



Manuel de l'utilisateur

INTERFEROMETRE FABRY-PEROT 202759



Vous venez de faire l'acquisition d'un interféromètre de Fabry-Pérot. Nous vous en félicitons, et vous invitons à consulter dès maintenant la documentation.

INTERFEROMETRE PREMIERE INSTALLATION	4
<i>NE SURTOUT PAS FAIRE...</i>	<i>4</i>
<i>CONTENU A LA LIVRAISON, POINTS A VERIFIER</i>	<i>4</i>
<i>ENTRETIEN, STOCKAGE</i>	<i>5</i>
PRINCIPE	7
<i>GENERALITES</i>	<i>7</i>
<i>PRINCIPE DE L'APPAREIL</i>	<i>7</i>
<i>GRANDEURS ET FORMULES UTILES</i>	<i>8</i>
DESCRIPTION DE L'APPAREIL ET UTILISATION	9
<i>REGLAGE</i>	<i>10</i>
<i>LES ANNEAUX, LOI EN \sqrt{N}</i>	<i>11</i>
<i>SPECTROMETRIE</i>	<i>11</i>
<i>DETERMINATION D'UN DOUBLET</i>	<i>12</i>

Interféromètre première installation

Ne surtout pas faire...

L'interféromètre de Fabry Pérot permet de mesurer des distances inférieures au micromètre. Par définition, les composants de l'interféromètre sont fragiles. Des précautions particulières sont donc obligatoires lors du contrôle, de la mise en conditions opérationnelles, de l'utilisation, et du stockage de l'appareil.

Il est donc nécessaire de :

- Ne jamais saisir l'interféromètre par une autre partie que sa base, ultérieurement désignée par l'appellation « le marbre ». Cette précaution aura pour effet de ne pas mettre en danger la qualité des optiques (traces de doigts éventuelles), et de ne pas soumettre les appareillages de réglage micrométrique à des contraintes hors proportions.
- Ne jamais transporter ou mettre en place l'interféromètre dans une autre position qu'à l'horizontale. Toute contrainte sur le chariot mobile, ou basculement de quelque partie que ce soit sera ainsi évitée. Lors d'opérations d'entretien ne permettant pas d'appliquer cette règle, se conformer strictement aux instructions fournies dans cette notice.
- Ne jamais laisser libre un accessoire (filtre, composant optique, ...) susceptible d'entrer au contact des optiques de l'appareil, pendant son transport ou son stockage.
- Eviter d'entamer un déplacement de l'interféromètre sans avoir prévu et vérifié l'aire d'arrivée, et l'absence d'obstacle sur le chemin. Le poids de l'interféromètre rend toute opération imprévue particulièrement délicate.
- En cas de dommage sur les optiques, ne jamais repousser le moment du nettoyage. Les traces peuvent contenir des éléments agressifs pour les traitements ou revêtements qui peuvent rendre irréversibles une dégradation ou trace sans gravité sur l'instant. Se conformer pour cela au chapitre « Entretien Optique »

Contenu à la livraison, points à vérifier

Votre matériel a fait l'objet de contrôles rigoureux tout au long de sa fabrication. Afin que nous soyons assurés d'une utilisation dans des conditions optimales, nous vous serions reconnaissants de bien vouloir contrôler le matériel à sa réception. Vos éventuelles démarches de régularisation seront ainsi simplifiées. En cas de doute, n'hésitez surtout pas à contacter nos services en vous munissant du numéro de série de l'appareil, ainsi que des éventuels documents se référant à votre commande.

Elements livrés:

Outre les documents administratifs, l'interféromètre qui vous est livré est constitué de :

- Interféromètre Fabry-Pérot
- Manuel de référence (ce document)
- 4 pieds métalliques munis de bases caoutchoutées



OPTIONS:

Détection par photodiode, système CCD, caméra ovisio

- Motorisation
- Condenseur double
- Lampe spectrale mercure pour expériences élémentaires
- Ecran quadrillé de réglage



Contrôle des optiques:

Observer la réflexion induite par chacun des composants. Des éventuelles poussières et filaments peuvent subsister sur les composants optiques. Ces éléments peuvent être chassés par utilisation d'une soufflette. Le contrôle porte sur les rayures ou les dépôts non homogènes à la surface des composants optiques (miroirs, séparatrice/compensatrice). Le risque est la dégradation partielle, temporaire ou définitive, des qualités optiques de l'appareil (contraste, netteté).

Maintenance, stockage :

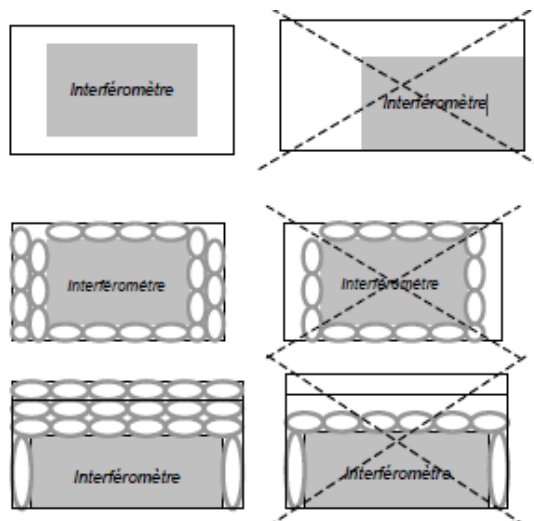
Transport à longue distance

Protéger dans l'appareil en respectant les indications fournies ci-après. N'utiliser qu'un mode de transport prenant en compte les instructions « FRAGILE » et « HAUT » qui devront impérativement figurer sur le colis.

Ajouter aux conditions du stockage de longue durée :

Calage interne :

Caler l'interféromètre afin d'éviter toute translation horizontale ou verticale. Utiliser uniquement des matériaux homogènes non générateurs de poussières (proscrire le bois, le carton, les chips d'emballage, les plaques polystyrène - préférer la mousse type polyéthylène ou les sachets de calage à bulle d'air)



Entretien, visserie

L'entretien de la visserie est conseillé de façon systématique tous les 3 à 5 ans, ou lorsque les réglages deviennent « durs ». L'entretien consiste principalement à chasser les éventuelles impuretés des pas de vis et à renouveler la graisse. La procédure décrite ici s'applique à :

- Vis de réglage rapide du miroir mobile
- Vis de réglage fin du miroir fixe
- Vis de réglage de la compensatrice

L'entretien réclame les éléments suivants :

- Graisse de Vaseline, ou graisse de synthèse aux particules de PTFE
Attention, ne jamais utiliser de la graisse pour mécanique générale, automobile, ou toute graisse susceptible de durcir au court du temps
- Essence C (attention vapeurs toxiques, n'utiliser que dans une pièce ventilée)
- Bâtonnets ouatés
- Chiffon doux



Pour chacune des vis que vous comptez réviser, procéder comme suit :

- Dévisser avec clé Allen appropriée le bloc de visserie, le sortir de son logement
Attention, les éléments de visserie du miroir mobile sont ajustés pour garantir la meilleure plage de réglage possible. Veiller à noter la position précise sur la noix en laiton avant le déverrouillage.
- Dévisser à fond la vis afin de la faire sortir de son logement
- Nettoyer le filetage de la vis avec le chiffon doux imbibé d'essence C
- Imbiber un bâtonnet ouaté d'Essence C et nettoyer l'intérieur du filetage
- Déposer une noix de graisse de vaseline sur un bâtonnet neuf. Insérer le bâtonnet à l'intérieur du filetage. Veiller à juste déposer un soupçon de graisse, sans créer d'amas qui se révélerait nuisible à moyen terme.
- Déposer sur la vis un film de graisse
- Insérer la vis, visser progressivement jusqu'à la position d'origine. Essuyer si nécessaire le surplus de graisse.

Entretien, optique

L'entretien de l'optique nécessite des éléments de nettoyage optique appropriés. Nous contacter avant l'opération. Ne pas utiliser des produits d'entretien type « nettoyage de lunette » ou nettoyant vitre.

L'entretien de l'optique est nécessaire lorsque des traces persistantes (collantes) apparaissent sur les miroirs ou sur un des dioptres séparatrice/compensatrice. L'opération est délicate. Elle est conseillée dès l'apparition des traces, et seulement dans ce cas. Suivre alors la procédure suivante :

- Déposer quelques gouttes de liquide d'entretien sur la surface optique à nettoyer

Approcher le papier optique jusqu'à son collage sur la surface par tension superficielle

- Tirer le papier vers l'extérieur
- Si nécessaire, renouveler l'opération.

Attention : Ne jamais appuyer ou exercer une pression sur le papier optique de nettoyage. Le résultat en serait la création de « sillons » pour chaque poussière déplacée.

Les dioptres des miroirs sont protégés par une couche diélectrique, qui rend les miroirs plus résistants

Principe

Généralités

L'interféromètre de Fabry-Pérot est constitué de deux lames à hauts coefficients de réflexion (en général supérieur à 95%, ici dans le cas du Fabry-Pérot Ovio **202759** : 97%). L'une des lames est placée dans une monture permettant un ajustage très précis de son inclinaison. L'autre lame est positionnée dans une monture sur chariot amovible permettant de faire varier l'espace entre les 2 lames, espace que l'on appellera cavité.

L'interféromètre est à ondes multiples, ce qui permet par rapport à un interféromètre de Michelson d'avoir un système d'anneaux d'interférences dont la finesse est plus importante (dans le cas du **202759**, la finesse est environ de 100) et dont les contrastes sont plus marqués. Pour comparaison, un interféromètre de Michelson possède une finesse de 2.

On obtient donc avec le Fabry-Pérot un accroissement de la précision des mesures et de la résolution, autorisant par exemple l'observation du doublet du sodium.

Principe de l'appareil

La figure ci-contre représente le comportement d'un rayon incident entre les deux miroirs strictement parallèles entre eux.

Chaque miroir a un facteur de réflexion en amplitude x , et de transmission t . Dans ces conditions on obtient d'un rayon incident une double série de rayons réfléchis et transmis. Ces rayons issus d'un même rayon incident et obtenus par division d'amplitude sont cohérents et vont interférer à l'infini.

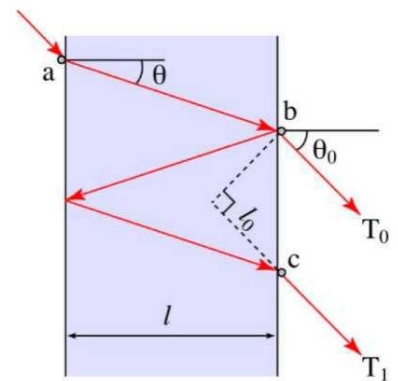
Autrement dit, les rayons lumineux sortant par la deuxième surface n'ont pas parcouru la même longueur de trajet (ou chemin optique). Ainsi, ils présentent un déphasage ϕ l'un par rapport à l'autre, dépendant de l'angle θ . Ces deux rayons interfèrent entre eux ainsi qu'avec tous les autres rayons qui auront été réfléchis plusieurs fois entre les deux surfaces réfléchissantes. On peut alors montrer que, selon la valeur de θ , le rayon est transmis ou pas.

On s'aperçoit en fait que seules quelques valeurs de α permettent de transmettre la lumière du rayon incident. Chacune de ces valeurs peut être directement visualisée : elles correspondent à une série d'anneaux concentriques observés sur la figure d'interférence. En effet, en plaçant une lentille convergente à la sortie de l'interféromètre, tous les rayons faisant le même angle θ par rapport à l'axe central de la lentille formeront un anneau.

Plus précisément, la transmittance est donnée par l'expression suivante :

$$T = \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$

Dans laquelle $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta$ avec $\delta = \frac{2nl}{\cos \theta} - 2l \tan \theta \sin \theta_0 = 2nl \cos \theta$ la différence de marche subie par la lumière après un aller-retour dans l'étalon, R le coefficient de réflexion de chaque interface, n l'indice de réfraction du milieu présent entre les deux surfaces réfléchissantes et θ l'angle d'incidence interne.



Grandeurs et formules utiles

- Contraste

L'intensité minimum et maximum sont donnés par :

$$T_{max} = T_0$$

$$T_{min} = T_0 \frac{(1 - R)^2}{(1 + R)^2}$$

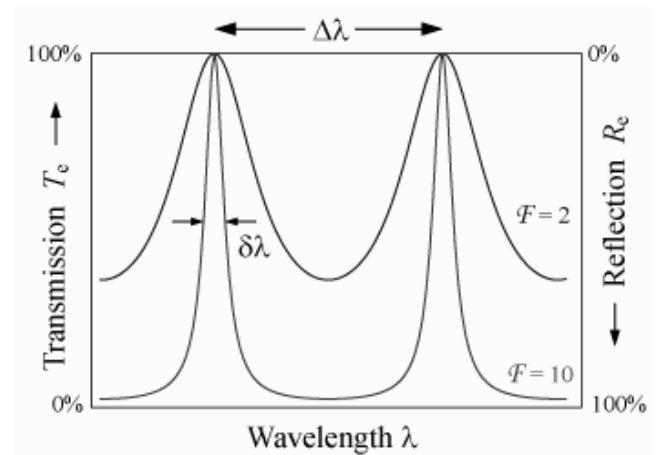
Le contraste $C = \frac{T_{max} + T_{min}}{T_{max} - T_{min}} = \frac{2R}{1 - R^2}$

- Finesse et intervalle spectral libre

Pour pouvoir mieux séparer les différents anneaux, il est intéressant qu'ils soient les plus fins possibles.

On peut montrer que cela est équivalent à affiner les pics de la courbe précédente, c'est-à-dire à réduire $\delta\lambda$ par rapport à $\Delta\lambda$.

Ainsi, un interféromètre de bonne qualité présentera un $\delta\lambda$ beaucoup plus faible que $\Delta\lambda$.



La distance entre 2 longueurs d'onde consécutives est également **appelée intervalle spectral libre**.

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_0^2}{2nl \cos \theta + \lambda_0} \approx \frac{\lambda_0^2}{2nl \cos \theta}$$

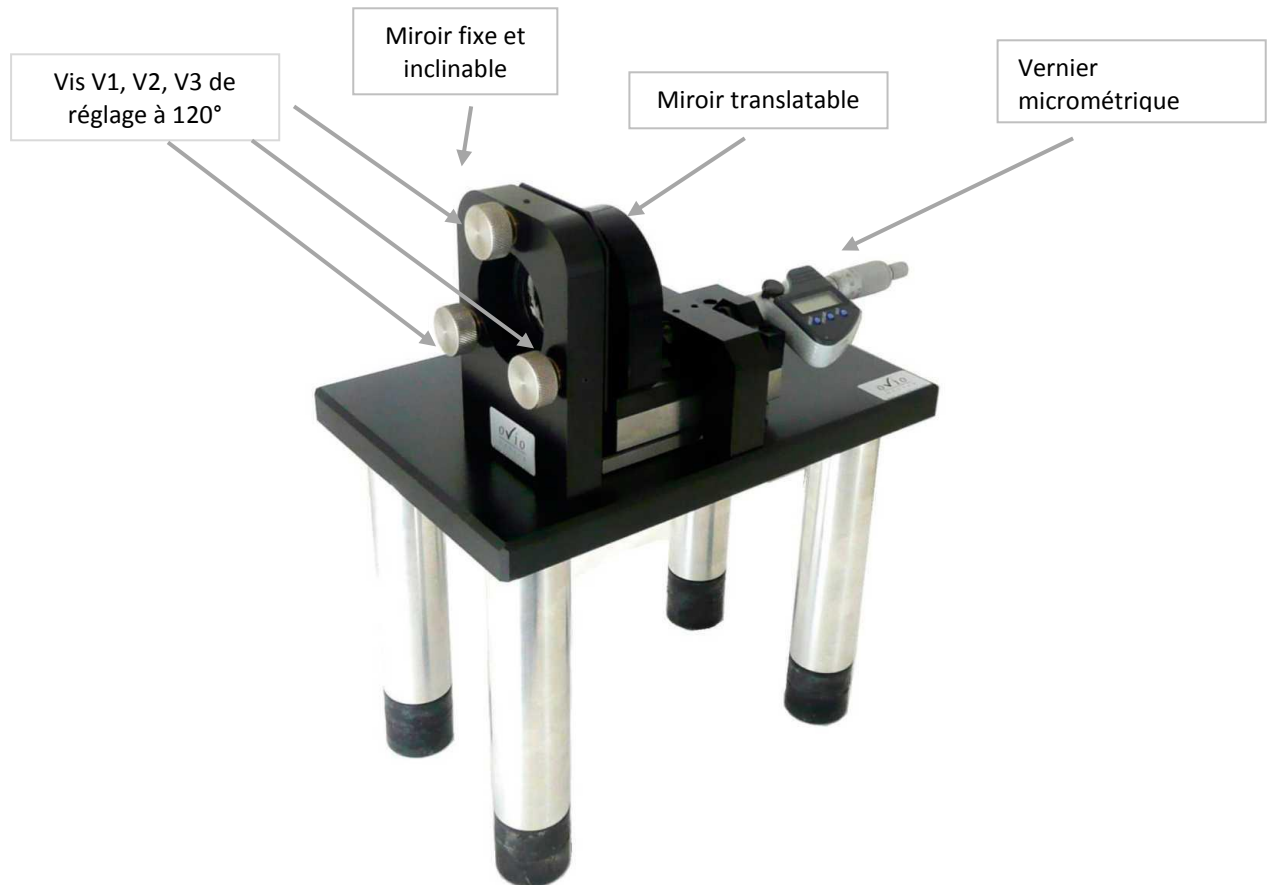
avec λ_0 la longueur d'onde central du pic le plus proche

Pour simplifier, on utilise la grandeur suivante, appelée Finesse $F = \frac{\Delta\lambda}{\delta\lambda} = \frac{\pi}{2 \arcsin(1/\sqrt{R})}$

Pour des valeurs de $R > 0.9$, on approxime la relation de la façon suivante :

$$F = \frac{\Delta\lambda}{\delta\lambda} = \frac{\pi R^{1/2}}{1 - R}$$

Description de l'appareil et fonctionnement

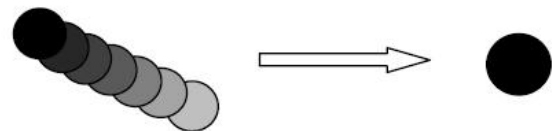


Réglages

A l'aide du vernier micrométrique, positionnez au préalable le miroir mobile à environ 1 cm du miroir fixe.

Réglage grossier du parallélisme des deux miroirs :

Eclairer l'interféromètre de Fabry-Pérot à l'aide d'une source ponctuelle. Du fait du haut pouvoir réflecteur des miroirs, il y a toute une série de réflexions intenses et l'image de la source va se présenter sous la forme d'une multitude de taches légèrement décalées. Agir sur la vis la plus proche de la direction actuelle de ces taches de sorte à rapprocher les images. Répéter l'opération jusqu'à n'obtenir plus qu'une seule tache.

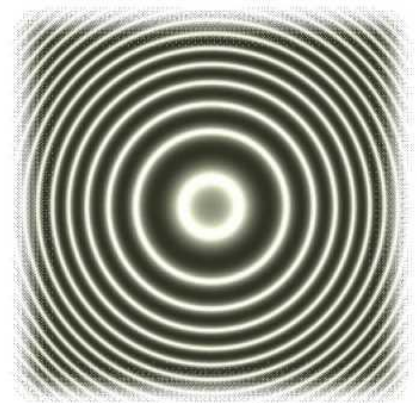


Réglage fin – observation du système d'anneaux :

Eclairer le FP en source étendue, en plaçant devant une lampe spectrale (mercure ou sodium par exemple), un écran dépoli.

Observer directement les divers systèmes d'anneaux localisés à l'infini en déplaçant son œil verticalement et horizontalement.

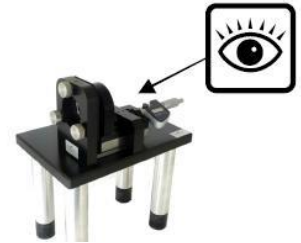
Si le rayon varie lors du déplacement vertical de l'œil agir sur la vis positionnée sur le haut de la monture. Agir de même pour les autres axes. En continuant ces réglages, il sera finalement possible de déplacer l'œil devant l'interféromètre de Fabry-Pérot sans observer la moindre variation dans le diamètre des anneaux.



Observations

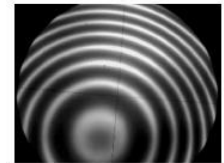
Observation directe à l'œil

Placer un dépoli, un papier calque ou tout autre écran diffusant devant la source lumineuse. Positionner son œil au niveau du micromètre et regarder à travers les 2 miroirs.



Observation avec une lunette à l'infini

Placer un dépoli, un papier calque ou tout autre écran diffusant devant la source lumineuse. Placer une lunette réglée à l'infini derrière le vernier du FP et observer.



Observation par projection de la figure

Dans une salle peu éclairée, placer un condenseur ou une lentille de courte focale entre la source et le FP afin de réaliser un éclairage parallèle. Placer une lentille de projection (focale 200 ou 300mm conseillée) en sortie du FP et ajustez la position de l'écran pour avoir une image nette.



Les anneaux, loi en \sqrt{N}

L'étalonnage de l'interféromètre est nécessaire puisqu'il n'y a pas de correspondance directe entre les graduations de la vis micrométrique et l'épaisseur de la lame d'air. Le but est donc de définir une relation entre les deux.

Observer les anneaux à l'aide d'une lunette réglée sur l'infini et munie d'un micromètre. Chaque anneau clair correspond à un angle d'incidence pour lequel l'ordre p est un entier.

Régler l'épaisseur de la lame d'air pour avoir un centre clair (l'ordre d'interférence au centre est un entier) : $\rho_0 = \frac{2e}{\lambda}$

Pour le N ème anneau clair, l'ordre d'interférence sera égal à :

$$\rho = \rho_0 - N = \frac{2e \cos i_N}{\lambda} = \frac{2e}{\lambda} - N$$

Son rayon est donné par la relation : $i_N = \sqrt{\frac{\lambda N}{e}}$

La mesure des rayons angulaires des anneaux permet de déterminer l'épaisseur réelle de la lame et donc l'ordre au centre.

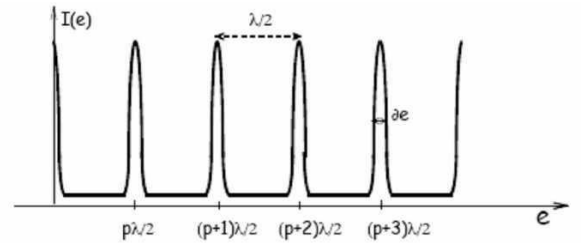
Utilisation en spectromètre

En raison de la finesse des anneaux, l'interféromètre de Fabry-Pérot est souvent utilisé en spectromètre pour analyser avec précision la distribution spectrale des sources lumineuses. En effet, chaque onde monochromatique de longueur d'onde λ issue de la source donne son propre système d'anneaux, avec une intensité qui est proportionnelle à l'intensité spectrale. Le Fabry-Pérot caractérisé par un faible domaine spectral et un pouvoir de résolution élevé est particulièrement adapté à la spectrométrie de haute résolution (structure de raies d'émission).

Si les spectres à étudier évoluent lentement dans le temps, il est commode de faire varier Δ de quelques ordres en modifiant l'épaisseur optique, soit par des variations d'indice, soit par une variation d'épaisseur en translatant une des surfaces réfléchissantes. Ceci est réalisé en plaçant un détecteur au centre des anneaux ($i=0$). Pour un éclairage monochromatique de longueur d'onde λ , le signal reçu est proportionnel à $I(e)$.

La largeur à mi-hauteur de chaque pic est :

$$\sigma_e = \frac{\lambda(1-R)}{2\pi\sqrt{R}}$$



Supposons que l'on désire séparer deux longueurs d'onde λ et $\lambda + \delta\lambda$.

Ces longueurs d'onde correspondant, dans l'ordre p , à des épaisseurs e et $e + \delta e$ seront séparées si :

$$\delta e = \frac{\rho \delta \lambda}{2} > \sigma e$$

Mesure de l'écart d'un doublet

Le Fabry-Pérot est éclairé en source étendue à l'aide du lampe à vapeur de sodium contenant le doublet jaune (λ_1 et λ_2) dont la longueur d'onde moyenne est $\lambda_m = 589,3 \text{ nm}$.

Chaque longueur d'onde donne un système d'anneaux d'interférences. En faisant varier l'épaisseur de la lame, on observe successivement des coïncidences (les deux systèmes d'anneaux se superposent) et des anti-coïncidences (les deux systèmes sont intercalés).

Entre deux coïncidences (ou 2 anti-coïncidences) l'épaisseur de la lame a varié de :

$$\Delta_e = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\delta \lambda} = \frac{\lambda_m^2}{\delta \lambda} =$$

La mesure de cette variation permettra de déterminer $\delta \lambda$.

Des services au quotidien

Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Service technico-commercial

Pour la Métropole

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : export@ovio-instruments.com

Commander, suivre une commande

> Administration des ventes

Passer une commande

Fax : +33 (0)1 30 44 25 40

E-mail : optique@ovio-instruments.com

Courrier : OVIO Instruments - Service Clients

468, rue Jacques-Monod

CS 21900, 27019 Evreux CEDEX France

Suivre une commande

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : optique@ovio-instruments.com



Obtenir des conseils, un devis, une demande de démo



> Support technique, SAV

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

E-mail : SAV@ovio-instruments.com

Web : www.ovio-optics.com

Pour l'International

Tél : +33 (0)1 71 49 10 70

Attention : pour tout retour de matériel en SAV, merci de nous appeler au préalable.