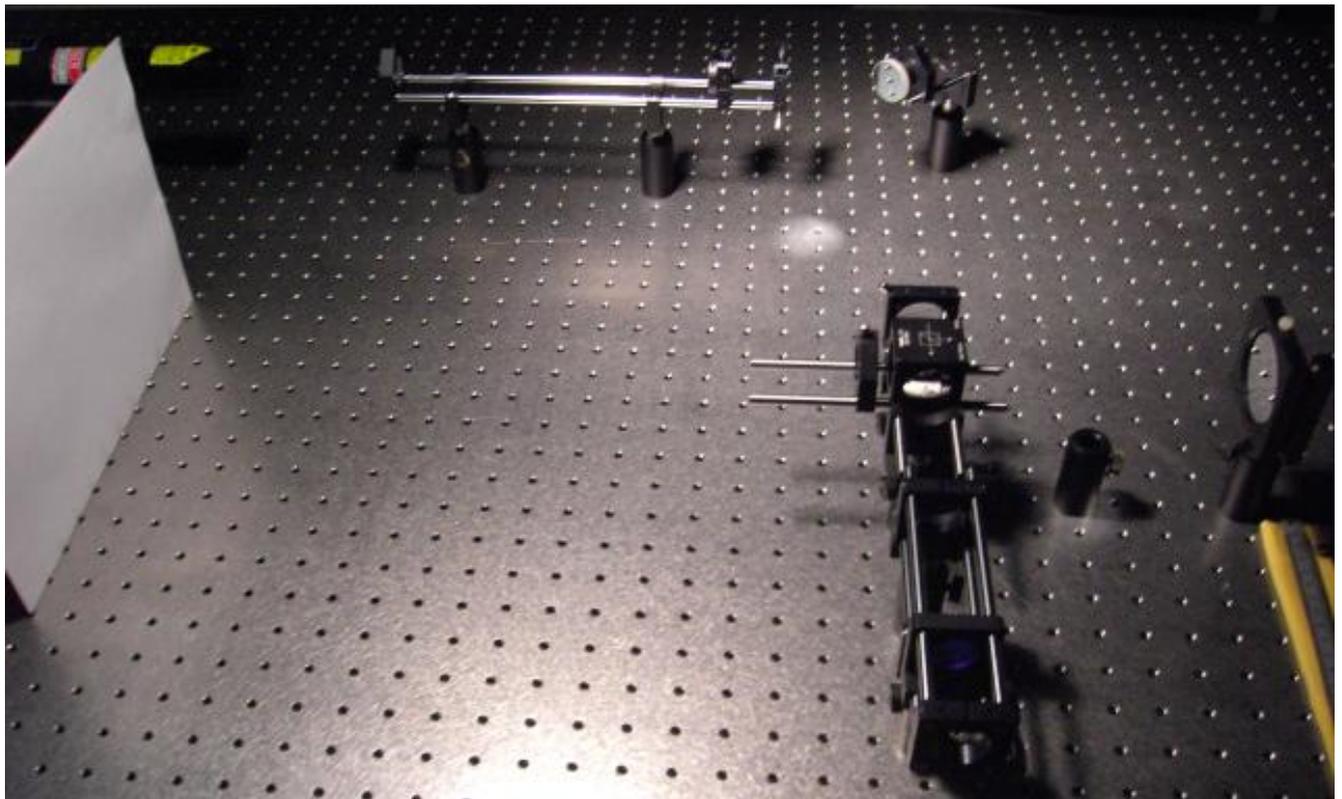


TRAVAIL PRATIQUE No. 7:***D.Y.O.M. (do your own Michelson – faites votre propre Michelson)*****1. But de l'expérience**

L'objectif de cette manipulation est de monter sur le banc optique un interféromètre de Michelson avec des composants disponible dans le labo optique.

1. On configurera l'interféromètre dans les deux modes « en lame d'air » et « en coin d'air ».
2. On utilisera cet interféromètre pour mesure l'indice de réfraction d'une lame en verre.
3. Ensuite on vérifiera l'effet de la polarisation sur la formation des franges



2. Matériel et instrumentation



- Laser He-Ne
- Beam expander X10 avec diaphragme
- Composants optomécaniques Microbanc
- Eléments de guidage, dont un miroir déplacé par un micromètre différentiel et un miroir tiltable sur deux axes.
- Support de guidage circulaire
- lame cylindrique
- Ecran
- Lentille divergente $f = -50$ mm
- Lentille convergente $f = 160$ mm
- Deux polariseurs et une lame $\lambda/4$ d'onde.

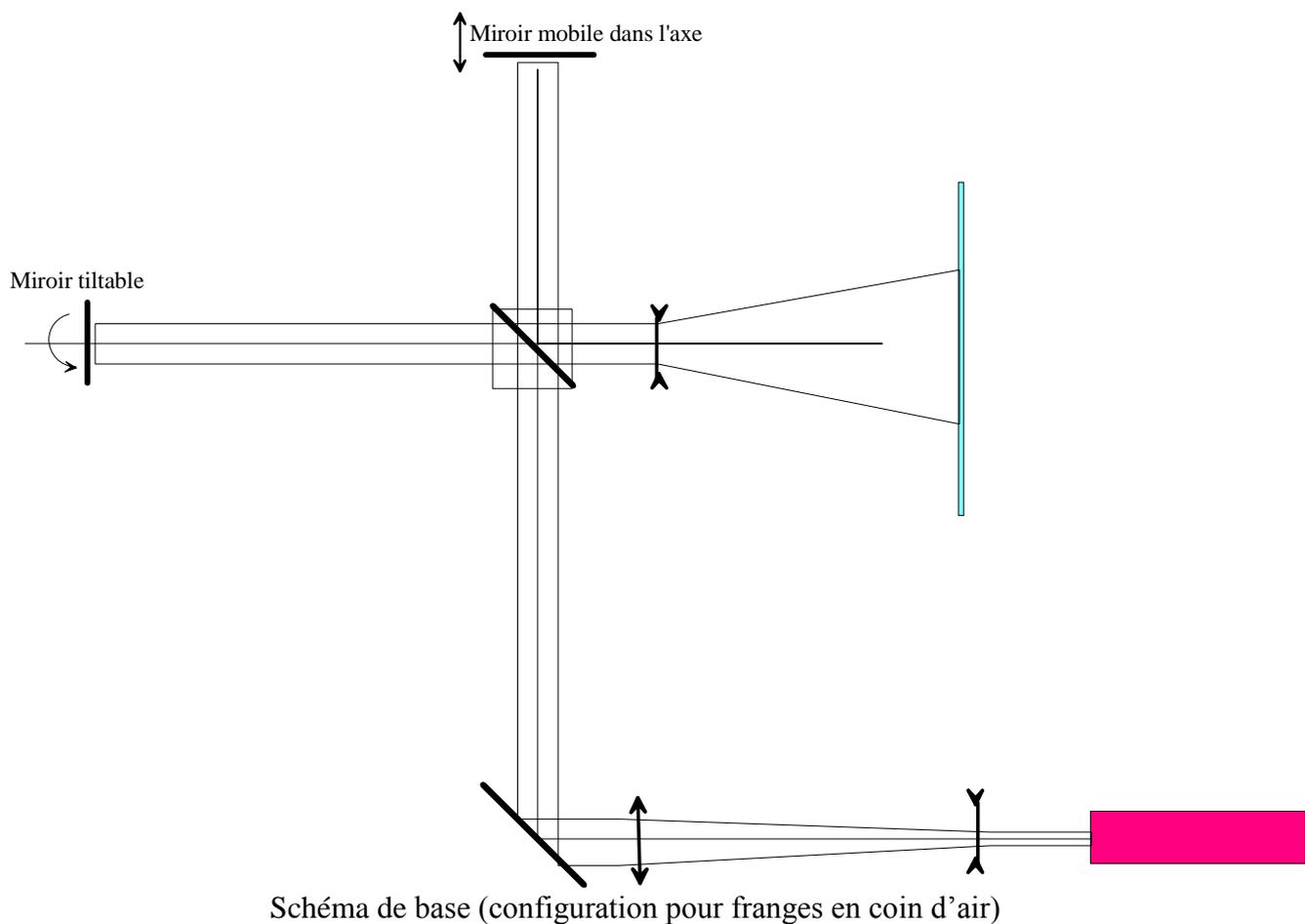


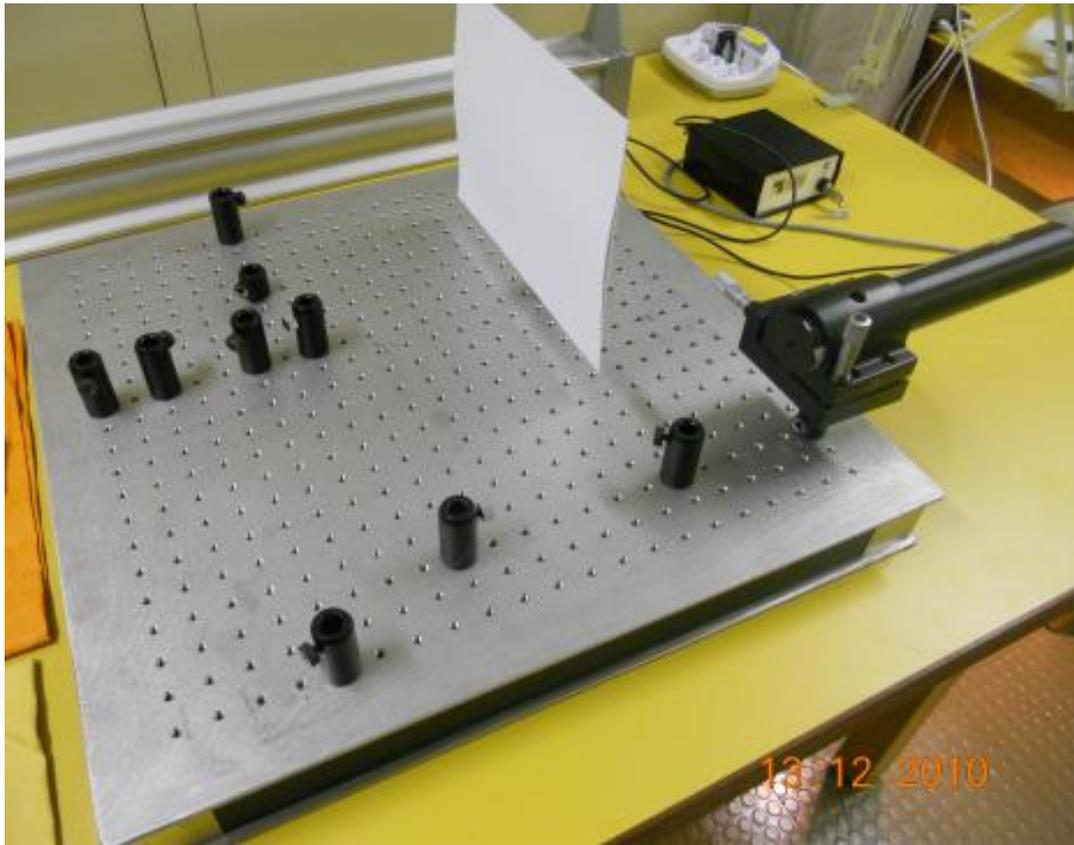
3. Procédure

3.1 Montage de l'interféromètre

1. **Identifier** tout le matériel mis à disposition.
2. On veut réaliser un interféromètre de Michelson sur le banc optique. Un laser He-Ne est utilisé comme source.

Le schéma de base est indiqué ici-bas et se prête bien à la fois pour créer des franges en coin d'air et, en ajoutant une seule lentille, en lame d'air.

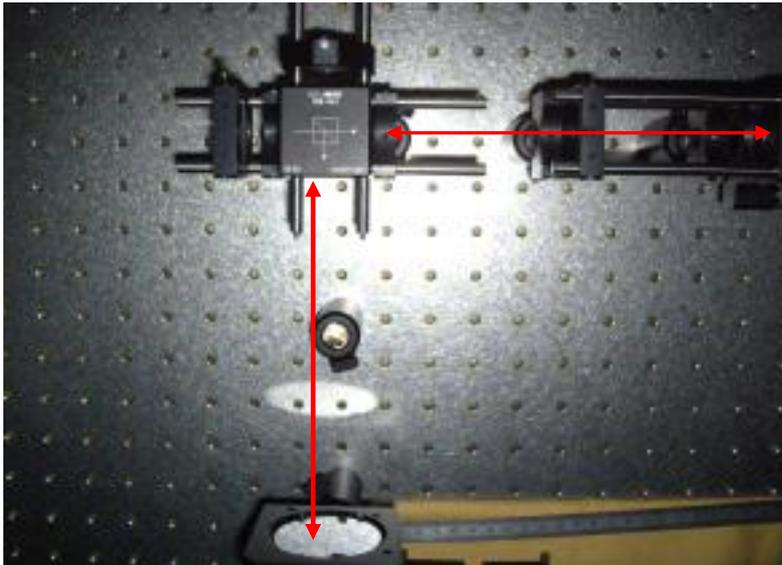




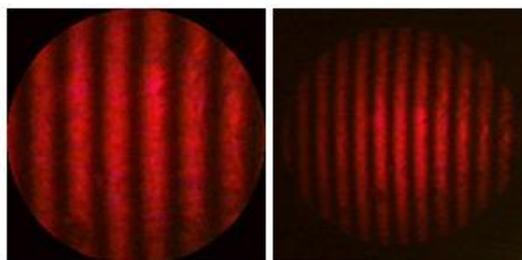
3. Les supports sur le banc indiquent des positions suggérées des divers éléments. Commencer par poser le *beam expander* X10.
4. Vérifier l'alignement (horizontal en particulier) du laser et la collimation et circularité du faisceau sortant du *beam expander* X10. Ajuster la position de la lentille de sortie si nécessaire.



5. Poser en suite les autres éléments optiques en suivant le sens de la lumière. Attention au sens du *beam splitter*.
6. L'**alignement** est assez délicat et doit être fait avec soin. Il faut veiller en particulier à que la hauteur de l'axe de tous les éléments soit constante.
7. Mais **attention à la lumière laser, ne jamais mettre les yeux** dans le faisceau, qu'il soit direct ou non.



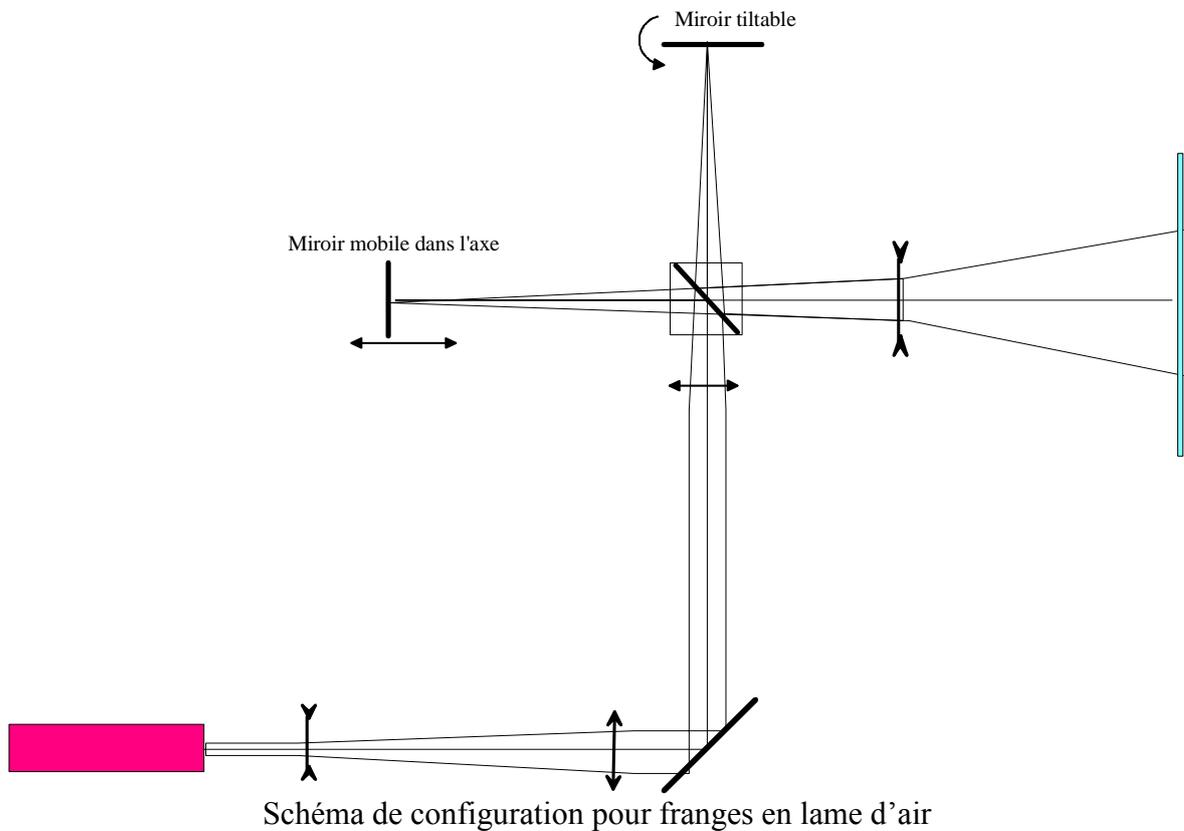
3. Les longueurs des deux bras de l'interféromètre **doivent être les plus proches possible**.
4. Idéalement dans ce premier montage le faisceau laser doit sortir bien **collimaté** - i.e. parallèle, - du *beam expander* et donc conserver le **même diamètre et la même hauteur** jusqu'à la lentille divergente ($f = -50$ mm) posée devant l'écran (notez que cette lentille sert uniquement à agrandir la projection). Pour cela on peut ajuster la position de la lentille de sortie du *beam expander*.
5. L'alignement de l'interféromètre se fait **sans la lentille divergente** ($f = -50$ mm) posée devant l'écran. Il s'agit de faire **coïncider les deux « spots »** produits par les deux branches de l'interféromètre.
 - Pour cela on agira d'abord sur les hauteurs des éléments et l'orientation du déflecteur après le *beam expander* (afin de s'assurer que la lumière parcourt bien les deux branches et traverse le *beam splitter* approximativement en son centre).
 - Ensuite on corrige l'orientation du *beam splitter* et des deux miroirs.
 - Finalement pour la dernière correction on ajuste les angles du miroir tiltable.
 - Mettre enfin la lentille divergente devant l'écran et on devrait bien voir des franges en coin d'air.



Le nombre et l'orientation de ces franges dépend des deux angles de tilt relatif entre les deux miroirs.

6. Noter toutes les dimensions et les positions des éléments optiques pour en faire un diagramme mis au propre dans le rapport.

7. Ajouter la lentille convergente de focale 160 mm devant le *beam splitter* et réaliser la configuration en lame d'air (figure à la page suivante). Réaligner si nécessaire.



Afin d'obtenir des franges circulaires bien centrées il sera généralement nécessaire d'ajuster aussi les deux angles du miroir tiltable.



8. **Question:** pourquoi et comment on obtient des franges si différentes en ajoutant seulement une lentille ?

9. Si on bouge le miroir mobile axialement au moyen du micromètre différentiel on voit les franges défiler selon la relation :

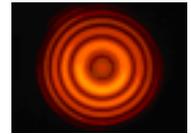
$$\Delta d = \frac{\Delta m \cdot \lambda}{2} \quad (1)$$

ou Δd est le déplacement imposé au miroir mobile, Δm le nombre de franges qui on défilé, et λ la longueur d'onde. **Question:** d'où vient le facteur 2 dans cette relation ?

10. **Essayez d'effectuer** quelques déplacements de valeur bien déterminée par l'actionnement micrométrique (il faut être bien "gentil » avec la butée) et de calculer la longueur d'onde du laser.

No de la mesure	Déplacement du miroir	Nombre de franges défilant Δm	Longueur d'onde calculée

3.2 Mesure de l'indice de réfraction d'une lame de verre



- 1 Ajuster l'interféromètre en mode lame d'air.
- 2 Bien examiner le support avec réglage de la rotation circulaire. Le cas échéant mettre à zéro l'échelle du vernier et vérifier la relation entre actionnement de la butée et rotation de la table.
- 3 Monter et bien fixer le support avec réglage de la rotation circulaire et y poser ensuite la lame cylindrique. Elle doit être posée bien **perpendiculaire** au faisceau lumineux.



- 4 Quand on tourne la plateforme et donc la lame (autour de l'axe vertical) on voit les franges circulaires défilier: en la rotation varie le chemin optique de ce bras de l'interféromètre. **Expliquez-en la cause.**
- 5 Trouver d'abord empiriquement la position où la lame est exactement perpendiculaire au faisceau: en effet seulement si on tourne la lame **depuis cette position dans n'importe lequel des deux sens de rotation** les franges défilent **dans le même sens**. Expliquez pourquoi ?
- 6 Utiliser cette opération pour **obtenir l'indice de réfraction** de la lame: en effet une rotation de la lame augmentera le chemin optique Δd . Si l'angle est connu, l'augmentation d'épaisseur traversée Δe est également calculable et la relation entre Δd et Δe permettra de calculer l'indice n .
 - Mesurer l'épaisseur e de la lame avec un pied-à-coulisse.
 - Noter la position angulaire où la lame est bien perpendiculaire au faisceau.
 - Actionner la rotation pour un angle déterminé θ et en même temps compter les franges qui défilent. On calcule Δd avec la formule (1) de la page précédente.
 - L'indice du verre peut ensuite s'obtenir par l'équation

$$\Delta d = \left(\frac{e}{\cos\theta} - e \right) \cdot (n - 1) \quad (2)$$

- **Démontrer** l'équation (2).
- Afin de calculer ensuite une estimation de l'**incertitude** sur la valeur de l'indice, prenez des notes sur les incertitudes constatée de tous les paramètres de la mesure (e , θ , m , λ).

3.3 Interférence et polarisation

1. La lumière laser est polarisée. Vérifiez-le en posant un des polariseurs sur le parcours entrant – par exemple en l'associant avec la lentille qui se trouve devant le *beam splitter*. **Noter** la direction de la polarisation du laser.
2. Poser la lame $\lambda/4$ d'onde dans un des bras de l'interféromètre.
3. **Question** : que se passe-t-il en orientant la lame $\lambda/4$, en particulier quand l'angle relatif avec la polarisation est $\sim 45^\circ$? **Pourquoi** on ne voit plus de franges ? (recherche web: loi de Fresnel-Arago).
4. Une autre manière d'obtenir des polarisations croisées sur les deux bras de l'interféromètre est de placer **sur chacun d'eux** un polariseur respectivement à $+45^\circ$ et -45° par rapport à la direction de polarisation du laser. Vérifier que aussi dans ce cas il n'y pas de franges.
5. Enlever les polariseurs et remettre la lame $\lambda/4$ sur un bras (point 2 et 3), avec une orientation de 45° . Poser ensuite un polariseur sur le faisceau de sortie de l'interféromètre.
6. **Question** : on notera que les franges réapparaissent et sont le plus contrastées quand ce polariseur est à 45° . **Expliquez pourquoi**. Pouvez-vous quantifier par un raisonnement le contraste des franges (par rapport à la situation de départ, sans lame $\lambda/4$ ni polariseur) ?

A la fin, rangez svp tous les composants utilisés et remettez la manip dans l'état d'avant son début.

4. Compte rendu

Le compte rendu doit inclure :

- Tous les résultats de mesure et les réponses motivées (avec schémas et calculs le cas échéant) à **toutes les questions posées**, photos à l'appui bienvenues.
- Vos conclusions et suggestions.

5. Distribution du travail

Ce TP sera généralement réalisé en équipe de 2 ou 3 personnes.

Chaque groupe est évidemment libre de s'organiser à son gré. Si le groupe est constitué de 3 personnes on suggère que :

- au moins une personne se dédie déjà durant la manip aux calculs théoriques de support et compréhension des résultats trouvés ;
- au moins une personne vérifie que toute la procédure est entièrement et bien suivie et prenne des notes et des croquis exhaustifs durant la manip ;
- au moins une personne soigne particulièrement le montage et les mesures, prenne des photos, etc..

Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas important que **tous les membres de l'équipe maîtrisent tous les aspects**, à la fois pratiques et théoriques, de ce TP.

On rappelle que l'examen final d'optique inclura des questions en rapport avec les TP effectués.