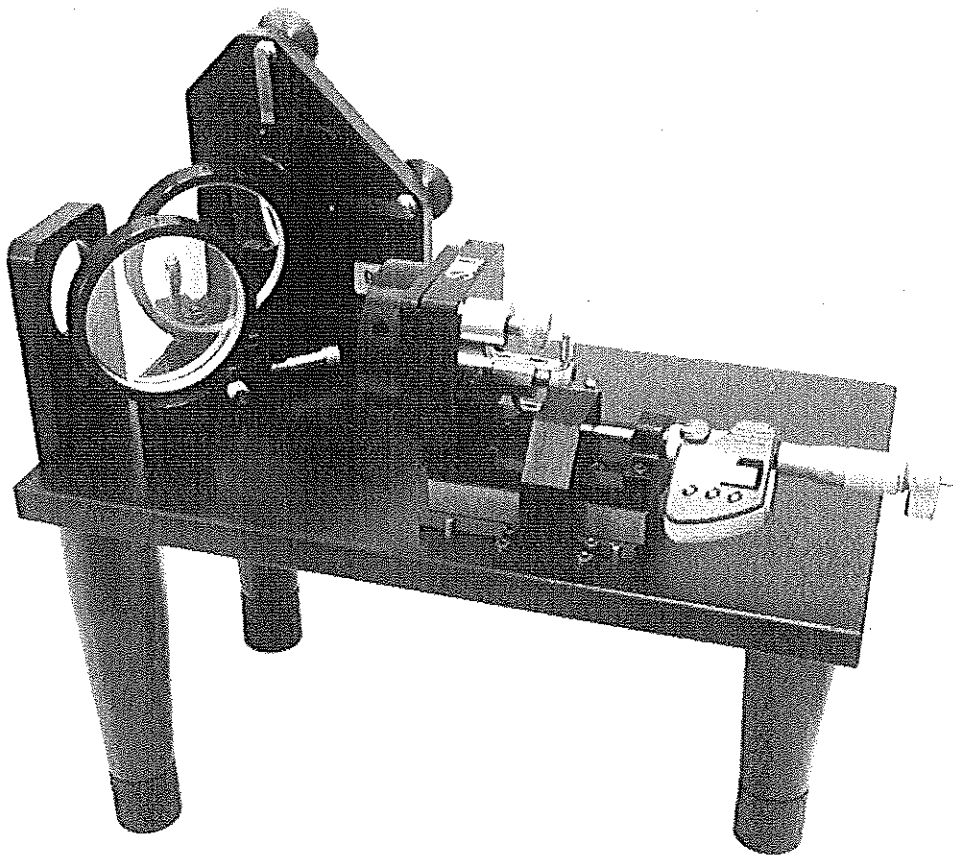


## Interféromètre de Michelson



Réf : POD 013 493

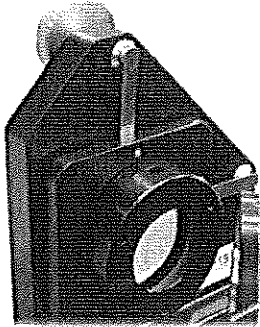
Réf : 1349/M

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. Généralités</b>   | <b>3</b>  |
| I.1. Caractéristiques techniques  | 3         |
| I.2. Schéma général   | 4         |
| I.3. Mise en service  | 4         |
| I.4. Entretien et précaution d'emploi   | 5         |
| <b>II. Aspect théorique de l'interféromètre de Michelson</b>                    | <b>6</b>  |
| II.1. Interféromètre idéal  | 6         |
| II.1.A. Calcul de la différence de marche                                       | 6         |
| II.1.B. Déplacement du point source   | 8         |
| II.1.B.a. Source à distance finie   | 8         |
| II.1.B.a. Source à l'infinie  | 9         |
| II.1.C. Type et localisation des franges observables                            | 10        |
| II.2. Interféromètre réel   | 11        |
| <b>III. Observation des phénomènes d'interférences</b>                          | <b>13</b> |
| III.1. Réglage préliminaires  | 13        |
| III.2. Source monochromatique ou polychromatique                                | 14        |
| III.2.A. Premier réglage du parallélisme des miroirs : franges du coin d'air    | 14        |
| III.2.B. Réglage fin du parallélisme des miroirs : anneaux localisés à l'infini | 16        |
| III.2.B.a. Observation des anneaux  | 16        |
| III.2.B.b. Réglage fin de la compensatrice : forme des anneaux                  | 16        |
| III.2.B.c. Approche du point de contact : le « teint plate »                    | 17        |
| III.3. Source de lumière blanche  | 18        |
| III.3.A. lame d'air d'épaisseur nulle : blanc d'ordre 0                         | 18        |
| III.3.B. Franges du coin d'air en lumière blanche                               | 18        |
| III.4. Résumé du processus de réglage de l'interféromètre de Michelson          | 18        |
| <b>IV. Options</b>  | <b>20</b> |
| IV.1. Motorisation  | 20        |
| IV.1.A. Vitesse de rotation et vitesse de défilement des franges                | 20        |
| IV.1.B. Accouplement  | 21        |
| IV.1.C. Mise en marche et inversion de sens                                     | 21        |
| IV.2. Détection   | 22        |
| IV.2.A. Caractéristiques techniques   | 22        |
| IV.2.A.a. Détecteur : Photodiode au silicium                                    | 22        |
| IV.2.A.b. Amplification - Filtrage - Visualisation                              | 23        |
| IV.2.A.c. Boîtier - Alimentation  | 23        |
| IV.2.B. Mise en œuvre   | 23        |
| <b>V. Bibliographie</b>   | <b>24</b> |

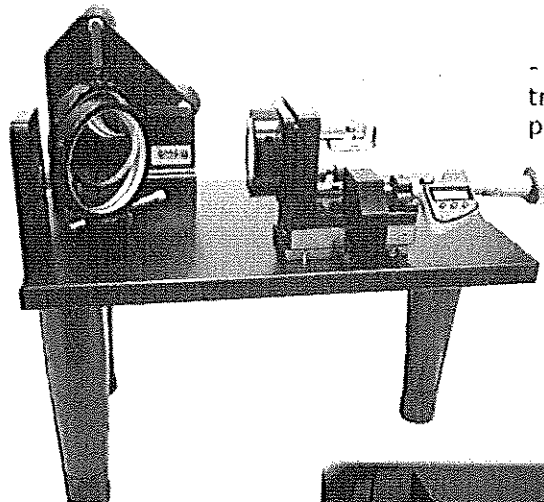
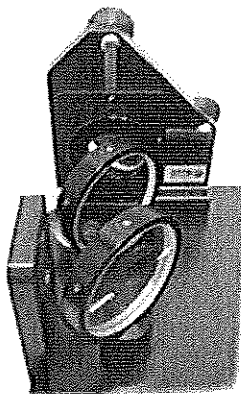
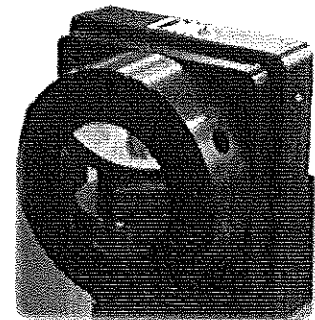
## I. Généralités

### I.1. Caractéristiques techniques :

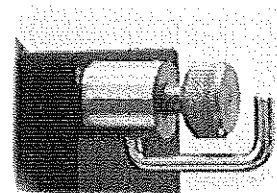
- Interféromètre de Michelson à bras orthogonaux, optique de planéité  $\lambda/20$
- Orientation précise « trappe et porte » de la compensatrice



- 2 vis de réglage d'orientation par miroir « trappe et porte »,  $5/100^{\text{ème}}$  de mm par tour sur le miroir fixe,  $2/10$  de mm par tour sur le miroir mobile



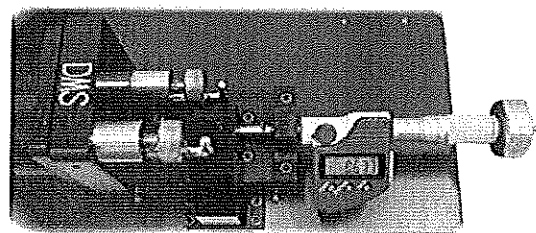
- Miroirs  $\varnothing$  40 mm, épaisseur 20 mm, traitement réfléchissant aluminium protégé



- Butée mécanique

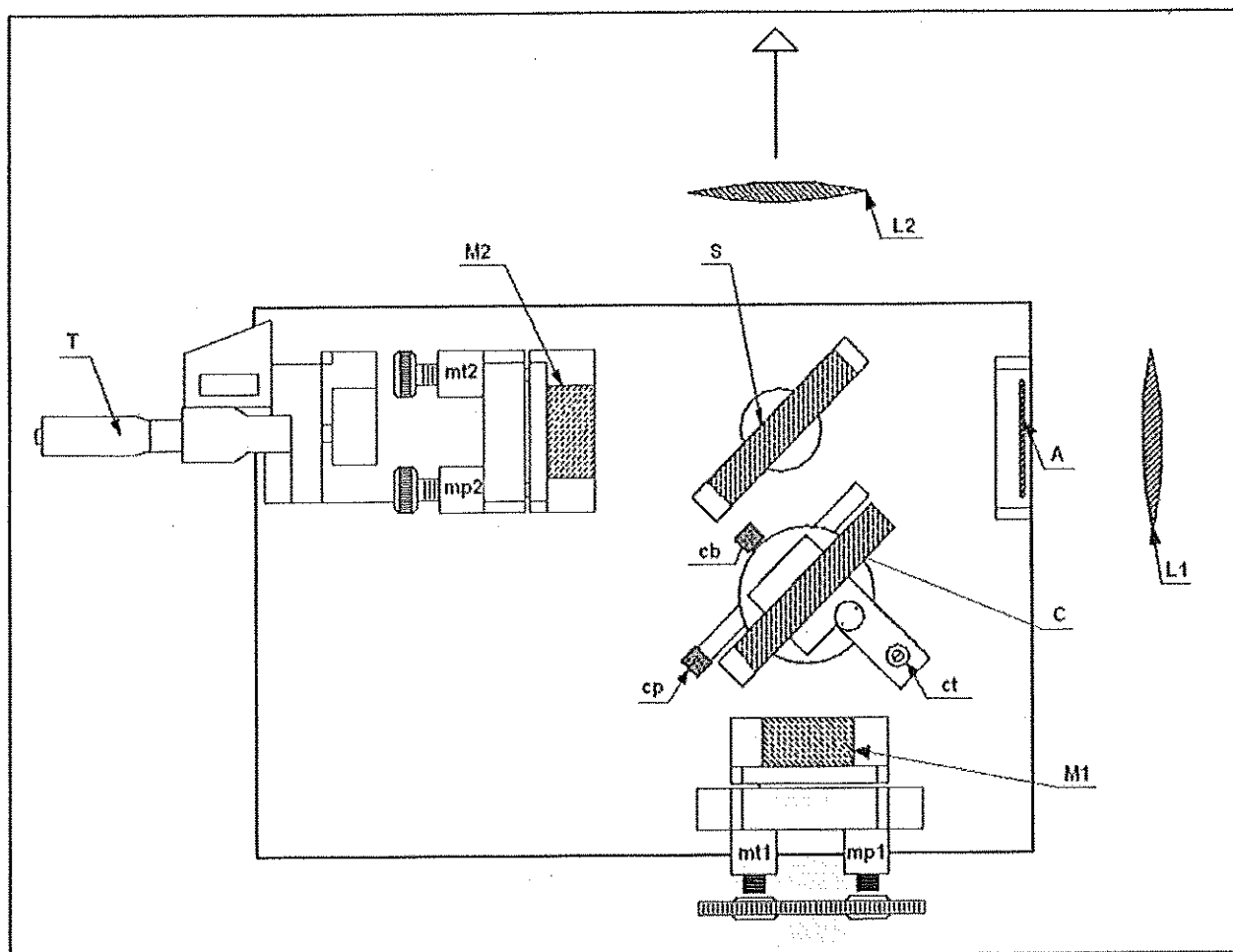
- Séparatrice et compensatrice séparées,  $\varnothing$  80 mm, épaisseur de 15

Pieds anti-vibrations (Absorption des hautes fréquences)



- Miroir mobile sur le chariot de course 25 mm, lecture de la position au  $\mu\text{m}$

### I.2. Schéma général :



- **C** : compensatrice, avec bouton de blocage de la rotation libre **cb**, réglage trappe **ct** et porte **cp**
- **M1** : miroir fixe, réglages fins trappe **mt1** et porte **mp1**
- **M2** : miroir réglable en position (déplacement du chariot mobile par le tambour **T**) et en inclinaison (vis de réglage semi-fin trappe **mt2** et porte **mp2**)
- **L1** : lentille d'entrée (non fournie)
- **L2** : lentille de projection (non fournie)
- **O** : position d'observation

### I.3. Mise en service :

A la livraison, les amortisseurs caoutchouc sont livrés démontés.

A l'installation, visser les amortisseurs sous les pieds et mettre en place le verre anticalorique à son emplacement (perçage en face de la séparatrice).

Une housse de protection en toile est livrée avec l'appareil. N'oubliez pas d'en protéger l'interféromètre lorsqu'il n'est pas utilisé.

#### **I.4. Entretien et précaution d'emploi :**

Vous êtes maintenant en possession de votre Interféromètre de Michelson (Réf : POD 013 493). C'est un appareil de très grande précision qui a nécessité de notre part les soins les plus attentifs.

**Attention :** Les surfaces optiques sont toutes de planéité au moins  $\lambda/20$ . Elles sont très fragiles et les deux lames de chaque appareil sont appariées.  
**En aucun cas il faut tenter de démonter une lame d'un appareil pour essayer de la mettre sur un autre appareil.**

**Attention :** Les pièces mécaniques de précision ont subi un traitement de manière à assurer une bonne durée dans le temps.  
**Elles ne doivent être ni démontées, ni graissées.**  
**Il ne faut utiliser aucun solvant ou alcool pour nettoyer l'appareil.**

Les surfaces optiques seront nettoyées à l'aide d'un chiffon doux spécial optique fourni dans la pochette d'entretien, et la table et les pièces mécaniques peuvent être dépoussiérées à l'aide d'un pinceau ou d'une brosse fournis à cet effet.

Une housse de protection en toile est livrée avec l'appareil. N'oubliez pas d'en protéger l'interféromètre lorsqu'il n'est pas utilisé.

Bien évidemment, comme tous les appareils d'optique, il est conseillé d'utiliser l'Interféromètre de Michelson dans une pièce tempérée et dépoussiérée (ne pas utiliser de la craie ou des solvants dans la même pièce).

## II. Aspect théorique de l'interféromètre de Michelson

### II.1. Interféromètre idéal :

Un interféromètre de Michelson idéal serait constitué : (voir figure 1)

⇒ d'une lame semi-réfléchissante sans épaisseur, avec des coefficients de réflexion et de transmission égaux à 0.5 à 45° des axes  $OBA_2$  et  $P_0BA_1$ , n'introduisant aucun déphasage.

⇒ de deux miroirs parfaitement plans, qui dans leur positions  $M_{1,0}$  et  $M_{2,0}$  sont symétriques par rapport à la lame semi-réfléchissante. De plus, ces miroirs peuvent tourner autour des axes  $A_1$  et  $A_2$  perpendiculaires au plan de la figure.

$M_2$  peut se translater parallèlement à l'axe  $OB$  en position  $M'_2$ .

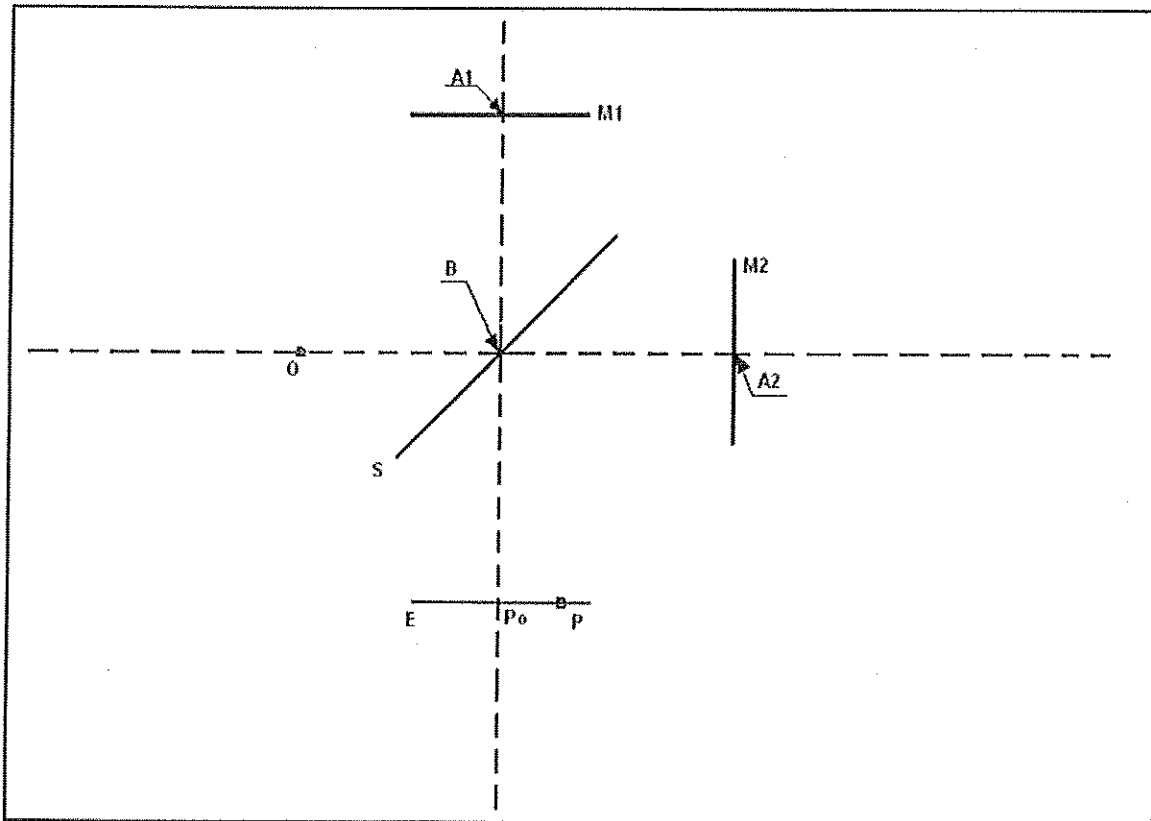


Figure 1 : Interféromètre « idéal »

#### II.1.A. Calcul de la différence de marche :

On place un écran E perpendiculaire à l'axe  $BP_0$ . On va chercher à déterminer la différence de marche entre les deux parcours possibles pour atteindre un point P de cet écran, pour des miroirs en positions  $M_1$  et  $M'_2$ .

La construction des rayons partant d'une source placée en O et aboutissant en P nécessite de tracer les différentes images de la source O et du point P au travers de la séparatrice et des miroirs. (voir figure 2)



La différence de marche entre les deux parcours s'écrit :

**Eq. 1**

$$\Delta_0 = OJ'T'P - OIJP$$

Pour des raisons de symétrie, on peut réécrire la différence de marche de deux façons :

**Eq.2**

$$\Delta_0 = O'_2P - O_1P$$

**Eq.3**

$$\Delta_0 = OP'_2 - OP_1$$

La forme des franges sur l'écran E dépendra de cette différence de marche. On aura une frange brillante en P si  $\Delta_0 = k\lambda$  ( $k \in \mathbf{Z}$ ). L'expression montre que ces franges brillantes seront à l'intersection du réseau hyperboloïdes de révolution autour de  $O_1O'_2$  tel que  $O'_2P - O_1P = k\lambda$  et de l'écran E.

Ce sont donc :

$\Rightarrow$  des portions de droites si l'axe  $O_1O'_2$  est parallèle à l'écran  
 $\Rightarrow$  des portions de cône si l'axe  $O_1O'_2$  s'incline par rapport à l'écran, qui peuvent être des hyperboles, des paraboles ou des ellipses. En particulier, si l'axe  $O_1O'_2$  est perpendiculaire à l'écran, ces franges seront des anneaux, cercles concentriques.

### II.1.B. Déplacement du point source :

On munit l'espace d'un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  tel que O soit le centre de la source à distance finie,  $y = 0$  le plan de symétrie passant par O du Michelson, et  $\vec{k}$  la direction de l'axe dirigé vers le Michelson.

#### II.1.B.a. Source à distance finie :

On déplace le point source en S ( $x, y, 0$ ). Calculons alors la différence de marche  $\Delta$  des rayons interférant en P issus de S.

La deuxième forme de l'équation de différence de marche (Eq.3) calculé précédemment faisant intervenir le point source et les images P1 ( $x_1, y_1, z_1$ ) et P2 ( $x_2, y_2, z_2$ ) va nous permettre de calculer  $\Delta$  après déplacement en S.

En effet on a :

**Eq.4**

$$\Delta = SP_2 - SP_1$$

**Eq.5**

$$\Delta = \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + z_2^2} - \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + z_1^2}$$

que l'on peut écrire si S proche de O :

**Eq.6**

$$\Delta(x, y) = \Delta(0,0) + \left[ x \frac{\partial \Delta}{\partial x}(0,0) + y \frac{\partial \Delta}{\partial y}(0,0) \right] + \frac{1}{2} \left[ x^2 \frac{\partial^2 \Delta}{\partial x^2}(0,0) + \dots \right]$$



On peut alors calculer facilement les dérivées de  $\Delta(x, y)$  en  $(0, 0)$  et développer  $\Delta(x, y)$  en une somme d'ordres  $n$  successifs :

**Eq.7**

$$\Delta(x, y) = \sum_n \Delta_n$$

En particulier, les ordres 0, 1, 2 sont :

**Eq.8**

$$\Delta_0 = OP_2 - OP_1$$

$$\Delta_1 = x \left( \frac{x_1}{OP_1} - \frac{x_2}{OP_2} \right) + y \left( \frac{y_1}{OP_1} - \frac{y_2}{OP_2} \right)$$

$$\Delta_2 = -\frac{1}{2} x^2 \left[ \frac{1}{OP_1} \left( 1 - \frac{x_1^2}{OP_1^2} \right) - \frac{1}{OP_2} \left( 1 - \frac{x_2^2}{OP_2^2} \right) \right] + \text{terme en } y^2 + \text{terme en } xy$$

Il est à noter que le terme du premier ordre fait apparaître les coordonnées des vecteurs unitaires  $\vec{u}_1$  et  $\vec{u}_2$  des directions  $OP_1$  et  $OP_2$ , ce qui permet de retrouver la forme classique de  $\Delta_1$  :

**Eq.9**

$$\Delta_1 = OS(\vec{u}_1 - \vec{u}_2)$$

### II.1.B.b. Source à l'infini :

On suppose maintenant la source à l'infini sur l'axe  $(O, \vec{k})$ . La différence de marche des rayons interférant en P, passant par  $P_1$  et  $P_2$  est en fonction du vecteur  $u_0$  dans la direction de la source :

**Eq.10**

$$\Delta_0 = P_1 P_2 \cdot u_0$$

Si l'on décale la source à l'infini dans la direction d'un vecteur  $\vec{u}(\alpha, \beta, \gamma)$ , on a :

**Eq.11**

$$\Delta = P_1 P_2 \cdot \vec{u}$$

$\alpha$  et  $\beta$  sont généralement petits devant 1, et on peut écrire :

**Eq.12**

$$Y \approx 1 - \frac{1}{2}(\alpha^2 + \beta^2)$$

Comme pour une source à distance finie, on peut alors réécrire la différence de marche sous forme d'un développement d'ordres successifs de  $\alpha$  et  $\beta$  :

**Eq.13**

$$\Delta_0 = z_2 - z_1$$

$$\Delta_1 = \alpha(x_2 - x_1)$$

$$\Delta_2 = -\frac{1}{2}(z_2 - z_1)(\alpha^2 + \beta^2)$$

### II.1.C. Type et localisation des franges observables :

A partir des équations déterminées précédemment, on peut discuter du type et de la localisation des franges observables selon les dimensions et la position de la source.

En effet, si la dimension de la source devient importante, les rayons des points S ne pourront plus être confondus avec le point source O. Les termes de premier et de second ordre ne seront plus négligeables, et entraîneront un brouillage des franges en général.

Néanmoins, il existera toujours des zones de l'espace où ces termes de premier et second ordre seront toujours nuls, et où les franges resteront donc observables. C'est ce que l'on nomme le phénomène de localisation des franges.

On distingue trois catégories de phénomènes observables, selon le tableau suivant (pour plus de détail dans les calculs, on pourra se reporter à l'article de G Fortunato & G.Krebs [1]).

| Largeur de la source   | Localisation des franges   | Remarques   |
|--|--|---|
| Source quasi ponctuelle<br>$\Delta \simeq \Delta_0$                | Elles sont visibles partout : les <b>franges sont non localisées</b>   | Observables en coin d'air ou en lame d'air, à la condition que la source soit très petite (variation de $\Delta$ par rapport à $\Delta_0$ faible par rapport à $\lambda$ sur l'ensemble de la surface de la source).  |
| Source peu étendue<br>$\Delta \simeq \Delta_0 + \Delta_1$          | Visibles lorsque $\Delta_1 = 0$ . On montre [1] que cela correspond aux points d'intersection des rayons issus de mêmes rayons incidents. <b>Les franges sont localisées à distance finie.</b>               | Observable en coin d'air, en particulier au voisinage des miroirs : franges rectiligne d'égale épaisseur.   |
| Source étendue.<br>Les ordres supérieurs ne sont plus négligeables | Visibles lorsque $\Delta_1$ et $\Delta_2$ sont tous deux nuls. Ces points correspondent à deux faisceau émergents parallèles issus d'un même rayon incident : <b>les franges sont localisées à l'infini.</b> | Observable en lame d'air : franges circulaires d'égale épaisseur. A noter qu'au lieu de localisation, l'annulation des termes d'ordre 1 et 2 entraîne l'annulation de tous les termes d'ordre supérieur, et que la visibilité des franges à l'infini ne dépend alors plus de la dimension de la source. |

## II.2. Interféromètre réel :

Les calculs ont été réalisés pour un interféromètre idéal. En particulier, on suppose que la lame semi-réfléchissante est parfaite, sans épaisseur.

Bien entendu, il n'existe pas de telle surface idéale. Le traitement semi-réfléchissant est donc déposé sur une lame de verre, qui possède une épaisseur non nulle (le traitement quant à lui est un composé multicouche, chaque couche étant d'épaisseur quasi atomique).

En fait, plus le diamètre de la lame sera importante, plus son épaisseur sera grande afin de préserver le plus possible l'intégrité de sa surface.

Si la source est hautement monochromatique et cohérente (par exemple un laser), les phénomènes d'interférences restent visibles avec une simple séparatrice.

Dans le cas plus riche d'une source polychromatique étendue, le décalage induit par la traversée de la lame sur un des faisceaux entraîne un brouillage des franges, elles ne sont plus observables.

C'est pourquoi on interpose sur le second bras de l'interféromètre (celui où le faisceau ne traverse pas la lame séparatrice) une seconde lame, rigoureusement identique à la lame séparatrice en terme de matériau et de dimensions, qui va servir à compenser la différence de marche due à cette traversée de la séparatrice. C'est cette lame que l'on nomme simplement compensatrice.

La tolérance de différence d'épaisseur entre séparatrice et compensatrice est très faible : quelques microns. En effet, au-delà, la différence de marche induite par la traversée de deux lames distinctes sur les deux trajets différents ne serait plus négligeable devant la longueur d'onde du faisceau lumineux. On conçoit donc que cela implique aussi un très bon réglage du parallélisme entre séparatrice et compensatrice.

Si le parallélisme n'est pas bon entre les deux lames, le parcours optique des deux faisceaux ne sera pas rigoureusement identique sur les deux bras. En fait, on voit tout de suite que le parcours sera allongé dans la traversée de la compensatrice si celle-ci n'est pas parallèle à la séparatrice.

En observant les anneaux des franges d'égale inclinaison de la lame d'air, on constate que le mauvais parallélisme des deux lames entraîne une déformation des franges selon l'axe d'intersection projeté des plans définis par chacune des lames. Dans le cas le moins dramatique, les anneaux seront déformés en ellipses plus ou moins inclinées. Si le parallélisme est franchement mauvais, on peut observer des hyperboles.

Dans le cas des franges du coin d'air, on observe un décalage du point de contact (ordre 0 décalé en position de translation du chariot, ceci d'autant plus que le parallélisme est mauvais). Surtout, si l'on observe les franges du coin d'air d'une source de lumière blanche, l'effet de prisme induit par le mauvais parallélisme des lames conjugué au phénomène d'interférences implique des effets chromatiques plus ou moins prononcés.

Il est donc nécessaire de régler le bon parallélisme de la séparatrice et de la compensatrice. On verra comment le faire de façon simple en utilisant les remarques précédentes dans le chapitre pratique consacré au réglage de l'interféromètre.

### III. Observation des phénomènes d'interférences

Dans ce chapitre sont présentés les modes de réglage de l'interféromètre de Michelson (Réf : POD 013 493) pour l'observation des différents phénomènes d'interférence.

Les annotations d'utilisation des différents éléments ou réglages notés en gras italique (ex : *M1*, *cb*...) font référence à la figure 1 (page 3).

#### **III.1. Réglage préliminaires :**

L'appareil est préréglé et contrôlé en atelier afin de vérifier son bon fonctionnement.

Afin de garantir l'appareil pendant le transport dans les meilleures conditions, le chariot (**A**) et le support (**B**) sont déplacés.

Afin de retrouver rapidement le réglage initiale, nous vous recommandons de suivre les indications suivantes : **de -a- à -e-**

***Lors du déballage, il est souhaitable de vérifier les valeurs des cotes indiquées sur la figure 3.***

#### Préréglage :

- **a** - Placer délicatement le chariot (**A**) en position de travail, vers la lame séparatrice (tête de vis micrométrique du palmer en contact avec l'aimant).

- **b** - Vérifier l'intervalle entre le support fixe et le porte miroir orientable d'une valeur approximative de 2 à 3 mm, les deux plans devant être parallèles.

Pour réajuster l'intervalle entre les deux faces (support et porte miroir), actionner les vis de réglage (2 par miroir). Celles-ci doivent avoir un dépassement préalable d'environ 20 mm, têtes comprises, comme indiqué sur la figure 3.

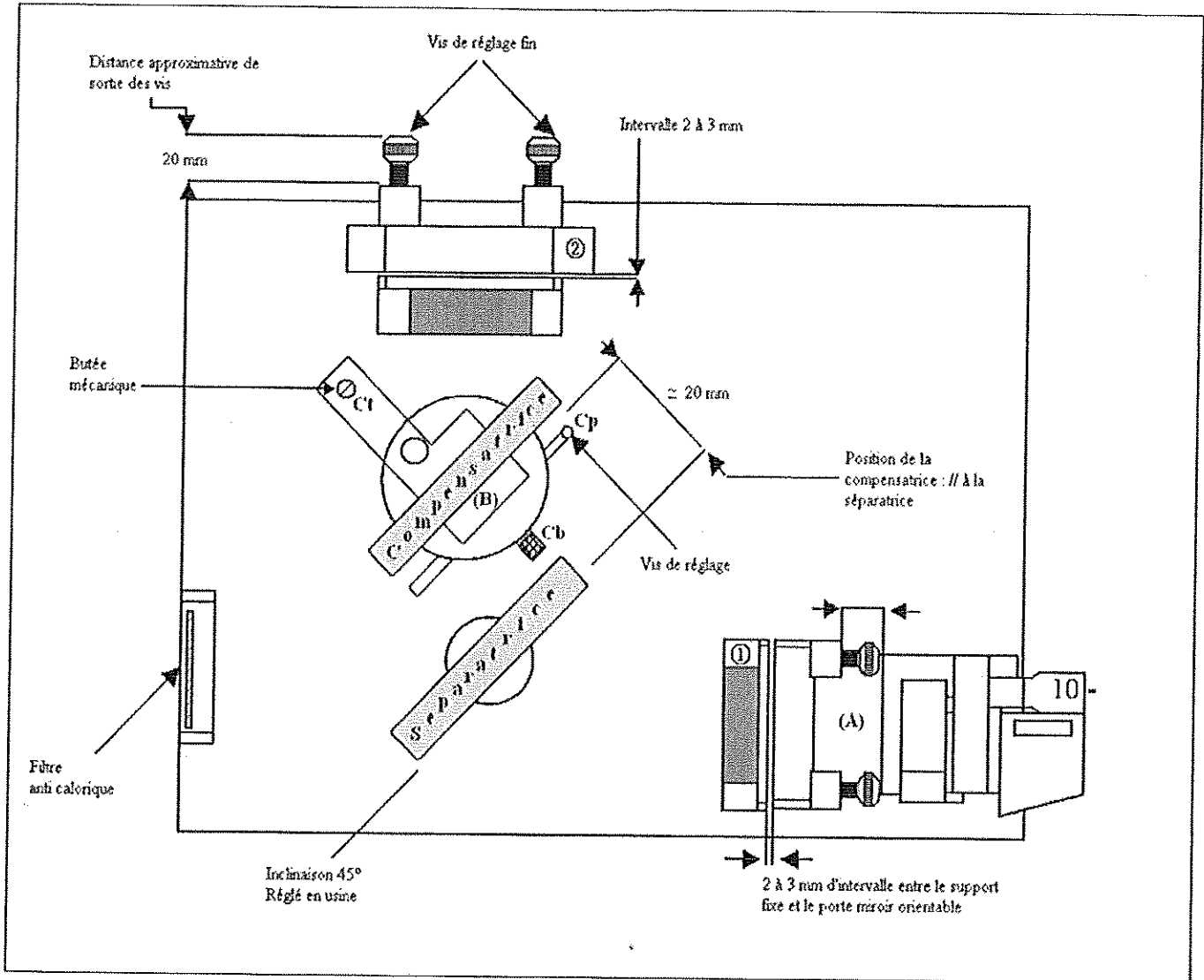
- **c** - Positionner le chariot mobile de manière à l'amener à la graduation 10 du tambour gradué. Amener le vernier de la vis micrométrique sur le repère « 10 » de la graduation (soit 10 mm).

- **d** - Procéder comme - **b** - pour réajuster, si nécessaire, le second miroir.

A noter que pour les réglages - **b** - et - **d** -, il peut être nécessaire d'actionner la vis M6 (tête creuse) des supports de miroir pour obtenir un intervalle constant (2 à 3 mm), entre les deux faces.

- **e** - Remettre en place la vis « **Cp** » du support de la compensatrice de manière à être parallèle à l'œil à la séparatrice.

Les deux vis de réglage dont le support dispose, permettront de réduire l'ellipticité des anneaux lors du réglage fin.



Les surfaces « non utiles » de la séparatrice et de la compensatrice sont traitées antireflet afin d'éliminer les images parasites lors des observations. Il n'est par ce fait pas possible de régler « a priori » plus précisément le parallélisme compensatrice/séparatrice par la superposition des réflexions multiples sur les lames. Le réglage fin se fait ultérieurement, en position de lame d'air, par rectification de l'ellipticité des anneaux d'égale inclinaison.

### III.2. Source monochromatique ou polychromatique (lampes spectrales Sodium ou Mercure) :

#### III.2.A. Premier réglage du parallélisme des miroirs : franges du coin d'air

- 1 - On éclaire le Michelson avec une source de cohérence temporelle assez élevée, lampe spectrale sodium ou mercure par exemple.

- 2 - Le Michelson présente à ce niveau très probablement un coin d'air avec un angle assez important entre les deux miroirs. L'observation des franges du coin d'air va permettre un premier réglage du parallélisme entre **M1** et **M'2**.

- 3 - On réduit l'étendue spatiale de la source en interposant un diaphragme variable (fermeture minimale de l'ordre de 2 mm) éclairé du côté source par un condenseur, et placé côté Michelson au foyer d'une lentille de + 250 mm de focale.

- 4 - Par vision directe en **O** au travers de la séparatrice vers **M1**, on voit deux images du diaphragme. On réduit simplement l'angle entre les deux miroirs en agissant sur les vis **mt2** et **mp2** de **M2** pour les superposer.

**Variante :** On interpose une lentille L de +250 mm de focale entre la source et le Michelson de manière à focaliser à peu près la lumière sur les miroirs. On intercale entre cette lentille et la source un dépoli. Un simple papier blanc suffit, avec tracé dessus une croix au stylo fin pour aider au repérage ou mieux encore en utilisant un papier quadrillé.

On voit alors en se plaçant en **O** deux disques images du dépoli, que l'on va superposer à l'aide des **mt2** et **mp2** de **M2**. Une bonne superposition permet normalement de parfaitement superposer la croix dessinée ou le quadrillage et de distinguer nettement (comme lors d'une « mise au point » en photo) les détails de tramage du papier.

#### Apparition des franges et affinage du réglage :

- 1 - Si les réglages précédents ont été correctement effectués, on doit maintenant voir apparaître des franges localisées sur les miroirs. Si ce n'est pas le cas, il peut y avoir deux raisons :

⇒ La différence de marche (position de **M2**) est trop importante pour la cohérence temporelle de la source : essayer de déplacer **M2** de façon à avoir les deux bras du Michelson de même longueur.

⇒ On se trouve dans une position d'anti coïncidence des raies spectrales, surtout en travaillant avec une lampe sodium. En agissant sur la position de **M2**, on doit rapidement faire apparaître les franges.

⇒ Si l'on ne voit toujours pas de franges, c'est que le réglage de superposition des images n'est pas suffisant. Reprendre le réglage au III.2.A « Premier réglage du parallélisme des miroirs : franges du coin d'air »

- 2 - Une fois les franges visibles, en jouant dans un premier temps avec les réglages rapides **mp2** et **mt2** de **M2**, on élargit les franges (on se rapproche du parallélisme des miroirs). Lorsqu'il reste une dizaine de franges dans le champ visuel, on élargit encore ces franges en agissant maintenant de préférence sur les vis fines **mp1** et **mt1** de **M1**, jusqu'à l'obtention d'une teinte plate sur les miroirs.

### III.2.B. Réglage fin du parallélisme des miroirs : anneaux localisés à l'infini

#### III.2.B.a. Observation des anneaux :

- 1 - L'observation et l'élargissement des franges du coin d'air localisées sur les miroirs a permis à ce niveau d'effectuer un réglage approché du parallélisme entre **M1** et **M2**. C'est en accommodant dès lors à l'infini et en observant les anneaux localisés à l'infini que l'on va pouvoir affiner ce réglage.

- 2 - Si le réglage sommaire de la compensatrice effectué « à l'œil » en début de processus de réglage n'est pas trop frustré, on doit observer des anneaux concentriques. Il se peut néanmoins que ce réglage soit trop imparfait. On observera alors des ellipses plus ou moins marquées, voir des hyperboles. En ce cas, un réglage de la compensatrice s'impose. Rendez-vous en *III.2.B.b »réglage fin de la compensatrice : forme des anneaux »*

- 3 - En observation directe, la pupille de l'œil diaphragme fortement le champ. L'observateur isole une portion du couple **M1/M2**. Si les deux miroirs ne sont pas rigoureusement parallèles, le déplacement de l'œil d'un bord à l'autre des miroirs va isoler des portions de champ pour lesquelles la différence de marche va varier. Ce déplacement du regard induit donc un défilement des anneaux. Le réglage du parfait parallélisme peut être réalisé en utilisant cette propriété : en déplaçant l'œil de droit à gauche et inversement, on affine le réglage des miroirs jusqu'à obtenir une bonne stabilité des anneaux. On procède de même dans le sens vertical, en déplaçant l'œil de haut en bas et inversement.

- 4 - On peut alors faire « rentrer » les anneaux en déplaçant **M2** à l'aide de la vis micrométrique de translation **T** : on se rapproche du point de contact, les anneaux s'agrandissent. Au cours de cette manœuvre, on doit en permanence surveiller la stabilité des anneaux selon la méthode de déplacement de l'œil, et si nécessaire corriger l'orientation de **M1** avec **mp1** et **mt1** pour parfaire le réglage du parallélisme des miroirs.

- 5 - Si les anneaux se déforment en des ellipses ou des hyperboles, le réglage du parallélisme compensatrice/séparatrice est en cause. Le paragraphe suivant indique la marche à suivre.

**Variante :** Si l'on a suffisamment de lumière, en ouvrant au maximum le diaphragme d'entrée du Michelson et en plaçant la lentille de +250 mm de manière à focaliser la lumière sur les miroirs, on peut projeter la figure d'anneaux sur un écran placé dans le plan focal d'une lentille de focale 500 à 1000 mm que l'on dispose en **O**. On peut aussi les projeter sur un mur éloigné (considéré alors à l'infini). Affiner le réglage des miroirs pour obtenir des anneaux en projection propres et contrastés.

#### III.2.B.b. Réglage fin de la compensatrice : forme des anneaux

- 1 - Les anneaux **localisés à l'infini** peuvent à l'origine du réglage ou au cours de la translation de **M2** être déformés en des ellipses, voir des hyperboles ou encore des sortes de franges rectilignes qui ne sont pas de même épaisseur (à ne pas confondre avec les franges du coin d'air, d'**égale épaisseur et localisées sur les miroirs**). Cela est dû à un mauvais parallélisme compensatrice/séparatrice.

- 2 - Dans le cas extrême de figure hyperboliques, le réglage de la compensatrice est très mauvais. Normalement, un tel dérèglement est perceptible à l'œil en regardant simplement « à l'œil » le parallélisme entre compensatrice et séparatrice. Il peut alors être nécessaire de débloquer la libre rotation de C en dévissant **cb**, en mettant **cp** en milieu de course, et en faisant pivoter doucement C jusqu'à obtention d'une figure d'ellipses. Revisser **cb**.

- 3 - Lorsque l'on a des ellipses, le réglage du parallélisme compensatrice/séparatrice peut être effectué en agissant sur les vis d'orientation **cp** et **ct** de la compensatrice.

- 4 - La vis de réglage **ct** va faire tourner la compensatrice selon son axe horizontal, ce qui permet de corriger l'inclinaison des ellipses par rapport à l'horizontale.

- 5 - La vis de réglage **cp** va faire tourner la compensatrice selon son axe vertical : cette vis permet de réduire (ou d'agrandir, mais ce n'est pas le but recherché...) l'ellipticité des anneaux.

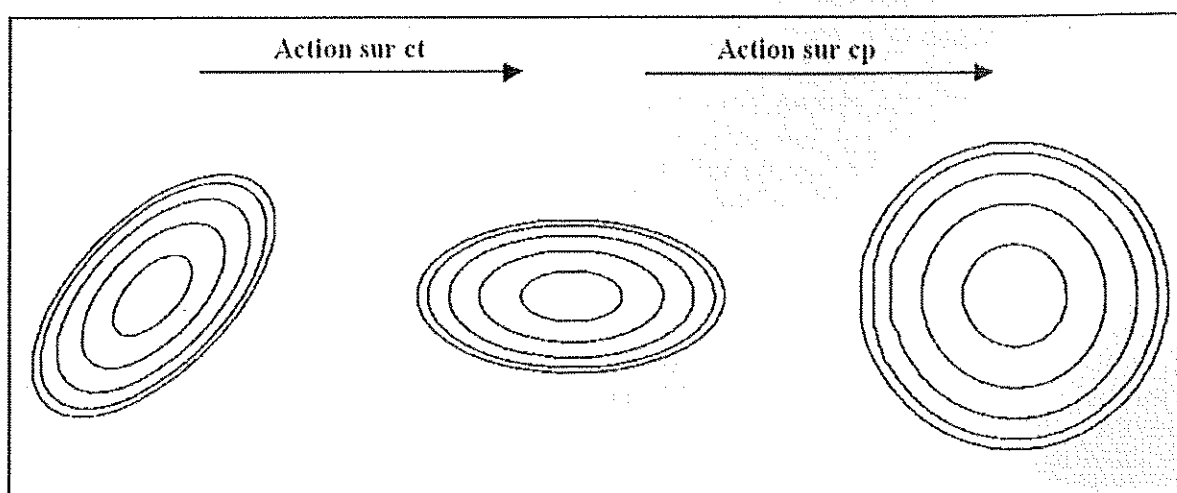


Figure 4 : Effet sur la forme des anneaux des réglages **cp** et **ct** de la compensatrice

### III.2.B.c. Approche du point de contact : le « teint plate »

Maintenant, on doit observer dans le champ des anneaux concentrique et bien circulaires (parallélisme des miroirs d'une part et séparatrice/compensatrice d'autre part corrects). On translate M2 avec la vis micrométrique T délicatement dans le sens où les anneaux « rentrent ». Ceux-ci s'agrandissent. Plus ils ont grands, plus la précision des réglages est sensible. Il faut donc vérifier en permanence la bonne stabilité des anneaux par déplacement de l'œil pour le parallélisme des miroirs (en projection, le contraste entre les anneaux doit rester maximal et le centre des anneaux doit rester fixe au cours de la translation). De même, il faut éventuellement retoucher au fur et à mesure le réglage de la compensatrice dès que les anneaux se déforment en ellipse selon la méthode décrite précédemment.

On finit par arriver à une position de M2 où une seule teinte (anneaux de diamètre supérieur au champ d'observation) est visible. Le Michelson est alors parfaitement réglé pour les parallélismes des miroirs et de la séparatrice avec la compensatrice.

Il reste à atteindre précisément le point de contact optique, équivalent à une lame d'air d'épaisseur nulle.



### III.3. Source de lumière blanche :

#### III.3.A. lame d'air d'épaisseur nulle : blanc d'ordre 0

Pour cet ultime réglage, on exploite le fait que de part la forte incohérence temporelle d'une source de lumière blanche, il n'y a qu'un petit nombre de franges qui peuvent être observées au voisinage de la différence de marche nulle.

On éclaire à l'aide d'une source de lumière blanche (lampe halogène par exemple) le Michelson réglé selon tout le processus décrit ci-dessus. En translatant **très délicatement M2** dans le même sens que précédemment, on doit observer au bout de quelques instants des couleurs qui défilent puis une teinte blanche uniforme. Un décalage infime toujours dans le même sens de M2 doit alors à faire aussitôt réapparaître des couleurs. Si ce n'est pas le cas, c'est que l'on est passé dans le blanc d'ordre supérieur, et il faut délicatement revenir en arrière pour refaire défiler les couleurs jusqu'à obtention de la teinte blanche uniforme d'ordre 0.

Le Michelson est alors parfaitement réglé, tant au niveau parallélisme que du contact optique.

#### III.3.B. Franges du coin d'air en lumière blanche :

Sans modifier pour l'instant le réglage du Michelson, on place la source de manière à éclairer les miroirs de façon uniforme.

On place en sortie du Michelson une lentille qui va permettre de former sur un écran l'image des miroirs (une focale de 250 mm est bien adaptée ici).

On tourne très légèrement **M1** à l'aide de **mp1**. On doit immédiatement voir apparaître sur l'écran les franges du coin d'air en lumière blanche.

**Attention :** La couleur de la frange centrale est indifféremment blanche ou noire, de part les déphasages dus aux traitements des lames et des miroirs.

### III.4. Résumé du processus de réglage de l'interféromètre de Michelson :

La figure 5 « Organigramme de réglage de l'interféromètre » reprend en résumé les différents phases du processus permettant un réglage complet de l'interféromètre.

Ce schéma permet de se souvenir précisément des différentes étapes. Néanmoins, il est absolument nécessaire lors d'une première manipulation de se référer au processus complet, détaillé dans les chapitres précédents, la nature synthétique de l'organigramme ne pouvant rendre compte des différentes propriétés physiques complexes mises en jeu.

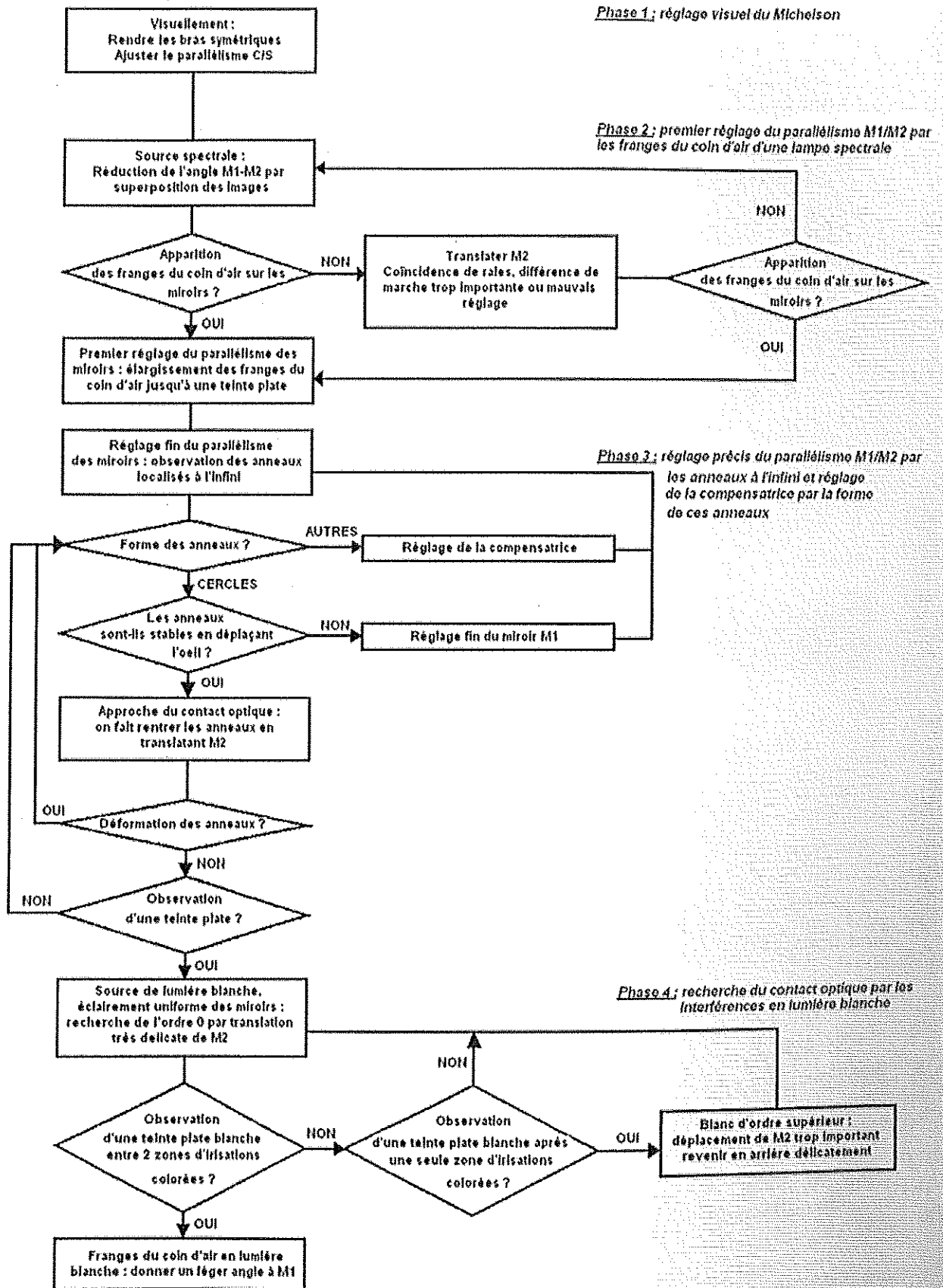
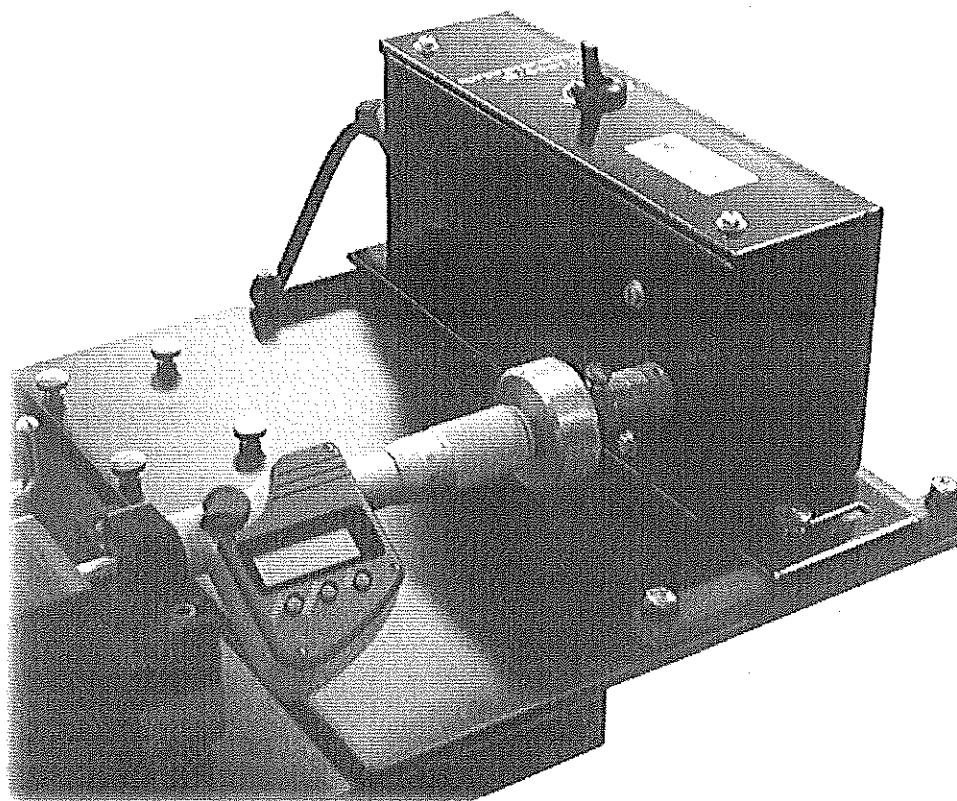


Figure 5 : Organigramme de réglage de l'interféromètre

## IV. Options

### IV.1. Motorisation :



#### IV.1.A. Vitesse de rotation et vitesse de défilement des franges :

Le moteur est un moteur réducteur synchrone à 50 Hz tournant à la vitesse d'un tour par quart d'heure, avec inversion de sens.

#### IV.1.B. Accouplement :

La transmission moteur/chariot est assurée par un accouplement flexible, ce qui ne nécessite pas un alignement moteur-Michelson rigoureusement parfait.

Le réglage de la translation du moteur est déterminé en fonction de la position initiale de la vis micrométrique (voir réglage fin de l'interféromètre).

La motorisation est livrée avec l'accouplement solidaire du moteur. Si pour une raison quelconque il est nécessaire de l'enlever, il est fixé sur l'axe du moteur par deux vis allènes  $\varnothing$  2 mm. Nous déconseillons néanmoins de le retirer.

L'accouplement du moteur à l'interféromètre se fait par l'embout  $\varnothing$  4 mm situé à l'extrémité de la vis micrométrique de déplacement du chariot du Michelson. Il suffit de fixer la transmission sur l'axe du chariot à l'aide des deux vis moletées.

#### IV.1.C. Mise en marche et inversion de sens :

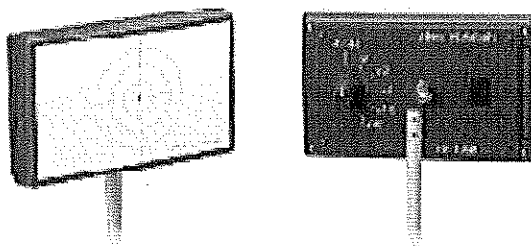
La mise en marche est simplement effectuée après branchement de l'ensemble moteur en plaçant l'Interrupteur à basculement horizontal sur la position de marche (point blanc apparent sur le côté de l'Interrupteur).

L'inversion de sens est quant à elle commandée par l'Interrupteur à basculement vertical marqué du sigle



Attention : Il existe toujours un jeu résiduel dans la vis micrométrique de translation du chariot du Michelson nécessaire à son fonctionnement. Vu la faible vitesse de rotation du moteur (1 tour/15mn), ce jeu ne sera rattrapé par la rotation du moteur qu'au bout de quelques secondes.

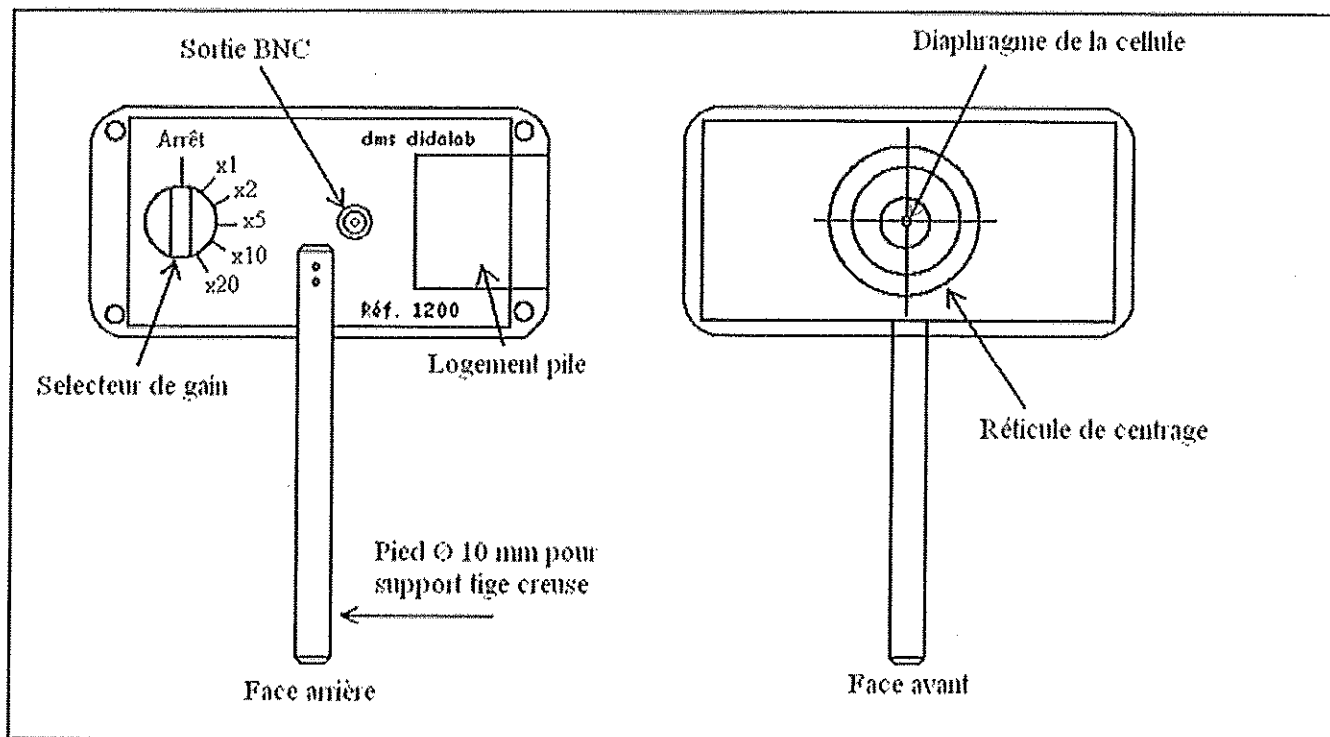
#### IV.2. Détection :



##### IV.2.A. Caractéristiques techniques :

###### IV.2.A.a. Détecteur : Photodiode au silicium :

Réponse linéaire en fonction de l'intensité lumineuse reçue.  
Temps de montée de l'ordre de 50 ns, négligeable face à la vitesse de défilement des franges (2 franges/seconde à 556 nm, soit un facteur  $10^7$  entre le temps de montée de la photodiode et les variations de luminosité).



#### IV.2.A.b. Amplification - Filtrage - Visualisation :

Cinq niveaux de gains (facteurs 1, 2, 5, 10 et 20) sont disponibles et permettent dans les conditions normales d'éclairage d'obtenir une sortie 0-5V suivant le gain choisi.

La sortie est assurée par une borne type BNC permettant la visualisation du signal sur oscilloscope ou acquisition sur enregistreur potentiométrique.

La détection comporte en interne un filtre passe-haut éliminant les fréquences supérieures à 50 Hz afin d'éliminer des phénomènes d'interférences avec le réseau (variation de l'éclairage de la lampe). Elle ne peut donc être utilisée que pour l'observation de phénomènes périodiques de fréquence basse (< 10 Hz)

#### IV.2.A.c. Boîtier - Alimentation :

La face avant du boîtier sert d'écran de projection afin d'observer les interférences obtenues par l'interféromètre de Michelson.

La face arrière comprend le réglage du gain, la sortie BNC et le capot du compartiment pile.

L'alimentation est assurée par une pile 9V type LR6. En cas de non utilisation prolongée, nous conseillons vivement de la retirer du boîtier.

#### IV.2.B. Mise en oeuvre :

Dans un premier temps, régler l'interféromètre de Michelson en lame d'air (voir notice de l'appareil).

Placer en sortie de l'interféromètre une lentille de focale 250 mm. Emmancher le boîtier de détection dans un support à tige creuse  $\varnothing$  10 mm et connecter le à votre système d'enregistrement ou de visualisation. Positionner le boîtier dans le plan focal de

la lentille. L'interféromètre étant réglé en lame d'air d'épaisseur non nulle, on doit observer des franges d'égales inclinaisons localisées à l'infini.

En d'autres termes, si le boîtier est bien dans le plan focal de la lentille de sortie, on doit obtenir une image nette des anneaux d'interférences sur la face avant du détecteur.

Centrer ces anneaux sur l'écran en s'aidant du réticule. Accoupler alors le moteur au Michelson. Mettre le moteur en marche, choisissez le calibre convenable sur le détecteur. Lancer l'enregistrement lorsque le moteur a rattrapé le jeu du tambour micrométrique du Michelson.

Il est conseillé en fin d'expérience, non seulement de mettre le sélecteur de gain du détecteur sur la position « arrêt », mais aussi si l'on n'a pas à se servir du détecteur dans un bref délai, de retirer la pile du boîtier afin de lui assurer une durée de vie la plus longue possible.

V. Bibliographie

- [1] G. Fortunato & G. Krebs, « L'interféromètre de Michelson : quelques aspects théoriques et expérimentaux », Bulletin de l'Union des Physiciens, Cahier Enseignement Supérieur 1997, 795 cahier 2, 15-56.
- [2] D. Mangili, Y. Dulac, J.P. Berni, L. Stévenin, « Un exemple de TP-cours, interférence à deux ondes : l'interféromètre de Michelson », Communication à la journée nationale d'information sur les programmes de physiques des classes préparatoires aux grandes écoles des filières PC et PSI, 3 avril 1996.

Contact commercial : [stephanie.kowalkowski@dmseducation.com](mailto:stephanie.kowalkowski@dmseducation.com)  
Contact SAV : [sav@dmseducation.com](mailto:sav@dmseducation.com)  
[geoffrey.pell@dmseducation.com](mailto:geoffrey.pell@dmseducation.com)

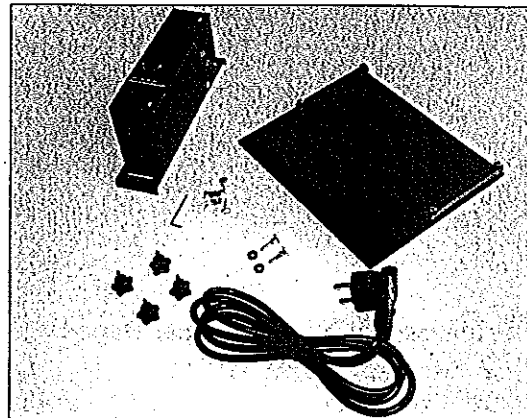
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



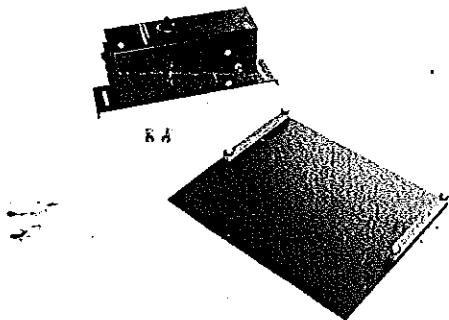
# Notice de positionnement du moteur destiné à l'interféromètre de Michelson

## Kit Moteur du Michelson :

- 1 moteur Michelson
- 1 support
- 1 câble d'alimentation
- 2 boutons moletés
- 2 rondelles en plastique
- 1 clé Alène
- 1 accouplement flexible
- 4 boutons de fixation



## Etape 1 :

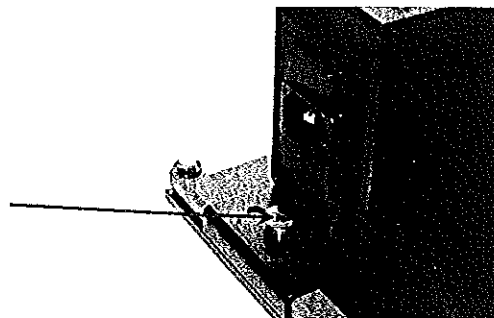


Pièces à utiliser pour cette étape :

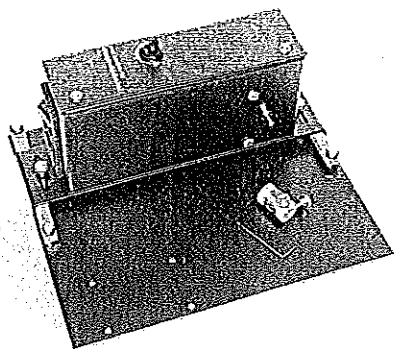
- Moteur Michelson
- Support
- 2 boutons moletés & 2 rondelles

Placer le moteur sur les rails du support en veillant à ce que l'arbre du moteur soit tourné vers l'intérieur du support.

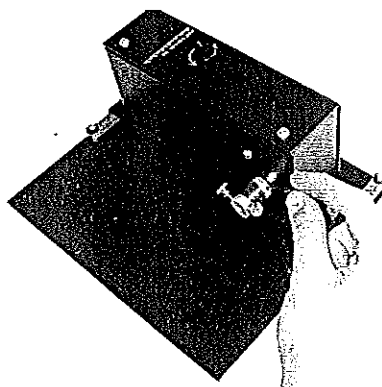
A l'aide des deux boutons moletés, fixer le moteur sur ses rails, comme suit :



Etape 2 :-----

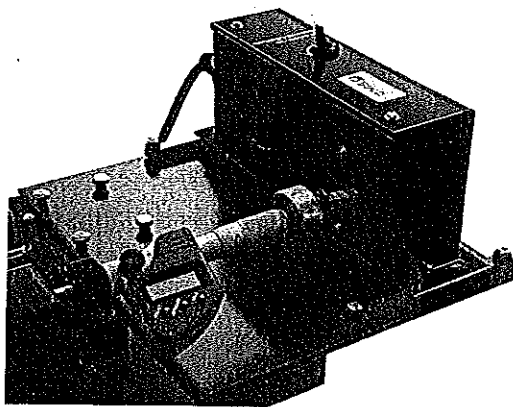


- Pièces à utiliser pour cette étape :
- Accouplement flexible
  - Clé Alène

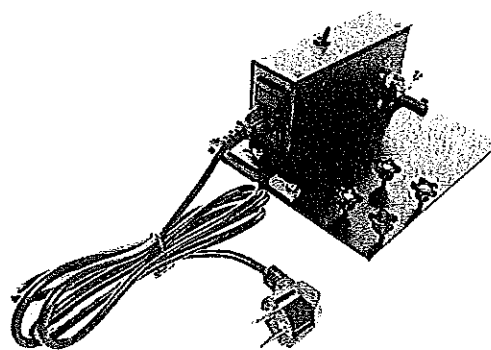


A l'aide de la clé fournie, serrer comme ci-dessus les deux vis de l'accouplement flexible sur le bras fixe, en veillant à ce que les deux boutons moletés de l'accouplement soit positionnés vers l'extérieur.

Etape 3 :-----



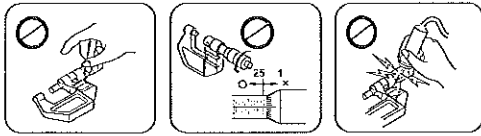
Placer le moteur sur le Michelson et fixer les deux boutons moletés de l'accouplement flexible ainsi que les quatre boutons du support



Brancher le câble d'alimentation.

# Digimatic Micrometer

# Micromètre d'extérieur "DIGIMATIC"

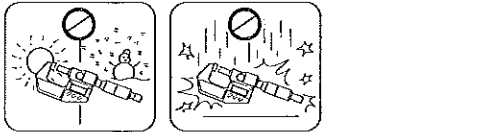


### Safety Precautions

To ensure operator safety, use this instrument in conformance with the directions and specifications given in this User's Manual.



- The silver oxide battery used for this instrument contains irritating substance. Should the liquid content accidentally come into contact with the eye or skin, rinse with water immediately, then consult a physician. Should it get into the mouth, immediately rinse inside the mouth, swallow plenty of water and vomit it, then consult a physician.
- The tip of the contact point on this micrometer is sharp. Handle it with care so as not to scratch yourself.



### IMPORTANT

- Do not disassemble. Do not modify this instrument. It may damage the instrument.
- Do not use and store the micrometer at sites where the temperature will change abruptly. Prior to use thermally stabilize the micrometer sufficiently at room temperature.
- Do not store the micrometer in a humid or dusty environment.
- When using the coolant proof type micrometer in a position where it may be splashed directly with coolant, or the like, ensure that the battery cover is closed tightly. When installing the cover, ensure that the fixing screws are tightly fastened so that there are no gaps. After use, apply rust prevention measures, as occurrence of rust can lead to device malfunction.
- Do not apply sudden shocks including a drop or excessive force to the micrometer.
- Always perform focusing prior to measurement.
- Wipe off dust, cutting chips, and moisture from the instrument after use.
- To clean the instrument, use a soft cloth soaked in a diluted neutral detergent. Do not use any organic solvent (Thinners, etc.). It may deform or damage the instrument.
- The spindle is designed so that it can not be removed from the inner sleeve. Do not move it out the upper limit of the measuring range. It may damage the instrument.
- Do not use an electric marking pen or other such devices on the micrometer.
- The LCD automatically turns off if it has been idle for 20 minutes. To turn on the LCD, turn the thumb or press the ZERO/ABS button.
- Do not charge or disassemble the battery. Doing so may cause short circuit.
- If the micrometer is not in use for more than 3 months, remove the battery from the micrometer for safe keeping. The battery could leak and cause damage to the micrometer.
- The warranty shall not apply if the product fails or is damaged as a result of fair wear and tear including battery drain.
- For disposing of the battery, follow the local ordinances or regulations.
- Refer to the Instructions on the left while reading this manual.

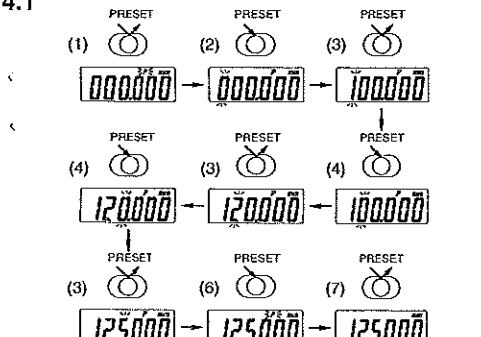
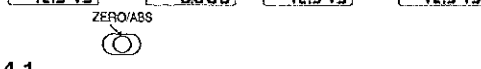
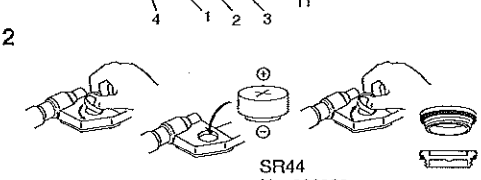
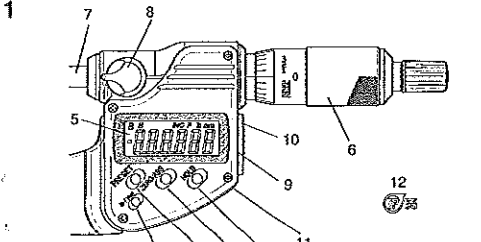
### Précautions de sécurité

Pour garantir la sécurité de l'opérateur, utilisez cet instrument en respectant les instructions et spécifications indiquées dans le présent Manuel de l'utilisateur.

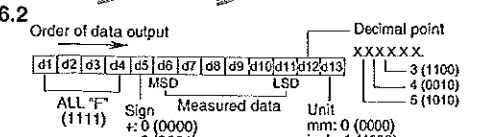
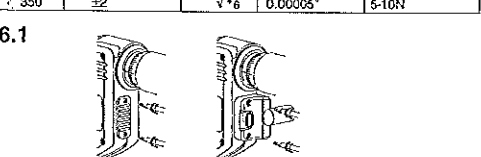


- La pile à l'oxyde d'argent utilisée pour cet instrument contient une substance irritante. En cas de contact accidentel du liquide avec les yeux ou la peau, rincez immédiatement à l'eau et consultez un médecin. En cas de contact avec la bouche, rincez immédiatement l'intérieur de la bouche, avalez du'eau en quantité, régurgitez puis consultez un médecin.
- La bout de la touche est pointu. Veillez à la manipuler avec prudence pour éviter de vous blesser.

海外移転に関するご注意  
本製品は外国産品及び外国製部品を有する海外移転する場合は、事前に輸出にご注意下さい。  
Notes on Overseas Transfer  
This product is certified by the Export Control Regulations. Please contact Mitutoyo before transferring it abroad.



| (1) Series No. | (2) Instrumental error (µm) | (3) Coolant proof | (4) Resolution (inch mode)       | (5) Measuring force                 |
|----------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 293            | ±(L/75)                     | √                 | 0.0001"                          | 5-10N                               |
| 314            | ±(3+L/25)                   | √                 | 0.00005"                         | 3-8N (L=15(6"))<br>5-10N (L=15(6")) |
| 324*1          | ±(3+L/75)                   | √                 | 0.00005"                         | 5-10N                               |
| 326*2          | ±(3+L/75)                   | √                 | 0.00005"                         | 5-10N                               |
| 329*3          | ±3*6                        | √                 | 0.00005"(L=6")<br>0.0001"(L=12") | 6-10N                               |
| 340*4          | ±(4+L/75)                   | √                 | 0.00005"(L=6")<br>0.0001"(L=12") | 5-10N                               |
| 345            | ±(4+L/25)                   | √                 | 0.00005"                         | 1-6N                                |
| 350            | ±2                          | √*6               | 0.00005"                         | 5-10N                               |



Order of data output  
d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12 d13  
MSD LSD  
ALL "F" (1111)  
Sign: +: 0 (0000) -: 8 (0001)  
Measured data  
Unit: mm: 0 (0000) inch: 1 (1000)  
Decimal point  
XXXX.XX  
3 (1100)  
4 (0010)  
5 (1010)

DATAsw (READY)  
REQ  
DATA  
CLOCK

4ms ≤ T1 ≤ 6ms (Typ 20ms)  
100µs ≤ T2 ≤ 200µs (Typ 125µs)  
100µs ≤ T3 ≤ 200µs (Typ 125µs)  
100µs ≤ T4 ≤ 400µs (Typ 250µs)

### [1] Name of Each Part

- 1 PRESET button
- 2 ZERO/ABS button
- 3 HOLD button
- 4 Inch/cm select button (only on inch/metric models)
- 5 LCD
- 6 Thumble
- 7 Spindle
- 8 Clamp knob
- 9 Data output connector
- 10 Cover
- 11 Battery compartment cover (at rear)
- 12 Coolant proof mark (Coolant proof type only)

### [2] Installing the Battery

- IMPORTANT**
- If the battery is removed once then reinstalled, the ORIGIN (zero point) set is canceled. If this is the case, set the Origin (zero point) again. (Refer to Section 4.)
  - Use only an SR44 battery. The silver chloride battery is used only for the purpose of checking the functions and performance of the instrument, therefore it may not satisfy the specified battery life.
  - Carefully mount the battery cover so that the cover is completely engaged with the hole (thread and the seal does not extend off the cover. (The seal fits in the battery cover groove). If the battery cover is not mounted properly, loosen it once and secure it again so that the battery cover is in a position parallel to the instrument.
  - In the rare event that an abnormal display appears, such as an error display or count failure, the battery should be removed and then reinstalled in position. Install the supplied battery by referring to the figure on the left.

- (1) Remove the battery compartment cover by turning it counterclockwise with a coin, etc., set in the groove.
- (2) Install a new battery (with the "+" side facing up) and put back the battery compartment cover in the reverse order of the above.

### [3] Button Function and Display Indication

1. Button function
  - (1) HOLD button: Holds the display value.
  - (2) ZERO/ABS button: Press to zero-set the display. Press and hold to display the dimension from the datum point (measuring force of the unit).

2. Display Indicators
  - INC: Incremental mode for comparative measurement.
  - B: The battery voltage is low. Immediately replace the battery.
  - H: The display value is held. To cancel it press the HOLD button.
  - E-S: An error occurred due to electrical noise or over-speed. Set the origin by referring to "[4] Setting the Origin".

### [4] Setting the Origin

1. Presetting the origin value (Example: presetting to 125.000mm)
  - Preset the origin to the length of an appropriate standard bar (or reference gage) or zero to establish the origin (datum point).
  - (1) Press the PRESET button. The previous preset value will appear and "P" will flash. (After battery replacement, "000.000" will appear.)
  - (2) Hold the button down until the leftmost digit place flashes.
  - (3) Press the button several times until "1" is displayed in this place.
  - (4) Hold the button down until the next digit place flashes.
  - (5) Repeat steps (2) and (4) for "2", "5", and "0" in this and subsequent digit places.
  - (6) Hold the PRESET button down until "P" flashes.
  - (7) Press the button, "P" will disappear, completing presetting.
2. Establishing the Origin
  - (1) Clean the measuring faces and the standard bar off dust and oil.
  - (2) Bring the measuring faces into contact with one another, or insert an appropriate standard bar between them. Apply the rated measuring force with a constant-force device.
  - (3) Press the PRESET button to recall the preset value. "P" will flash.
  - (4) If the value is correct, press the PRESET button to complete the origin setting. "P" will disappear.

**CAUTION**  
Be careful when pressing PRESET button twice at the hold state. The previous origin point will be changed.

### [5] Specifications

1. Specifications for each series (See figure left)
  - Instrumental error: Measured at 20°C, excluding quantizing error. The value is rounded up.
  - L: Is the maximum measuring length.
  - IP: protection level (refer to IEC60529 for details).
  - \*: Protect the equipment against dust not to penetrate.
  - √: Protect the equipment against water spray from any direction.
2. Specifications Common to All Series
  - Quantizing error: 41 count
  - Display: LCD (6 digits and a minus sign)
  - Power supply: SR44 (No.938882) 1 piece
  - Battery life: 8 months
  - Operating temperature: 5°C to 40°C
  - Storage temperature: -10°C to 60°C
  - Standard accessories: Wrench (No.301336) Standard bar (with a few exceptions)

### [6] Output Function (for the external output type only)

1. Connecting cable (optional): Order No. 05CZA662 (1m), Order No. 05CZA663 (2m)
- IMPORTANT**  
Use the following procedure to install the connecting cable (see Figure). Always use the 0 size screwdriver (No. 05CZA619) supplied with the connecting cable (optional) when fastening or undoing the screws, and always tighten the screws to a torque of approx. 5-N·cm.
- (1) Using the cross-head screwdriver supplied with the connecting cable, fasten the cover fixing screws (M1.7x0.35x2.5No. 09GA4376).
- (2) Remove the cover.
- (3) Check that the connector and packing (No. 09GA4374) are installed correctly.
- (4) Attach the connecting cable.
- (5) Pressing the end of the connecting cable down with your finger, so that there are no gaps between the connecting cable and the main body of the micrometer, fasten the connecting cable fixing screws to fix the cable in position.
- (6) Do not remove the packing.

**CAUTION**  
When outputting the data at the hold state, the hold state will be canceled after output the data.

2. Data format
3. Timing chart
4. DATAsw is Low while the DATA switch is held down.
5. Time interval T3 between the falling of DATAsw to Low and the input of REQ depends on the performance of the data processor to be connected.

### IMPORTANT

- Ne démontez pas l'appareil. Ne modifiez pas cet instrument. Vous risqueriez de l'endommager.
- Veillez à ne pas utiliser ni ranger la micromètre dans des sites où la température est susceptible de changer brusquement. Avant de l'utiliser, maintenez la micromètre à une température proche de la température ambiante.
- Après l'emploi, essayez de la pousser, les copeaux et les traces d'humidité de l'instrument.
- En utilisant la micromètre étanche dans une situation où il peut être atteint directement par du liquide, assurez-vous que le couvercle de la batterie est fermée correctement. En installant la couverture, assurez-vous que les vis de la fixation sont bien attachées et qu'il n'y a aucun espace. Après l'utilisation, appliquez un dispositif contre la rouille, car elle peut mener à des défauts de fonctionnement du micromètre.
- Évitez les chocs, n'appliquez pas de force excessive sur la micromètre et évitez à ne pas le faire tomber.
- Procédez toujours au réglage avant de mesurer.
- Après l'emploi, essayez de la pousser, les copeaux et les traces d'humidité de l'instrument.
- Pour nettoyer l'instrument, utilisez un chiffon doux trempé dans un détergent neutre doux. N'utilisez pas de solvant organique (détachant, etc.) car vous risqueriez d'endommager l'instrument.
- Lors est coupé un sort de ne pouvoir être retiré de la gaine intérieure. Ne sortez pas de la butée supérieure du l'étendue d'échec. Vous risqueriez d'endommager l'instrument.
- N'utilisez pas de graveur électrique ni d'autres appareils sensibles sur la micromètre.
- L'affichage à cristaux liquides s'éteint automatiquement s'il n'est pas utilisé pendant 20 minutes. Pour réactiver l'affichage à cristaux-liquides, tournez le tambour ou appuyez sur le bouton ZERO/ABS.
- Ne chargez pas et ne démontez pas la pile. Vous risqueriez de provoquer un court-circuit.
- Si la micromètre n'est pas utilisé pendant plus de 3 mois, retirez la pile du micromètre pour la préserver. Sinon, des fuites peuvent se produire et entraîner une détérioration du micromètre.
- La garantie ne peut prendre effet si le produit présente une détérioration ou s'il est endommagé suite à une usage normale ou un écoulement de pile.
- Lorsque vous vous débarrassez des piles usagées, conformez-vous aux réglementations en vigueur.
- Reportez-vous aux illustrations à gauche lors de la lecture de ce manuel.

### [1] NOMENCLATURE

- 1 Bouton PRESET
- 2 Bouton ZERO/ABS
- 3 Bouton HOLD
- 4 Bouton sélection mode
- 5 Barre à l'échelle
- 6 Tambour
- 7 Bouton de serrage
- 8 Connecteur de sortie de données
- 9 Couvercle
- 10 Couvercle du compartiment pile (à l'arrière)
- 12 Uniquement modèle étanche

### [2] MISE EN PLACE DE LA PILE

- IMPORTANT**
- Si la pile est retirée une fois puis de nouveau remise en place, le réglage de l'ORIGINE (position zéro) est annulé. Dans ce cas, réglez de nouveau l'origine (position zéro). (Se reporter à la Section 4.)
  - Utilisez uniquement la pile bouton à l'oxyde d'argent. La pile fournit sert uniquement à contrôler les fonctions et la performance du l'instrument, elle ne correspond donc pas nécessairement à la durée d'utilisation de pile spécifique.
  - Procédez avec précaution pour poser le couvercle de batterie en sorte qu'il soit complètement engagé dans le logement du trou et que le joint ne dépasse pas le couvercle. (Le joint se loge dans la rainure du couvercle du compartiment de la pile). Si le couvercle de la batterie n'est pas monté correctement, retirez le et repositionnez-le de sorte que la couverture de la batterie soit en position parallèle à l'instrument.
  - Dans le cas où vous pouvez constater une erreur d'arrosage telle qu'un affichage incorrect ou un défaut de comptage s'affiche, la pile doit être déposée, puis reposée à sa place. Posez la pile fournie en vous reportant à la figure à gauche.

- (1) Ouvrez le couvercle du compartiment de la pile. Pour cela, tournez le au sens inverse des aiguilles d'une montre à l'aide d'une pièce de monnaie, etc. vous introduit, lez dans la fente.
- (2) Installez une pile neuve (face "+" vers le haut) et procédez dans l'ordre inverse des opérations ci-dessus pour réinstaller le couvercle du compartiment de la pile.

### [3] FONCTIONS DES BOUTONS ET AFFICHAGE

1. Fonctions des boutons
  - (1) Bouton HOLD: Gèle la valeur affichée. Appuyer et maintenir.
  - (2) Bouton ZERO/ABS: Appuyez sur le bouton pour remettre l'affichage à l'origine (zéro). Appuyez et maintenez le bouton enfoncé pour afficher la dimension depuis la donnée de référence (force de mesure de l'échelle).
2. Voyants lumineux
  - INC: Mode incrémental pour les mesures comparatives.
  - B: La tension de la pile est faible. Remplacez immédiatement la pile.
  - H: La valeur affichée est "gelée". Pour l'annuler, appuyez sur le bouton HOLD.
  - E-S: Une erreur de bruit électronique ou de surcharge s'est produite. Réglez l'origine en vous référant à "[4] REGLAGE DE L'ORIGINE".

### [4] REGLAGE DE L'ORIGINE

1. Mise en mémoire de la valeur d'origine (exemple: 125.000mm)
  - Donnez la micromètre à la longueur appropriée avec une règle étalon et le mettre à zéro de manière à initialiser la micromètre.
  - (1) Enfoncer la touche PRESET. La précédente cote "présentée" apparaît alors et "P" apparaît à l'affichage (après un remplacement des piles "000.000" apparaît).
  - (2) Maintenir la touche enfoncée jusqu'à ce que le digit de gauche clignote.
  - (3) Presser la touche plusieurs fois jusqu'à ce que le "1" soit visible à cette place.
  - (4) Maintenir la touche enfoncée jusqu'à ce que le digit suivant clignote.
  - (5) Répéter l'étape (3) et (4) de manière à placer le "2" et le "5", puis le "0" à leurs places respectives.
  - (6) Maintenir la touche PRESET enfoncée jusqu'à ce que le "P" clignote.
  - (7) Presser la touche, "P" disparaît, la cote "présentée" sera enregistrée.
2. Establishment de l'origine
  - (1) Nettoyer les surfaces de mesure et le guide de toute poussière ou huile.
  - (2) Porter les faces de mesure en contact ou insérer entre les touches une cale appropriée. Appliquer la force de mesure constante de manière à obtenir une pression maximale.
  - (3) Enfoncer la touche PRESET pour rappeler la valeur enregistrée. "P" clignote.
  - (4) Si la valeur est correcte, appuyer sur la touche PRESET pour valider l'origine. "P" disparaît.

**ATTENTION**  
Faites attention en appuyant deux fois sur le bouton PRESET. Le point précédent d'origine sera changé.

### [5] CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

1. Caractéristiques pour chaque série
  - Erreur de l'instrument est déterminée à 20°C.
  - La valeur est arrondie. "L" correspond à la longueur de mesure (mm/pouces).
  - Niveau de protection IP (se reporter à IEC60529 pour un complément d'informations)
  - \* Protection contre les pulvérisations d'eau (niveau 5)
  - √ Protéger l'équipement pour empêcher que de la poussière n'y pénètre.
  - √ Protéger l'équipement des vaporisations d'eau provenant de toute direction.
2. Caractéristiques communes à toutes les séries
  - Résolution: 0.001mm
  - Erreur de comptage: ±1 digit
  - Affichage: LCD (6 digits et signe-)
  - Alimentation: Pile SR44 à l'oxyde d'argent, 1 pièce
  - Durée de la pile: 8 mois
  - Température de fonctionnement: 5°C à 40°C
  - Température de stockage: -10°C à 60°C
  - Accessoires standard: cH (No. 301336), Etalon fourni à partir de 25mm.

### [6] FONCTION DE SORTIE (pour le type de sortie externe uniquement)

1. Câble de branchement (facultatif): Commande No. 05CZA662 (1m) commande No. 05CZA663 (2m)
- IMPORTANT**  
Utilisez la procédure suivante pour poser le câble de branchement (voir Fig.). Veillez à toujours utiliser le tournevis de taille 0 (No. 05CZA619) fourni avec le câble de branchement (optionnel) lorsque vous serrez ou desserrez les vis, et serrez toujours les vis à un couple d'environ 5-N·cm.
- (1) Utilisez le tournevis pour vis à tête encochée fourni avec le câble de branchement pour desserrer les vis de fixation du couvercle (M1.7x0.35x2.5No. 09GA4376).
- (2) Déposez le couvercle.
- (3) Vérifiez que le connecteur et la garniture (No. 09GA4374) sont installés correctement.
- (4) Fixez le câble de branchement.
- (5) Tout en appuyant sur l'extrémité du câble de branchement à l'aide du doigt en veillant à ce qu'il n'y ait aucun espace entre le câble et la partie principale du micromètre, serrez les vis de fixation du câble de branchement afin de mettre le câble en place.
- (6) Ne déposez pas la garniture.

**ATTENTION**  
L'envoi des données annule la fonction HOLD.

2. Format des données
3. Courbe de calage

