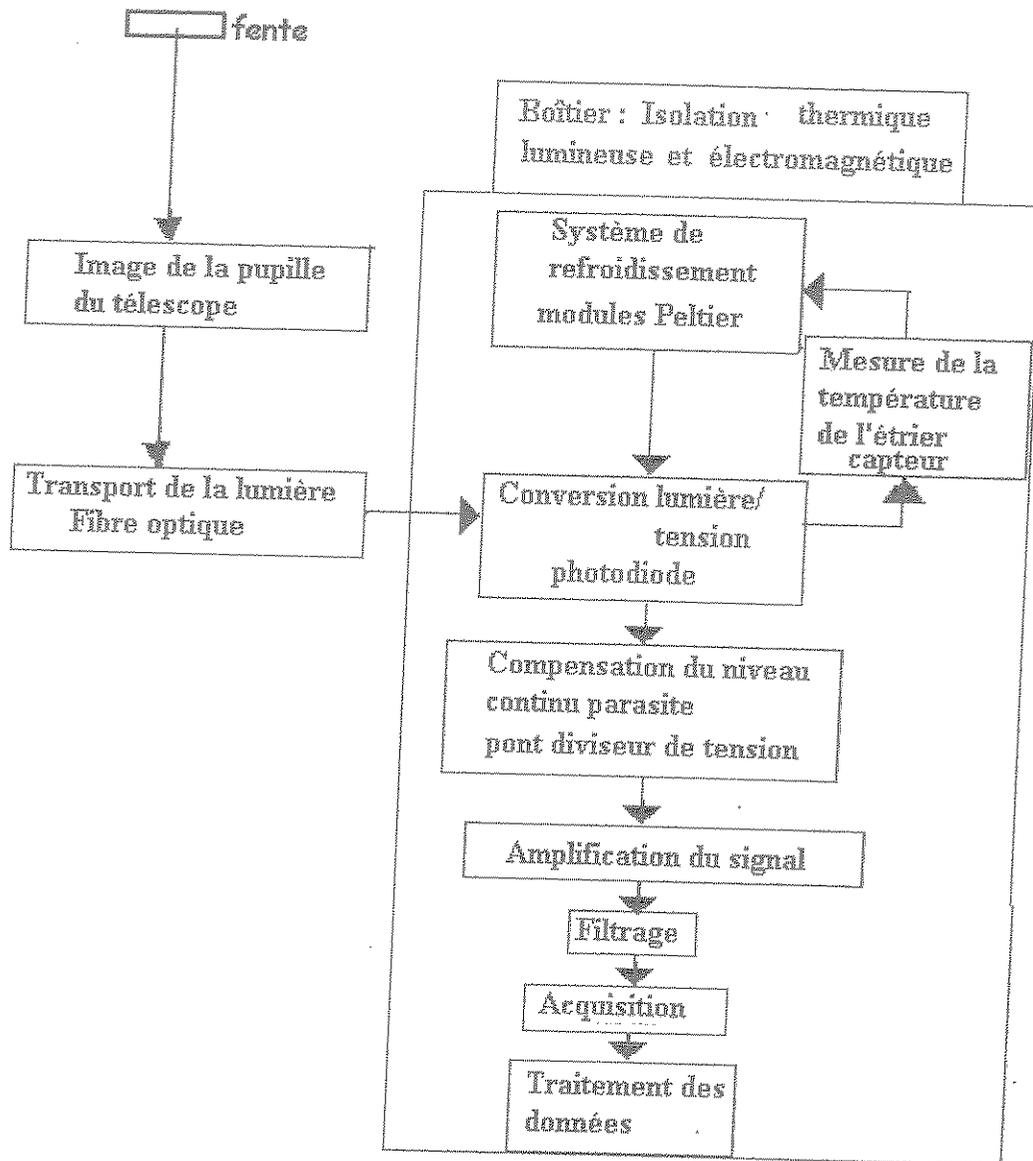
Sur ce dernier, est également placé un capteur de température (AD 590) afin de contrôler et de réguler le refroidissement par l'intermédiaire d'une carte de régulation que j'ai dû mettre en œuvre.

Le signal ainsi obtenu doit pouvoir soit être visualisé à l'oscilloscope, soit analysé à l'aide d'une carte de numérisation National Instrument.

En résumé, mon travail a consisté aux tâches suivantes :

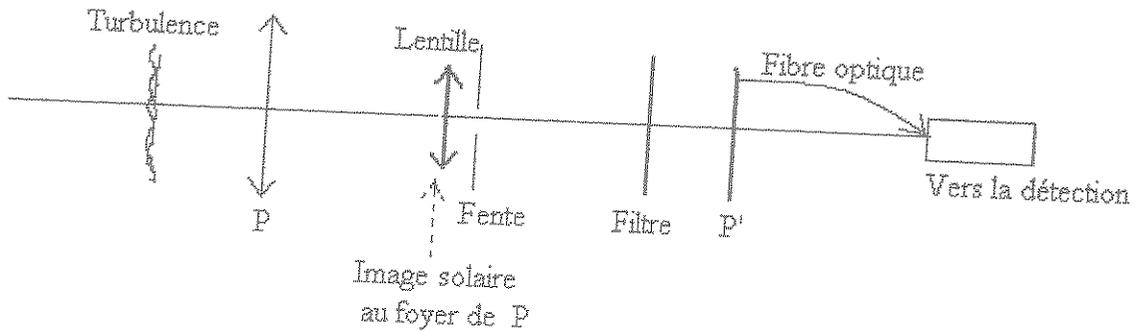
- Choix définitif de la photodiode à partir d'un cahier des charges déjà établi et à partir de diverses documentations (existantes sur papier et web).
- Détermination de contre-réaction ( $111M\Omega$ ) de l'amplificateur intégré dans la photodiode.
- Elaboration d'un système permettant d'abaisser la composante continue du signal engendrée par la quantité plus ou moins grande de lumière solaire qui rentre dans la fente.
- Adaptation d'un capteur de température.
- Régulation en température du boîtier électronique à l'aide d'un refroidissement par effet Peltier.
- Analyse des caractéristiques du signal délivré par la photodiode (rapport signal à bruit).
- Mise en œuvre d'une carte de numérisation
- Essais sur télescope à l'Observatoire de Nice.

### 2.3 Représentation générale du bloc fonctionnel



## IV Le système optique

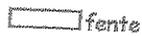
### 4.1 Montage optique



### 4.2 La fente

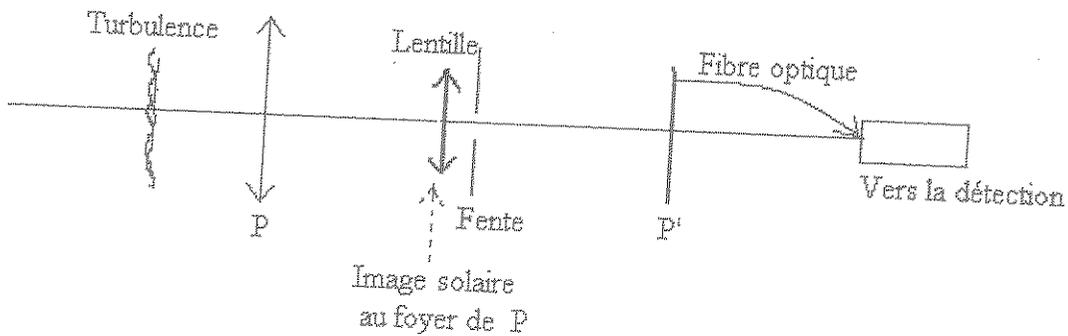
#### 4.2.1 Son rôle

Pour les besoins de l'expérience, il est nécessaire de placer une fente sur le bord solaire comme ci-dessous :



Cette fente a pour but de transformer les défauts de phase dus à la turbulence atmosphérique en défauts d'intensité lumineuse selon la théorie du test de Foucault

Schéma du test de Foucault :



Test de Foucault : La lentille forme l'image  $P'$  de la pupille  $P$  de l'instrument. En plaçant une fente sur le bord de l'image solaire observée au foyer de  $P$ , on obtient dans le plan  $P'$  des fluctuations d'intensité quasi proportionnelles aux fluctuations de phase de l'onde perturbée incidente sur la plan  $P$ .

La focale de la lentille est telle qu'elle forme une image  $P'$  de  $P$  dix fois plus petite. Cette image est de l'ordre du centimètre.

Afin d'avoir un ordre d'idée sur la valeur de la tension d'entrée de la photodiode, j'ai dû calculer l'atténuation due au montage optique.

#### 4.2.2 Atténuation

La puissance qui arrive sur la fibre optique sans fente ni filtre a été estimé à  $1.25 \cdot 10^{-2}$  W lors d'expériences précédentes

Le coefficient d'atténuation due à la fente est donné par le rapport des surfaces suivant :

$$Att_{fente} = \frac{1}{2} \text{ Aire fente} / \text{aire de l'image du soleil.}$$

On considère la moitié de l'aire de la fente car le bord du soleil est centré sur celle-ci. Pour calculer l'aire du soleil, il nous faut connaître son diamètre au foyer du télescope. Celui-ci noté  $D_S$ , est donné par la formule :

$$D_S \text{ (en mètre)} = \text{diamètre apparent du soleil (radian)} * \text{ focale de l'instrument (mètre)}$$

Le diamètre apparent du soleil est de 2000 secondes d'arc.  
La seconde d'arc =  $1/3600^\circ = \pi / (180 * 3600) = 4.8 \cdot 10^{-6}$  rad.

D'où, le diamètre apparent du soleil vaut :  $9.7 \cdot 10^{-3}$  rad.  
La focale de l'instrument est de 10 m.

**Le diamètre  $D_S$  au foyer de l'instrument est donc :**

$$D_S = 9.7 \cdot 10^{-3} * 10 = 9.7 \cdot 10^{-2} \text{ m soit } D_S = 9.7 \text{ cm.}$$

L'aire du soleil, définie par  $\pi * D_S^2 / 4$ , est égale à  $7.39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ .

La demi-surface de la fente de dimension  $250 \mu\text{m} * 5 \text{ mm}$ , correspondant à la surface utilisée, est égale à  $250 \cdot 10^{-6} * 5 \cdot 10^{-3} / 2$   
Soit à  $6.25 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ .

L'atténuation photométrique  $Att_{fente}$  due au filtrage par la fente est donc :

$$Att_{fente} = 8.46 \cdot 10^{-5}.$$

Nous obtenons donc, à la sortie de la fente, une puissance de  $1 \mu\text{W}$  environ.

### 4.3 Le guide de lumière

La lentille placée dans le plan focal du télescope forme une image de la pupille qui est de l'ordre de 1 cm.

La fibre optique a un diamètre de 1 mm, elle est donc 10 fois plus petite que l'image P' de la pupille.

On perd donc une partie du flux :

On note  $\Delta\Phi$  le rapport des flux. Il correspond au rapport des surfaces suivant :

$$\begin{aligned}\Delta\Phi &= \text{section de la fibre} / \text{aire de l'image du soleil} \\ &= (\pi D_{\text{fibre}}^2 / 4) / (\pi D_{\text{image soleil}}^2 / 4) \\ &= 1/100.\end{aligned}$$

La fibre optique ne reçoit qu'un centième du flux lumineux, c'est à dire  $10^{-8}$  W.

### 4.4 Le filtre

#### 4.4.1 Son rôle

Pour des raisons concernant l'optique solaire (nous ne voyons pas les mêmes profondeurs ni les mêmes diamètres suivant les longueurs d'onde), notre expérience ne doit considérer qu'une seule longueur d'onde.

Quoique limitant le flux lumineux, on place un filtre vert centré sur la longueur d'onde 537,5 nm sur le faisceau de lumière.

#### 4.4.2 Caractéristiques du filtre

Ce filtre a été fabriqué spécialement pour cette manipulation par Melles Griot.

Longueur d'onde 535.7 nm.

Diamètre : 20 mm

Bande spectrale très étroite( quelques dizaine de nm)

Transmission au pic est de 20%.

Le filtre atténue donc 80% de la lumière qui le traverse.

Il arrive sur le filtre un flux lumineux de  $10^{-8}$  W. A la sortie du filtre, il ne reste plus que  $80\% * 10^{-8}$  soit  $8 \cdot 10^{-9}$  W.

Après que la lumière ait traversée le montage optique, le flux incident qui arrive sur la photodiode est très faible. Ainsi, il est nécessaire d'amplifier le signal à la sortie de cette dernière pour qu'il soit supérieur au bruit et que l'on puisse le visualiser et le quantifier et bien évidemment l'enregistrer.

## V Description du matériel

### 5.1 Fibre optique

#### 5.1.1 Principe de la fibre optique

Une fibre optique est un conducteur de lumière constitué de deux ou plusieurs couches de matériaux diélectriques transparents (verre ou plastique) : une partie centrale appelée cœur d'indice  $n_c$  (où la majeure partie de l'énergie lumineuse transportée est confinée) est entourée d'une gaine optique d'indice  $n_g$  avec  $n_g < n_c$ . L'ensemble est généralement recouvert d'une ou plusieurs couches protectrices qui isolent la fibre et lui assurent une meilleure résistance mécanique.

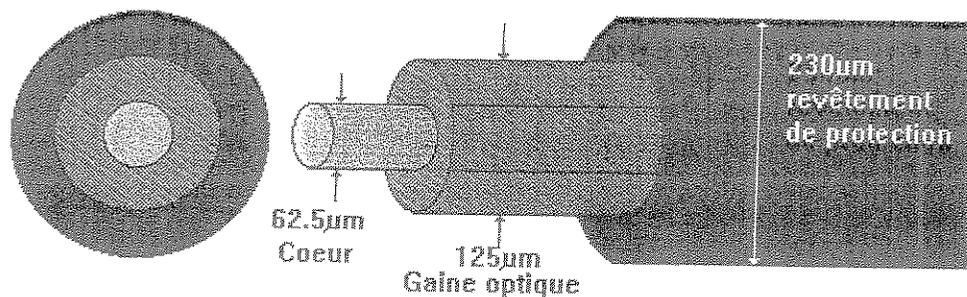


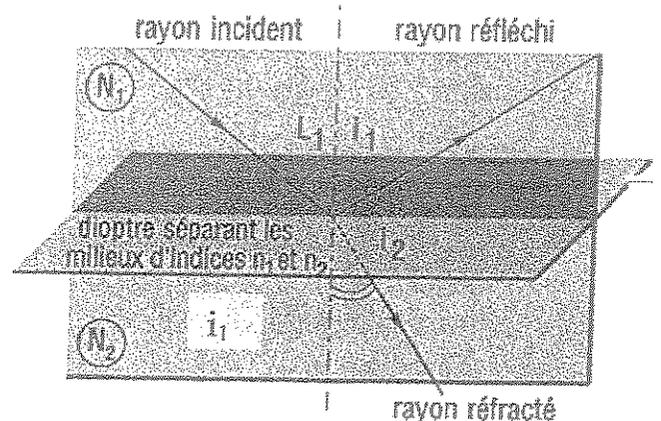
Fig.3 : constitution d'une fibre optique.

Dans les fibres optiques, les signaux sont transmis sous forme de photons électriquement neutres. Le guidage de la lumière dans une telle structure s'effectue grâce à une succession de réflexions totales à l'interface cœur / gaine. Les rayons provenant du cœur se réfléchissent sans cesse sur la surface interne de la gaine optique, restant ainsi piégés dans la fibre.

Le principe utilisé pour guider la lumière dans la fibre est celui de Descartes :

Lorsqu'un faisceau lumineux heurte obliquement la surface qui sépare deux milieux plus ou moins transparents l'un d'indice  $n_1$  et l'autre d'indice  $n_2$ , il se divise en deux : une partie est réfléchi tandis que l'autre est réfractée (c'est à dire transmise dans le second milieu en changeant de direction.)

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ , ou  $i_1$  et  $i_2$  sont respectivement les angles d'incidence et de réfraction du second milieu par rapport à la normale de la surface séparatrice.



Ci-contre : Fig. 4 : Schématisation du principe de Descartes

L'indice de réfraction est une grandeur caractéristique du matériau. (c'est le rapport entre la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu et la vitesse de la lumière dans le vide  $n = c/v > 1$ ).

Pour les rayons issus du milieu de plus forte incidence ( $n_1 > n_2$ ), il existe un angle d'incidence limite de réflexion totale  $i_1 = \arcsin(n_2/n_1)$ , pour lequel l'angle de sortie est de  $90^\circ$ . Pour les angles plus petits la réflexion est partielle, pour les angles plus grands, elle est totale : cas des fibres optiques pour lesquelles  $n_1 = n_c$  et  $n_2 = n_g$ . Il n'y a donc pas de rayon réfracté dans la gaine et donc pas de pertes de lumière.

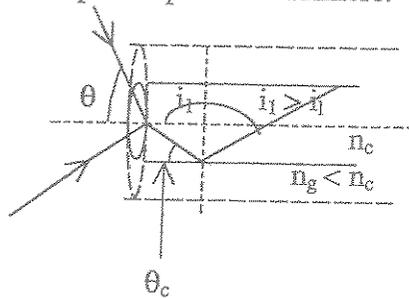


Fig.5 : condition de réflexion totale dans la fibre optique.

### 5.1.2 Caractéristiques des fibres optiques

Les fibres optiques sont caractérisées par trois paramètres :

- Ouverture numérique

Tous les rayons lumineux arrivant sur la face d'entrée de la fibre ne peuvent être transmis. Ils pénètrent dans la fibre mais en ressortent presque immédiatement. Il n'y a guidage que si  $n_g < n_c$  du fait des lois de Descartes. Pour que les rayons se propagent, il faut que l'angle d'incidence sur la surface d'entrée soit inférieur à un angle critique  $\theta_c$  tel que

$$\theta_c = \pi/2 - i_1 \text{ avec } \sin i_1 = n_g / n_c = \sin(\pi/2 - \theta_c) \\ = \cos \theta_c$$

$$\Rightarrow (n_g / n_c)^2 = 1 - \sin^2 \theta_c$$

$$\Rightarrow \sin \theta_c = \sqrt{1 - (n_g / n_c)^2}$$

$\sin \theta$  est l'ouverture numérique (O.N.) de la fibre. Elle détermine donc l'angle d'injection maximum au-dessus duquel la lumière n'est plus guidée.

D'après la loi de Descartes,  $\sin \theta = n_c \sin \theta_c$

$$\text{O.N.} = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$$

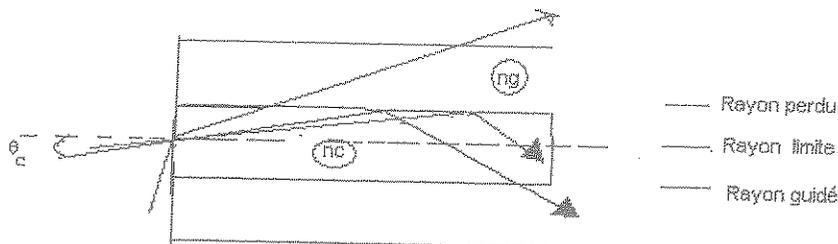


Fig. 6 : Propagation des rayons dans une fibre optique

- Pertes de transmission : l'atténuation

Les modes normaux subissent des pertes de transmission. Elles sont dues aux impuretés contenues dans la fibre (minuscules particules ou petites bulles) qui sont responsables de la diffusion de la lumière, à l'absorption moléculaire, aux irrégularités de l'interface gaine-cœur ainsi qu'aux micros courbures structurelles de la fibre.

- La bande passante :

La bande passante d'une fibre optique est limitée d'une part par la dispersion due au matériau, et d'autre part par celle due aux modes. Tous deux ont une influence directe sur la vitesse de transmission de la lumière dans le cœur.

Pour obtenir une absorption aussi faible que possible, il faut non seulement choisir judicieusement le matériau de base, mais éliminer les « traces » d'autres éléments qui peuvent accroître considérablement l'absorption du milieu.

### 5.1.3 Modes de propagation

Les rayons se propagent dans la fibre optique suivant différents angles ou modes. Ceux dont l'angle de propagation par rapport à l'axe est faible sont appelés modes d'ordre inférieurs, ceux dont l'angle est grand, modes d'ordre supérieurs.

### 5.1.4 Les différents types de fibre optique

#### Les fibres multimodales :

Elles peuvent propager jusqu'à 1000 modes simultanément et sont destinées aux transferts de signaux digitalisés. Il est physiquement impossible qu'un champ électrique ou magnétique ne perturbe la transmission. On les fabrique en silice pour de longues distances et en silice ou en plastique pour de moyennes distances.

Il existe deux sortes de fibres multimodales :

- **La fibre à saut d'indice** constituée d'un cœur et d'une gaine optique en verre de différents indices de réfraction. Cette fibre provoque de par l'importante section du cœur, une grande dispersion des signaux la traversant, ce qui génère une déformation du signal reçu. En effet, le rayon réfléchi pénètre légèrement dans la gaine ce qui entraîne quelques pertes.

- **La fibre à gradient d'indice** dont le cœur est constitué de couches de verre successives ayant un indice de réfraction proche. Au lieu d'avoir un indice  $n_c$  constant en tout point du cœur, l'indice suit une variation avec la distance  $r$  à l'axe de la fibre. Ainsi, les rayons réfléchis, contraint de changer de direction, ne pénètrent plus dans la gaine. Ces fibres ont de faibles pertes de transmission et de faibles pertes modales.

#### Les fibres monomodes :

L'ouverture numérique et le diamètre sont suffisamment faibles pour que ne se transmette qu'un seul mode. Elles sont utilisées essentiellement pour transporter des informations sur de grandes distances

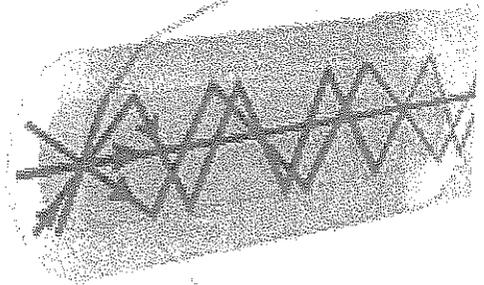
#### Les multifibres

Elles sont rassemblées en grand nombre dans un tube souple conservant le rangement et transmettant une image fidèle. Elles sont principalement utilisées dans le domaine médical mais également dans le domaine de la signalisation et de la décoration.

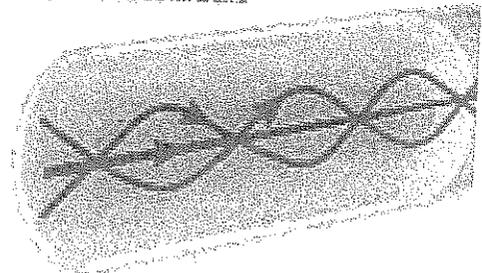
#### Fibres spéciales :

Compte tenu du développement des fibres optiques et de leurs applications, des fibres dites spéciales ont été développées. Il existe, par exemple des fibres dopées amplificatrices de lumière dont l'indice de réfraction est fonction de l'intensité lumineuse (optique non linéaire).

#### Fibre Multimode

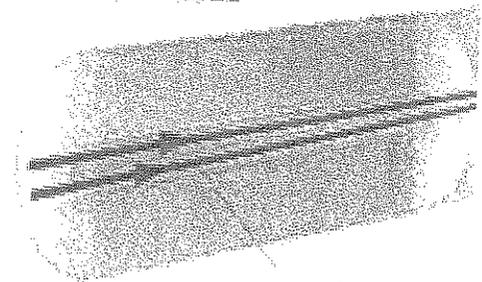


Gaine à faible indice  
Cœur de 50 à 85 microns



Gaine à gradient d'indice

#### Fibre monomode



Cœur de 10 microns

Fig. 7 : Les différents types de Fibres Optiques

La fibre que nous allons utiliser est un guide de lumière qui doit véhiculer de la lumière analogique (basse fréquence).

Le type de fibre que j'ai choisi est un câble optique mono-voie de chez radiospares, composé d'une fibre plastique à saut d'indice entourée d'une gaine PVC. Le diamètre du cœur est de 1mm.

Cette fibre optique correspond très bien à notre application :

- Elle est résistante aux températures que nous utilisons : son domaine d'utilisation s'étend de  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $+70^{\circ}\text{C}$ .
- Elle est assez souple (rayon de courbure suffisant : 35mm et 10mm pour des mesures de courte durée) pour s'adapter aux contraintes (assez faibles) engendrées par la géométrie du montage.
- Son prix est raisonnable : de l'ordre de 45 euros.

Nous aurions pu choisir une fibre optique à gradient d'indice qui auraient engendré moins de pertes et moins de dispersion modale mais le prix d'une telle fibre est d'environ 150 euros.

Pour nos mesures, nous allons utiliser une fibre optique de 50cm dont l'une des extrémités est placée dans un embout en aluminium conçu pour être emboîté dans une pièce femelle placée sur le banc optique en sortie du télescope.

## 5.2 La photodiode

### 5.2.1 Rôle d'une photodiode

Le signal parvenant à la sortie de la fibre (photons collectés sur le bord solaire) est détecté au moyen d'une photodiode qui convertit le signal reçu en signal électrique.

### 5.2.2 Etude de la photodiode

Effet photoélectrique : Lorsqu'un faisceau de lumière incidente frappe un matériau alcalin (sodium, césium, potassium), ce dernier émet des électrons dont le nombre, très faible, est proportionnel à l'intensité lumineuse reçue.

L'énergie lumineuse correspondant à un photon est donnée en fonction de la longueur d'onde de la radiation lumineuse par :

$$E = h \nu = h c / \lambda$$

Avec  $h = 6.62 \cdot 10^{-34}$  J.s la constante de Planck

$c = 3 \cdot 10^8$  m/s. célérité de la lumière.

$\lambda = 0.5 \cdot 10^{-6}$  m longueur d'onde moyenne de la lumière émise par le soleil.

$$E = 3.972 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

$$E = 2.48 \text{ eV.}$$

Chaque photon a une énergie de  $h \nu$  joules. Soit  $N$ , le nombre de photons détectés par la photodiode en 1 seconde :

$$N = P / E = P / h \nu = P \lambda / h c ;$$

avec  $P$  : puissance d'entrée de la photodiode.

Pour avoir un ordre de grandeur du flux utile dans l'expérience MISOLFA, on pourra considérer que la puissance en sortie de la fibre sera de l'ordre de  $P = 10^{-8}$  W (voir page 19), alors  $N = 2.52 \cdot 10^{10}$  photons par seconde pour  $\lambda = 0.5 \cdot 10^{-6}$  m.

L'efficacité quantique (le rendement) d'une photodiode est d'environ 50%, le nombre de photons détectés par la photodiode est donc de l'ordre de  $10^{10}$  photons par seconde.

### 5.2.3 Choix de la photodiode

Plusieurs modèles de photodiodes ont été mis à ma disposition. Les caractéristiques de quelques-unes sont données en annexe. L'orientation du choix vers une photodiode à préamplificateur intégré est due à la difficulté de réaliser un amplificateur avec des résistances de l'ordre d'une centaine de mégohms.

En prenant en compte les critères suivants : gain, bruit, stabilité, prix, le choix s'est arrêté vers la photodiode au silicium préamplifiée S8745 de chez Hamamatsu

Etendue de la réponse spectrale	190<l<1100	nm
Sensibilité	-0.52	V/nW
NEP	11	fW/Hz <sup>1/2</sup>
Surface active	2.4*2.4	mm <sup>2</sup>
Pouvoir de dissipation	500	mW

Fig. 8 : Caractéristiques de la photodiode S8745 :

### 5.2.4 Bruit de la photodiode

Le NEP (Noise Power Equivalent) représente le bruit de la photodiode. C'est la lumière équivalente qui, éclairant une photodiode idéale, donnerait un signal de même énergie que le bruit.

Il est dû à l'imperfection du silicium qui produit l'effet photoélectrique. Dans les caractéristiques de la photodiode, le NEP est donné pour une bande de fréquence de 1Hz, son unité est le W/ Hz<sup>1/2</sup>.

### 5.2.5 Bruit de photons

Il est lié à l'aspect corpusculaire de la lumière. La lumière est un phénomène quantique, elle est constituée de « grains » d'énergie appelés photons. Mesurer une intensité lumineuse revient à compter le nombre de ces photons par unité de temps. Le bruit de photons est donc l'incertitude sur le nombre de photons captés.

Pour une intensité lumineuse fixe, la probabilité qu'a un photon d'être détecté est identique pour tous.

Si le nombre de photons détectés est grand, on peut faire une approximation de Poisson :

$$P(N) = \frac{\overline{N}^N \exp(-\overline{N})}{N!} \quad : \quad P(N) \text{ est la probabilité de détecter } N \text{ photons pendant un laps de temps } t \text{ donné.}$$

Où  $\overline{N}$  est le nombre moyen de photons détectés pendant l'intervalle  $t$ .

$$\sigma = \sqrt{\overline{N}} \quad : \quad \sigma \text{ est l'écart type du nombre de photons détectés}$$

Le bruit de photons résulte de l'erreur faite sur la mesure de  $N$ , elle est donc caractérisée par l'écart type  $\sigma$ .

Le nombre de photons que l'on doit détecter est d'environ  $10^{10}$  photons par seconde. Le bruit de photons est alors égal à  $10^5$  photons par seconde.

Cela correspond à  $10^5 * 6.62 \cdot 10^{-34} * 3 \cdot 10^8 / 0.5 \cdot 10^{-6} = 3.972 \cdot 10^{-14} \text{ J}$  en 1 seconde  
soit  $P = 3.972 \cdot 10^{-14} \text{ W}$ ,

la sensibilité de la photodiode étant de  $0.4 \text{ V/nW}$ , le bruit de photons correspond à  $15.9 \text{ mV}$ .

### 5.2.6 Le rapport signal à bruit

Le signal doit être bien supérieur au bruit pour être significatif. Dans tous les instruments, on calcule le rapport signal à bruit.

RSB = rapport du signal utile sur le bruit total.

Nous avons, dans un premier temps, effectué des mesures à la température ambiante de  $25^\circ\text{C}$ . Le bruit mesuré est alors de  $10 \text{ mV}$  crête à crête et dans ces conditions, le signal à détecter en sortie de la photodiode, estimé au environ de  $5 \text{ mV}$  amplifié d'un facteur 10, est noyé dans ce bruit.

Pour obtenir un rapport signal sur bruit acceptable, il suffit d'abaisser le bruit.

Un des moyens utilisé pour réduire le bruit est l'abaissement de la température.

### 5.3. Les modules à effet Peltier.

#### 5.3.1 Rôle

Le montage comprenant la photodiode reliée à l'amplificateur opérationnel chauffe l'intérieur du boîtier étanche à la lumière. La régulation en température du boîtier électronique, nécessaire pour réduire le bruit du signal, est effectuée à l'aide d'un refroidissement par effet Peltier.

Il est nécessaire de refroidir et de stabiliser la température interne pour obtenir un rapport signal à bruit acceptable.

#### 5.3.2 Description générale

L'élément Peltier est une structure métallique constituée de deux semi-conducteurs en contact. En y faisant passer un courant d'intensité  $I$ , on obtient, au bout d'un temps  $t$ , et suivant le sens du courant, une absorption de chaleur à la jonction (ce qui conduit à un refroidissement du module) ou une émission de chaleur par effet joule (ce qui se traduit par un échauffement du module). Les modules à effet Peltier ont donc la particularité d'être réversibles. Le froid est localisé sur une face et le chaud sur l'autre.

Grâce aux modules à effet Peltier, on peut obtenir une variation de température allant jusqu'à  $65^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.3.3 Evaluation du refroidissement nécessaire

D'après le constructeur, le bruit de la photodiode est divisé par deux tous les  $6^{\circ}\text{C}$ .

Il faudrait ramener le bruit vers  $2.5\text{ mV}$  pour avoir un rapport signal sur bruit de 1.6 suffisant pour notre manipulation.

Il s'agit donc de diviser quatre fois le bruit par 2 (d'un facteur 16). Pour cela, il est nécessaire d'abaisser 4 fois la température de fonctionnement de  $6^{\circ}\text{C}$  soit de  $24^{\circ}\text{C}$ .

Il faut donc arriver à atteindre une température proche de zéro degré.

Nous allons pour cela utiliser un ou plusieurs modules à effet Peltier.

#### 5.3.4 Choix et montage des composants

J'ai pu constater que pour que le refroidissement soit efficace et suffisant, il était nécessaire de superposer deux modules à effet Peltier (de dimension  $15*15*2.5\text{mm}$ ), de chaque côté de l'étrier de cuivre sur lequel est placée la photodiode.

Les deux modules extérieurs, placés en série, serviront principalement à l'abaissement de température : ils sont reliés à un transistor NPN en silicone type 2N3055 de chez Thomson (dont la caractéristique est donnée en annexe) lui-même relié à un potentiomètre.

Le transistor est une source de courant commandée. Grâce au potentiomètre, on fait varier le courant entre la base et l'émetteur ainsi, le courant envoyé dans les modules à effet Peltier varie jusqu'à ce que l'on obtienne l'abaissement de température désiré. On alimente ce montage grâce à une alimentation stabilisée fournissant une tension de 5V et jusqu'à 3A.

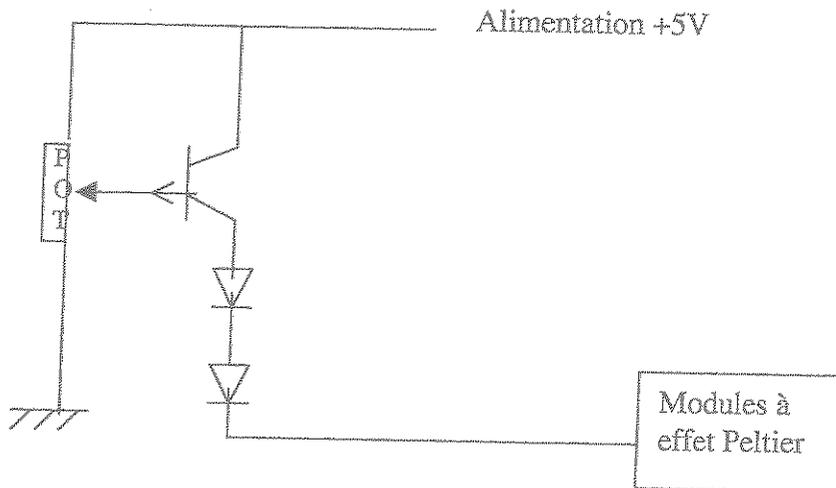


Fig. 9 : Schéma de l'alimentation des deux modules à effet Peltier externes :

#### Rôle des 2 diodes :

Grâce au transistor, en jouant avec le potentiomètre, nous pouvons faire chuter le courant de 5V à environ 2.5V. Pour pouvoir le faire diminuer un peu plus et n'ayant pas autant de résistances à ma disposition que je l'aurais souhaité, j'ai utilisé deux diodes montées en série. L'avantage de l'utilisation des diodes est qu'elles font chuter la tension de 0.6V chacune (soit 1.2V pour les deux) alors que si j'avais utilisé des résistances, la chute en tension aurait été dépendante de l'intensité.

Les deux modules internes permettront la régulation de la température. Ils seront pour cela reliés à une carte TEC de régulation de AMS Electronic.

Le but de la carte est de permettre une régulation thermique aux alentours de 0°C

La TEC contient une boucle de courant PID (Proportionnelle Intégrale Dérivée) qui permet de répondre instantanément à une variation de température ou à une perturbation.

Le réglage de la température est effectué par l'intermédiaire d'une consigne.

Sur la carte, des potentiomètres douze tours ajustent la consigne de température et le courant limite dans les éléments à effet Peltier. Pour minimiser le bruit, on alimentera la carte avec une alimentation linéaire de 15 V.

I Max :	3.9A
Capacité :	8.2W
Tension Max :	3.75V
Dimension :	15*15*3.2 mm

Fig. 10 : Caractéristiques des modules à effet Peltier

Remarque : Les modules à effet Peltier sont des éléments très fragiles, de plus, la tension à leurs bornes augmente d'environ 20% si on l'alimente sous 2V. Pour ne pas risquer de les endommager, on m'a conseillé de les sous-alimenter. C'est pourquoi, je les alimenterais sous 3V maximum (donc, pour deux modules placés en série, je peux les alimenter jusqu'à 6V.)

Evacuation de la chaleur :

Il est indispensable d'évacuer la chaleur produite par les surfaces chaudes des quatre modules. Pour cela, les faces chaudes des cellules extérieures sont collées à des barres de cuivre reliées à des plaques jouant le rôle de radiateurs aériens par convection. Pour éviter tout problème de condensation, les radiateurs sont surdimensionnés. Le système est équipé de ressort permettant un contact parfait entre les barres de cuivre et les modules à effet Peltier.

## 5.4 Capteur de température : AD 590

### 5.4.1 Rôle

Sur l'étrier en cuivre dans lequel est insérée la photodiode, j'ai placé un capteur de température afin de contrôler la régulation en température effectuée par les modules à effet Peltier. Le capteur va mesurer la température de l'étrier et va « envoyer » la valeur sur la carte de régulation des Peltier. Ainsi, cette dernière connaîtra à tout moment la température et pourra remédier à ses variations.

### 5.4.2 Choix et caractéristiques du capteur de température

Le capteur choisi est l'AD590 d'Analoges Devices. Il se comporte comme un générateur de courant à haute impédance. Il produit un courant externe proportionnel à la température absolue : il fournit un signal linéaire de  $1 \mu\text{A/K}$ . Sa gamme de mesure s'étend de  $-55^\circ\text{C}$  à  $150^\circ\text{C}$ .

Remarque : On place également sur l'étrier un thermocouple afin de contrôler la température qui pourra être lue grâce à un thermomètre analogique.

L'AD590 est câblé dans la carte d'acquisition, son montage n'est pas donné dans la documentation.

## 5.5 Le boîtier

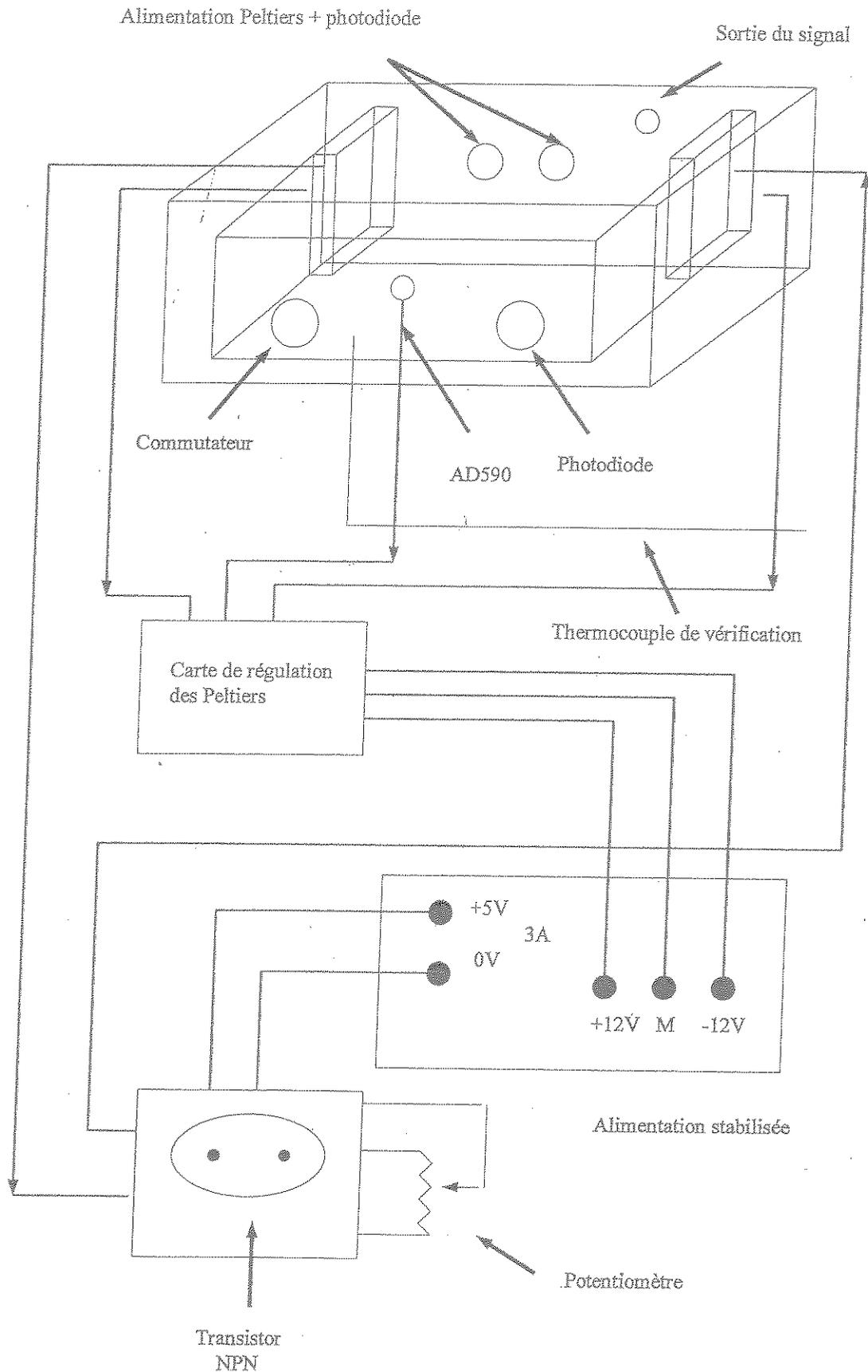
### 5.5.1 Rôle

Le rôle du boîtier est extrêmement important. Il offre au montage une isolation lumineuse, thermique, magnétique et électrique.

Le boîtier utilisé est en aluminium. La photodiode étant très sensible, et le boîtier étant percé de plusieurs trous (alimentation, photodiode, bouton poussoir,..), il a été nécessaire de placer de la colle à joints sur toutes les jonctions afin de minimiser les entrées de lumière.

Voir schéma page suivante.

### 5.6 Vue générale



## VI Acquisition et traitement du signal

### 6.1 Carte d'acquisition

La carte d'acquisition est un DAQCard-1200 de *National Instrument*. Cette carte possède 8 entrées BNC en mode référencé (ou 4 en mode différentiel) et 2 sorties. Sur une résolution de 12 bits, sa fréquence d'échantillonnage maximale est de 100 000 échantillons par seconde.

Bus	Analog input	Resolution	Sample rate	Input range	Analog output
PCMCIA	8 SE/4PI	12 bits	100KS/s	Up to + or - 5V	2

Fig. 11 : Caractéristiques de la carte d'acquisition.

La gamme de tension d'entrée est programmable de 0 à 10V en unipolaire et de + ou - 5V en bipolaire.

Cette carte permet, entre autre, de faire des acquisitions périodiques mais pour notre expérience, nous travaillons en mode d'acquisition continue sur un seul canal entre 0 et 1V, ce qui correspond à un gain de la carte d'acquisition de 10.

12 bits correspondent à 4096 digits, on travaille sur une dynamique de 1 V soit, un digit correspond environ à 0.24 mV.

D'après les estimations effectuées dans les conditions de l'expérience, notre signal à la sortie de la photodiode vaut environ 4 mV, ce qui correspond à 20 digits soit 20 points.

Ceci est trop faible. Il est donc nécessaire d'amplifier notre signal à la sortie de la photodiode pour avoir un maximum de résolution.

De plus, la condition de Shannon (énonçant que la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à deux fois la plus haute fréquence présente dans le signal à échantillonner) est bien respectée car on échantillonne très vite (100 000 échantillons par seconde) par rapport à la fréquence du signal (2kHz maximum). Il n'y a donc aucun risque de perdre des informations.

La carte va donc échantillonner le signal issu de mon montage d'acquisition avec photodiode et filtre amplificateur. Chaque échantillon va être converti en un code numérique (binaire) compatible avec le microprocesseur.

## 6.2 Programme d'acquisition

Le programme d'acquisition et d'échantillonnage des signaux, Labwindows/CVI, tournant sous Windows 3.1, gère le dialogue entre l'utilisateur et la carte d'acquisition.

Ce programme lit une valeur donnée sur le canal de la carte. Le temps d'acquisition peut-être réglé par l'utilisateur.

Une interface graphique permet de choisir les paramètres clefs de l'acquisition qui sont :

- temps total d'acquisition
- le temps d'intégration
- gamme de tension dans laquelle sont effectuées les mesures.

Les valeurs numériques d'une acquisition peuvent être sauvées dans un fichier \*.dat, pouvant ensuite être traitées sous le logiciel de calcul Matlab.

## VII Le montage électronique

### 7.1 Contrôle de la tension continue

Le niveau de la tension continue dans le signal varie selon la position de la fente sur le bord solaire et selon l'absorption atmosphérique éventuellement.

Le cahier des charges spécifie qu'il doit être possible d'abaisser la composante continue du signal issu de la photodiode jusqu'au niveau zéro.

Tout d'abord, j'ai placé sur la face arrière du boîtier un interrupteur ayant deux positions :

- soit le signal est directement visualisé et interprété.
- soit le signal issu du filtre amplificateur passe par un condensateur de  $1.5\mu\text{F}$ . Ainsi, la composante continue du signal est entièrement filtrée.

Ce système a l'avantage de permettre de placer le signal sur une valeur moyenne nulle en supprimant la composante continue.

Un problème s'est alors posé : on peut supprimer ou non la composante continue mais, on ne connaît pas la valeur exacte de cette dernière .

J'ai donc imaginé un second montage qui permet d'abaisser la composante continue d'une valeur connue :

On prévoit que la composante continue du signal issu de la photodiode soit compris entre 0V et 2V, cinq résistances suffiront donc pour ce montage :

Sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel, on réalise un pont diviseur de tension relié à un bouton commutateur rotatif de 10 positions.

Pour les premiers essais, on alimente ce pont sous 12V.

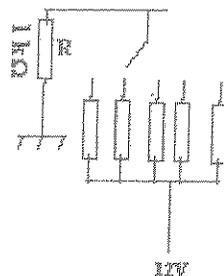


Fig. 10 : Schéma du pont diviseur de tension

La tension passant par le pont diviseur de tension sera soustraite à la tension issue de la photodiode par l'amplificateur.

Calcul :

$$V_{\text{réf}} = R V_c / R_v + R ; \quad \text{avec } R_v \text{ la valeur de la résistance variable}$$

$$\text{Ainsi } V_c = R_v V_{\text{réf}} / R_v + R$$

Par commodité, on laisse les positions paires du commutateur « à l'air » ainsi, si on se place sur un chiffre pair, la composante continue ne sera pas éliminée.

Il aurait été plus pratique d'utiliser un commutateur cinq positions mais, le catalogue Radiospares mis à ma disposition proposait des boutons 4,10 ou 12 positions

Position du commutateur	Résistance branchée (KΩ)	Abaissement de la Tension continue (V) théorique Vc	Abaissement de la Tension continue (V) expérimental
0	/	0	0
1	119	0.1	0.098
2	/	0	0
3	59	0.2	0.209
4	/	0	0
5	23	0.5	0.476
6	/	0	0
7	11	1	1.004
8	/	0	0
9	5	2	1.973

Les écarts observés entre les valeurs théoriques et les valeurs expérimentales sont dus aux imprécisions des valeurs de résistances.

Concrètement, si on ne prend pas exactement une tension de référence de 12V, alors pour calculer l'abaissement de la tension continue, il suffit de faire :

$$\frac{V_c \text{ (théorique)}}{12} * V_{\text{appliquée en réf}} = \text{tension continue retranchée.}$$

aussi, on connaît la fraction de tension continue retranchée pour chaque position du commutateur :

Position du Commutateur	Fraction de tension continue supprimée
0	0,0000
1	0,0082
2	0,0000
3	0,0174
4	0,0000
5	0,0397
6	0,0000
7	0,0837
8	0,0000
9	0,1644

Ce montage permet donc soit :

- de conserver entièrement la composante continue
- de la filtrer à travers un filtre passe-bas RC
- de diminuer la valeur de la tension continue d'une valeur connue.

Ajustement du pont diviseur :

Pour ajuster le rapport de tension du pont diviseur en fonction de la valeur continue engendrée par la quantité de flux solaire qui rentre dans la fente, j'ai branché entre l'alimentation stabilisée de 12 V et l'entrée du pont diviseur une alimentation variable et réglable type LM317T de Fairchild (dont la caractéristique est donnée en annexe) avec à un potentiomètre de 10 k $\Omega$  pour pouvoir ajuster le décalage en fonction de la détection.

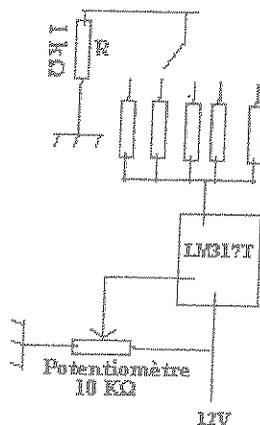


Fig. 12: Schéma du pont diviseur avec rapport de tension ajustable

## 7.1 Le filtre amplificateur

### 7.1.1 Son rôle

Le rôle du filtre amplificateur est de filtrer puis d'amplifier le signal issu de la photodiode.

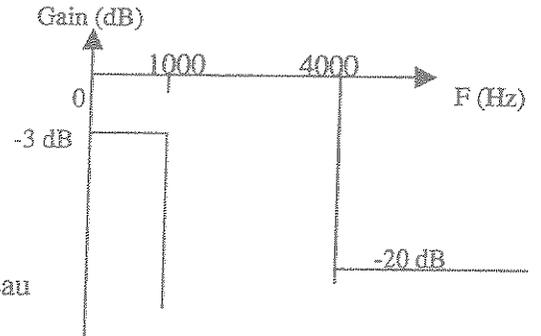
### 7.1.2 Choix du type de filtre

#### Cahier des charges :

On veut une bande passante de 0-1000Hz avec une atténuation inférieure à 3 dB.

La bande coupée commence à 4000Hz avec une atténuation minimale de 20 dB.

On souhaite également une courbe de réponse de Type Butterworth dont la principale caractéristique est de présenter dans la partie passante du filtre un plateau très linéaire puis une chute de gain assez régulière en fonction de la fréquence.



Compte tenu des abaques (1)

J'ai choisi un filtre passe-bas de type Butterworth d'ordre 2 dont la structure (de Sallen et Kay) est la suivante :

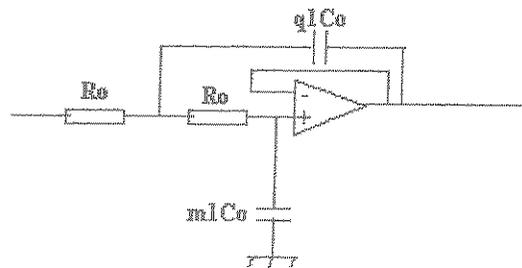


Fig. 12 : Filtre.

On choisit comme impédance de normalisation  $R_0 = 10\text{k}\Omega$ .

On en déduit  $C_0$  par la relation  $R_0 C_0 \omega_p = 1$ ,  $\omega_p = 2\pi f_p$  avec  $f_p = 1000\text{Hz}$ .

$\Rightarrow C_0 = 16\text{ nF}$ .

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = 0.707 \\ q_1 = 1.4142 \end{array} \right\} \begin{array}{l} m_1 C_0 = 11.2\text{ nF} \\ q_1 C_0 = 37\text{ nF} \end{array}$$

(1) *Filtre actifs*

P. Bildstein

Ed Sté des Editions Radio – Paris-  
1976

Le schéma final est :

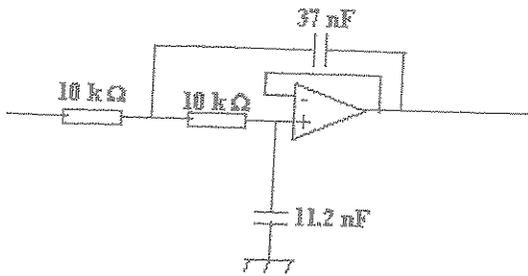


Fig. 13 : Schéma final

La fonction de transfert normalisée est donnée par : 
$$F(p) = \frac{1}{P^2 + 1.414 P + 1}$$

### 7.1.3 L'amplificateur

L'amplification est réalisée grâce à un amplificateur additionneur monté en contre-réaction comme indiqué sur le schéma ci-dessous.

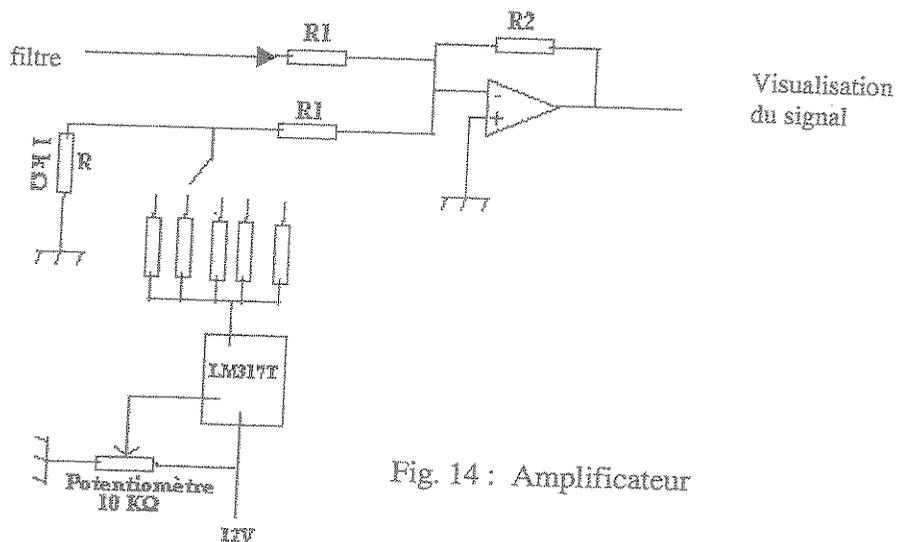


Fig. 14 : Amplificateur

Pour obtenir un gain de 10, j'ai choisi comme valeurs de résistances :

- R1 = 10 kΩ.
- R2 = 100 kΩ

### 7.1.4 Montage final

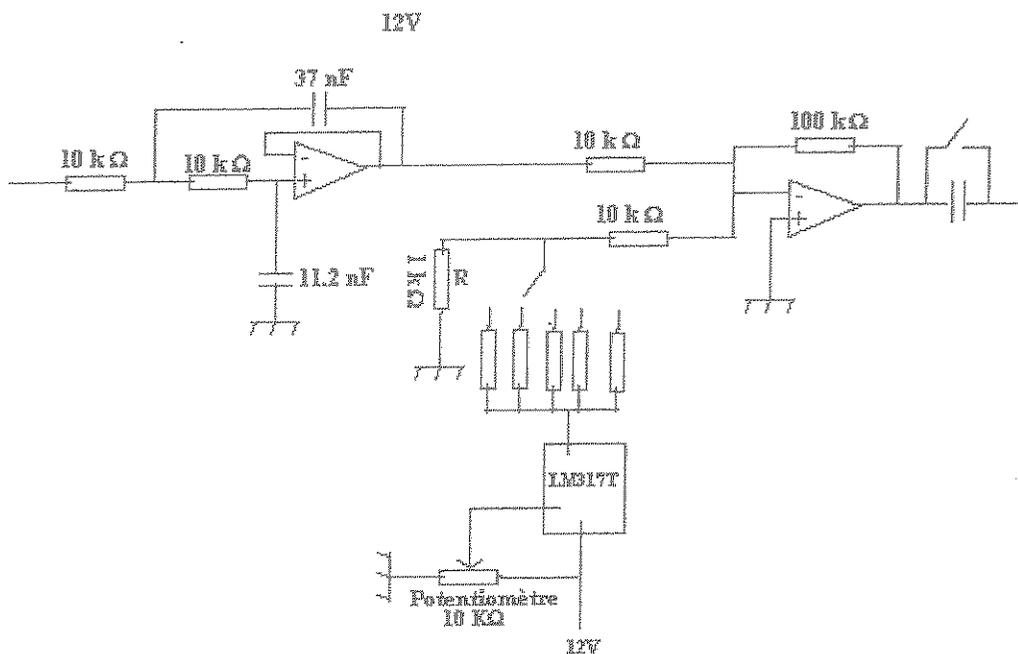


Fig. 15 Schéma final

### 7.3 La photodiode

Nous voulons au maximum une fréquence de coupure de 1kHz et un gain de conversion tension sur intensité d'environ 20MΩ. Pour cela, nous allons rajouter une résistance externe de 111 MΩ (en parallèle) entre les pattes 4 et 6 de la photodiode. Cette dernière ayant déjà une résistance de 1 GΩ, la résistance totale de la photodiode sera de 100 MΩ.

Schéma du câblage de la photodiode vue de dessous :

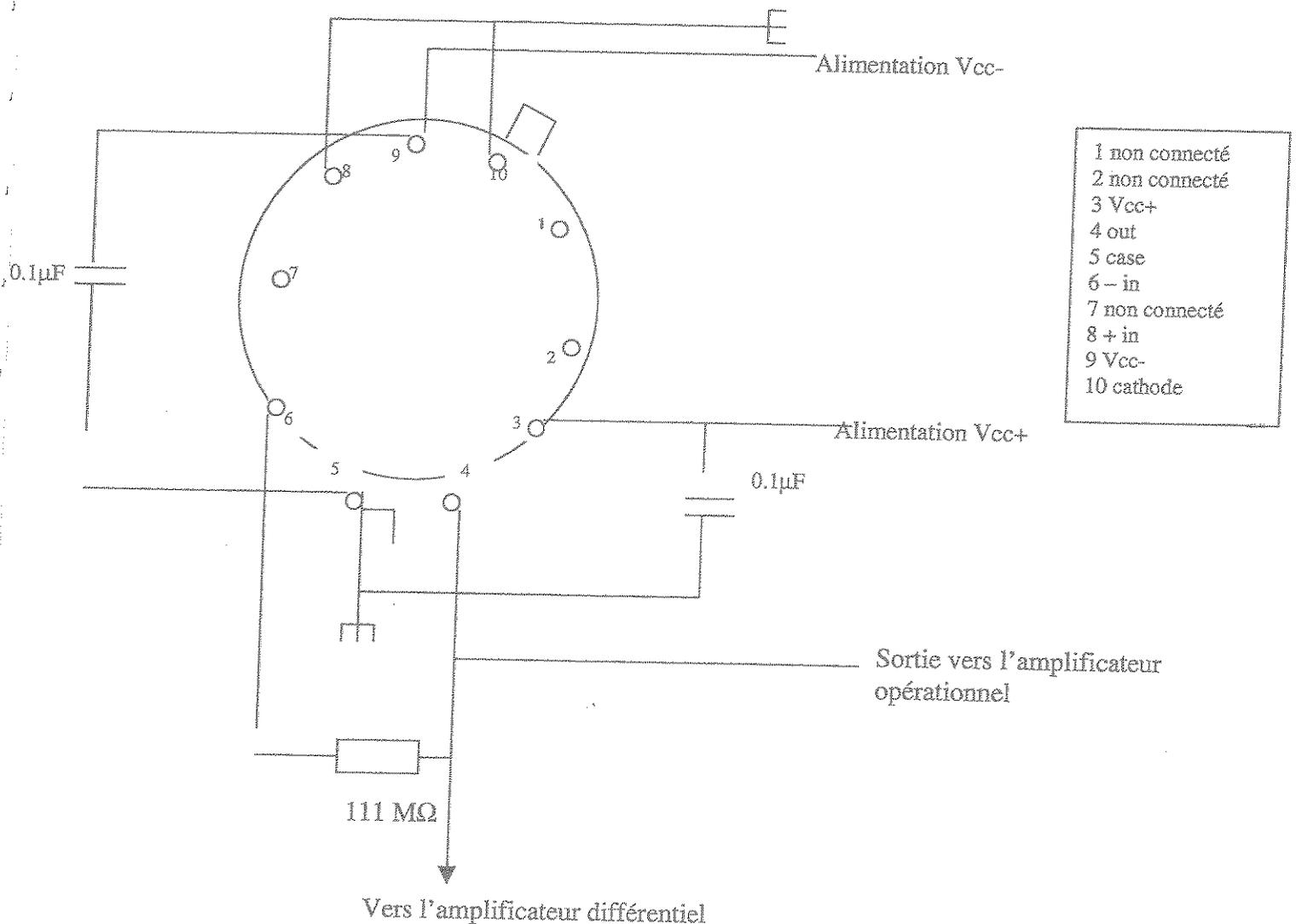


Fig. 17 : Câblage de la photodiode.

Afin que la fibre optique soit bien centrée sur la photodiode (pour que celle-ci reçoive le maximum de la lumière véhiculée), le mécanicien a conçu une pièce cylindrique en plastique noir dans laquelle passe la fibre optique avant d'être centrée sur la photodiode grâce à un rétrécissement de la pièce.

## VIII Mise en œuvre

### 8.1 Tests et caractérisations

#### 8.1.1 Les modules à effet Peltier

La première étape de mise en fonctionnement du boîtier a été le test des modules à effet Peltier.

Il a d'abord fallu les positionner dans le boîtier puis, pour une meilleure conductivité thermique, je les ai recouverts de pâte conductrice de chaleur.

Les modules extérieurs étant reliés à un transistor PNP associé à un potentiomètre, j'ai vérifié qu'en envoyant plus de courant dans les Peltier, la baisse de température était plus rapide.

J'ai ensuite testé les Peltier intérieurs reliés à une carte de régulation. Ces deux derniers fonctionnaient mais il fut difficile de vérifier les performances de la carte.

En branchant les quatre modules à effet Peltier, la température du boîtier chuta de 25°C à 10.5°C, cette baisse de température n'est pas suffisante pour diminuer comme voulu le bruit de photons.

Après avoir diminué la consigne en température de la carte de régulation, la conclusion fût qu'il était donc nécessaire d'isoler l'étrier et la photodiode grâce à du dépron. Un nouveau test nous a permis de constater que la température atteinte était suffisante : 1.2 °C.

En effet, grâce à l'isolation thermique, les modules à effet Peltier n'avaient pour rôle que de refroidir l'étrier et bientôt la photodiode ( et non plus l'ensemble du boîtier) ce qui est suffisant pour ce montage.

J'ai ensuite effectué un second test ayant pour but d'observer l'évolution de la tension en sortie de la photodiode placée dans le noir en fonction de la température.

J'ai donc alimenté les modules à effet Peltier et attendu une température de stabilisation de 1.8°C. J'ai mesuré la tension à la sortie de la photodiode à l'aide d'un oscilloscope.

J'ai ensuite débranché les modules à effet Peltier jusqu'à atteindre une température de 25.3°C.

Les variations de tension observées en fonction de la température sont visibles sur le graphe page suivante.

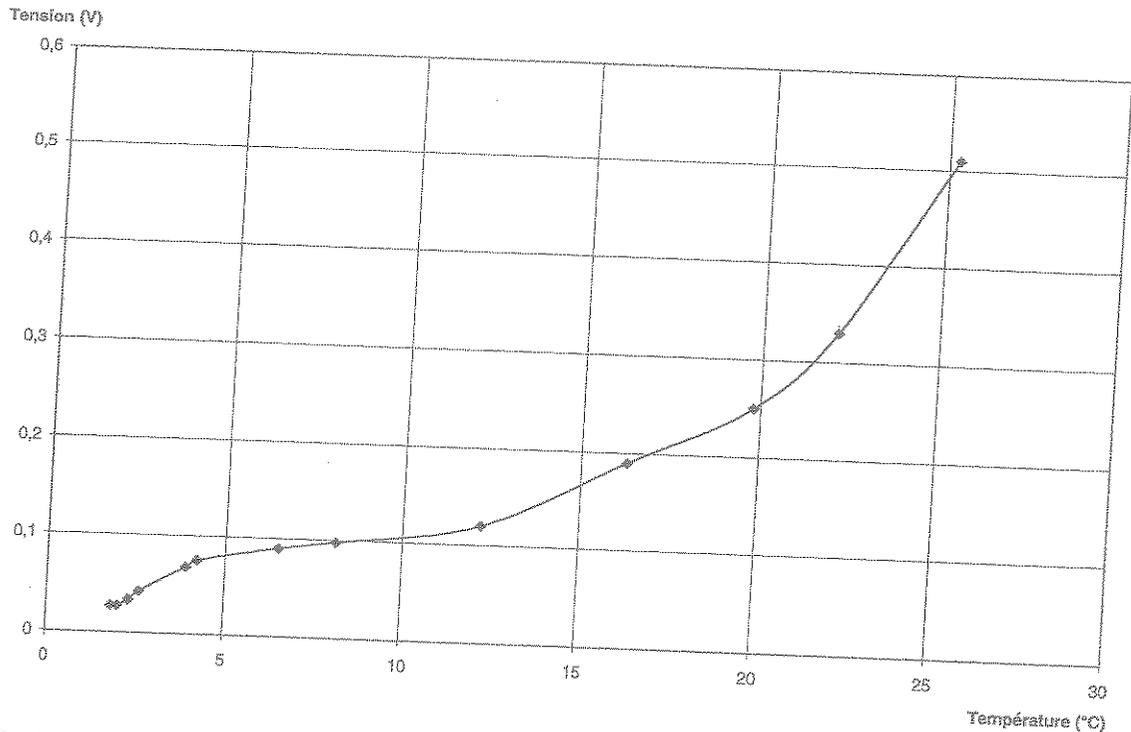


Fig. 18 : Evolution de la tension de sortie de la photodiode dans le noir en fonction de la température.

On peut constater que l'augmentation du signal avec la température n'est pas rigoureusement linéaire surtout vers les basses températures.

D'un point de vue quantitatif, à une température de 1.8°C, on a une tension de 27mV, et à 25.8°C la tension est de 510mV. On a un rapport de 18.8 entre la mesure froide et la mesure chaude.

La variation typique du courant d'obscurité de la photodiode est d'un facteur 2 tous les 6°C.

La température ayant variée de 24°C, nous devrions avoir un rapport de 16 et non de 18. Cette différence peut s'expliquer par le fait que nous ne mesurons pas seulement le courant d'obscurité de la photodiode mais également la variation d'offset de l'amplificateur intégré.

### 8.1.2 Le filtre amplificateur

En appliquant une fréquence variable de 10 mV à l'entrée du montage constitué du filtre et de l'amplificateur opérationnel, condition dans laquelle ce montage doit fonctionner, j'ai observé la réponse en fréquence à l'aide d'un oscilloscope en sortie du montage. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Fréquence (Hz)	Tension entrée (mV)	Tension sortie (mV)	20 log Vs/Ve (dB)
1	10	100	20,00
10	10	100	20,00
20	10	100	20,00
200	10	100	20,00
500	10	98	19,82
600	10	85	18,59
750	10	68	16,65
1000	10	50	13,98
2000	10	20	6,02
3000	10	10	0,00

Fig. 19 : Test du filtre amplificateur.

Sur la courbe de réponse fréquentielle, on remarque que la fréquence de coupure à 3dB n'est pas 1000 Hz comme dans les calculs mais 724 Hz. Ce décalage est dû au fait que les composants utilisés ne présentent pas exactement les valeurs théoriques. Cependant, ce défaut ne nous gêne pas car nous travaillons avec des fréquences plus faibles.

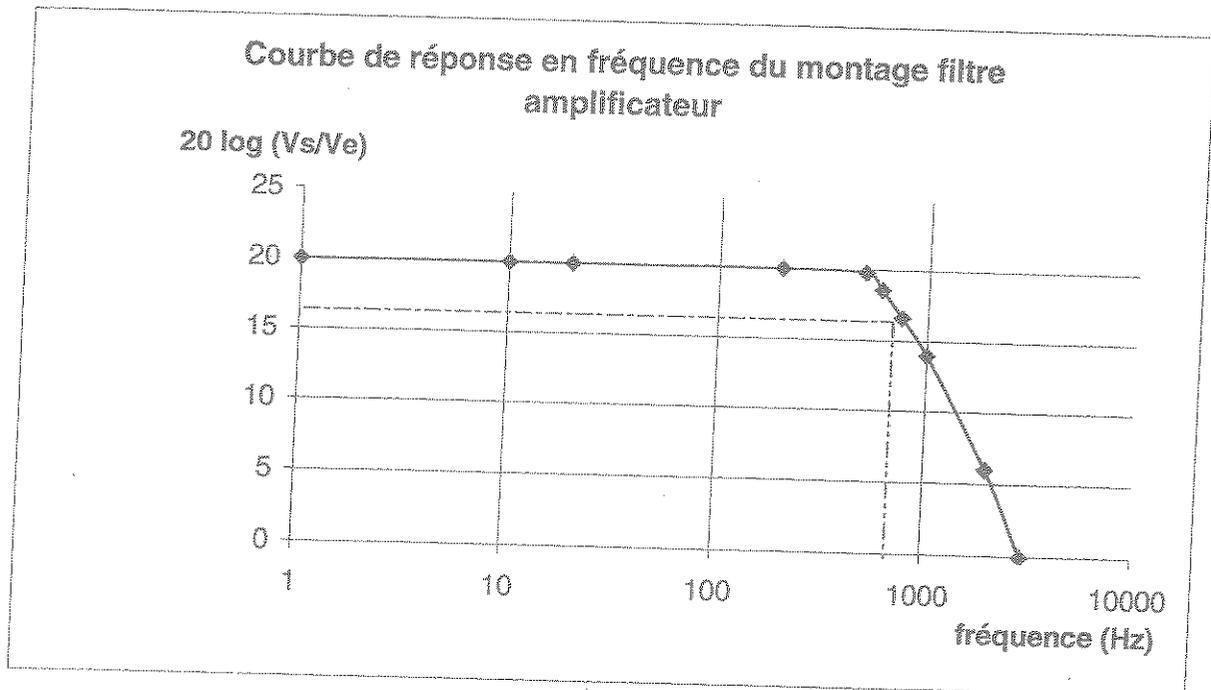


Fig. 19 : Courbe de réponse

La pente de la courbe de réponse en fréquence d'un filtre détermine l'ordre du filtre.

## IX Essais à l'Observatoire de la Côte d'Azur (OCA)

### 9.1 Le Coudé

Le Coudé est un des instruments de l'Observatoire de Nice, qui est un des sites d'implantation de l'OCA.

Cet instrument a été imaginé par Loewy en 1871. C'est une lunette de 400 mm de diamètre et de 10 m de focale ayant un foyer refroidi à l'eau.

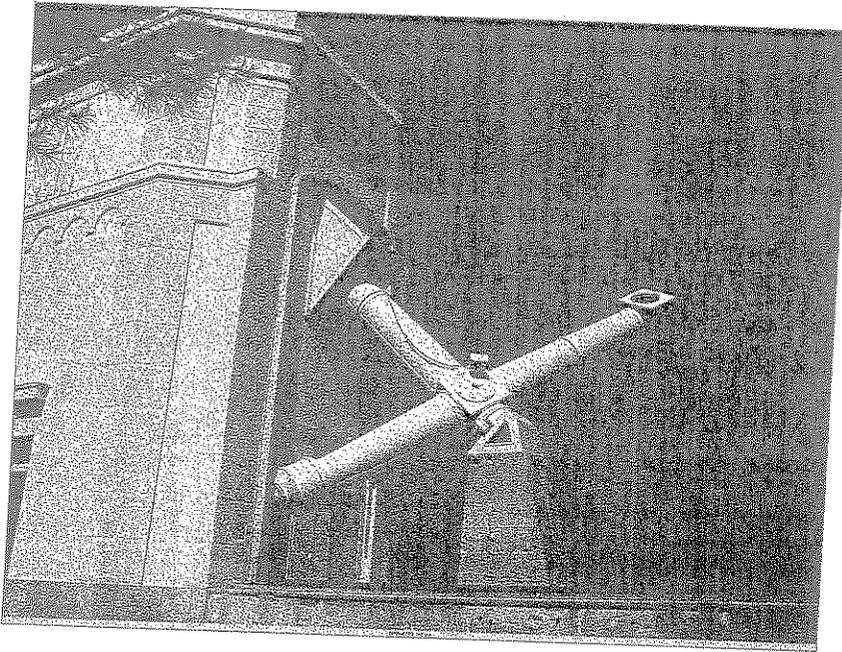
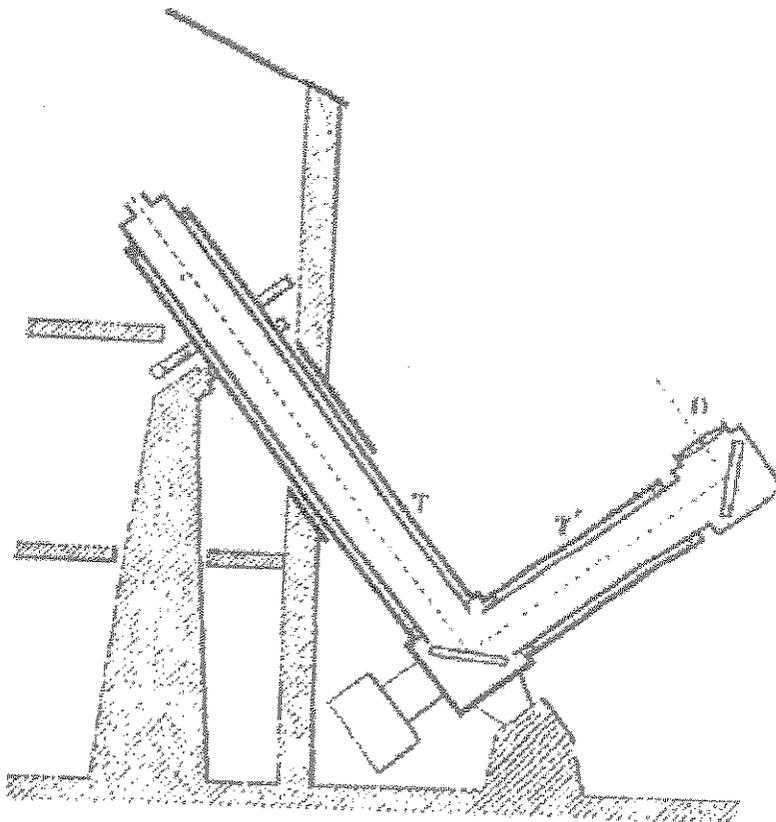


Fig. 20 : Coupole Patry



Le tube qui pèse 2.25 tonnes se présente sous la forme de deux bras perpendiculaires. Le premier, matérialisant l'axe polaire, supporte la lunette et arrive jusque dans la salle du foyer. L'objectif se trouve à une moyenne de 4 ou 5 m du sol au bout du second bras. Deux miroirs plans permettent de couder le faisceau lumineux. Quatre moteurs permettent le déplacement de l'instrument (pointage et suivi).

Fig.21 : Caractéristiques mécaniques du Coudé

## 9.2 Mesures préliminaires

Lorsque les manipulations ont été possibles, le Coudé était en panne. Pour ne pas perdre de temps, nous avons décidé de faire un premier essai la nuit. Le but étant de vérifier le bon fonctionnement du système.

Grâce à un télescope Celestron, de 2.80 mètres de focale et de diamètre 280mm (rapport d'ouverture f/10) placé sur une monture Astrophysics, nous avons pointé l'étoile Arcturus et placé le guide de lumière dans le plan focal de l'instrument.

Après stabilisation, nous avons atteint une température de  $-7.2^{\circ}\text{C}$  sur l'étrier.

Le signal issu du montage électronique fut envoyé sur la carte d'acquisition National instrument insérée dans un ordinateur.

Un problème est alors apparu : le câble National Instrument reliant la carte et le bornier fut la source d'une tension parasite de 50 Hz. Le signal était alors noyé dans ce bruit et les acquisitions faites sont inexploitable.

## 9.3 Mesures diurnes au Coudé

Des mesures ont ensuite pu être réalisées au Coudé de l'observatoire de Nice.

Les mouvements sont entièrement commandés depuis la salle d'observation (salle du foyer).

Dans cette salle, on ne voit que l'extrémité de l'instrument et il est impossible de contrôler la position de la lunette et son orientation. Le pointage se fait entièrement aux coordonnées avec assistance informatique.

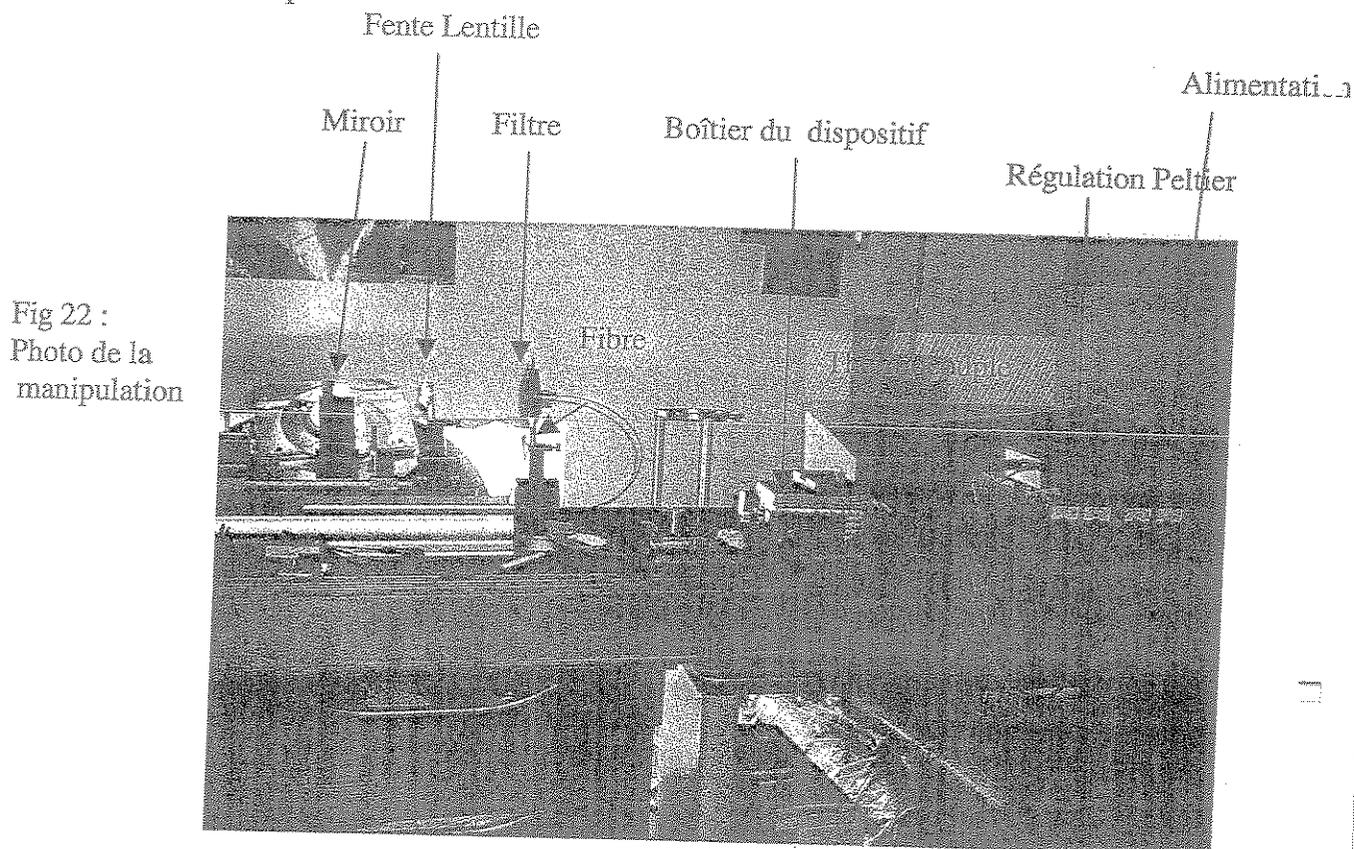
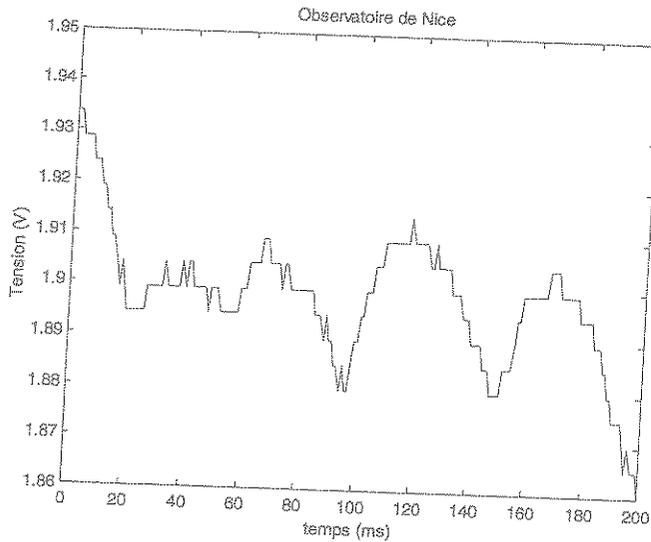


Fig 22 :  
Photo de la  
manipulation

Sur un banc optique a été placé une fente (sur le bord de l'image solaire observé au foyer P de l'instrument) accolée à une lentille de 21 cm de focale puis le filtre et le guide de lumière.

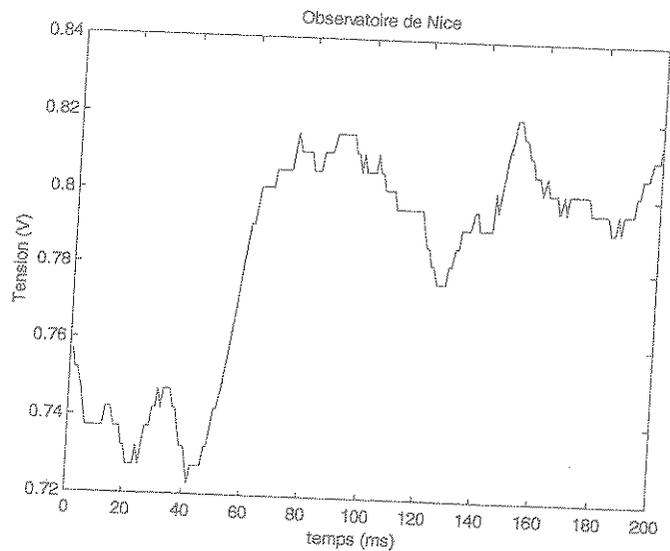
## 9.4 Résultats

Plusieurs acquisitions ont été faites dont voici quelques exemples :



Acquisition sans condensateur ni  
résistance du pont diviseur.  
Température :  $-1.6^{\circ}\text{C}$

Acquisition position 5 du pont  
diviseur (résistance de  $23\text{ K}\Omega$ )  
Température :  $-1.7^{\circ}\text{C}$ .



Ces mesures exploitables vont pouvoir être traitées par des méthodes basées sur la Transformée de Fourier.

Remarque : Nous n'avons pas eu de problèmes de 50Hz suite aux précautions prises.

## 9.5 Conclusion sur les mesures et possibilité d'avancement

Au vue des mesures effectuées, nous pouvons tirer plusieurs conclusions. Tout d'abord, j'ai pu démontrer la faisabilité évidente de ce système pour mesurer les fluctuations d'intensité lumineuse du bord solaire. En effet, le signal obtenu pourra être traité afin de déterminer les différents paramètres optiques de la couche atmosphérique.

Cependant, on pourrait vraisemblablement se dispenser du filtre car, l'ajout d'une résistance de  $111\text{M}\Omega$  en parallèle à la résistance interne de la photodiode permet d'avoir une fréquence de coupure de  $2\text{kHz}$ .

Un problème s'est posé lors des mesures : le  $50\text{Hz}$  dû à l'environnement a quelque peu gêné les mesures.

Une solution pourrait être envisagée : ajouter au montage électronique un filtre réjecteur de  $50\text{Hz}$ .

Le montage est donné ci-dessous :

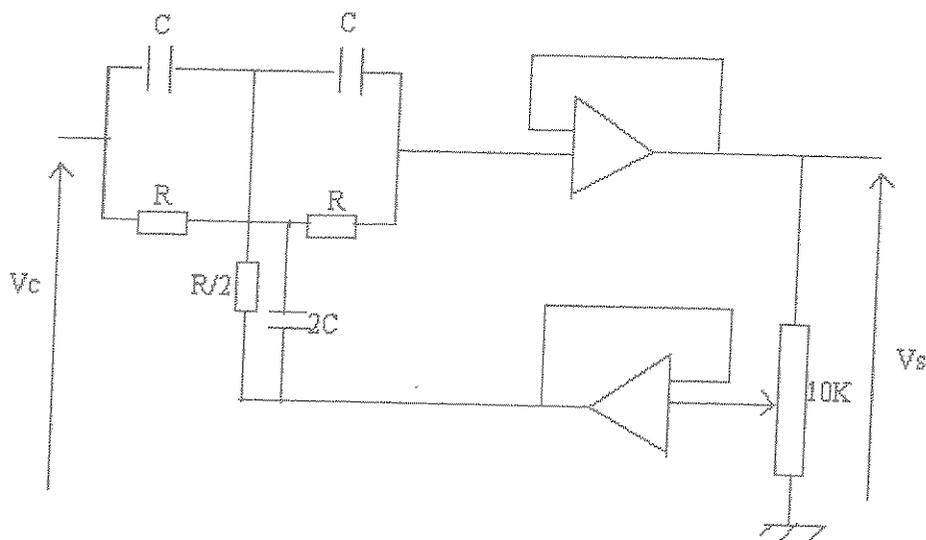
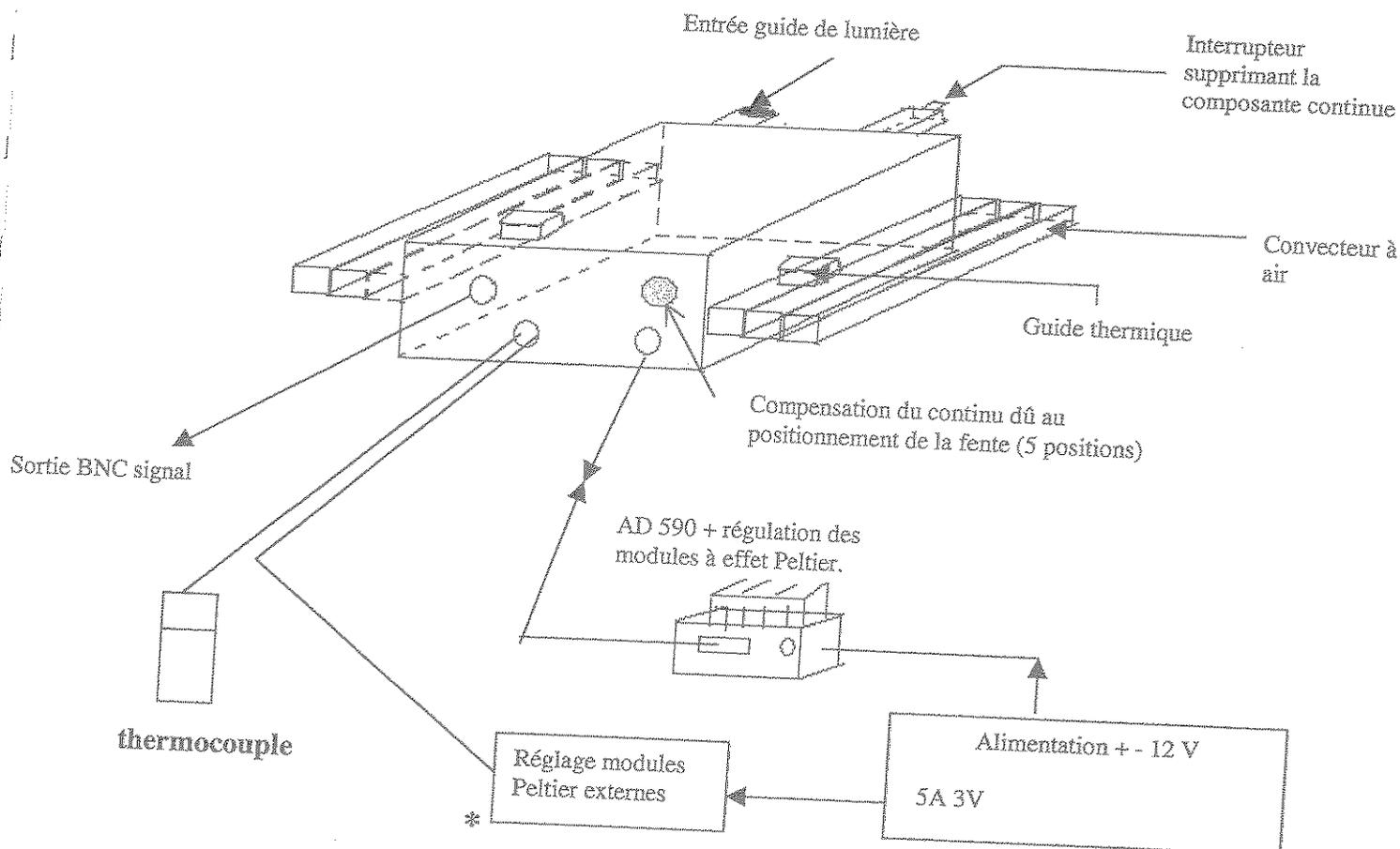


Fig. 23 : Filtre réjecteur 50 Hz

## X Pratique

Pour utiliser le montage amplificateur que j'ai réalisé démontrant la faisabilité conformément au cahier des charges, les divers branchements devront être :



\* Ce petit montage pourra être supprimé. Les modules à effet Peltier externes étant montés en série, la protection des six volts max. est assurée si l'alimentation est fixe.

# Conclusion

Le principal objectif de mon stage était de réaliser un dispositif permettant de détecter et de mesurer les très faibles variations du bord solaire dues à la turbulence atmosphérique. Cet objectif a été atteint du moins pour ce qui est de démontrer la faisabilité grâce à la fabrication d'un prototype.

Ce travail m'a permis de mettre en application l'enseignement que j'ai reçu et notamment dans les domaines des mesures thermiques, optiques, électroniques.

J'ai également pu faire l'apprentissage de nouveaux outils de travail comme internet et les logiciels de calcul Matlab.

Ce stage m'a permis de me voir confier la responsabilité d'un projet et de le mener bien au sein d'une équipe très agréable.

# Répertoire des tableaux et illustrations

Fig. 1 : Bâtiment destiné à abriter MISOLFA à l'Observatoire de la Côte d'Azur sur le plateau de Calern.	P. 12
Fig. 2 : Schéma de principe du MISOLFA	P. 14
Fig. 3 : constitution d'une fibre optique.	P. 20
Fig. 4 : Schématisation du principe de Descartes.	P. 20
Fig. 5 : Condition de réflexion totale dans la fibre optique.	P. 21
Fig. 6 : Propagation des rayons dans une fibre optique.	P. 22
Fig. 7 : Les différents types de fibres optiques.	P. 23
Fig. 8 : Caractéristiques de la photodiode.	P. 26
Fig. 9 : Schéma de l'alimentation des deux modules à effet Peltier externes.	P. 29
Fig. 10 : Caractéristiques des modules à effet Peltier.	P. 30
Fig. 10 : Schéma du pont diviseur de tension.	P.35
Fig. 11 : Schéma du pont diviseur de tension avec rapport de tension ajustable.	P. 37
Fig. 12 : Filtre.	P. 38
Fig. 13 : Schéma final	P. 39
Fig. 14 : Schéma de l'amplificateur.	P. 39
Fig. 15 : Montage final.	P. 40
Fig. 17 : Câblage de la photodiode.	P. 41
Fig. 18 : Evolution de la tension de sortie de la photodiode dans le noir en fonction de la température.	P. 43
Fig. 19 : Courbe de réponse du filtre amplificateur.	P. 44

Fig. 20 : Coupole Patry	P. 45
Fig. 21 : Caractéristiques mécaniques du Coudé	P. 45
Fig. 22 : Photo de la manipulation	P. 46
Fig. 23 : Filtre réjecteur 50 Hz	P. 47

# Liste des acronymes

MISOLFA : Moniteur d'Images SOLaires Franco-Algérien.

HRA : Haute Résolution Angulaire : regroupe des techniques telles que l'interférométrie de Michelson, l'optique adaptative,... qui ont pour but de s'affranchir des effets de la turbulence atmosphérique sur l'observation céleste.

SODISM I et II : Solar Diameter and Surface Mapper.  
satellite et télescope destinés à réaliser des images du diamètre solaire et des cartes de la surface du soleil.

RSB : Rapport Signal à Bruit.

OCA : Observatoire de la Côte d'azur.

# Bibliographie

- [1] Julien Borgnino,  
*Thèse sur l'étude de la dégradation des images astronomiques diurnes par analyse statistique des fluctuations d'angle d'arrivée.*  
1978.
- [2] Renaud Mangeret  
*Thèse sur un dispositif utilisant des fibres optiques fluorescentes pour la Détection de décharges partielles dans la matériel électrique. Optimisation des performances de la fibre.*  
1992.
- [3] Agabi Abdelkrim  
*Thèse de doctorat : G.S.M. : une expérience dédiée à la mesure des Paramètres de la cohérence des fronts d'onde en Haute Résolution Angulaire.*  
1994
- [4] Laurence Brun,  
*Rapport de stage IUT G.E.I.I.*  
1998
- [5] J.F. Gazin,  
*Manuel d'application C.I.L. Tome 1 : Les amplificateurs opérationnels*  
Edition Thomson- CSF  
1974.
- [6] R. Damaye,  
*L'amplificateur opérationnel : principes et applications.*  
Edition Radio  
1974

# Annexes

## L'équipe Misolfa

### Photos de la manipulation

### Documentations constructeurs

Photodiode S8745  
Photodiode S6204  
Module à effet Peltier  
Circuit intégré à deux amplificateurs opérationnels  
Fibre optique  
Capteur de température  
Alimentation stabilisée LM 317T  
Carte de régulation thermique  
Transistor 2N3055  
Carte d'acquisition

# LE GROUPE SCIENTIFIQUE

PRINCIPAL  
INVESTIGATEUR

Abdanour IRBAH	CRAAG
----------------	-------

CHEF DE PROJET

Pierre Assus	OCA
--------------	-----

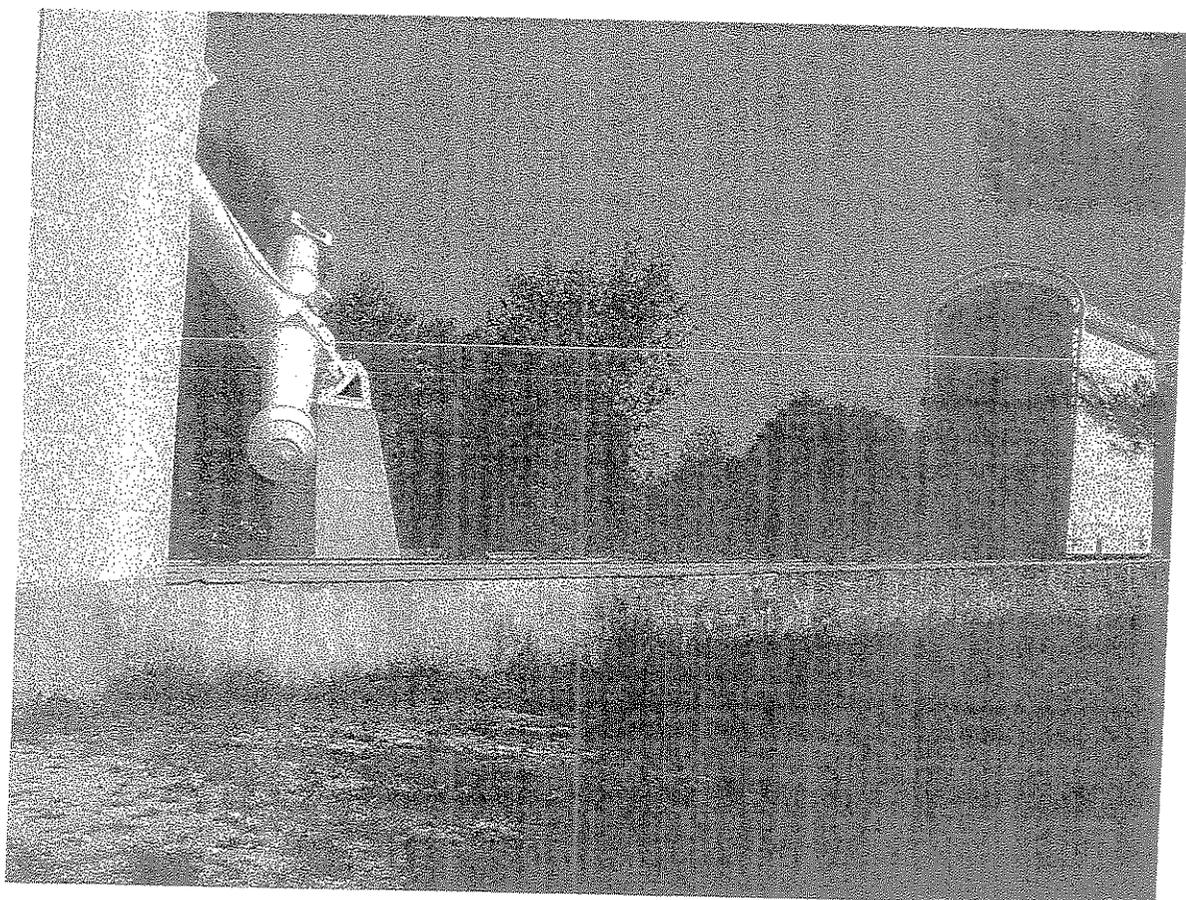
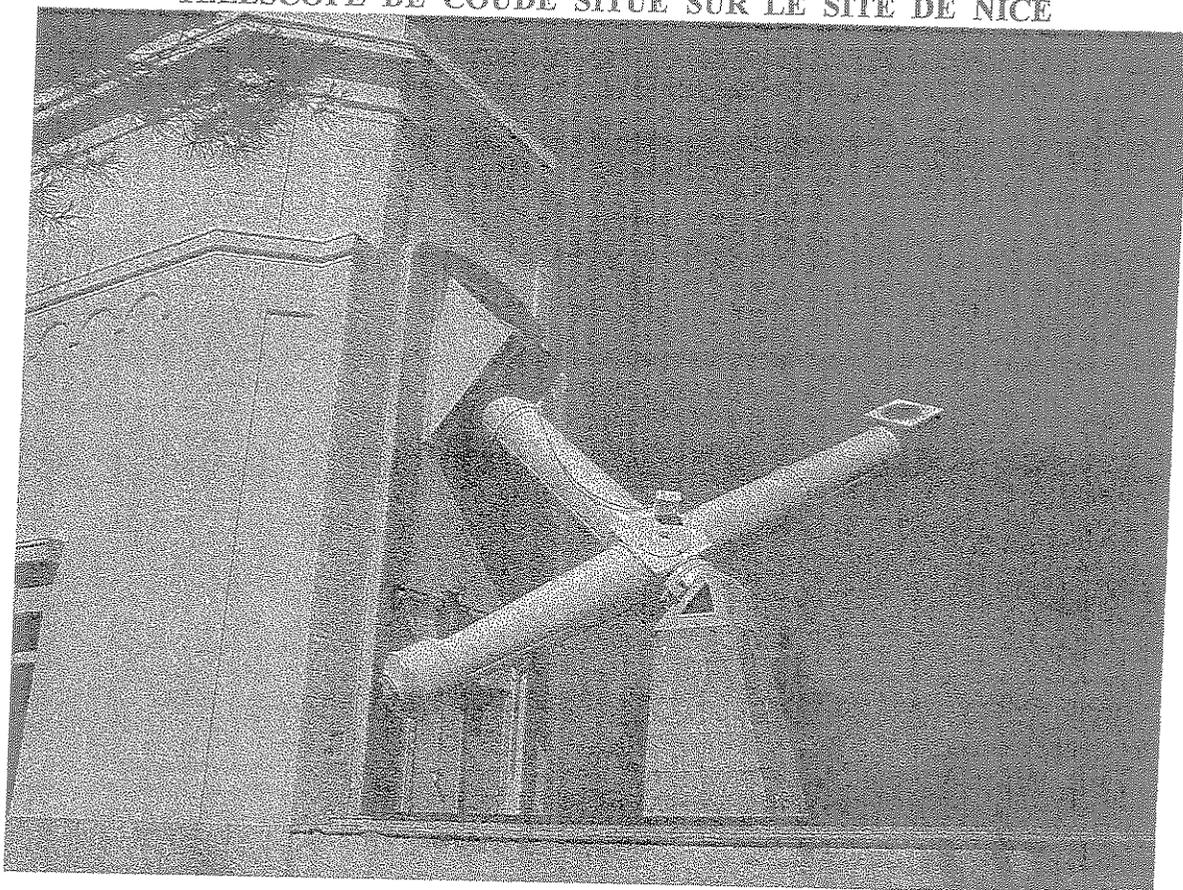
EQUIPE  
SCIENTIFIQUE

Claude Aime	UNSA
Amokrane Berdja	CRAAG
Julien Borgnino	UNSA
Mohamed Chibani	CRAAG
Lyes Lakhel	CRAAG
François Martin	UNSA

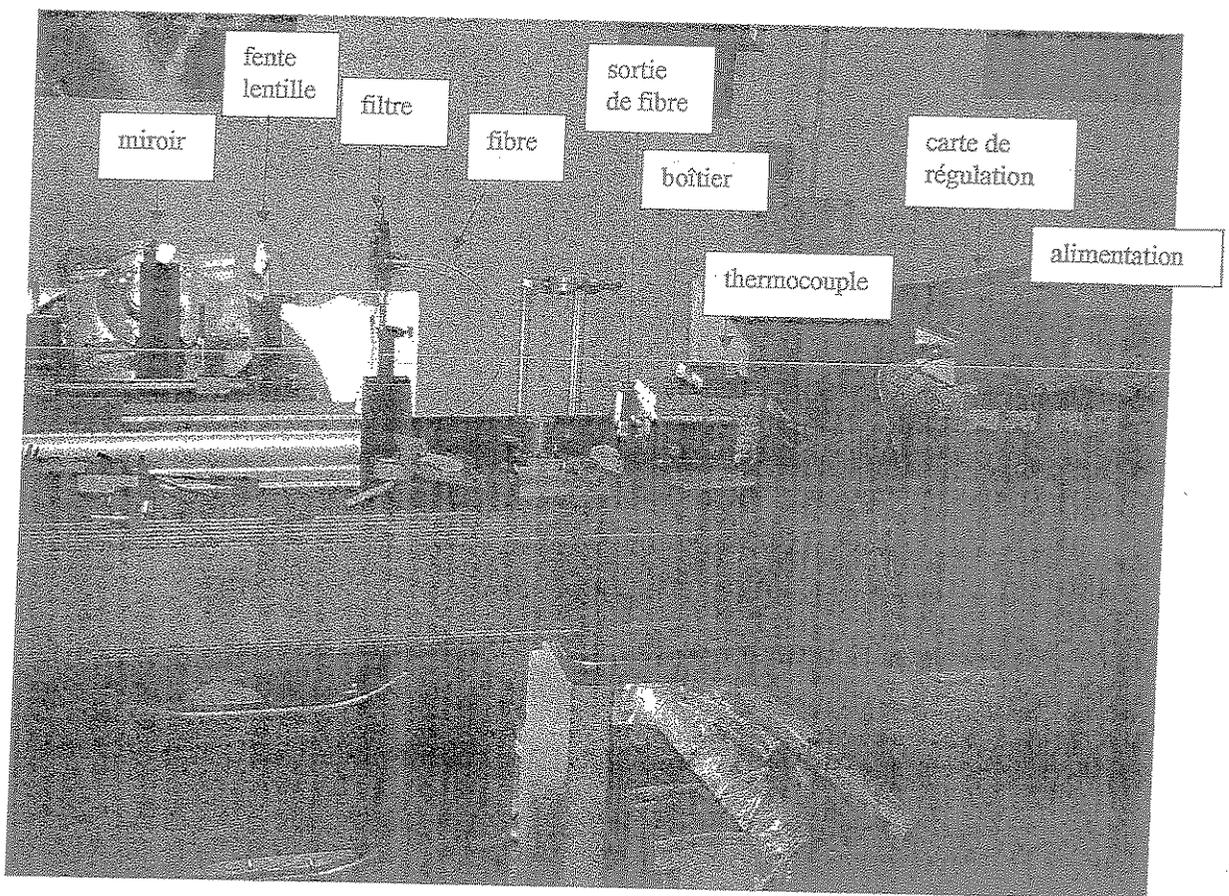
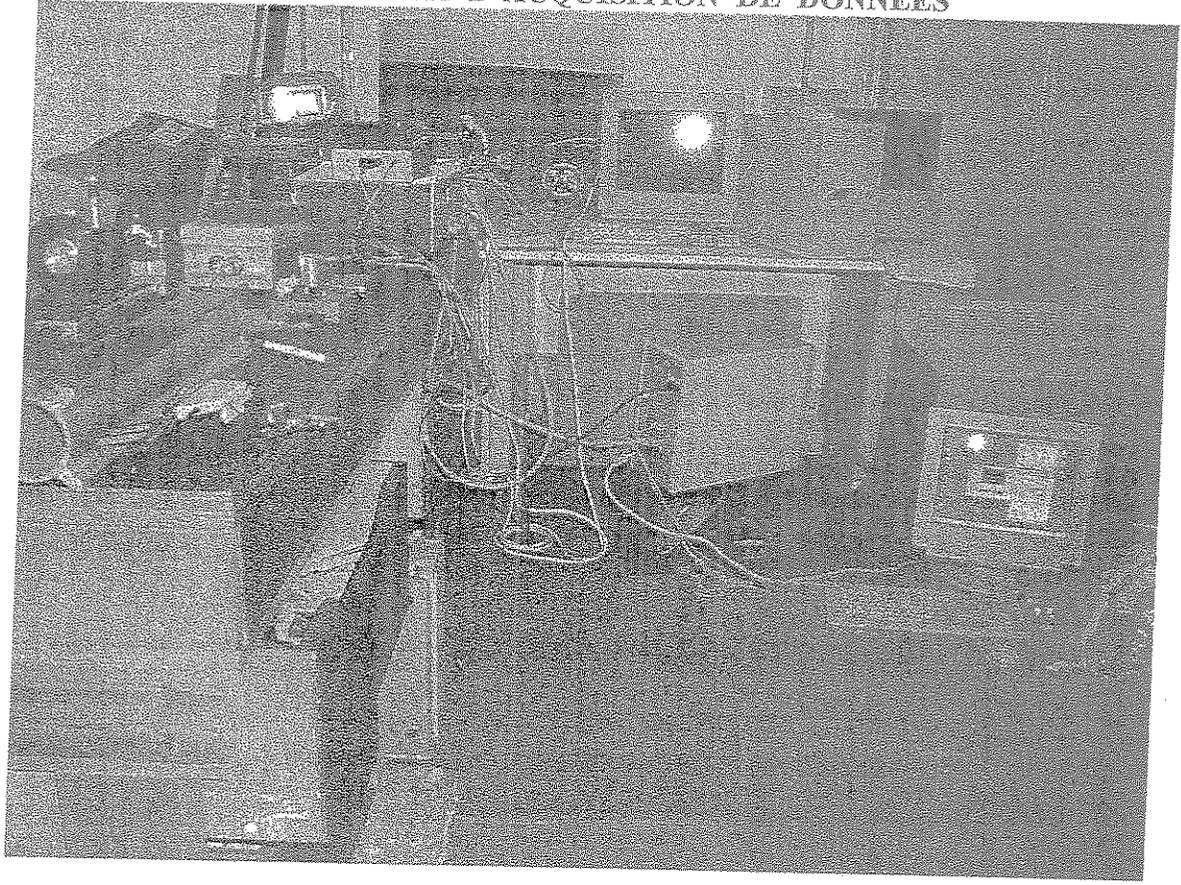
SOUTIEN  
TECHNIQUE

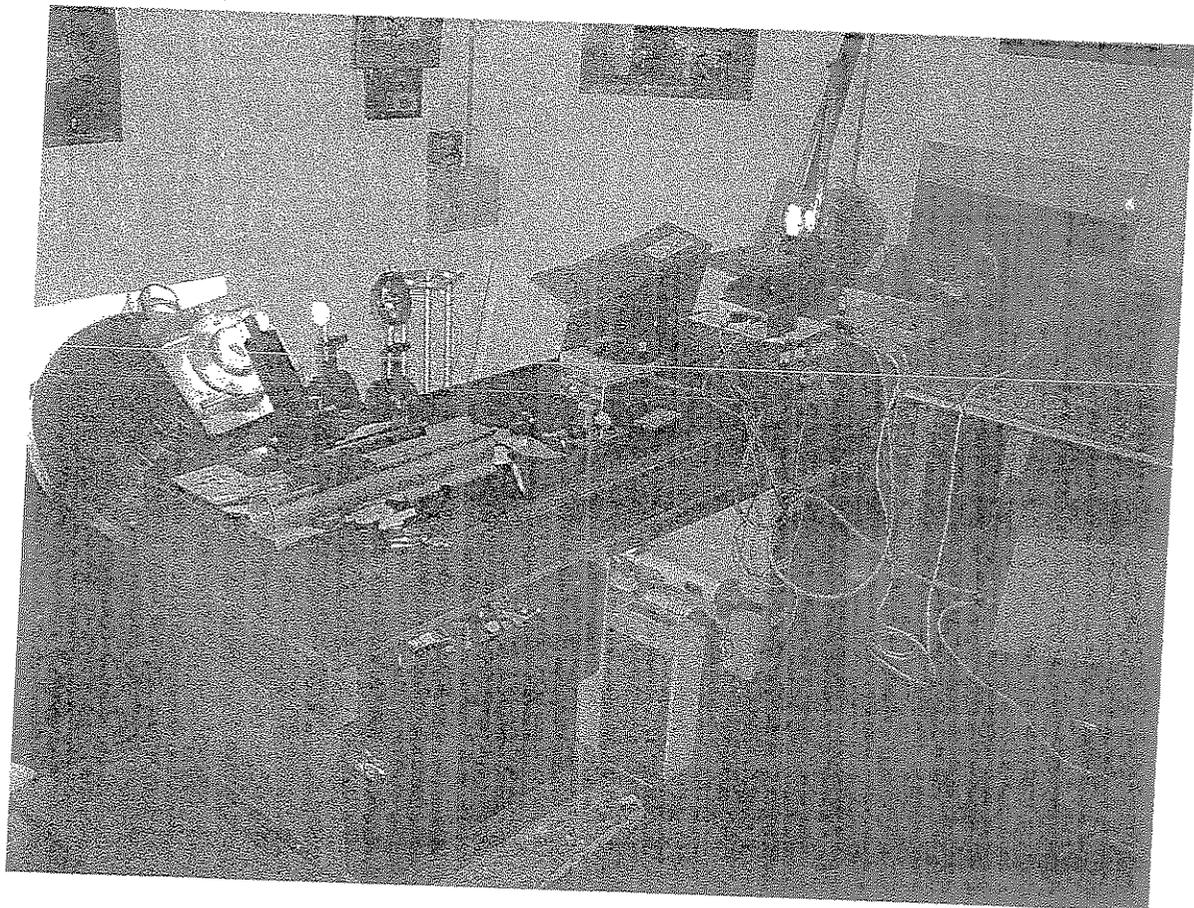
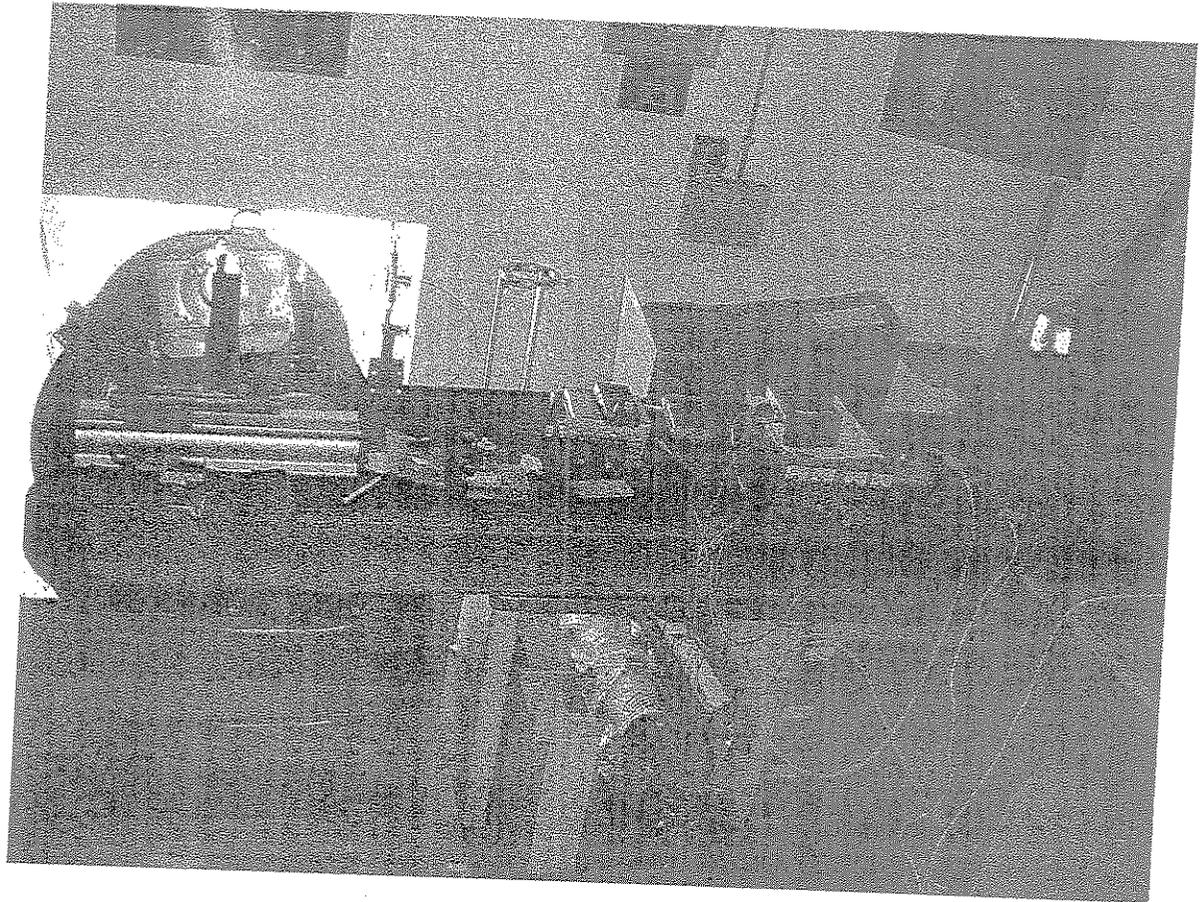
Jean Pierre Coin	OCA
Frederic Morand	OCA
Yacine Saïdi	CRAAG

TELESCOPE DE COUDE SITUE SUR LE SITE DE NICE

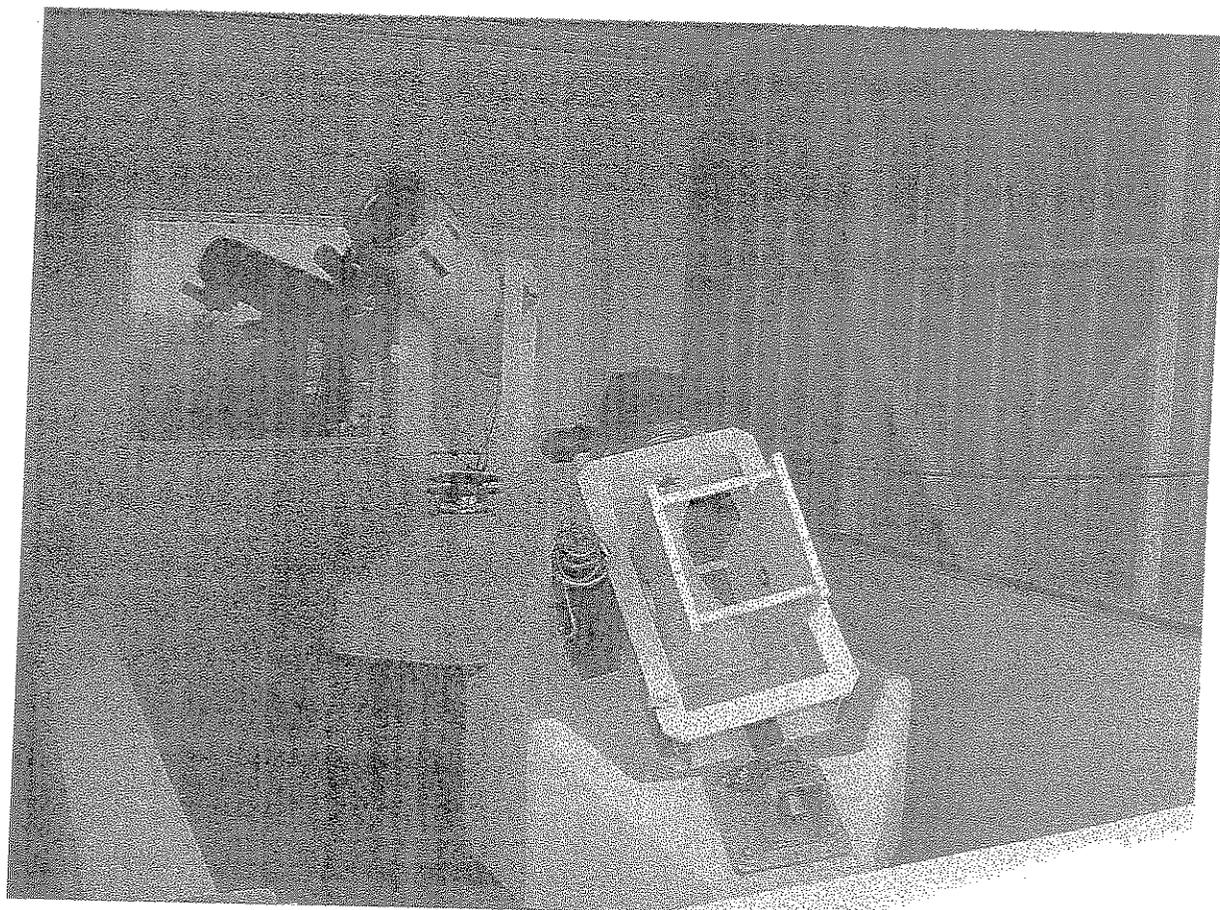


# LA CHAÎNE D'ACQUISITION DE DONNÉES





MISOLFA SITUE SUR LE SITE DE CALERN



**NEW**

PHOTODIODE

# Si photodiode with preamp S8745, S8746

Photodiode and preamp integrated with feedback resistance and capacitance

S8745, S8746 are low-noise light sensors consisting of a large area Si photodiode, op amp, and feedback resistance and capacitance, all integrated into a small package. By simply connecting to a power supply, S8745 and S8746 can be used in low-light-level measurement such as spectrophotometry.

### Features

- Si photodiode for UV to near IR precision photometry
- Small package with quartz window  
S8745: TO-5  
S8746: TO-8
- FET input operational amplifier with low power dissipation
- Built-in  $R_f=1\text{ G}\Omega$  and  $C_f=5\text{ pF}$
- Variable gain with an externally connected resistor
- Low noise and NEP
- Guard ring structure for low level signal

### Applications

- Spectrophotometry
- General-purpose optical measurement

### General ratings / Absolute maximum ratings

Type No.	Dimensional outline/ Window material *	Active area size (mm)	Package	Number of terminals	Absolute maximum ratings				
					Supply voltage (op:amp) $V_{CC}$ (V)	Reverse voltage (photodiode) $V_R$ (V)	Power dissipation P (mW) †	Operating temperature $T_{opr}$ (°C)	Storage temperature $T_{stg}$ (°C)
S8745	①/Q	2.4 × 2.4	TO-5	10	±20	5	500	-20 to +60	-30 to +80
S8746	②/Q	5.8 × 5.8	TO-8	12					

### Electrical and optical characteristics (Typ. $T_a=25^\circ\text{C}$ , $V_{CC}=\pm 15\text{ V}$ , $R_L=1\text{ M}\Omega$ , unless otherwise noted)

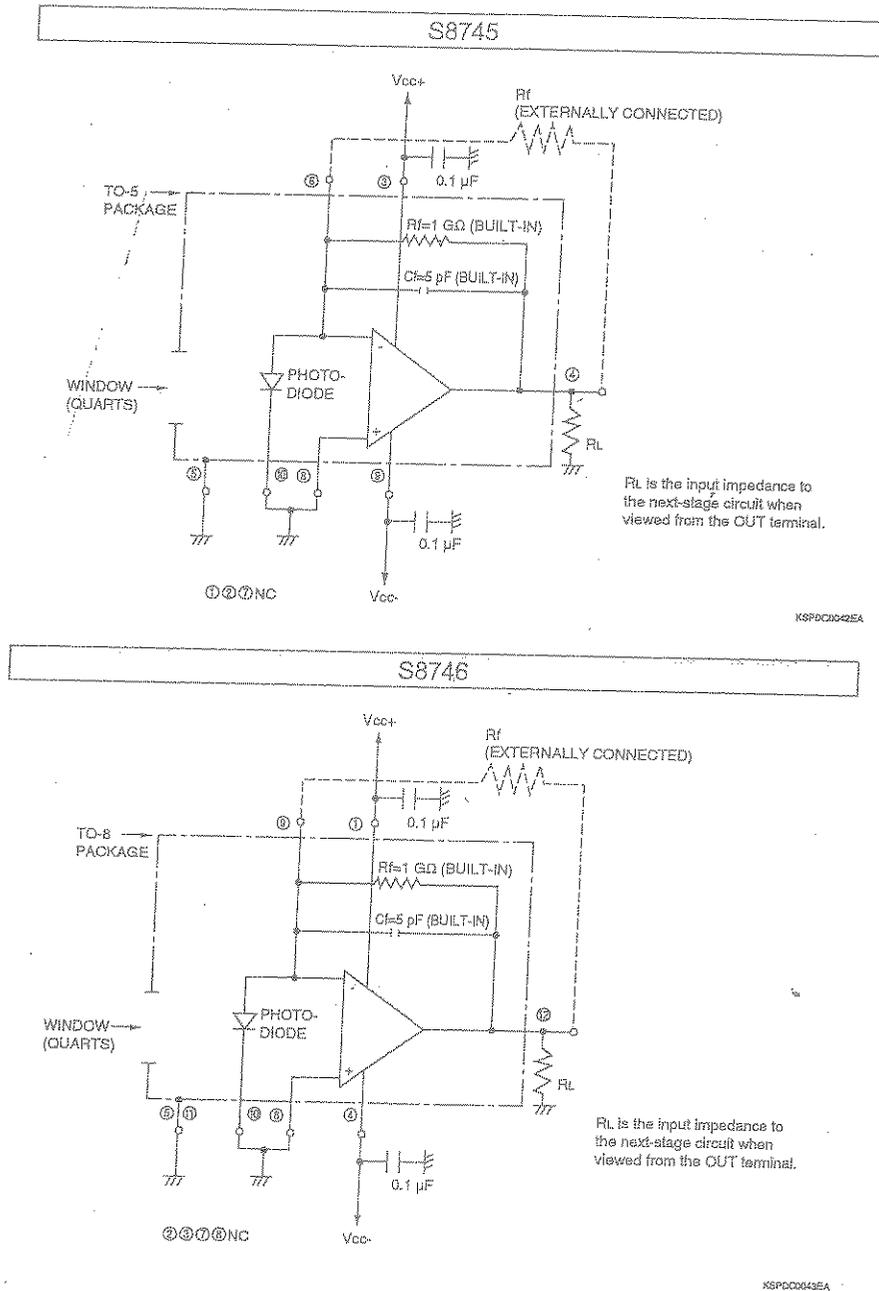
Type No.	Spectral response range $\lambda$ (nm)	Peak sensitivity wavelength $\lambda_p$ (nm)	Feedback resistance $R_f$ (built-in) (G $\Omega$ )	Feedback capacitance $C_f$ (built-in) (pF)	Photo sensitivity S (V/nW)		Output noise voltage $V_{nD}$ Dark state f=10 Hz ( $\mu\text{Vrms}/\text{Hz}^{1/2}$ )	Noise equivalent power NEP $\lambda=\lambda_p$ (fW/Hz <sup>1/2</sup> )		Output offset voltage $V_{os}$ Dark state (mV)	Cut-off frequency $f_c$ (Hz)	Supply current $I_{CC}$ Dark state (mA)
					$\lambda=200\text{ nm}$	$\lambda=\lambda_D$		f=10 Hz	f=20 Hz			
								-0.12	-0.52			
S8745	190 to 1100	960	1	5	-0.12	-0.52	6	11	11	±4	32	0.3
S8746							7	15	15			

\* Window material Q: quartz glass

SOLID STATE DIVISION

**HAMAMATSU**

Figure 5 External connection example



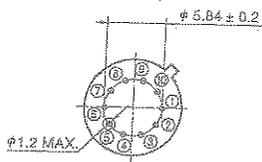
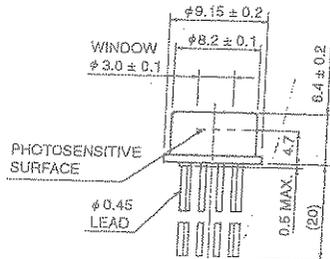
S8745 and S8746 use a package with the guard ring effect provided. To make it effective during measurement, the package leads (pin 5 for S8745; pins 5 and 11 for S8746) should be connected to the ground line.

When a feedback resistor is externally connected, it is necessary to provide a guard ring on the circuit board or to provide a teflon standoff for the leads.

Note) A tantalum or ceramic capacitor of 0.1 to 10  $\mu\text{F}$  must be connected to the supply voltage leads (pins 3 and 9 for S8745; pins 1 and 4 for S8746) as a bypass capacitor used to prevent the device from oscillation.

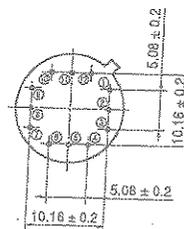
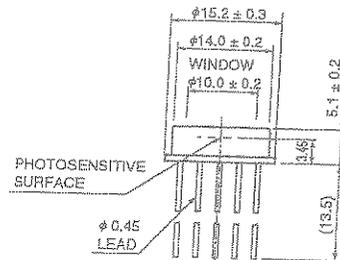
Figure 6 Dimensional outlines (unit: mm)

① S8745



- ① NC
- ② NC
- ③ Vcc+
- ④ OUT
- ⑤ CASE
- ⑥ -IN
- ⑦ NC
- ⑧ +IN
- ⑨ Vcc-
- ⑩ PD (CATHODE)

② S8746



- ① Vcc+
- ② NC
- ③ NC
- ④ Vcc-
- ⑤ CASE
- ⑥ +IN
- ⑦ NC
- ⑧ NC
- ⑨ -IN
- ⑩ PD (CATHODE)
- ⑪ CASE
- ⑫ OUT

KSPDA0149EA

KSPDA0149EA

Precautions for Use

S8745 and S8746 may be damaged or their performance may deteriorate by such factors as electro static discharge from the human body, surge voltages from measurement equipment, leakage voltages from soldering irons and packing materials. As a countermeasure against electro static discharge, the device, operator, work place and measuring jigs must all be set at the same potential. The following precautions must be observed during use:

- To protect the device from electro static discharge which accumulate on the operator or the operator's clothes, use a wrist strap or similar tools to ground the operator's body via a high impedance resistor (1 MΩ).
- A semiconductive sheet (1 MΩ to 100 MΩ) should be laid on both the work table and the floor in the work area.
- When soldering, use an electrically grounded soldering iron with an isolation resistance of more than 10 MΩ.
- For containers and packing, use of a conductive material or aluminum foil is effective. When using an antistatic material, use one with a resistance of 0.1 MΩ/cm<sup>2</sup> to 1 GΩ/cm<sup>2</sup>.

**HAMAMATSU**

Information furnished by HAMAMATSU is believed to be reliable. However, no responsibility is assumed for possible inaccuracies or omissions. Specifications are subject to change without notice. No patent rights are granted to any of the circuits described herein. ©2001 Hamamatsu Photonics K.K.

HAMAMATSU PHOTONICS K.K., Solid State Division

1126-1 Ichino-cho, Hamamatsu City, 435-8558 Japan, Telephone: (81) 053-434-3311, Fax: (81) 053-434-5184, <http://www.hamamatsu.com>

U.S.A.: Hamamatsu Corporation: 360 Footfall Road, P.O.Box 5910, Bridgewater, N.J. 08807-0910, U.S.A., Telephone: (1) 908-231-0960, Fax: (1) 908-231-1218

Germany: Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH: Arzbergerstr. 10, D-82211 Herrsching am Ammersee, Germany, Telephone: (49) 08152-3750, Fax: (49) 08152-2653

France: Hamamatsu Photonics France S.A.R.L.: 8, Rue du Saule Trapu, Parc du Moulin de Massy, 91882 Massy Cedex, France, Telephone: 33-(1) 69 53 71 00, Fax: 33-(1) 69 53 71 10

United Kingdom: Hamamatsu Photonics UK Limited: 2 Howard Court, Welwyn Garden City, Hertfordshire AL7 1BW, United Kingdom, Telephone: (44) 1707-294888, Fax: (44) 1707-325777

North Europe: Hamamatsu Photonics Norden AB: Smidesvägen 12, SE-171 41 Solna, Sweden, Telephone: (46) 8-508-031-00, Fax: (46) 8-509-031-01

Italy: Hamamatsu Photonics Italia S.R.L.: Strada della Moia, 1/E, 20020 Arese, (Milano), Italy, Telephone: (39) 02-935-81-733, Fax: (39) 02-935-81-741

# HAMAMATSU

PRELIMINARY DATA

June 1996

## Si Photodiode with Pre-amp S6204

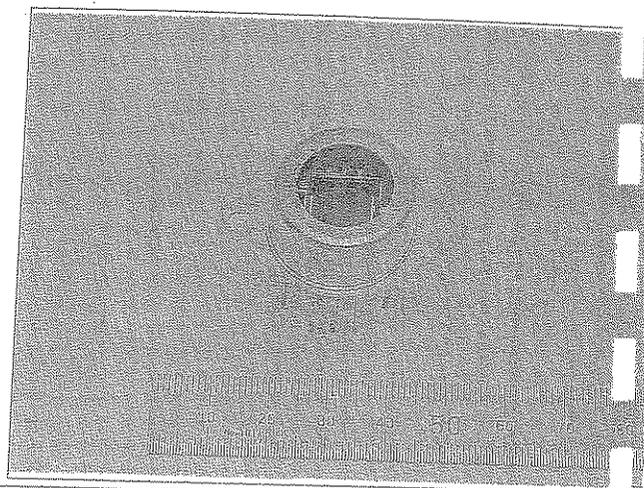
### TE-cooled type, large area (10×10 mm)

#### FEATURES

- UV to NIR Si photodiode optimized for precision photometry
- Compact hermetic package with sapphire window
- High precision FET input operational amplifier
- High gain:  $R_f=10\text{ G}\Omega$
- Low noise and excellent NEP
- High cooling efficiency
- High stability with thermistor

#### APPLICATIONS

- Spectrophotometry
- NOx sensor
- General-purpose optical measurement



The S6204 may be damaged by electro static discharge, etc. Please see Precaution for Use in the back page

The S6204 is a TE-cooled Si photodiode with operational amplifier for low-light-level detection e.g. spectrophotometry, NOx sensor. This integrates Hamamatsu UV to NIR Si photodiode and high precision operational amplifier along with a feedback resistance:  $10\text{ G}\Omega$  in the one inch metal package. A 2-stage TE-cooler enables low noise and high stability at lower temperature.

#### ■ ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Parameter	Symbol	Value
Supply Voltage (Pre-amp)	Vcc	$\pm 18\text{ V}$
Operating Temperature	Topr	$-30\text{ to }+60^\circ\text{C}$
Storage Temperature	Tstg	$-40\text{ to }+80^\circ\text{C}$
Operating Temperature (Photodiode)	Tdopr	$-30\text{ to }+60^\circ\text{C}$
TE-cooler Allowable Voltage*	Vte	5 V
TE-cooler Allowable Current	Ite	1 A
Thermistor Allowable Dissipation	Pth	0.2 mW

\* Max ripple: 10%

#### ■ RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Parameter	Symbol	Value
Supply Voltage (Pre-amp)	Vcc	$\pm 5\text{ to } \pm 15\text{ V}$
Reverse Voltage (Photodiode)	VR	0 V
TE-cooler Current	Ite	0.8 A Max.
Thermistor Dissipation	Pth	0.03 mW Max.
Load Resistance	RL	100 k $\Omega$

#### ■ ELECTRICAL AND OPTICAL CHARACTERISTICS (Typ. Vcc= $\pm 15\text{ V}$ , VR=0 V, RL=1 M $\Omega$ )

Parameter	Symbol	Condition	Ta=25°C		Unit
			Ta=25°C	Ta=-25°C	
Spectral Response Range	$\lambda$		190 to 1100		nm
Peak Sensitivity Wavelength	$\lambda_p$		960		nm
Feedback Resistance	Rf	(built-in)	10		G $\Omega$
Photo Sensitivity	S	$\lambda=200\text{ nm}$	-0.9		V/nl
		$\lambda=\lambda_p$	-4.8	-5.1	
Output Noise Voltage	Vn	Dark, f=10Hz	110	40	$\mu\text{Vrms/Hz}$
Noise Equivalent Power	NEP	$\lambda=\lambda_p, f=10\text{Hz}$	25	8	fW/Hz
Cut-off Frequency	fc	-3 dB	130		Hz
Output Offset Voltage	Vos	Dark	$\pm 10$	$\pm 2$	mV
Output Voltage Swing	Vo		-13		V
Supply Current	Icc	Dark	0.6		mA
Thermistor Resistance	Rth		9	86	k $\Omega$

Information furnished by HAMAMATSU is believed to be reliable. However, no responsibility is assumed for possible inaccuracies or omissions. Specifications are subject to change without notice. No patent rights are granted to any of the circuits described herein. ©1996 Hamamatsu Photonics K.K.

Figure 1: Spectral Response

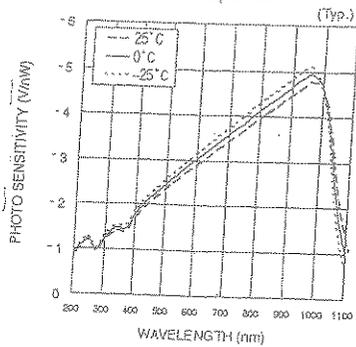


Figure 2: Frequency Response

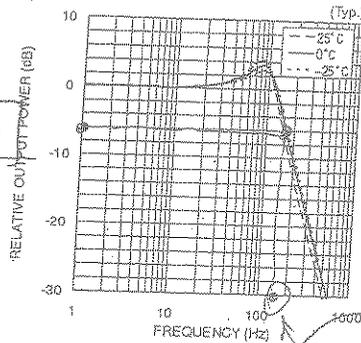


Figure 3: NEP vs. Frequency

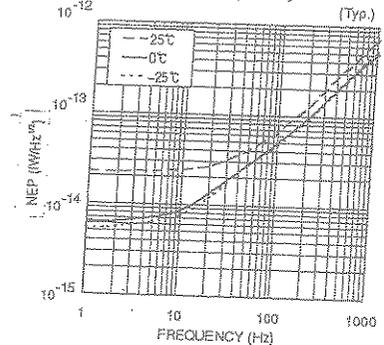


Figure 4: Output Noise Density vs. Frequency

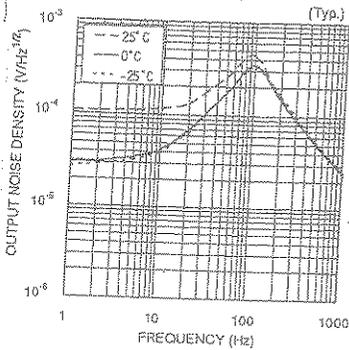


Figure 5: Detector Temperature vs. TE-cooler Current

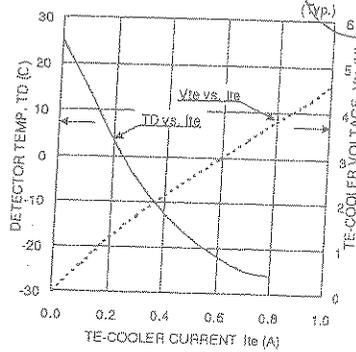


Figure 6: Thermistor Resistance vs. Temperature

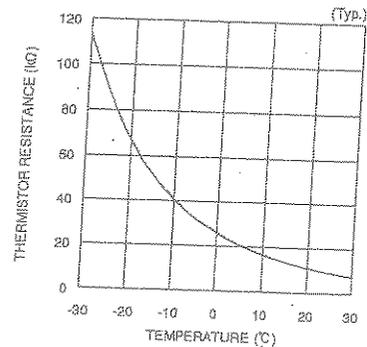
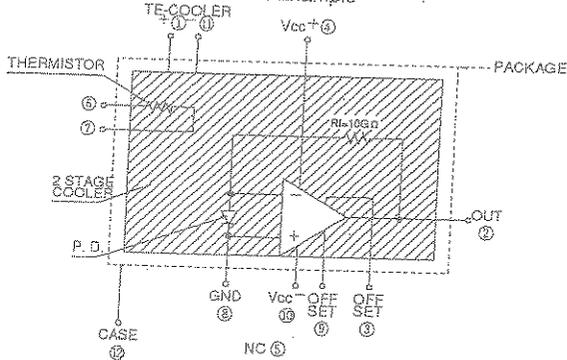


Figure 7: External Connection Example



OFFSET VOLTAGE NULLING

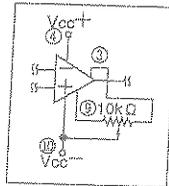
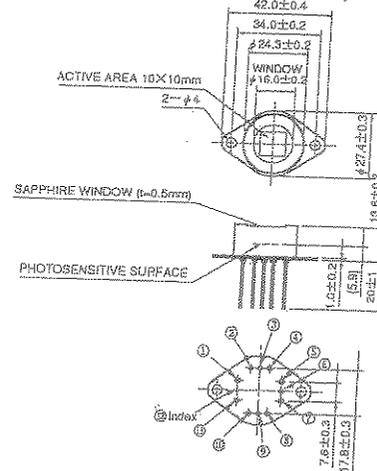


Figure 8: Dimensional Outline (Unit: mm)



A tantalum or ceramic capacitor of 0.1 to 10μF must be connected to the supply voltage leads (pins ④ and ⑩) as a bypass capacitor used to prevent the device from oscillation.

**Precautions for Use**

- ESD:**
  - The S6204 may be damaged or their performance may deteriorate by such factors as electro static discharge from the human body, surge voltage from measurement equipment, leakage voltages from soldering irons and packing materials. As a countermeasure against electro static discharge, the device, operator, work place and measuring jigs must all be set at the same potential. The following precautions must be observed during use:
    - To protect the device from electro static discharge which accumulate on the operator or the operator clothes, use a wrist strap or similar tools to ground the operator body via a high impedance resistor (1 MΩ).
    - A Semiconductive sheet (1 MΩ to 100 MΩ) should be laid on both the work table and the floor in the work area.
    - When soldering, use an electrically grounded soldering iron with an isolation resistance of more than 10 MΩ.
    - For containers and packing, use of a conductive material or aluminum foil is effective. When using an antistatic material, use one with a resistance of 0.1 MΩ/cm<sup>2</sup> to 1 GΩ/cm<sup>2</sup>.
- Strength:**
  - Thermoelectric-cooled devices may be damaged if subjected to shock, for example drop impact. Take sufficient care when handling these devices.
- Lead forming:**
  - When forming the leads, take care not to apply excessive force to the lead sealing glass. Excessive force may impair the hermetic sealing, possibly degrading the cooling capacity.
  - To form the leads, hold the roots of the leads securely with a pair of pliers and bend them.
- Heatsink:**
  - Use a heatsink with thermal resistance less than 1.3°C/W. Apply thermal grease between the thermoelectrically-cooled device and the heatsink, and fasten them with screws.
- Wiring:**
  - If the TE-cooler and operational amplifier are misconnected in reverse polarity, they may be damaged. This should therefore be avoided.

**HAMAMATSU**

HAMAMATSU PHOTONICS K.K., Solid State Division  
 126-1 Ichino-cho, Hamamatsu City, 435-81 Japan, Telephone: (81)53-434-3311, Fax: (81)53-434-5184, Telex: 4225-186HAMAHQ  
 S.A.: Hamamatsu Corporation: 360 Foothill Road, P.O.Box 6910, Bridgewater, N.J.08807-0910, U.S.A., Telephone: (1)908-231-0960, Fax: (1)908-231-1218  
 Germany: Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH: Arzbergerstr.10, D-82211 Herrsching am Ammersee, Germany, Telephone: (49)8152-375-0, Fax: (49)8152-2658  
 France: Hamamatsu Photonics France S.A.R.L.: 8, Rue du Saule Traçu Parc du Moulin de Masay 91282 Masay Cedex, France, Telephone: (33)1 69 53 71 00, Fax: (33)1 69 53 71 00  
 United Kingdom: Hamamatsu Photonics UK Limited: Lough Point, 2 Gladback Way, Windmill Hill, Enfield, Middlesex EN2 7JA, United Kingdom, Telephone: (44)181-367-3560, Fax: (44)181-367-6384  
 Sweden: Hamamatsu Photonics Norden AB: Färögatan 7, S-164-40 Kista, Sweden, Telephone: (46)8-703-29-50, Fax: (46)8-750-58-95  
 Italy: Hamamatsu Photonics Italia: Via della Moia, 1/E 20020 Aresè, (Milano), Italy, Telephone: (39)2-935 81 733, Fax: (39)2-935 81 741  
 Spain: Hamamatsu Photonics Espana: Centro de Empresas de Nuevas Tecnologías Parque Tecnológico del Vallés 08290 Cerdanyola, (Barcelona), Spain, Telephone: (34)3 582 44 30, Fax: (34)3 582 44 31

Cat. No. KSPD101r  
 Jun. 98 SI  
 Printed in Japan

# MELCOR

Over 30 years ago, MELCOR was the first to provide industry with practical thermoelectric coolers (TECs). Today, MELCOR remains the world leader, shipping more TECs around the globe than any other manufacturer. MELCOR's Frigichip® product line includes a full range of standard, single-stage TECs, as well as standard and custom multistage (cascade) TECs configured to meet the needs of specific applications. MELCOR can also provide fully configured, custom designed assemblies incorporating TECs with heatsinks, customer supplied parts, etc. MELCOR supports all of its products with extensive technical and design assistance.

## MELCOR... World Leader in Thermoelectrics

- Precision temperature control capability
- Minimum, if any, electrical noise
- DC operation
- Heat or cool by changing direction of current flow
- More than 150 standard types available, from sub-miniature, low capacity to compact, high-capacity
- Multistage cascades to -95°C, standard or designed to specifications

### Broad Spectrum of TEC Applications

MELCOR TECs have been proven for three decades in a wide range of thermal management applications, including:

- Military/aerospace applications
- Fiber-optic, photonic and laser equipment
- Computers, PC boards and electronic packaging
- Laboratory and scientific instruments
- Medical and pharmaceutical equipment
- Chilled food/beverage dispensers
- Portable refrigerators/beverage coolers for home, marine, autos, RVs, etc.
- And countless others

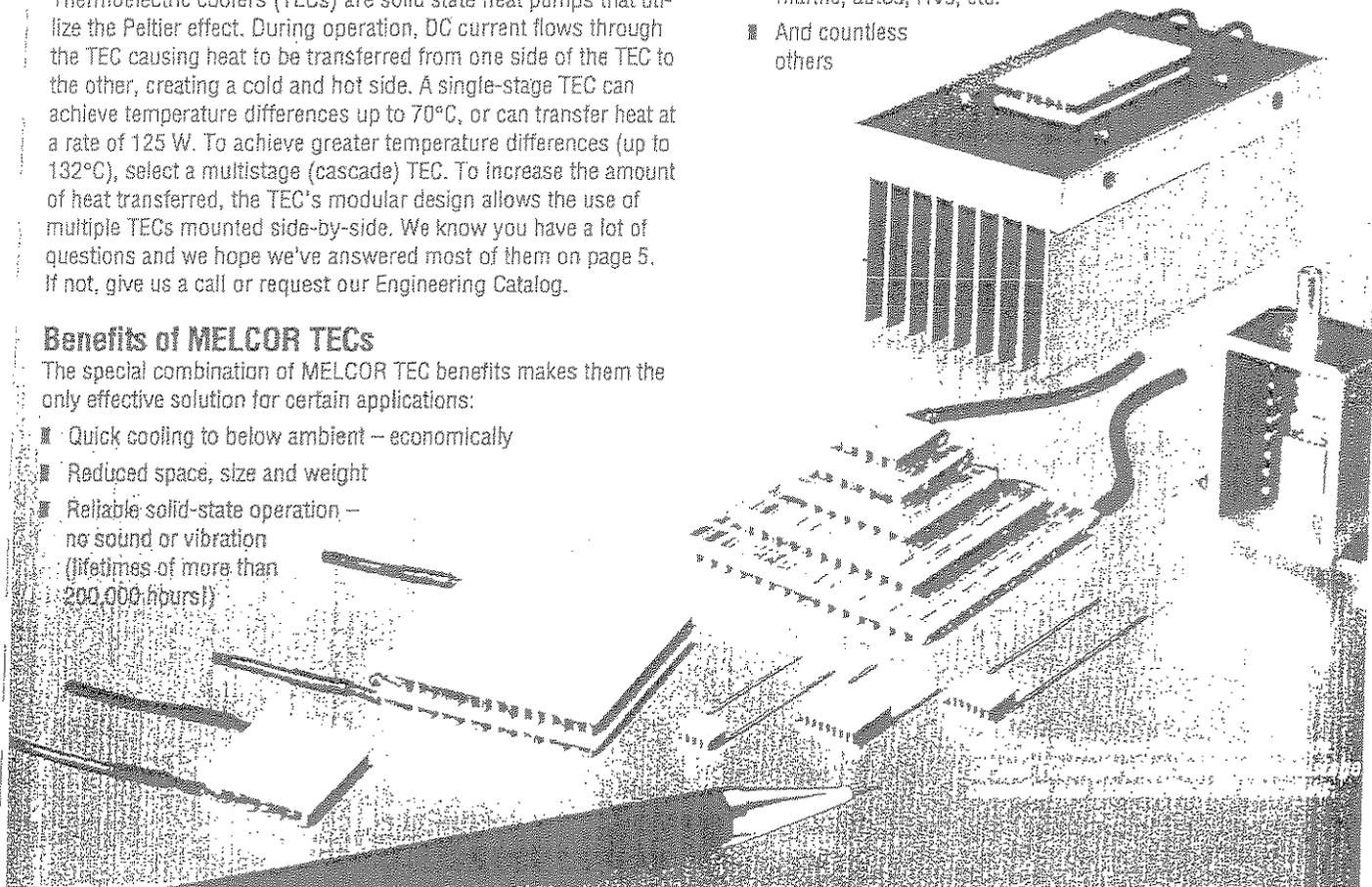
### A Brief Introduction to Thermoelectrics

Thermoelectric coolers (TECs) are solid state heat pumps that utilize the Peltier effect. During operation, DC current flows through the TEC causing heat to be transferred from one side of the TEC to the other, creating a cold and hot side. A single-stage TEC can achieve temperature differences up to 70°C, or can transfer heat at a rate of 125 W. To achieve greater temperature differences (up to 132°C), select a multistage (cascade) TEC. To increase the amount of heat transferred, the TEC's modular design allows the use of multiple TECs mounted side-by-side. We know you have a lot of questions and we hope we've answered most of them on page 5. If not, give us a call or request our Engineering Catalog.

### Benefits of MELCOR TECs

The special combination of MELCOR TEC benefits makes them the only effective solution for certain applications:

- Quick cooling to below ambient — economically
- Reduced space, size and weight
- Reliable solid-state operation — no sound or vibration (lifetimes of more than 200,000 hours!)

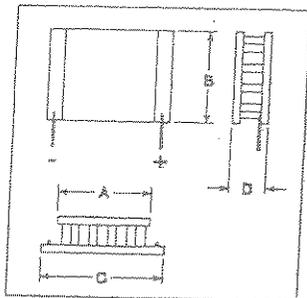


for greater temperature differentials

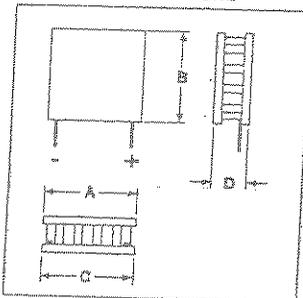


Catalog Number	I <sub>MAX</sub> (Amps)	T <sub>H</sub> = 25°C			Dimensions, mm				
		Q <sub>MAX</sub> <sup>(1)</sup> (Watts)	V <sub>MAX</sub> (Volts)	ΔT <sub>MAX</sub> (°C)	A	B	C	D	E
2 CP 040 080-7-2	2.0	0.41	0.8	91	3.5				
2 CP 040 065-31-17	2.1	3.11	3.8	81	11.5	3.5	8	8	7.4
2 CP 055 065-31-17	4.0	6.04	3.8	81	15	11.5	15	15	6.6
2 CP 085 100-31-20	5.9	9.74	3.8	77	23	15	20	20	7.2
2 CP 055 065-71-31	4.3	12.65	8.6	85	20	26	30	30	10.7
2 SC 040 050-127-63	2.8	16.05	15.5	83	30	20	30	30	7.2
2 CP 085 065-71-31	10.3	30.22	8.6	85	30	30	30	30	7.1
2 SC 055 045-127-63	6.0	34.51	15.5	83	40	30	44	44	8.9
2 SC 085 065-127-70	9.5	59.25	15.5	81	40	40	40	40	7.5
					62	62	62	62	8.9
3 CP 040 065-31-17-7	1.8	1.52	3.8	96	8	8	15	15	9.5
3 CP 040 065-127-71-31	1.8	6.48	15.4	96	15	15	30	30	9.5
3 CP 055 065-71-31-17	3.5	6.53	7.7	97	15	15	30	30	10.4
3 CP 055 065-127-71-31	3.5	12.58	15.4	96	20	20	40	40	10.4
3 CP 085 065-71-31-17	8.4	15.60	7.7	97	22	22	44	44	12.9
4 CP 040 080-64-26-11-6	1.4	1.08	6.8	110	4	11	16	23.6	14.0
4 CP 040 080-31-17-7-2	1.5	0.47	3.8	114	3.5	3.5	15	15	14.0
4 CP 040 065-71-31-17-7	1.7	1.66	7.9	110	8	8	23	23	12.5
4 CP 055 065-69-29-11-6	3.4	2.68	7.5	112	4.5	14.5	24	33	13.8
4 CP 040 080-127-71-31-17	1.3	2.87	14.6	107	11.5	11.5	30	30	14.0
4 CP 055 065-127-71-31-17	3.1	6.84	14.6	107	15	15	40	40	13.8
5 CP 040 065-127-71-31-17-7	1.6	1.74	14.5	118	8	8	30	30	15.4
5 CP 055 065-127-71-31-17-7	3.0	3.37	14.5	118	10	10	40	40	16.9
6 CP 040 065-127-71-31-17-7-2	1.5	0.63	14.5	131	3.5	3.5	30	30	18.3
6 CP 055 065-127-71-31-17-7-2	3.0	1.22	14.5	131	5	5	40	40	20.1

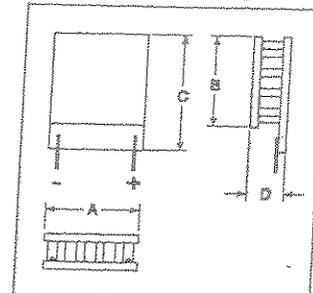
FC SERIES - STANDARD



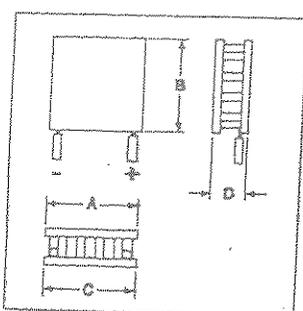
FC SERIES - OPTION ONE



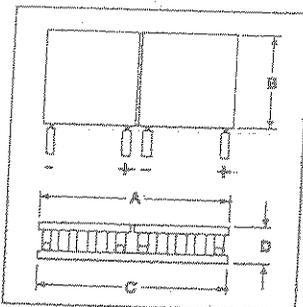
FC SERIES - OPTION TWO



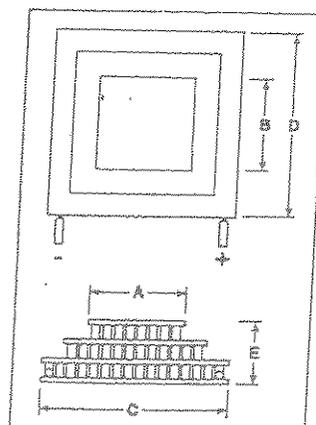
CP SERIES



\*CP...-254...



These modules have four leads and can be wired in series or parallel. The Specifications table indicates maximum values for V and I when "Wired in Series"/"Wired in Parallel."



Interfacing:

Both hot and cold faces lapped flat, TYPE L. Both faces metallized and lapped, TYPE TT.  
 Hybrid, hot face lapped, cold face lapped, TYPE TL. Hot face lapped, cold face lapped, TYPE LT.  
 Two face soldering (Type TT) in sizes larger than 12 x 12 mm is not recommended.  
 Consult MELCOR for details.

Wire Standards:

Module Type	Wire Gauge (AWG)	Module Type	Wire Gauge (AWG)
FC 0.45-ALL	32	CP 2-ALL	18
FC 0.6-ALL	30	CP 2.B-ALL	16
FC 0.65-ALL	30	CP 5-...-10	14
CP 0.8-ALL	26	CP 5-...-06	12
CP 1.0-ALL	24	CP...-254...	Contact MELCOR
CP 1.4-ALL	18	Multistage	Contact MELCOR

Notes:

- (1) Q<sub>MAX</sub> rated values at ΔT = 0°, I<sub>MAX</sub> and V<sub>MAX</sub>, T<sub>H</sub> = 25°C
- (2) Thickness (D) for Type L only.

Default/Units:

- I<sub>MAX</sub> Input current resulting in greatest ΔT (ΔT<sub>MAX</sub>) (Amps)
- N Number of thermocouples (p- and n-type pairs)
- Q<sub>MAX</sub> Maximum amount of heat that can be absorbed at cold face (occurs at I = I<sub>MAX</sub>, ΔT = 0) (Watts)
- T<sub>H</sub> Temperature of the TEC hot face during operation (°C)
- ΔT<sub>MAX</sub> Maximum temperature difference a TEC can achieve (occurs at I = I<sub>MAX</sub>, Q<sub>c</sub> = 0) (°C)
- V<sub>MAX</sub> Voltage at ΔT<sub>MAX</sub>

For all FC Series modules, wire is solid, uninsulated and 50 mm (2.0 in.) long.  
 For all CP Series modules, wire is stranded, 114 mm (4.5 in.) long and PVC insulated.

# MPS2222, MPS2222A

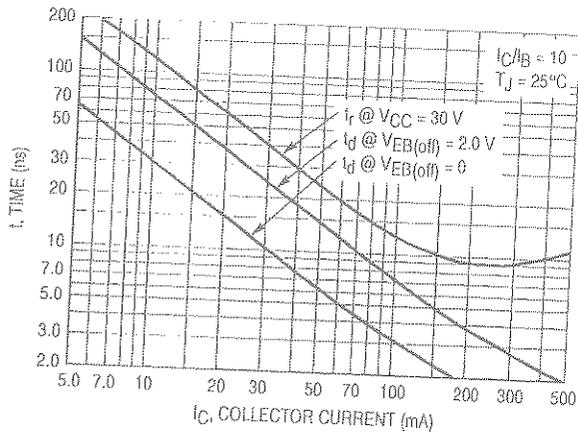


Figure 5. Turn-On Time

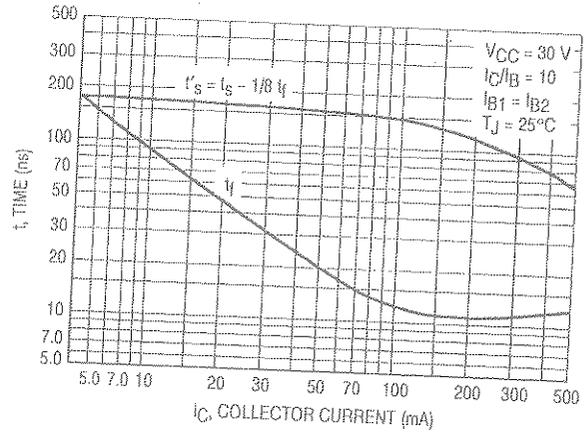


Figure 6. Turn-Off Time

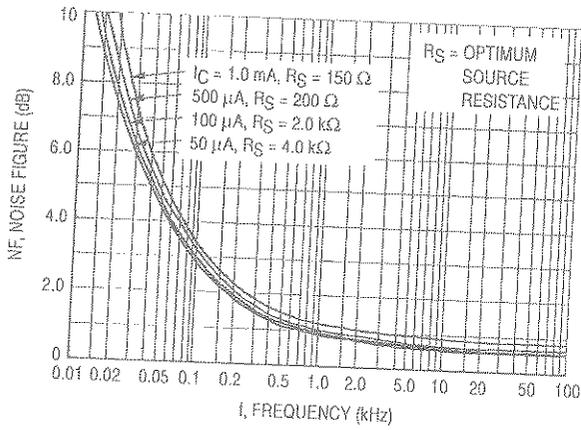


Figure 7. Frequency Effects

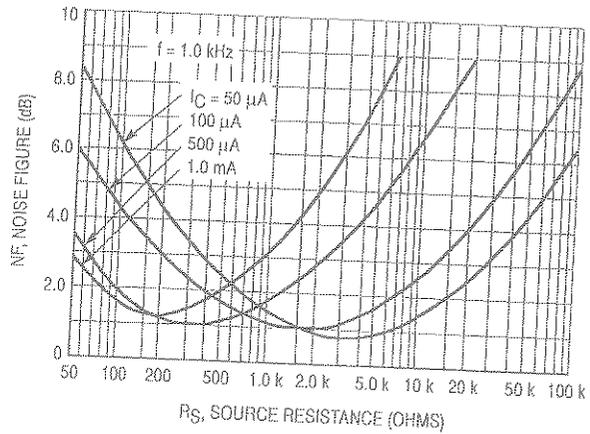


Figure 8. Source Resistance Effects

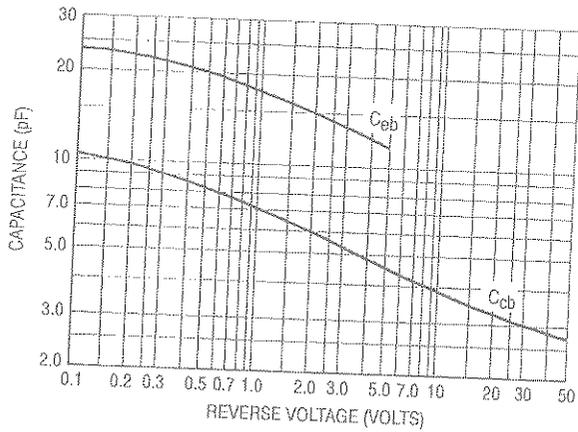


Figure 9. Capacitances

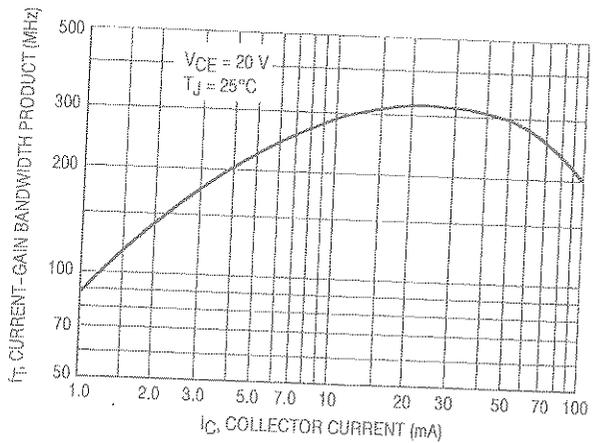


Figure 10. Current-Gain Bandwidth Product

MPS2222, MPS2222A

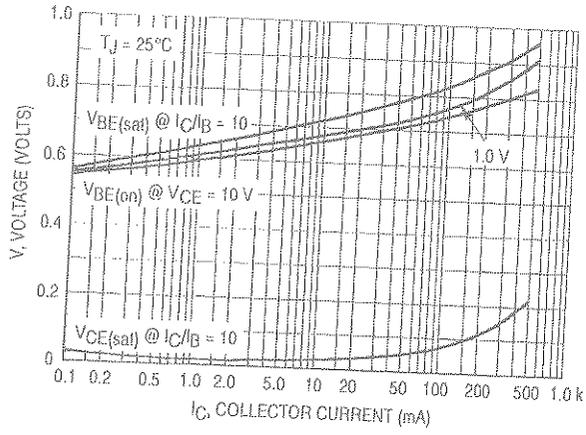


Figure 11. "On" Voltages

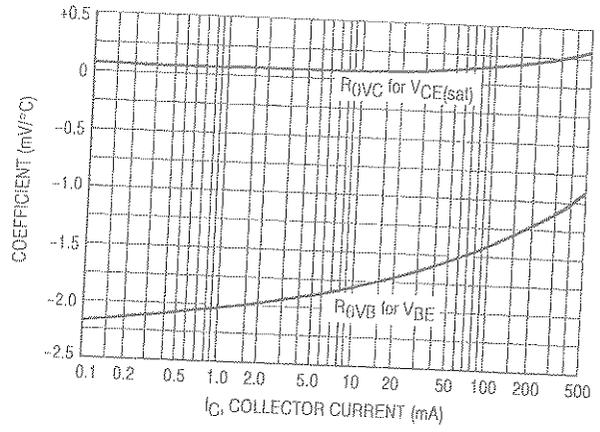
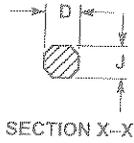
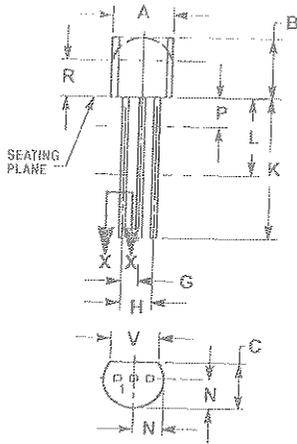


Figure 12. Temperature Coefficients

# MPS2222, MPS2222A

## PACKAGE DIMENSIONS

TO-92  
TO-226AA  
CASE 29-11  
ISSUE AL



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.43	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.016	0.021	0.407	0.533
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.38	0.50
K	0.500	----	12.70	----
L	0.250	----	6.35	----
N	0.089	0.105	2.04	2.66
P	----	0.100	----	2.54
R	0.115	----	2.93	----
V	0.135	----	3.43	----

STYLE 1:

1. EMITTER
2. BASE
3. COLLECTOR

STYLE 14:

1. EMITTER
2. COLLECTOR
3. BASE

## MPS2222, MPS2222A

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

### PUBLICATION ORDERING INFORMATION

#### Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: [ONlit@hibbertco.com](mailto:ONlit@hibbertco.com)

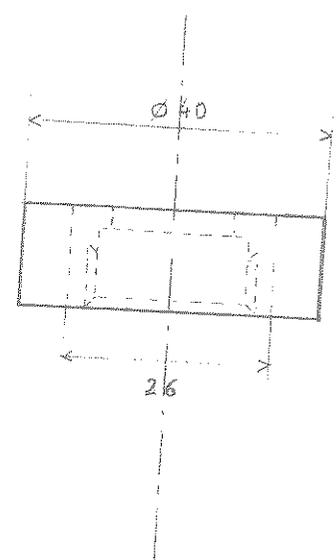
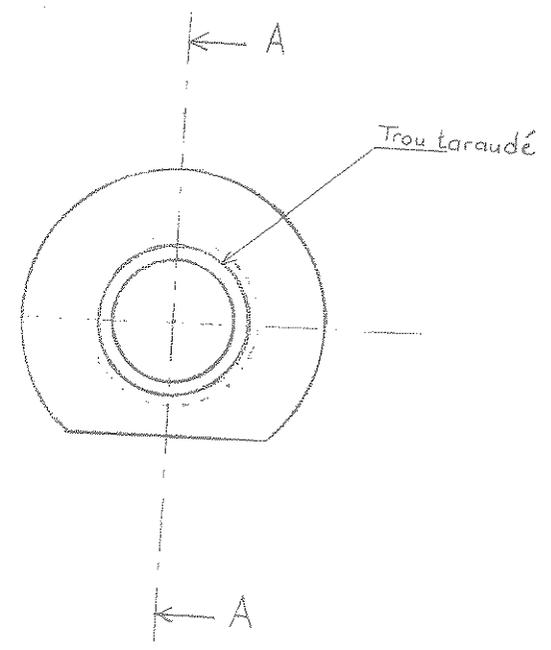
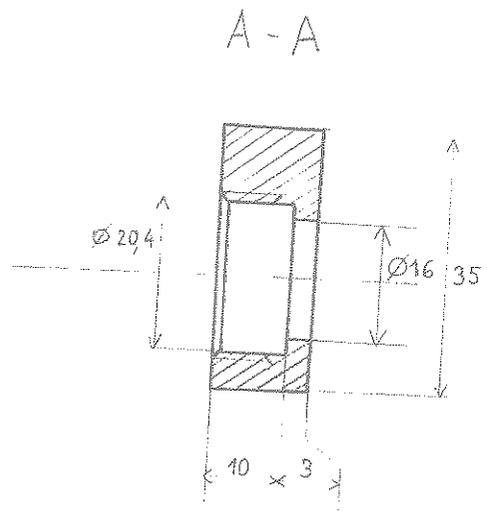
N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center  
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031  
Phone: 81-3-5740-2700  
Email: [r14525@onsemi.com](mailto:r14525@onsemi.com)

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local  
Sales Representative.

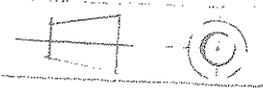
MPS2222/D



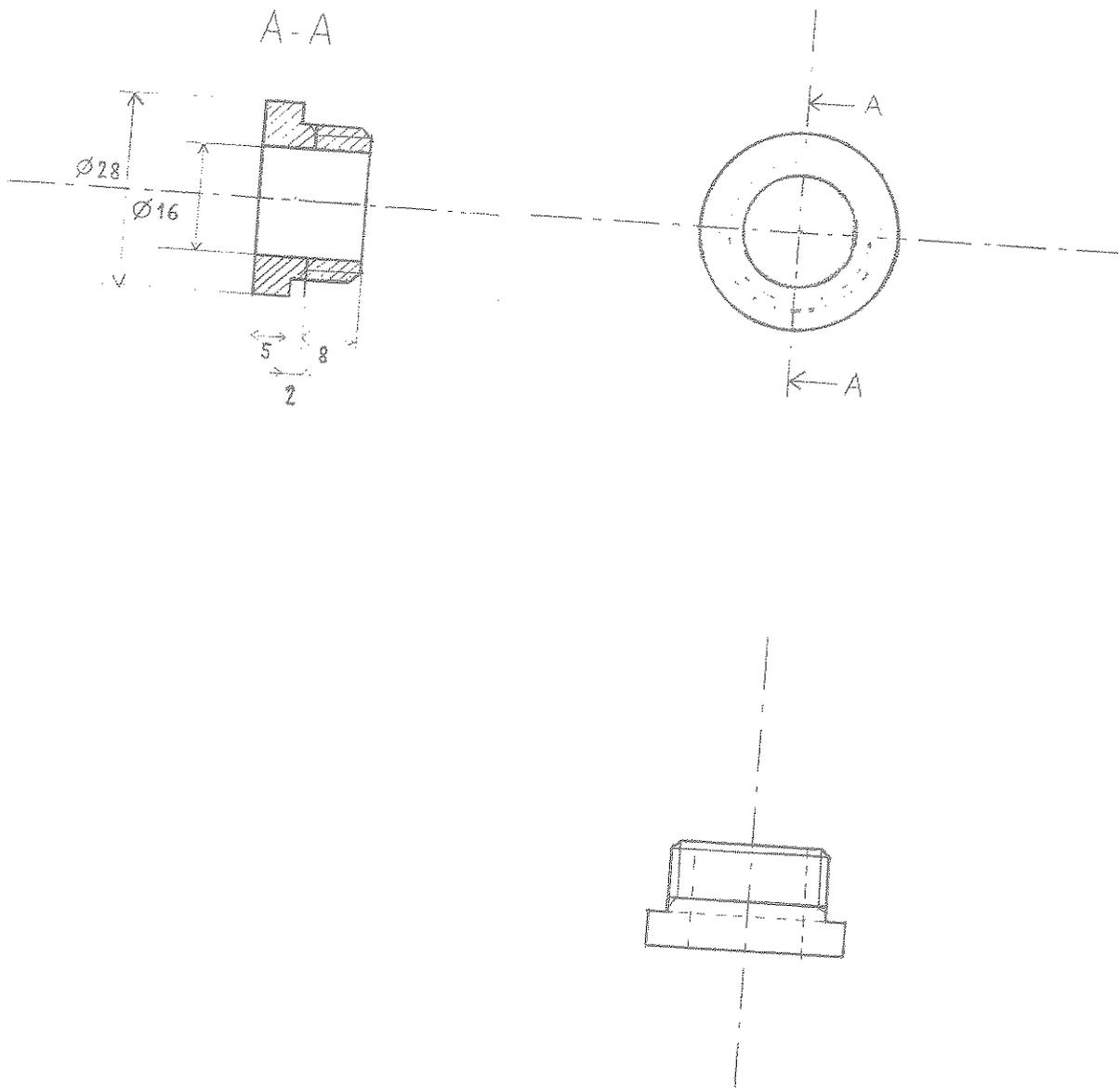
Echelle 1.1

A 4

SUPPORT DE LENTILLE

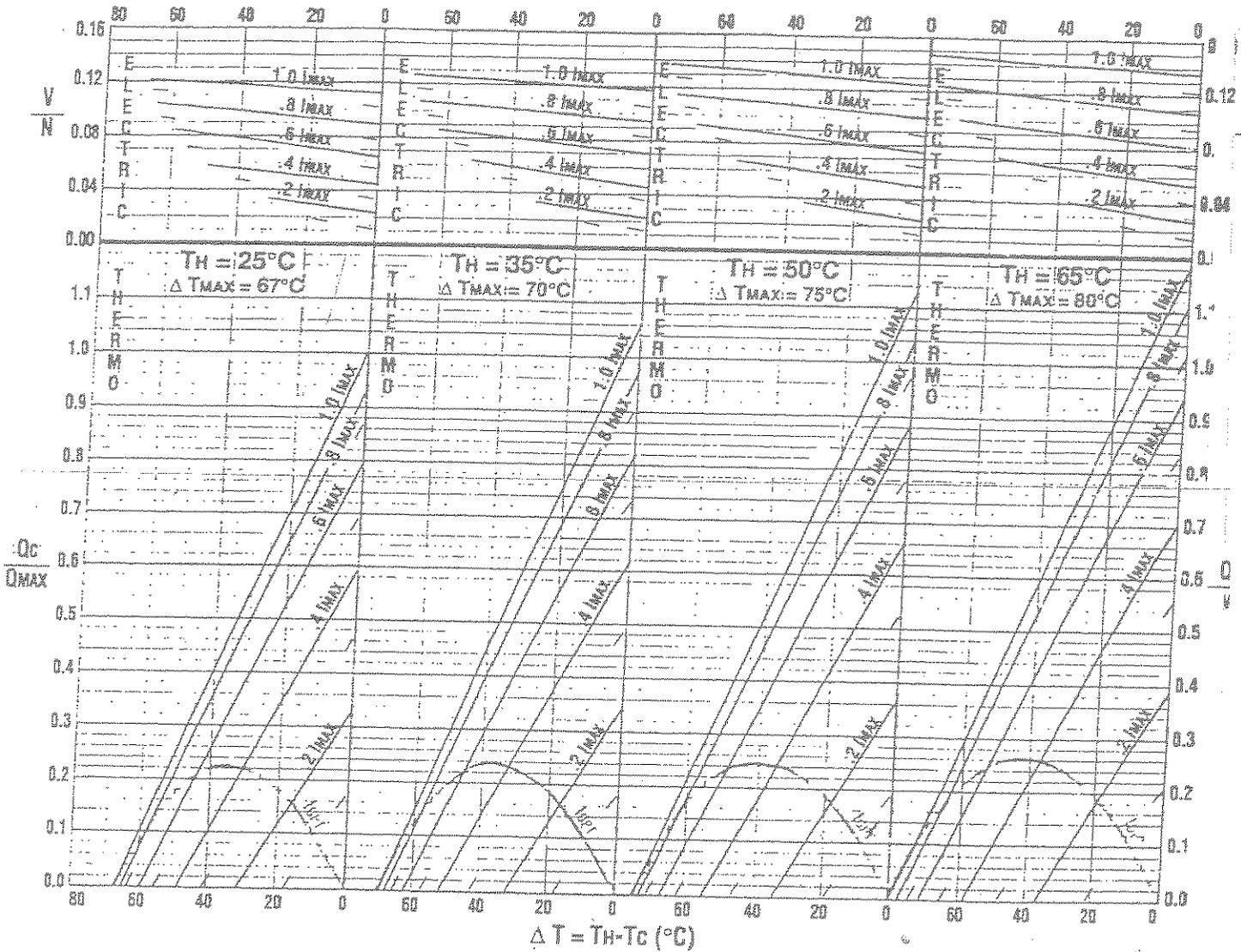


CEDRS  
Alexandre



		CEDRO Alexandre

# Selection/Performance (S/P) Graphs



I	Input current [Amps]	Qc	Amount of heat absorbed at cold face of TEC [Watts]	ΔT	Temperature difference between TEC faces, Th - Tc
I <sub>OPT</sub>	Optimum (most efficient) input current required for a given ΔT [Amps]	Q <sub>MAX</sub>	Maximum amount of heat that can be absorbed at cold face (occurs at I = I <sub>MAX</sub> , ΔT = 0) [Watts]	ΔT <sub>MAX</sub>	Maximum temperature difference a TEC can achieve (occurs at I = I <sub>MAX</sub> , Qc = 0) [°C]
I <sub>MAX</sub>	Input current resulting in greatest ΔT (ΔT <sub>MAX</sub> ) [Amps]	Tc	Temperature of the TEC cold face during operation [°C]	V	Input Voltage [Volts]
N	Number of thermocouples (p- and n-type pairs)	Th	Temperature of the TEC hot face during operation [°C]	V <sub>MAX</sub>	Voltage at ΔT <sub>MAX</sub>

## TEC SELECTION

(Use the *Thermo* section of S/P Graph)

Before beginning the TEC selection process, three application parameters must be known: Th, Tc and Qc. For this example, Th = 37°C, Tc = 5°C and Qc = 30 W.

1. Calculate  $\Delta T = Th - Tc$ .  $\Delta T = 37 - 5 = 32^\circ C$
2. Choose the S/P Graph with  $Th \leq Th$  of the application; read  $\Delta T_{MAX}$ . (If the application's  $\Delta T \geq \Delta T_{MAX}$ , a multistage TEC is required. Contact a MELCOR application engineer for assistance.) Select S/P Graph with  $Th = 35^\circ C$ ;  $\Delta T_{MAX} = 70^\circ C$ .
3. Locate  $\Delta T$  at the top or bottom of the selected graph. At  $\Delta T$ , draw a vertical line through the entire graph. Draw vertical line at  $\Delta T = 32^\circ C$ .
4. Locate intersection of  $\Delta T$  and I<sub>OPT</sub> curve. Read I<sub>OPT</sub>. At  $\Delta T = 32^\circ C$ , I<sub>OPT</sub> = 0.4 I<sub>MAX</sub>.
5. Select an operating current (I<sub>SELECT</sub>) between I<sub>OPT</sub> and I<sub>MAX</sub>. When there are no special design constraints, a practical choice would be midway between I<sub>OPT</sub> and I<sub>MAX</sub> where I<sub>SELECT</sub> = (I<sub>OPT</sub> + I<sub>MAX</sub>) / 2. I<sub>SELECT</sub> = (0.4 I<sub>MAX</sub> + 1.0 I<sub>MAX</sub>) / 2 = 0.7 I<sub>MAX</sub>.
6. At intersection of  $\Delta T$  and 1.0 I<sub>MAX</sub>, draw a horizontal line through the graph and determine Qc/Q<sub>MAX</sub> for I<sub>MAX</sub>. Draw horizontal line through ( $\Delta T = 32^\circ C$ , 1.0 I<sub>MAX</sub>). Line intersects vertical axis at Qc/Q<sub>MAX</sub> = 0.58.
7. Repeat Step 6 for I<sub>OPT</sub>. Draw horizontal line through ( $\Delta T = 32^\circ C$ , I<sub>OPT</sub>). Line intersects vertical axis at Qc/Q<sub>MAX</sub> = 0.23.
8. Repeat Step 6 for I<sub>SELECT</sub>. Draw horizontal line through ( $\Delta T = 32^\circ C$ , 0.7 I<sub>MAX</sub>). Line intersects vertical axis at Qc/Q<sub>MAX</sub> = 0.46.
9. Knowing Qc, solve for Q<sub>MAX</sub> corresponding to I<sub>MAX</sub>, I<sub>OPT</sub> and I<sub>SELECT</sub>. Q<sub>MAX</sub> = Qc / (Qc/Q<sub>MAX</sub>). At I<sub>MAX</sub>, Q<sub>MAX</sub> = 30/0.58 = 51.7 W. At I<sub>OPT</sub>, Q<sub>MAX</sub> = 30/0.23 = 130.4 W. At I<sub>SELECT</sub>, Q<sub>MAX</sub> = 30/0.46 = 65.2 W.
10. Refer to the Specification Tables and select the TEC(s) having a Q<sub>MAX</sub> near the Q<sub>MAX</sub>

for I<sub>SELECT</sub>. Any TEC with values falling between the I<sub>OPT</sub> and I<sub>MAX</sub> selection boundaries will suffice. The I<sub>MAX</sub> boundary represents a lower TEC unit cost, highest input power design. The I<sub>OPT</sub> boundary represents a higher TEC unit cost, lowest input power design. Select the CP 1.0-254-05L, CP 1.4-127-045L or CP 2.71-06L. The Q<sub>MAX</sub> values for each is close to 65.2 W, and between 51.7 and 130.4 W.

## TEC PERFORMANCE

(Use the *Thermo* and *Electric* sections of S/P Graph)

To evaluate the performance of a chosen single-stage TEC, convert the universal S/P Graph values to those of the TEC and re-label the graph. (For this step, we recommend use of our S/P Graph worksheets, included in the Engineering Catalog.) To determine Qc, multiply Qc/Q<sub>MAX</sub> by the TEC's Q<sub>MAX</sub> value. To determine V, multiply V/N values by the TEC's N value. To determine I, use the TEC's I<sub>MAX</sub> to compute values for I. For the CP 2.71-06L: Q<sub>MAX</sub> = 67.0 W, I<sub>MAX</sub> = 14.0 A and N = 71. So, Qc = 0.1 x 67 = 6.7 W, 0.2 x 67 = 13.4 W... And, V = 0.04 x 71 = 2.84 V, 0.08 x 71 = 5.68 V... And, I = 0.2 x 14.0 = 2.8 A, 0.4 x 14.0 = 5.6 A...

For further details, request our Engineering Catalog which fully explains TEC Selection and Performance, including illustrated examples and convenient full-page S/P Graph worksheets.



1040 Spruce Street  
Trenton, NJ 08648 USA  
(609) 393-4178  
FAX (609) 393-9461

# Peltier effect heat pumps

Stock numbers 618-718, 618-724, 618-730

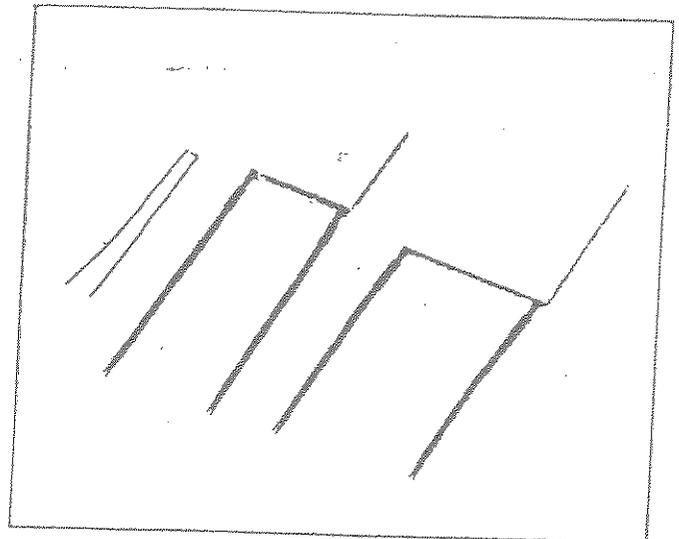
A range of semi-conductor thermoelectric devices working on the Peltier effect. When supplied with a suitable electric current they can either cool or heat. When subjected to an externally applied temperature gradient these devices will generate a small amount of electrical power.

Available in three sizes the larger devices can be used for cooling or controlling the temperature of sub-assemblies.

The small size of the mini module makes it ideally suited for cooling miniature electronic components such as infra-red detector chips, microwave integrated circuits, fibre-optic lasers and detectors. Alternatively, it may be used to minimise the effects of temperature coefficients on oscillator stability, reference voltages, amplifier offsets etc. by providing temperature control.

## Features

- Solid state, long term stability
- Capable of heating or cooling – dependent on current flow
- Generates no acoustic noise
- Capable of generating power.



## Introduction to the Peltier effect

In 1834 Jean C. A. Peltier discovered that the passage of an electric current through the junction of two dissimilar conductors can either cool or heat this junction depending on the direction of current. Heat generation or absorption rates are proportional to the magnitude of the current and also the temperature of the junction.

Practical Peltier Effect Heat Pumps consist of many such couples connected electrically in series and thermally in parallel.

Figure 1 A single couple

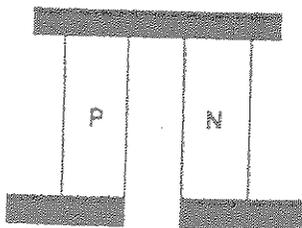
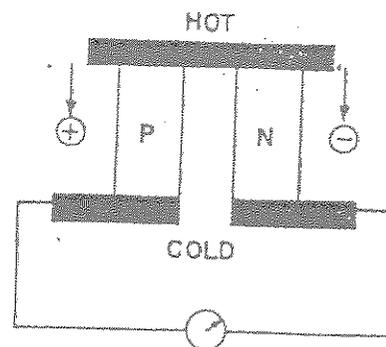


Figure 2 Generation of voltage

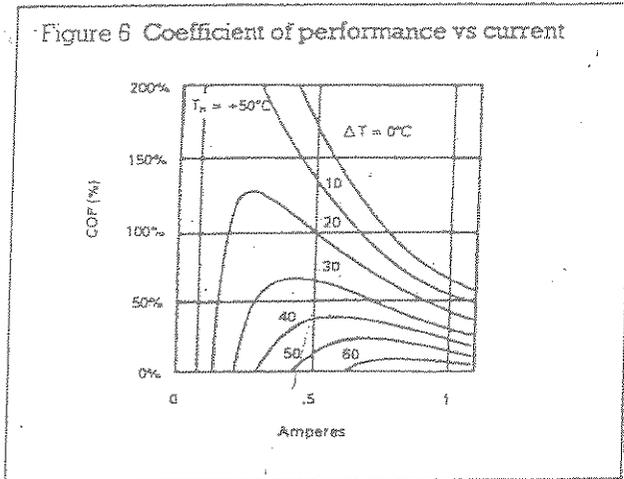


Semiconductors doped both p and n type form the elements of the couple and are soldered to copper connecting strips. Ceramic faceplates electrically insulate these connecting strips from external surfaces. The semiconductor material used is bismuth telluride as this shows the most pronounced effect at moderate operating temperatures.

At open circuit a temperature gradient maintained across the device creates a potential across its terminals proportional to the temperature difference. If the temperature difference is maintained, and if the device is connected to an electrical load power is generated.

If, instead the device is connected to a dc source, heat will be absorbed at one end of the device, cooling it, while heat is rejected at the other end, where the

Figure 6 Coefficient of performance vs current



How to use universal performance graphs

Example:

a device dissipates 31 watts of power. It is desired to maintain the device at a constant temperature of +5°C, the ambient temperature being +35°C (ie  $T_c = +5^\circ\text{C}$ ,  $T_h = +35^\circ\text{C}$ ). To select the appropriate module, approach with the following method:

$$1. \Delta T = T_h - T_c = +35^\circ - 5^\circ = +30^\circ\text{C}$$

Choose operating current (typically from 30G to 40G) at 35G (equals  $35/50 = 70\%$  of  $I_{max}$ ).

2. From  $T_h = +35^\circ\text{C}$  graph ( $\Delta T = +30^\circ$ ,  $I = 35G$ ), obtain  $Q_c/G \times N = 1.65$ ; Then  $G \times N = Q_c/1.65 = 31/1.65 = 18.8$ .

3. Choose module with  $G \times N \geq 18.8$ .

This implies that the 68.8W (618-730) module is the most suitable for the application.

Figure 7 Hot side mounted to heat sink

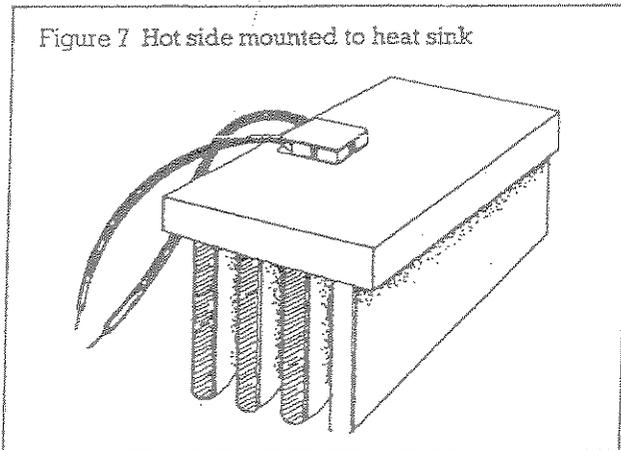
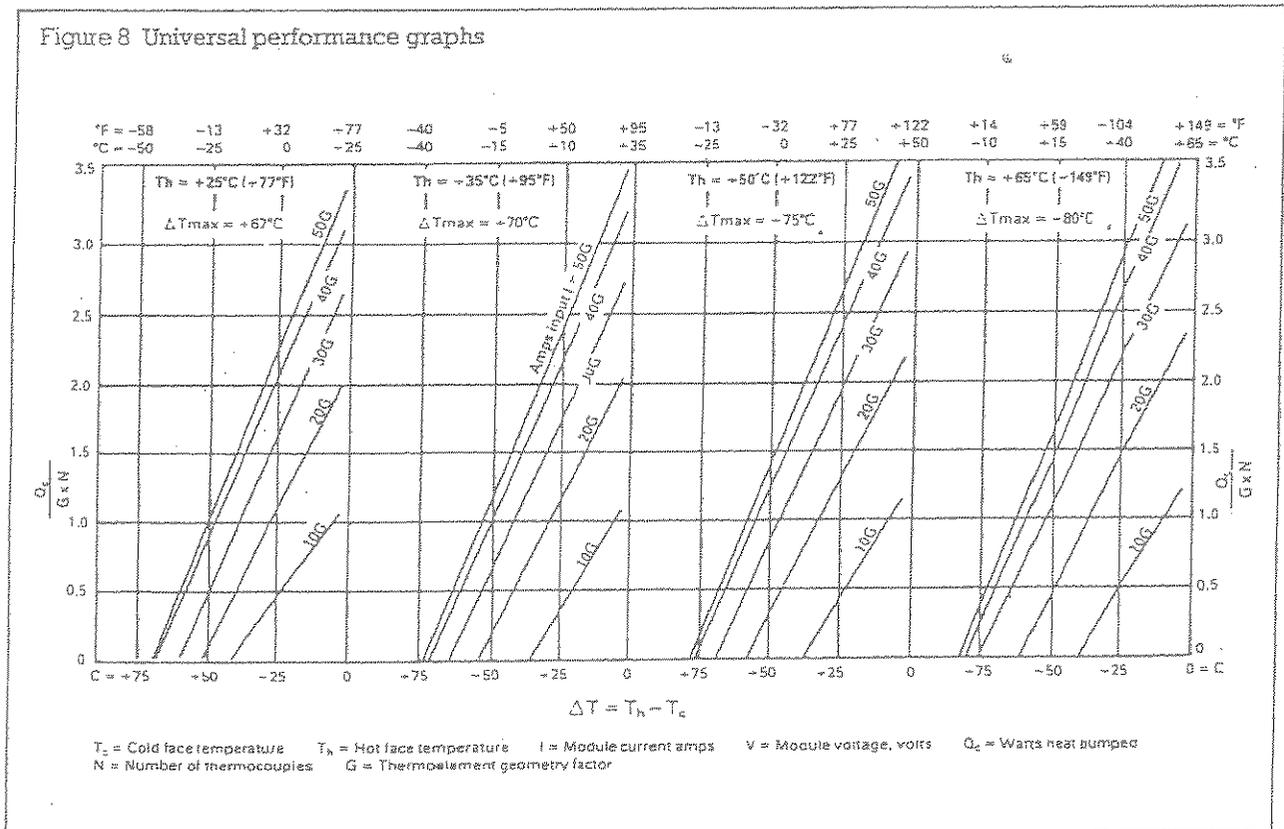


Figure 8 Universal performance graphs





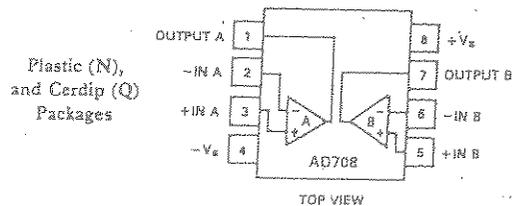
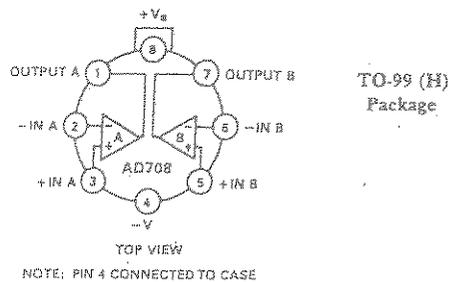
# Ultralow Offset Voltage Dual Op Amp

## AD708

### FEATURES

- Very High dc Precision
- 30 $\mu$ V max Offset Voltage
- 0.3 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max Offset Voltage Drift
- 0.35 $\mu$ V p-p max Voltage Noise (0.1 to 10Hz)
- 5 Million V/V min Open Loop Gain
- 130dB min CMRR
- 120dB min PSRR
- Matching Characteristics
- 30 $\mu$ V max Offset Voltage Match
- 0.3 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max Offset Voltage Drift Match
- 130dB min CMRR Match
- Single: AD707
- Available in 8-Pin Plastic Mini-DIP,  
Hermetic Cerdip and TO-99 Metal Can  
Packages. Chips and /883B Parts Available.

### AD708 CONNECTION DIAGRAMS



### PRODUCT DESCRIPTION

The AD708 is a very high precision, dual monolithic operational amplifier. Each amplifier individually offers excellent dc precision with the best available max offset voltage and offset voltage drift of any dual bipolar op amp. In addition, the matching specifications are the best available in any dual op amp.

The AD708 sets a new standard for dual precision op amps by providing 5V/ $\mu$ V min open loop gain and guaranteed max input voltage noise of 350nV p-p (0.1 to 10Hz). All dc specifications show excellent stability over temperature, with offset voltage drift typically 0.1 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C and input bias current drift of 25pA/ $^{\circ}$ C max. Both CMRR (130dB min) and PSRR (120dB min) are an order of magnitude improved over any available single monolithic op amp except the AD707.

The AD708 is available in four performance grades. The AD708J is rated over the commercial temperature range of 0 to +70 $^{\circ}$ C and is available in a plastic mini-DIP package. The AD708A and AD708B are rated over the industrial temperature range of -40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C and are available in a cerdip and TO-99 package. The AD708S is rated over the military temperature range of -55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C and is available in cerdip and TO-99 packages. Military versions are available processed to MIL-STD-883B, Rev. C.

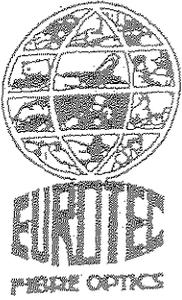
### APPLICATION HIGHLIGHTS

1. The combination of outstanding matching and individual specifications makes the AD708 ideal for constructing high gain, precision instrumentation amplifiers.
2. The low offset voltage drift and noise of the AD708 allows the designer to amplify very small signals without sacrificing overall system performance.
3. The AD708's 10V/ $\mu$ V typical open loop gain and 140dB common-mode rejection make it ideal for precision applications.
4. Unmounted dice are available for hybrid circuit applications.
5. The AD708 is an improved replacement for the OP-207, OP-200 and the LT1002.

# SPECIFICATIONS (@+25°C and ±15V dc, unless otherwise noted)

Model	Conditions	AD709J/A			AD708B			AD708S			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
INPUT OFFSET VOLTAGE <sup>1</sup>	$T_{min}-T_{max}$		30	100		5	50		5	30	$\mu V$	
		Drift		50	150		15	65		15	50	$\mu V$
		Long Term Stability		0.3	1.0		0.1	0.4		0.1	0.3	$\mu V/^\circ C$
				0.3			0.3			0.3		$\mu V/month$
INPUT BIAS CURRENT	$T_{min}-T_{max}$		1.0	2.5		0.5	1.0		0.5	1	nA	
		Average Drift		2.0	4.0		1.0	2.0		1.0	4	nA
				15	40		10	25		10	30	pA/°C
OFFSET CURRENT	$V_{CM}=0V$ $T_{min}-T_{max}$		0.5	2.0		0.1	1.0		0.1	1	nA	
		Average Drift		2.0	4.0		0.2	1.5		0.2	1.5	nA
				2	60		1	25		1	25	pA/°C
MATCHING CHARACTERISTICS <sup>2</sup>	$T_{min}-T_{max}$	Offset Voltage		80		50		30		$\mu V$		
		Offset Voltage Drift		150		75		50		$\mu V/^\circ C$		
		Input Bias Current		1.0		0.4		0.3		$\mu V/^\circ C$		
		Common-Mode Rejection		4.0		1.0		1.0		nA		
	$T_{min}-T_{max}$	Common-Mode Rejection	120	140	130	140	130	140		2.0	nA	
		Power Supply Rejection	110		130		130				dB	
		Channel Separation	110		120		120				dB	
	$T_{min}-T_{max}$	Power Supply Rejection	110		120		120				dB	
		Channel Separation	110		120		120				dB	
			135		140		140				dB	
											dB	
INPUT VOLTAGE NOISE	0.1Hz to 10Hz		0.23	0.6		0.23	0.6		0.23	0.35	$\mu V$ p-p	
	f=10Hz		10.3	18		10.3	12		10.3	12	nV/ $\sqrt{Hz}$	
	f=100Hz		10.0	13.0		10.0	11.0		10.0	11	nV/ $\sqrt{Hz}$	
	f=1kHz		9.6	11.0		9.6	11.0		9.6	11	nV/ $\sqrt{Hz}$	
											nV/ $\sqrt{Hz}$	
INPUT CURRENT NOISE	0.1Hz to 10Hz		14	35		14	35		14	35	pA p-p	
	f=10Hz		0.32	0.9		0.32	0.8		0.32	0.8	pA/ $\sqrt{Hz}$	
	f=100Hz		0.14	0.27		0.14	0.23		0.14	0.23	pA/ $\sqrt{Hz}$	
	f=1kHz		0.12	0.18		0.12	0.17		0.12	0.17	pA/ $\sqrt{Hz}$	
											pA/ $\sqrt{Hz}$	
COMMON-MODE REJECTION RATIO	$V_{CM}=\pm 13V$	120	140	130	140	130	140				dB	
	$T_{min}-T_{max}$	120	140	130	140	130	140				dB	
OPEN LOOP GAIN	$V_O=\pm 10V$										V/ $\mu V$	
	$R_{LOAD}\geq 2k\Omega$	3	10	5	10	5	10				V/ $\mu V$	
	$T_{min}-T_{max}$	3	10	5	10	4	7				V/ $\mu V$	
POWER SUPPLY REJECTION RATIO	$V_S=\pm 3V$ to $\pm 18V$	110	130	120	130	120	130				dB	
	$T_{min}-T_{max}$	110	130	120	130	120	130				dB	
FREQUENCY RESPONSE	Closed Loop Bandwidth		0.5	0.9		0.5	0.9		0.5	0.9	MHz	
	Slew Rate		0.15	0.3		0.15	0.3		0.15	0.3	V/ $\mu s$	
INPUT RESISTANCE	Differential		60		200		200		200		M $\Omega$	
	Common Mode		200		400		400		400		G $\Omega$	
OUTPUT VOLTAGE	$R_{LOAD}\geq 10k\Omega$	13.5	14	13.5	14	13.5	14				$\pm V$	
	$R_{LOAD}\geq 2k\Omega$	12.5	13.0	12.5	13.0	12.5	13				$\pm V$	
	$R_{LOAD}\geq 1k\Omega$	12.0	12.5	12.0	12.5	12.0	12.5				$\pm V$	
	$R_{LOAD}\geq 2k\Omega$										$\pm V$	
	$T_{min}-T_{max}$	12.0	13.0	12.0	13.0	12.0	13				$\pm V$	
OPEN LOOP OUTPUT RESISTANCE		60		60		60		60		$\Omega$		

148-680

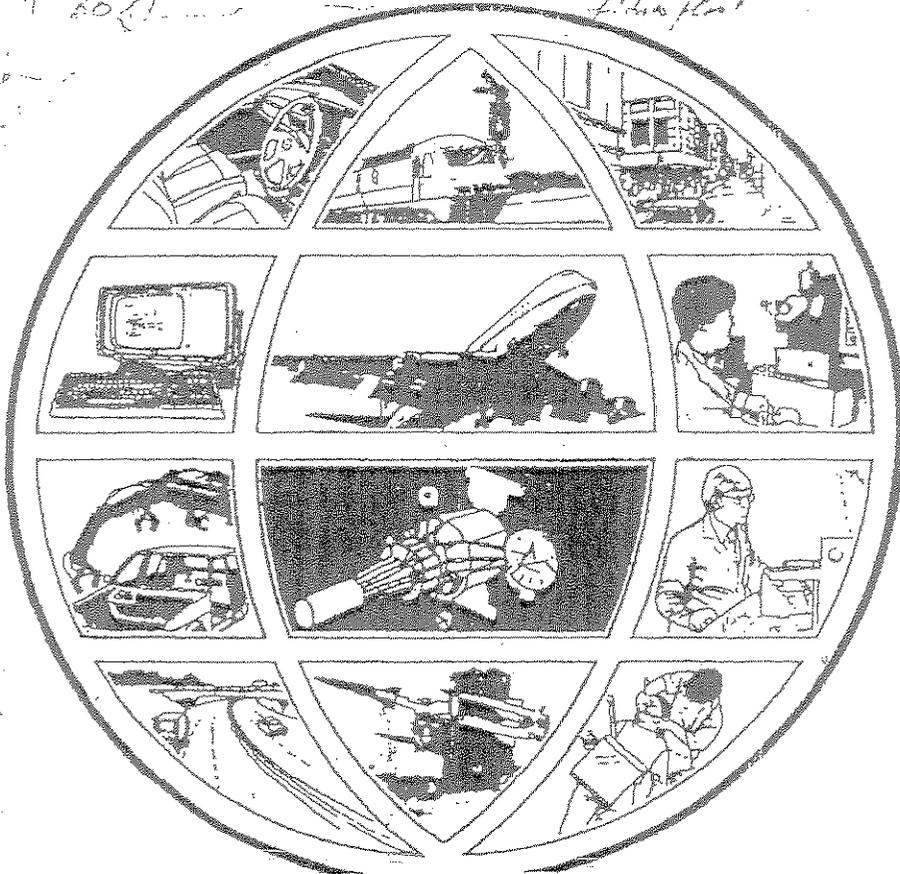


DATA SHEET  
Number  
EOFL 5

STANDARD  
LIGHT GUIDES  
& ACCESSORIES

*10-jin watin 9<sup>h</sup> 20<sup>h</sup>*  
*11821 non 20-*  
*G.E.*

*al de club  
fibre opt*



*100/100*

# EUROTEC

# FIBRE OPTICS

*tel: 5 100*

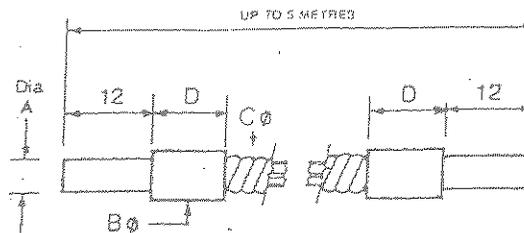
## TYPE S

General purpose axial aperture light guide in a wide range of sizes.

### Typical applications

1. Cold light illumination, can be used in conjunction with Eurolite light sources.
2. Short haul communication and sensing guide.
3. Heat monitoring using infra-red capability.

## Circular Output



SPECIFY: S / BUNDLE DIA. / LENGTH mm

Bundle Dia: mm	A	B	C	D
1.75	3.5	7.0	5.5	12
2.50	3.5	7.0	5.5	12
3.50	7.0	10.5	9.0	20
5.00	7.0	10.5	9.0	20
7.00	9.0	13.50	11.0	20
10.00	12.0	20.0	18.0	30

## TYPE SH

## High Temperature Light Guides

The above range available in Hi-Temp form (250°C Max. continuous) manufactured in stainless steel.

SPECIFY: SH / BUNDLE DIA. / LENGTH mm

## TYPE SMED

## Medical Light Guides

Bundle diameters up to 5.5 mm in stainless steel and silicone rubber construction with Autoclave sterilisation capability available with a wide range of end fittings (BSI, ACMI, OLYMPUS etc)

CONTACT SALES DEPARTMENT FOR INDIVIDUAL REQUIREMENTS

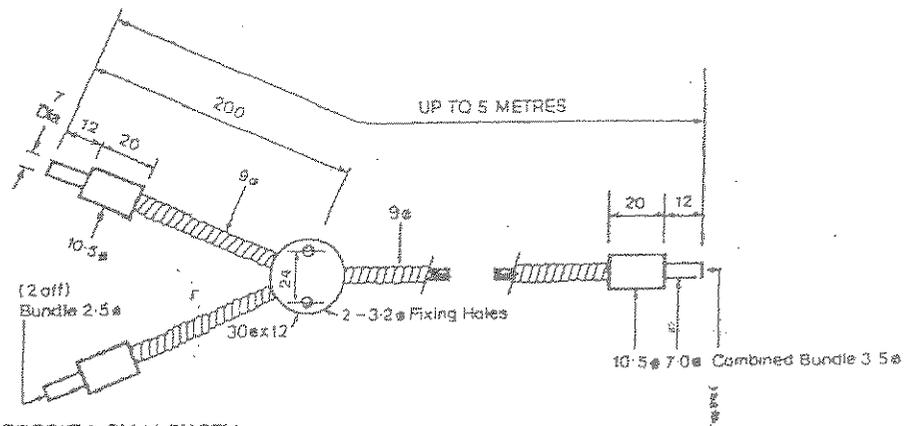
## TYPE SY

## Reflective Sensor Y Guide

Non contact reflective sensor with in-built transmitting and receiving capability. Sensitive to changes in distance, colour, surface finish and general variations in reflectivity.

### Typical applications

1. Fault monitoring in manufacturing and process industries.
2. Positional indicator for robotics, automatic and semi-automatic machinery.
3. Safety scanning.
4. Tool tip sensing.



SPECIFY: SY / LENGTH mm

## TYPE SYR

## Reflective Sensor - Randomised

Randomised bundle for more accurate sensing.

SPECIFY: SYR / LENGTH mm

## TYPE SYH TYPE SYRH

## High Temperature Y Guide

Temperature - 250°C maximum continuous.

SPECIFY: SYH / LENGTH mm

SPECIFY: SYRH / LENGTH mm

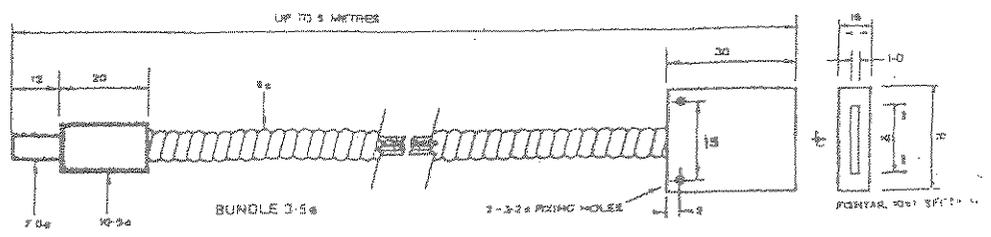
## TYPE SF

## Fishtail Output

Rectangular shaped aperture to achieve high resolution edge and strip illumination.

### Typical applications

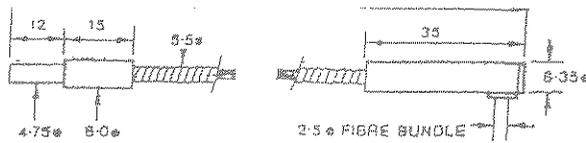
1. Discreet illumination for line scan camera or photo diode array.
2. Narrow beam light collector with opposing identical unit as emitter.



SPECIFY: SF / LENGTH mm

mode.

**Typical application**  
 1. Miniature applications for both direct illumination and as opposing sensor units.



*SPECIFY: SM / LENGTH mm*

**TYPE SMH**

High temperature version of above

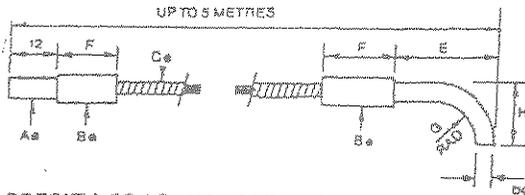
*SPECIFY: SMH / LENGTH mm*

**TYPE SB**

Circular Output 90° turn

Range of right angle units for either emitter or receiver mode.

**Typical applications**  
 1. Difficult access illumination using light source.  
 2. Emitter and receiver as opposing units where space is limited.



Bundle dia.	A	B	C	D	E	F	G
1.75	3.5	7.0	5.5	3.54	25	15	12
2.50	3.5	7.0	5.5	3.54	25	15	12
3.50	7.0	10.5	9.0	4.90	25	20	12
5.00	7.0	10.5	9.0	8.00	50	20	20
7.00	9.0	13.5	11.0	8.00	50	25	20

*SPECIFY: SB / BUNDLE DIA. / LENGTH mm*

**TYPE SBH**

High temperature of above.

250°C maximum continuous.

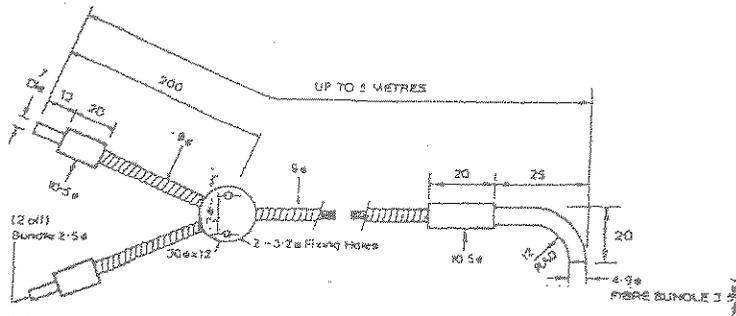
*SPECIFY: SBH / BUNDLE DIA. / LENGTH mm*

**TYPE SBY**

Circular output 90° turn – Y guide reflective sensor

Right angle unit with emitter/receiver fibre array, fibres can be randomised for more sensitive applications.

**Typical application.**  
 1. Difficult access sensor applications.



*SPECIFY: SBY / LENGTH mm*

**TYPE SBYR**

Randomised bundle for more accurate sensing

*SPECIFY: SBYR / LENGTH mm*

**TYPE SBYH**  
**TYPE SBYRH**

HIGH TEMPERATURE VERSION OF BOTH TYPES AVAILABLE – 250°C max. continuous.

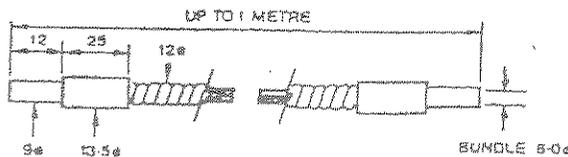
High temp–Non randomised *SPECIFY: SBYH / LENGTH mm*

High temp–Randomised *SPECIFY: SBYRH / LENGTH mm*

**TYPE SP**

Light guides designed for a wide variety of positioning requirements using a flex/stay type protective chromium plated tube which retains the position pre-set by the user.

Flex Stay Light Guides



**Design Note**  
 Depending upon application the light guide would typically only be self supportive to a maximum length of 1.0'

**TYPE SPH**

High temperature flex stay

High temperature version of above 250°C maximum continuous.

*SPECIFY: SPH / LENGTH mm*

# General Test Specification for Glass Fibre Optic Components

## 1: Dimensions and Tolerances

If not specified on associated drawings, will be of good engineering standard.

## 2: Mechanical Quality

Products designed & built to satisfy normal standards of the requirement and be of good appearance. In the case of hostile or other tortuous environment, the product can be modified to suit special needs.

## 3: Spectral Light Transmission

Refer to Graph 1, showing typical levels of transmission when compared with both varying lengths of light guide and optical wavelengths in operation.

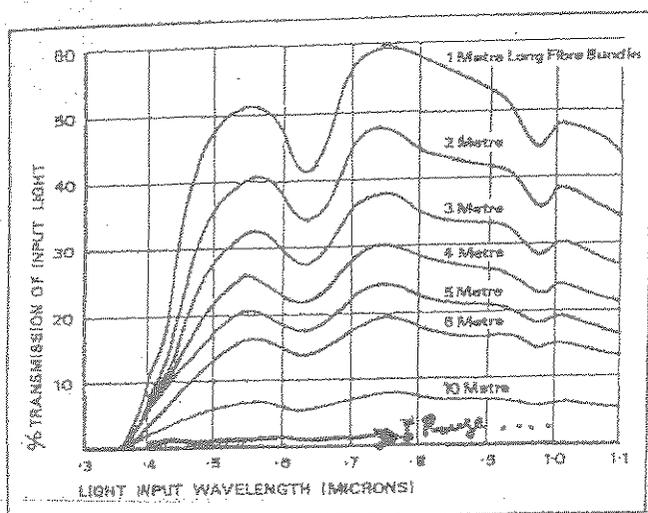
## 4: Polar Distribution (Light Output Pattern)

Refer to Graph 2. Curve A conforms to standard fibre product NA of 0.54, other products are readily available with a correspondingly modified polar curve ie narrow light emission. Ref. Graph 2. curve B.

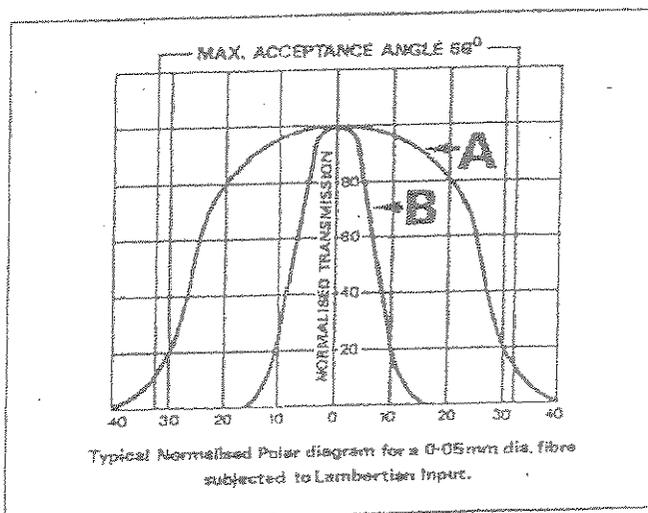
## 10: Minimum Bend Radius

For standard product range the chart below is the recommended minimum bend radius which should not be exceeded (damage could occur to the fibres). For difficult situation please contact Sales Department.

Fibre Bundle Optical Dia.	Minimum Bend Radius
1.75	30
2.50	30
3.50	30
5.00	30
7.00	35
10.00	75
12.00	75



Graph 1: Spectral Light Transmission



Graph 2: Polar Diagram

## 5: Fibre Size

Standard single diameter 50 micron (0.002 in). Production capability extends 25 micron - 250 micron for special requirements.

## 6: Fibre Packing

The fibre packing within any optical area will be better than 80%.

## 7: Broken Fibres

A small percentage of broken fibres may be observed, but not in such quantities as to prevent the component meeting the specification of Graph 1.

## 8: Optical Faces

All faces will be optically finished to specification Graph 1.

## 9: Temperature Range

- Standard products - 20°C to +105°C continuously.
- Mid-temperature range up to 150°C.
- High temperature range up to 250°C continuously.



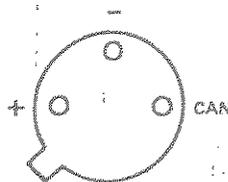
## Two-Terminal IC Temperature Transducer

### AD590\*

#### FEATURES

Linear Current Output:  $1\mu\text{A}/\text{K}$   
Wide Range:  $-55^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$   
Probe Compatible Ceramic Sensor Package  
Two-Terminal Device: Voltage In/Current Out  
Laser Trimmed to  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  Calibration Accuracy (AD590M)  
Excellent Linearity:  $\pm 0.3^\circ\text{C}$  Over Full Range (AD590M)  
Wide Power Supply Range:  $+4\text{V}$  to  $+30\text{V}$   
Sensor Isolation from Case  
Low Cost

#### AD590 PIN DESIGNATIONS



BOTTOM VIEW

#### PRODUCT DESCRIPTION

The AD590 is a two-terminal integrated circuit temperature transducer which produces an output current proportional to absolute temperature. For supply voltages between  $+4\text{V}$  and  $+30\text{V}$  the device acts as a high impedance, constant current regulator passing  $1\mu\text{A}/\text{K}$ . Laser trimming of the chip's thin film resistors is used to calibrate the device to  $298.2\mu\text{A}$  output at  $298.2\text{K}$  ( $+25^\circ\text{C}$ ).

The AD590 should be used in any temperature sensing application below  $+150^\circ\text{C}$  in which conventional electrical temperature sensors are currently employed. The inherent low cost of a monolithic integrated circuit combined with the elimination of support circuitry makes the AD590 an attractive alternative for many temperature measurement situations. Linearization circuitry, precision voltage amplifiers, resistance measuring circuitry and cold junction compensation are not needed in applying the AD590.

In addition to temperature measurement, applications include temperature compensation or correction of discrete components, biasing proportional to absolute temperature, flow rate measurement, level detection of fluids and anemometry. The AD590 is available in chip form making it suitable for hybrid circuits and fast temperature measurements in protected environments.

The AD590 is particularly useful in remote sensing applications. The device is insensitive to voltage drops over long lines due to its high impedance current output. Any well-insulated twisted pair is sufficient for operation hundreds of feet from the receiving circuitry. The output characteristics also make the AD590 easy to multiplex: the current can be switched by a CMOS multiplexer or the supply voltage can be switched by a logic gate output.

\*Covered by Patent No. 4,123,698.

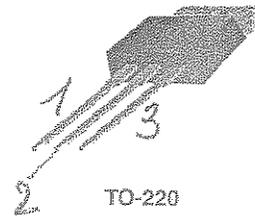
#### PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD590 is a calibrated two terminal temperature sensor requiring only a dc voltage supply ( $+4\text{V}$  to  $+30\text{V}$ ). Costly transmitters, filters, lead wire compensation and linearization circuits are all unnecessary in applying the device.
2. State-of-the-art laser trimming at the wafer level in conjunction with extensive final testing insures that AD590 units are easily interchangeable.
3. Superior interference rejection results from the output being a current rather than a voltage. In addition, power requirements are low ( $1.5\text{mW}$ 's @  $5\text{V}$  @  $+25^\circ\text{C}$ ). These features make the AD590 easy to apply as a remote sensor.
4. The high output impedance ( $>10\text{M}\Omega$ ) provides excellent rejection of supply voltage drift and ripple. For instance, changing the power supply from  $5\text{V}$  to  $10\text{V}$  results in only a  $1\mu\text{A}$  maximum current change, or  $1^\circ\text{C}$  equivalent error.
5. The AD590 is electrically durable; it will withstand a forward voltage up to  $44\text{V}$  and a reverse voltage of  $20\text{V}$ . Hence, supply irregularities or pin reversal will not damage the device.

**LM317T (KA317T)**  
**Adjustable Voltage**  
**Regulator (Positive)**

**3-TERMINAL POSITIVE ADJUSTABLE**  
**REGULATOR**

This monolithic integrated circuit is an adjustable 3-terminal positive voltage regulator designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V. It employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area compensation.



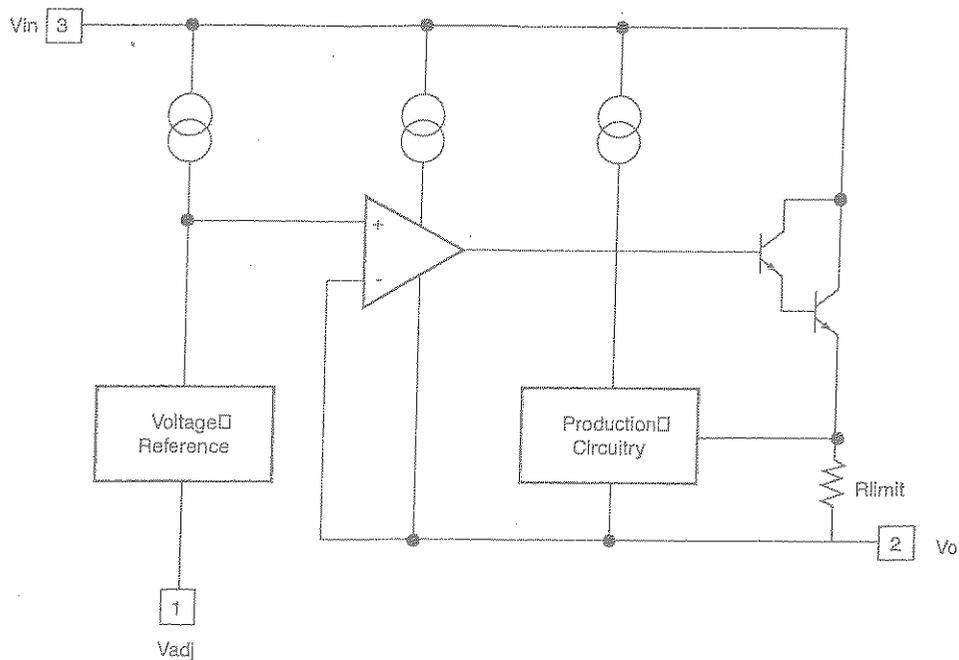
**FEATURES**

- Output Current In Excess of 1.5A
- Output Adjustable Between 1.2V and 37V
- Internal Thermal-Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current-Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- TO-220 Package

**ORDERING INFORMATION**

Device	Package	Operating Temperature
LM317T(KA317T)	TO-220	0°C ~ +125°C

**BLOCK DIAGRAM**





tec 2000.pdf

**SERIE TEC**

**MANUEL D'INSTRUCTIONS**

## CARACTERISTIQUES

Les contrôleurs de température TEC offrent beaucoup de caractéristiques uniques; celles-ci incluent:

- 2 ou 5 Ampères bipolaires,
- stabilité 0,02°C,
- accepte thermistances, circuits intégrés ou RTD'S,
- limitation de courant pour protection du refroidisseur TEC,
- alimentation  $\pm 8V$  à  $\pm 15V$ ,
- boucle PID linéaire,
- facilement configurable,
- température de consigne, limite de courant, gain proportionnel et constante de temps intégral ajustable par l'utilisateur.
- potentiomètres 12 tours intégrés sur le CI,
- possibilité d'un amplificateur de puissance extérieur,
- boîtiers compacts,
- radiateur inclus pour la version 5A,
- garantie 2 ans.

La série TEC offre la haute stabilité et le faible bruit d'une boucle PID complète dans un boîtier compact faible coût. Le contrôleur bipolaire accepte la connexion avec des thermistances, des capteurs CI ou des sondes platine RTD et permet un contrôle de température exceptionnel.

La flexibilité de ce contrôleur configurable par l'utilisateur le rend indispensable pour une grande variété d'applications.

Sur la carte, des potentiomètres 12 tours ajustent la consigne de température, le courant limite dans les Peltiers, la constante de gain proportionnel et la constante de temps intégral. Pour une commande extérieure, ces potentiomètres peuvent être enlevés et remplacés par des potentiomètres extérieurs ou une tension analogique extérieure.

## OPTIMISATION DU TEC

### ALIMENTATION ET BRUIT

L'électronique de contrôle est étudiée pour un fonctionnement faible bruit. L'alimentation sélectionnée déterminera les performances de bruit du contrôleur. Nous recommandons l'utilisation d'alimentation linéaire pour des performances optimales.

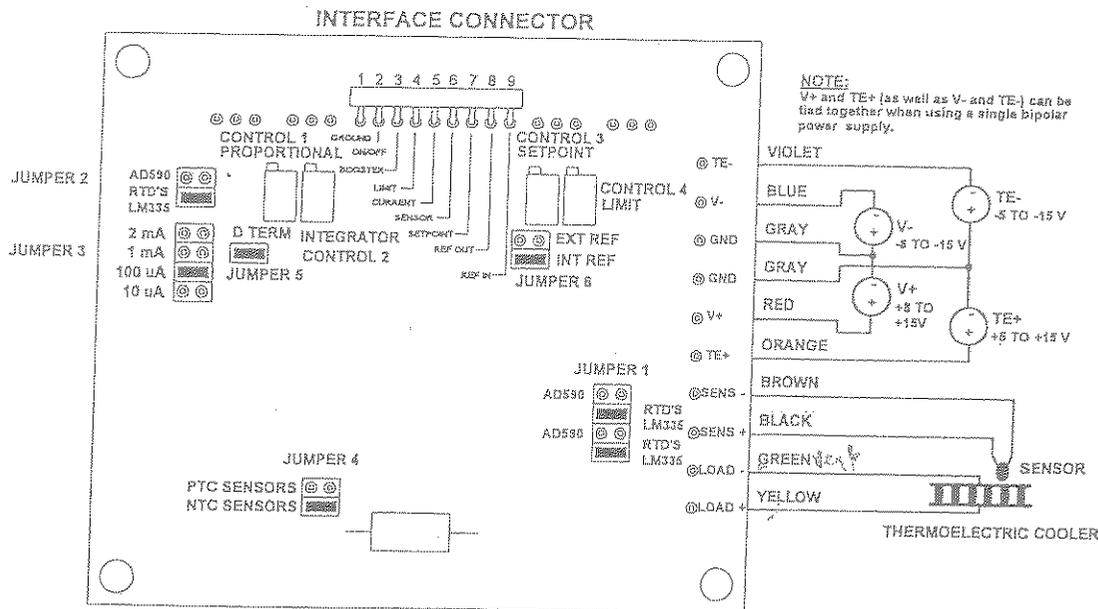
Selon vos besoins, vous pouvez utiliser une alimentation à découpage. Celle-ci pourra toutefois affecter le bruit, les transitoires ou les performances de stabilité.

### MISE A LA MASSE

ATTENTION: si vous devez utiliser le TEC avec un MPL ou un FPL, vous devrez utiliser 2 alimentations séparées: Si le module thermoélectrique ou la thermistance est relié à la diode laser, vous devrez utiliser 2 alimentations séparées et laisser les 2 sorties flottantes.

## MISE EN ROUTE RAPIDE

Le schéma suivant est le diagramme de connexion pour le fonctionnement du TEC. Se référer à la section correspondante pour configurer la carte selon votre capteur. Les détails plus précis sont fournis dans la section "description du brochage". Nous vous conseillons de lire le manuel entièrement avant de faire fonctionner le module Peltier avec le contrôleur TEC.



■ - Indicates the standard jumper configuration from the factory. This is the standard configuration for a 10 Kohm thermistor.

## POTENTIOMETRES D'AJUSTEMENT

4 potentiomètres sont positionnés sur le haut du circuit imprimé. Ce sont des potentiomètres 12 tours. Les potentiomètres de consigne et de limite peuvent être ôtés et des tensions analogiques peuvent leur être substituées. Si le gain proportionnel et la constante de temps intégrale sont connus, ces potentiomètres peuvent être enlevés et remplacés par des résistances fixes.

### Contrôle 1: ajustement du gain proportionnel

Ce potentiomètre ajuste le terme de gain proportionnel de 1 à 50. Le gain de la boucle augmente quand le potentiomètre est tourné dans le sens des aiguilles d'une montre.

### Contrôle 2: ajustement de temps intégral

Ce potentiomètre ajuste la constante de temps intégrale de 10 à 1000ms. La constante de temps décroît lorsque le potentiomètre est tourné dans le sens des aiguilles d'une montre.

### Contrôle 3: ajustement de la température de consigne

Il règle la température de la charge que le contrôleur devra réguler. Le réglage dépend du capteur. La tension de consigne augmente lorsque le potentiomètre est tourné dans le sens des aiguilles d'une montre. Le potentiomètre peut être remplacé par une tension d'entrée de 0 à 5V.

### Contrôle 4: ajustement du courant limite

Ce potentiomètre ajuste le courant maximal dans le Peltier. Le potentiomètre peut être remplacé par une tension analogique de 0 à 5V. Puisque le courant maximal dépend du modèle choisi, la fonction de transfert entre la tension et le courant varie avec ce modèle.

## INSTRUCTIONS DE FONCTIONNEMENT

Veuillez noter que ces instructions sont séquentielles. Les suivre dans le désordre peut endommager le refroidisseur thermoélectrique. Pour la première utilisation, il sera plus rapide de lire la procédure entièrement et de compléter tous les calculs avant de travailler avec le matériel lui-même.

### ETABLIR LE CONTROLE THERMIQUE

Le radiateur fourni avec le TEC 5000 doit être refroidi par convection pour maintenir une température acceptable. Premièrement, calculer la puissance maximale que pourra dissiper le contrôleur.

$$P_{\text{unit}} = \frac{[V_{\text{te}} - V_{\text{tec}}] \times I_{\text{lim}} + (I_{\text{lim}})^2}{10}$$

ou  $P_{\text{unit}}$  est la puissance dissipée dans le TEC en W,  $V_{\text{tec}}$  est soit  $V_+$ , soit  $V_-$  (la valeur la plus élevée),  $I_{\text{lim}}$  est le courant limite dans le module Peltier en A et  $V_{\text{tec}}$  est la tension aux bornes du Peltier.

Ensuite calculer l'augmentation de température autorisée avec la formule:

$$\text{Coefficient de variation} = 50 / P_{\text{unit}} \text{ ou le coefficient de variation est en } ^\circ\text{C/W}.$$

Le tableau suivant détaille le débit d'air nécessaire pour maintenir le radiateur à 70°C au dessus de l'air ambiant.

Trouver le coefficient de variation le plus proche possible mais toujours plus petite que la valeur calculée.

Choisir le débit par surface (DPS) qui correspond à cette augmentation.

Augmentation °C/W	1.72	1.22	1.00	0.86	0.77	0.71
DPS	20	40	60	80	100	120

Réduire la valeur du DPS de 60 à 80% pour tenir compte de la chute de pression.

Convertir selon la dimension et la capacité du ventilateur avec la formule:

$$\text{DPS} = \text{débit} / \text{surface de ventilation}$$

ou

$$1.8 \text{ DPS} = \frac{\text{débit}}{\text{ventilateur}}$$

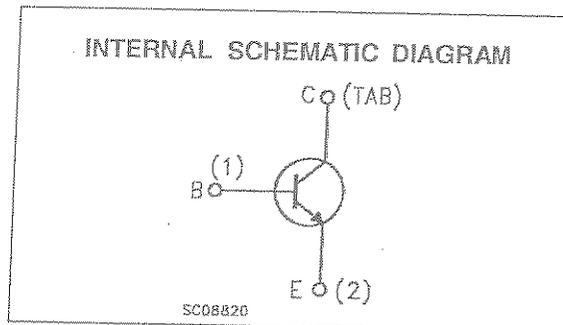
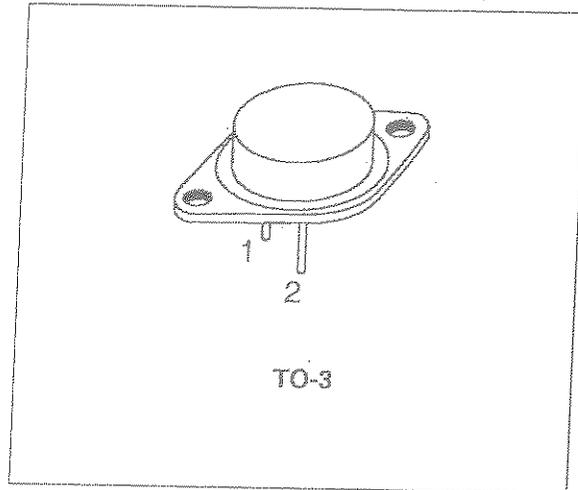
pour un fonctionnement sécurisé où le débit est le débit du ventilateur en l/mn et où la surface de ventilateur est l'aire de sortie du ventilateur en  $\text{mm}^2$ .

SILICON NPN TRANSISTOR

■ SGS-THOMSON PREFERRED SALESTYPE

DESCRIPTION

The 2N3055 is a silicon epitaxial-base NPN transistor in Jedec TO-3 metal case. It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	100	V
$V_{CER}$	Collector-Emitter Voltage ( $R_{BE} = 100\Omega$ )	70	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	60	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )	7	V
$I_C$	Collector Current	15	A
$I_B$	Base Current	7	A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$	115	W
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to 200	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Max. Operating Junction Temperature	200	$^\circ\text{C}$

2N3055

**THERMAL DATA**

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	$^{\circ}C/W$
----------------	----------------------------------	-----	-----	---------------

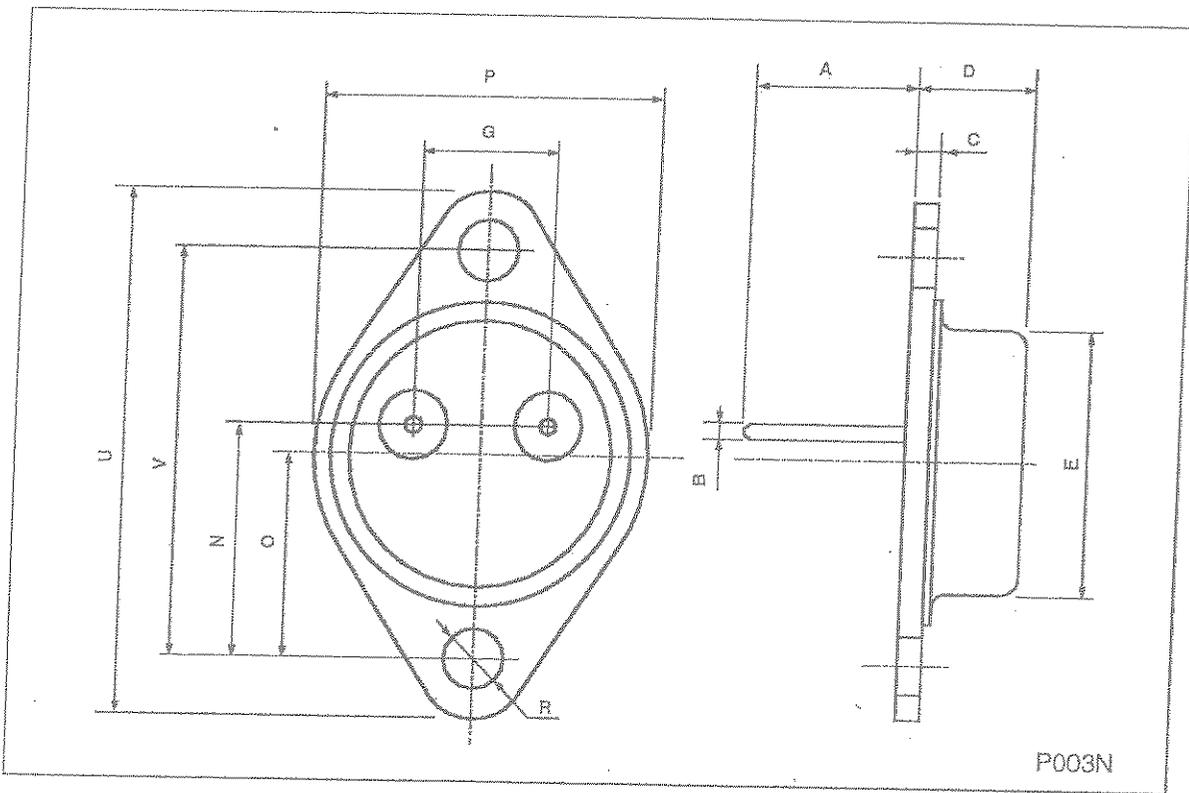
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{case} = 25^{\circ}C$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CEV}$	Collector Cut-off Current ( $V_{BE} = -1.5V$ )	$V_{CE} = 100V$ $V_{CE} = 100V$ $T_j = 150^{\circ}C$			1 5	mA mA
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current ( $I_B = 0$ )	$V_{CE} = 30V$			0.7	mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current ( $I_C = 0$ )	$V_{EB} = 7V$			5	mA
$V_{CEO(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 200mA$	60			V
$V_{CER(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 200mA$ $R_{BE} = 100\Omega$	70			V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4A$ $I_B = 400mA$ $I_C = 10A$ $I_B = 3.3A$			1 3	V V
$V_{BE*}$	Base-Emitter Voltage	$I_C = 4A$ $V_{CE} = 4V$			1.5	V
$h_{FE*}$	DC Current Gain	$I_C = 0.5A$ $V_{CE} = 4V$ Group 4 $I_C = 0.5A$ $V_{CE} = 4V$ Group 5 $I_C = 0.5A$ $V_{CE} = 4V$ Group 6 $I_C = 0.5A$ $V_{CE} = 4V$ Group 7 $I_C = 4A$ $V_{CE} = 4V$ $I_C = 10A$ $V_{CE} = 4V$	20 35 60 120 20 5		50 75 145 250 70	
$h_{FE1}/h_{FE1*}$	DC Current Gain	$I_C = 0.5A$ $V_{CE} = 4V$			1.6	
$f_T$	Transition frequency	$I_C = 1A$ $V_{CE} = 4V$	2.5			MHz
$I_{S/b*}$	Second Breakdown Collector Current	$V_{CE} = 40V$	2.87			A

\* Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu s$ , duty cycle 1.5%

TO-3 (H) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		11.7			0.460	
B	0.96		1.10	0.037		0.043
C			1.70			0.066
D			8.7			0.342
E			20.0			0.787
G		10.9			0.429	
N		16.9			0.665	
P			26.2			1.031
R	3.88		4.09	0.152		0.161
U			39.50			1.555
V		30.10			1.185	



# Low-Cost Multifunction I/O – 100 kS/s, 12-Bit, 8 Analog Inputs

1200 Family

## 1200 Family

PCI-1200  
DAQCard-1200  
Lab-PC-1200  
Lab-PC-1200AI  
DAQPad-1200

**Driver Software**  
NI-DAQ  
Windows 2000/NT/9x  
Mac OS\*  
\*not for all hardware,  
refer to page 392

**Analog Inputs**  
8 single-ended, 4 differential channels  
100 kS/s sampling rate  
12-bit resolution

**Application Software**  
LabVIEW  
LabWindows/CVI  
ComponentWorks  
VirtualBench  
Measure  
BridgeVIEW  
Lookout

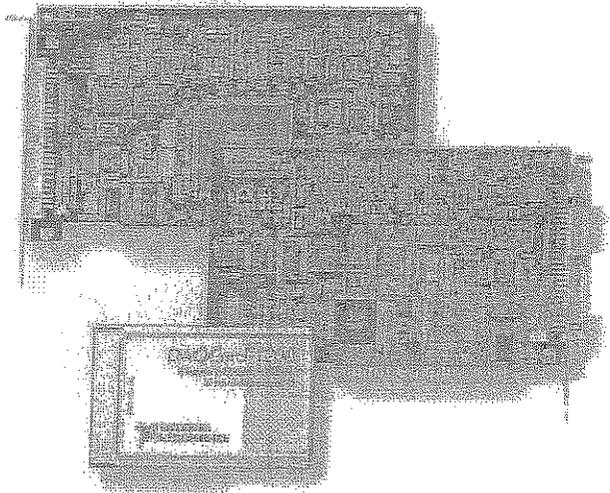
**Analog Output (not for Lab-PC-1200AI)**  
2 channels, 12-bit resolution

**Digital I/O**  
24 (5 V/TTL) lines in 8-bit ports

**Calibration Certificate Included!**  
(refer to page 216)

**Counter/Timers**  
Three, 16-bit resolution

**Triggering**  
Digital



Make sure you consider our  
new low-cost 12-bit E Series  
products – refer to page 239.

Bus	Analog Inputs	Resolution	Sampling Rate	Input Range	Analog Outputs	Resolution	Output Rate	Output Range	Digital I/O	Counter/Timers	Triggers
PCI, PCMCIA, ISA, Parallel Port	8 SE/4 DI	12 bits	100 kS/s	up to ±5 V	2 <sup>1</sup>	12 bits <sup>1</sup>	1 kS/s <sup>1</sup>	±5 V <sup>1</sup>	24	3, 16-bit	Digital <sup>1</sup>

<sup>1</sup>No analog outputs on Lab-PC-1200AI

Table 1. 1200 Family Channel, Speed, and Resolution Specifications (refer to page 314 for more detailed specifications)

## Overview

The 1200 Family devices are low-cost, multifunction I/O devices with up to 100 kS/s, 12-bit performance on 8 single-ended or 4 differential analog inputs. The 1200 Family features digital triggering capability; three 16-bit, 8 MHz counter/timers; two 12-bit analog outputs; and 24 digital I/O lines. The 1200AI does not include the two analog outputs.

Data acquisition with the 1200 Family devices is available in three modes: 1) continuous acquisition of a single channel, 2) multichannel acquisition with continuous scanning, or 3) multichannel acquisition with interval scanning with a resolution of 1  $\mu$ s.

## Hardware

### Analog Input

The 1200 Family has eight single-ended or 4 differential 12-bit analog input channels. The voltage input range is software programmable for 0-10 V (unipolar) or ±5 V (bipolar). A software-programmable gain amplifier has gain selections of 1, 2, 5, 10, 20, 50, or 100.

The 1200 Family devices have two hardware triggering modes – pretrigger mode and posttrigger mode. In pretrigger mode, the device collects samples until a trigger is received at the external trigger input, and then continues to collect a specified number of samples. In posttrigger mode, the device collects a specified number of samples after it receives a trigger.

The single-channel sampling rate of the ADC is 100 kS/s. The PCI, DAQCard, and Lab-PC versions can sustain this rate, but the DAQPad cannot. The sustainable data transfer rate to a standard PC parallel port is 25 kS/s (depending on your computer). If you need an external solution with faster sampling, consider the DAQPad-6020E for USB, (100 kS/s, page 241) and the DAQPad-6070E for IEEE 1394 (1.25 MS/s, page 226). When scanning multiple channels, the maximum sampling rate for all 1200 family products is 83.3 kS/s at a gain of 1.

### Analog Output

The 1200 Family has two double-buffered 12-bit DACs that are connected to two analog output channels. You can independently configure each channel through software for unipolar (0-10 V) or bipolar (±5 V) operation. The resolution of the 12-bit DAC is 2.44 mV in both polarities.

ACH0	11	12	ACH1
ACH2	13	14	ACH3
ACH4	15	16	ACH5
ACH6	17	18	ACH7
AISENSE/AIN0	19	20	DAC0OUT <sup>1</sup>
AIN1	21	22	DAC1OUT <sup>1</sup>
DGN0	23	24	PA0
PA1	25	26	PA2
PA3	27	28	PA4
PA5	29	30	PA6
PA7	31	32	PB0
PB1	33	34	PB2
PB3	35	36	PB4
PB5	37	38	PB6
PB7	39	40	PC0
PC1	41	42	PC2
PC3	43	44	PC4
PC5	45	46	PC6
PC7	47	48	EXTTRIG
EXTUPDATE <sup>1</sup>	49	50	EXTCONV <sup>1</sup>
OUTB0	51	52	GATB0
OUTB1	53	54	GATB1
CLKB1	55	56	OUTB2
GATB2	57	58	CLKB2
+5V	59	60	DGN0

<sup>1</sup>Not available on Lab-PC-1200AI

Figure 1. 1200 Family I/O Connector

Data Acquisition

# Low-Cost Multifunction I/O – 100 KS/s, 12-Bit, 8 Analog Inputs

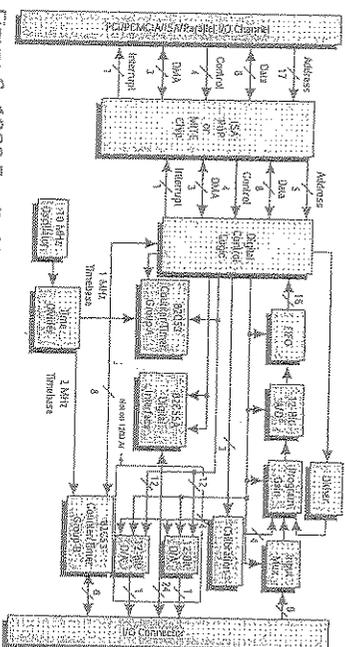


Figure 2. 1200 Family Hardware Block Diagram

## Self-Calibration

The analog inputs and outputs of the 1200 Family have self-calibration circuitry to correct for gain and offset errors. You can use the permanently-stored factory calibration constants or store additional sets of constants for different operating conditions in the user-modifiable section of an EEPROM on the device.

## Digital I/O

The 1200 Family devices have 24 digital I/O lines that are 5 V/TTL compatible and configurable as three 8-bit ports for input, output, bidirectional, or handshaking modes. The digital output ports of the 1200 series can sink 2.5 mA on each line.

## Counter/Timer

The 1200 Family uses two 82C53 counter/timer integrated circuits, each containing three independent, 16-bit counter/timers. One 82C53 is dedicated for A/D and D/A timing. The three counters on the other 82C53 are available for general time-related functions, such as clock output, pulse output, and event counting. Of these three counters, one may be required for timing of analog I/O, and one has a built-in 20 MHz source clock.

## I/O Connector

The I/O connector is a 50-pin male ribbon cable connector.

1200 Family

## BNC and Breadboard Accessories

The BNC-2081 accessory has labeled BNC connections for the analog signals of the 1200 Family. The SC-2071 and SC-2072 are breadboard accessories with labeled and numbered screw terminals, respectively; the 1200 device must be in single-ended mode to use the SC-2071.

 Make sure you consider our new low-cost E-Series products – refer to page 239.

## Ordering Information

### 1200 Family

part #1200-amine/1200-10

Windows: 2000/NT/9x

Mac OS

DAQcard 51200 and NI-DAQmx

Windows: 2000/NT/9x

Mac OS

Lab-PC-1200

Lab-PC-1200A1

DAQpad-1200 (optional) for Windows

U.S.: 120 VAC

Universal Euro: 240 VAC

United Kingdom: 240 VAC

Includes NI-DAQ for Windows/2000/NT/9x and 100 pins screw terminal board.

See pages 182 and 210 for more details.

each

# Specifications

## 1200 Family (continued)

<b>Power-on state</b>	
PCI, DAQCard, Lab-PC	0 V
DAQPad	0 V bipolar mode, ±5 V unipolar mode
<b>Dynamic Characteristics</b>	
Settling time to full-scale range (FSR)	
PCI, Lab-PC	5 $\mu$ s to $\pm 1$ LSB
DAQCard	20 $\mu$ s to $\pm 1$ LSB
DAQPad	6 $\mu$ s to $\pm 1$ LSB
<b>Stability</b>	
Offset temperature coefficient	
PCI, DAQCard, Lab-PC	$\pm 50$ $\mu$ V/ $^{\circ}$ C
DAQPad	$\pm 60$ $\mu$ V/ $^{\circ}$ C
Gain temperature coefficient	
PCI, DAQCard, Lab-PC	$\pm 30$ ppm/ $^{\circ}$ C
DAQPad	$\pm 10$ ppm/ $^{\circ}$ C

### Digital I/O

Number of channels	24 I/O (three 8-bit ports; uses the 82C55A PPI)
Compatibility	5 V TTL

#### Digital logic levels

Level	Minimum	Maximum
Input low voltage	-0.3 V	0.8 V
Input high voltage	2.2 V	5.3 V
Output low voltage ( $I_{out} = 2.5$ mA)	-	0.4 V
Output high voltage ( $I_{out} = 2.5$ mA)	3.7 V	-

Handshaking	2-wire, 2 ports
Power-on state	Input
Protection	-0.5 to 5.5 V powered on, $\pm 0.5$ V powered off
Data transfers	Interrupts, programmed I/O

### Timing I/O

Number of channels	3 counter/timers (uses two 82C53 TCs)
Protection	-0.5 V to 5.5 V powered on, $\pm 0.5$ V powered off
Resolution	16 bits
Compatibility	5 V TTL, counter gate and clock inputs are pulled up with 100 k $\Omega$ onboard resistors
Base clock available	2 MHz
Base clock accuracy	$\pm 50$ ppm max, $\pm 0.01\%$
Maximum source frequency	8 MHz
Minimum source pulse duration	60 ns
Minimum gate pulse duration	50 ns

#### Digital logic levels

Level	Minimum	Maximum
Input low voltage	-0.3 V	0.8 V
Input high voltage	2.2 V	5.3 V
Output low voltage ( $I_{out} = 2.1$ mA for PCI, Lab-PC) ( $I_{out} = 4$ mA for DAQCard, DAQPad)	-	0.45 V
Output high voltage ( $I_{out} = 0.92$ mA for PCI, Lab-PC) ( $I_{out} = 1$ mA for DAQCard, DAQPad)	3.7 V	-

Data transfer	Interrupts, programmed I/O
---------------	----------------------------

### Digital Trigger

Compatibility	5 V TTL
Response	Rising edge
Pulse width	50 ns min

### Bus Interface

PCI	Master/slave
DAQCard, Lab-PC, DAQPad	Slave

### Power Requirements

±5 VDC (±5%)	
PCI	425 mA
DAQCard	100 mA, 50 mA power-down mode
Lab-PC	185 mA
Lab-PC 1200AI	190 mA
±12 VDC	
DAQPad	280 mA
Power available at I/O connector	14.65 to 5.25 V, 400 mA (used $\pm 5$ VDC, 300 mA (DAQCard))

### Physical

<b>Dimensions</b>	
PCI, Lab-PC	17.5 x 10.0 cm (6.9 by 4.2 in.)
DAQCard	type II PC card
DAQPad	14.6 by 21.3 by 3.0 cm (5.8 by 8.4 by 1.5 in.)
<b>Weight</b>	
DAQPad	0.77 kg (1.7 lb)
I/O connectors	50-pin male
Parallel port connector	
Type	2 female 25-pin D-Sub, EPP and SPP (Centronics)
Throughput	180 Kbytes/s (EPP), 41 Kbytes/s (Centronics)

### Environment

Operating temperature	0 to 50 $^{\circ}$ C; DAQCard should not exceed 50 $^{\circ}$ C while in PC/MCA slot
Storage temperature	-20 to 70 $^{\circ}$ C
Relative humidity	5% to 90% noncondensing

### BP-1 Rechargeable Battery Pack

Output	12 VDC, 3.2 Ah
Run time with DAQPad	5 h loaded at 350 mA from $\pm 5$ V I/O, 11 h unloaded
Dimensions	14.6 by 21.3 by 3.0 cm (5.8 by 8.4 by 1.5 in.)
Weight	1.82 kg (4.2 lb)

### Certifications and Compliances

CE Mark Compliance - CC

\*The charger included with the BP-1 is not CE compliant.

