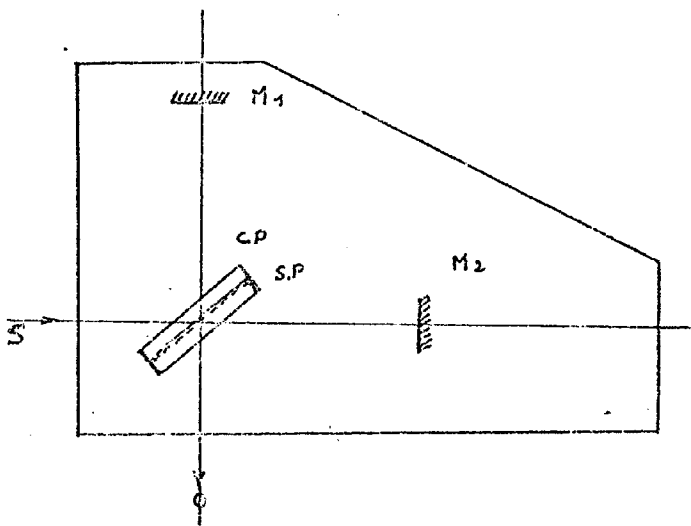


INTERFEROMETRE DE MICHELSON

Type 200



Cp : Lame Compensatrice

Sp: Lame Séparatrice.

M1 - M2 : Miroirs.

S : Source

O : Observation.

Ø des Miroirs : 40 mm.

Planéité : $\lambda/20$

DESCRIPTION

Grâce à cet appareil, tous les types de franges peuvent être observés facilement. L'appareil comporte essentiellement 2 miroirs M1, M2, une glace semi-réfléchissante dite lame séparatrice Sp, et une lame compensatrice Cp d'égale épaisseur, comme l'indique le schéma de principe.

Il comporte, en outre, des dispositifs mécaniques permettant d'orienter avec précision Cp, M1 et M2. La glace semi-réfléchissante Sp est une lame de verre légèrement aluminée, de telle sorte qu'elle réfléchisse autant de lumière qu'elle en transmet (si on néglige son absorption propre).

La moitié du flux de S traverse Sp, va vers M2, puis revient vers Sp; là, une partie revient vers la source C, alors que l'autre partie est réfléchi dans la direction de l'observation; une autre partie du flux venant de S est réfléchi par Sp sur M1, revient au travers de Sp vers l'observation O.

A l'aide des réglages prévus, on peut observer :

- des franges rectilignes dont on fera varier à volonté l'interfrange en tournant très légèrement M1.
- des anneaux dont on pourra faire varier à volonté les rayons (et l'état d'interférence au centre).
- des franges elliptiques, hyperboliques, paraboliques obtenues par orientation de Cp.

Autres fabrications : Interféromètres de Michelson petit modèle pour travaux pratiques et types spéciaux avec « bras optiques » jusqu'à 1 mètre, miroirs Ø 100 mm — Interféromètres de Fabry-Perot — Spectromètre-Spectrographe à réseau Type 1150 à haute résolution — Spectrographe F.500 — Electro-Aimant — Lanterne à arc...

UTILISATION

Le MICHELSON 200 peut être utilisé aux travaux pratiques d'optique, à la démonstration de cours, et pour certaines recherches.

C'est dans ce but que la longueur des bras optiques peut être réglée entre 50 et 200 mm. :

Très court = grand champ pour projection

bras longs = possibilité de passage d'objets ou de cuves à l'intérieur d'un des bras pour les mesures de variation d'indice par observation, ou projection avec éclairage en faisceau parallèle ou lumière cohérente

Possibilité de déplacement lent du miroir M2 par adjonction sur demande d'un moteur synchrone démultiplié (vitesse de déplacement égale à 3 franges par seconde dans le visible) permettant la transformée de Fourier, des analyses de filtres, des interférogrammes par enregistrements, etc..

Cet appareil a la possibilité de mesurer avec une grande précision l'épaisseur de couches minces semi-transparentes; il peut aussi contrôler l'état de surface et l'égalité d'épaisseur de lames optiques. Sur demande, des supports de miroirs supplémentaires permettent de transformer commodément l'appareil en Twyman-Green.

SOPRA

Usine : 18 à 22, Rue d'Arras, 92-NANTERRE

Bureau : 5, Rue J.-B.-Lafolie, 92-LA GARENNE - Tél : 242-29-34

CONSEILS pour l'UTILISATION
de l' INTERFEROMETRE de MICHELSON
Fabrication S O P R A

1. Les réglages approchés des Miroirs M1 et M2 et de la séparatrice S sont réalisés avant la livraison de l'appareil.

2. Réglage de l'orientation de la lame compensatrice.

Observer directement sous l'incidence normale à travers les lames S et C (sans utiliser les miroirs) une source à peu près ponctuelle (ou une croisée de fils) placée à quelques distance. On apercevra plusieurs images dues aux réflexions multiples sur S et C. Chercher à superposer ces images en agissant sur la vis 3 (qui fait pivoter C autour d'un axe horizontal) et sur la vis micrométrique V1 (pivotement autour d'un axe vertical). Lorsque le réglage est obtenu, noter le n° de la graduation de V1. Ne plus toucher à 3 dans la suite des réglages.

3. Réglage de l'orientation des miroirs M1 et M2.

Observer une source ponctuelle à l'infini par réflexion sur la séparatrice et sur les miroirs M1 et M2. On apercevra deux images brillantes (qui peuvent être accompagnées de plusieurs images plus faibles si le réglage 2 n'est pas parfait). Vérifier que les vis 4 et 5 de réglage fin de l'orientation du miroir fixe M2 sont à mi-course. Agir ensuite sur les vis 6 et 7 de réglage rapide de l'orientation du miroir mobile M1 pour superposer les deux images. (Ces vis font pivoter le miroir autour de deux axes de son plan, inclinés de $\pm 10^\circ$ par rapport à une verticale).

Utiliser ensuite une source monochromatique (ou émettant quelques raies: une lampe à vapeur de Hg non filtrée convient fort bien) et chercher à observer les franges rectilignes localisées sur les miroirs. Elles apparaîtront aussitôt (même au cas où la longueur des deux faisceaux est assez différente) si les raies sont assez fines. On peut alors régler leur orientation et leur écartement par action sur les vis de réglage fin 4 et 5.

Si la source émet des raies larges (lampe à vapeur de mercure à haute pression, genre Philora) les franges n'apparaîtront que pour une différence de marche inférieure au millimètre. Déplacer le miroir mobile au moyen de la vis micrométrique V2, en tournant V2 chaque fois d'un demi tour (par exemple). Ne pas chercher à observer les franges pendant la translation de M2 (une division de la graduation, soit 1/100 mm. correspond à 40 franges environ). Lorsque les franges apparaissent, chercher la position de M2 qui leur donne le maximum de netteté; la différence de marche est alors peu différente de 0.

Pour observer les anneaux à l'infini régler les miroirs au parallélisme au moyen des vis 4 et 5, c'est-à-dire élargir les franges pour observer une teinte plate. Utiliser alors une source monochromatique étendue (papier diffusant) et observer à l'infini, en plaçant l'oeil aussi près que possible de la séparatrice. Les anneaux apparaîtront plus ou moins serrés suivant que la différence de marche sera plus ou moins grande. Si après une forte translation de M1 l'interféromètre se dérègle légèrement (par suite d'une légère déformation des glissières) le diamètre des anneaux paraîtra dépendre de la position utilisée des miroirs; retoucher les vis 4 et 5 en déplaçant l'oeil selon une verticale puis selon une horizontale jusqu'à ce que le diamètre des anneaux ne varie plus.

4. Recherche de la frange blanche.

Déplacer M1 jusqu'à obtenir des anneaux de diamètre maximum (sortant du champ). Revenir alors à l'observation des franges rectilignes localisées sur les miroirs en agissant par exemple sur la vis 4; rendre les franges assez serrées pour que de nombreuses franges soient visibles dans le champ. Utiliser une lampe à mercure à raies larges; chercher, par de très légères translations de M1 la coïncidence générale (la plus nette) entre toutes les raies. Eclairer en lumière blanche (source étendue); si la frange n'apparaît pas dans le champ retoucher très légèrement V2. Lorsque la frange blanche est obtenue, l'amener au centre du champ et élargir les franges; noter la division de la graduation de V2. On peut alors faire défiler progressivement les teintes d'interférence par rotation de la compensatrice C. Se limiter à de petites rotations; si les épaisseurs de verre sur les faisceaux sont trop différentes les franges deviennent achromatiques. Pour montrer des franges achromatiques, au contraire, incliner C progressivement d'un angle de plus en plus grand, en ramenant chaque fois les franges au centre du champ par une petite translation de M1; il devient alors nécessaire d'éclairer en lumière grossièrement parallèle (réduire le diamètre apparent de la source).

V. Projection des divers systèmes de franges.

Pour les projections en lumière monochromatique utiliser une lampe à haute pression et un filtre isolant la raie verte; en lumière blanche utiliser un arc ou une lampe à incandescence. Eclaircir l'interféromètre en conservant le filtre anticalorifique.

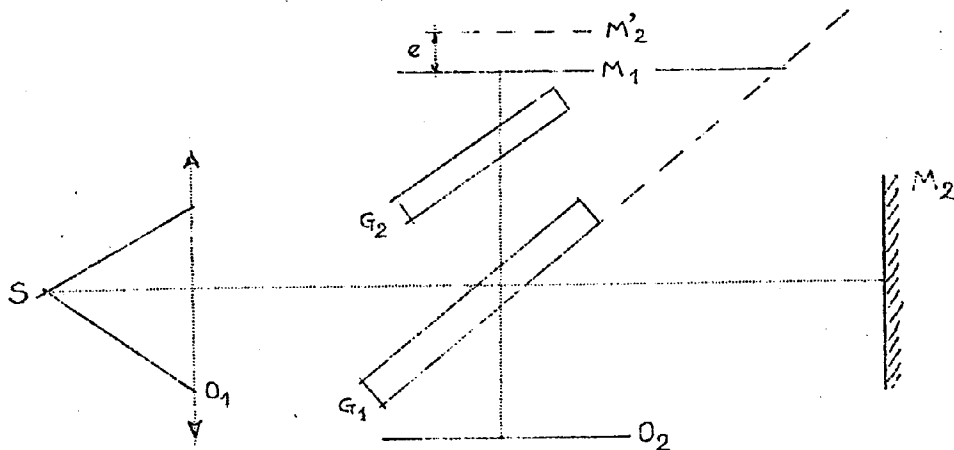
Pour projeter les franges rectilignes localisées, placer la source au foyer d'un condenseur de courte distance focale; lorsque la source a une forme allongée la disposer parallèlement aux franges. Projeter sur l'écran le plan des miroirs.

Pour projeter les anneaux à l'infini, faire une image de la source sur les miroirs, par exemple en vraie grandeur au moyen d'un condensateur double symétrique assez ouvert; il est utile d'éclairer les miroirs sous un angle solide aussi grand que possible. Observer les anneaux dans le plan focal d'une lentille faiblement convergente (1 d ou 0,5 d); si la distance de projection est supérieure à 2 m. la lentille devient inutile.

OBSERVATION DES FRANGES

1) Franges d'égale épaisseur

Le miroir M_2 donne par réflexion sur la face semi-réfléchissante A de la séparatrice G_1 une image en M_2' .



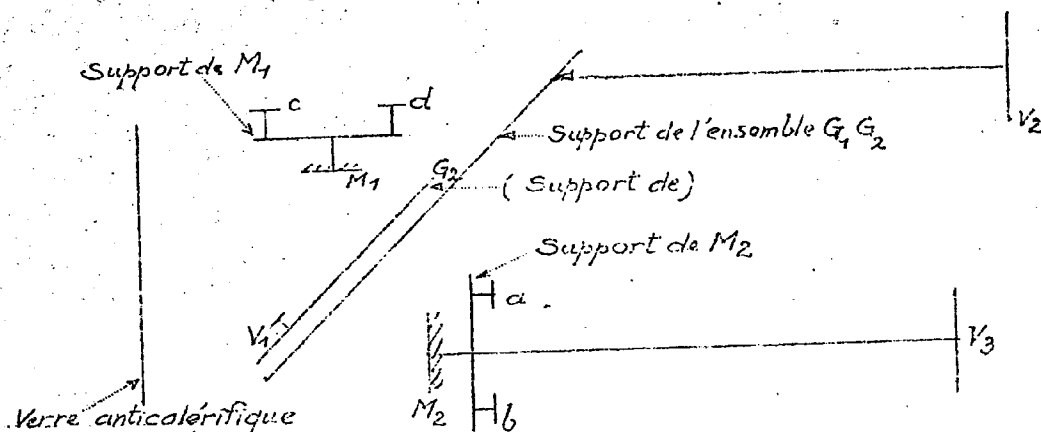
Et par conséquent, tout revient à un système d'interférences produit par une lame d'air d'épaisseur e . Si M_2' n'est pas parallèle à M_1 on a un coin d'air et on observe alors les franges localisées sur la lame, elles sont rectilignes, parallèles et équidistantes. Pour les observer il faut éclairer l'interféromètre en lumière parallèle. La source S est constituée par un petit trou placé au foyer du collimateur O_1 et éclairé en lumière monochromatique ou émettant quelques raies. La focale de la lentille O_2 doit être telle que l'on puisse observer le plan de localisation des franges. Si la lame d'air comprise entre M_1 et M_2' a une épaisseur très faible, on peut observer les franges en lumière blanche, à condition que les chemins optiques suivis par les 2 faisceaux soient rigoureusement identiques.

2) Franges d'égale inclinaison

Si M_2' est rigoureusement parallèle à M_1 on peut observer des franges d'interférences d'une lame à faces parallèles. Ce sont des anneaux à l'infini, que l'on observe soit directement à l'œil nu, l'œil visant à l'infini, soit au moyen d'une lunette réglée sur l'infini. La source est cette fois étendue, le collimateur est supprimé et remplacé par un verre dépoli ou toute autre surface diffusante éclairée en lumière monochromatique.

II - DESCRIPTION DE L'INTERFEROMETRE

(Schéma vu de dessus)



Nous appellerons V_1 la vis située directement sur la compensatrice G_2 . Elle permet de rendre cette dernière rigoureusement // à la séparatrice. Lorsque ces 2 lames ne sont pas // le champ présente 2 séries d'images du collimateur alignées sur 2 droites // plus ou moins inclinées sur l'horizontale.

La vis V_2 agit sur le support $G_1 G_2$. Elle permet d'orienter l'ensemble compensatrice-séparatrice par rapport à la direction de la lumière incidente. Lorsque $G_1 G_2$ est à 45° du faisceau incident les 2 séries d'images sont confondues en 2 images.

Les vis a et b agissent sur le support de M_2 . Elles font varier l'orientation de M_2 et permettent de régler grossièrement le parallélisme des miroirs. Ceux-ci sont // lorsque les 2 images ci-dessus sont confondues.

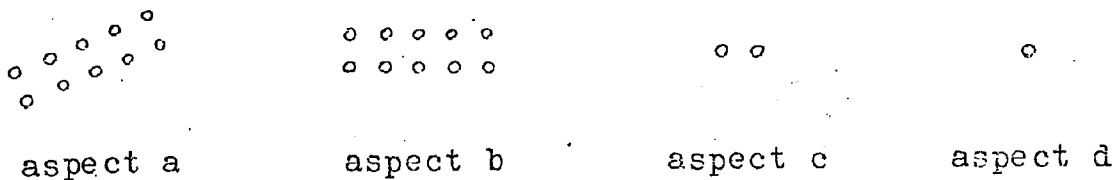
Les vis c et d agissent sur le support de M_1 et permettent d'ajuster le parallélisme des 2 miroirs (vis de réglage fin).

La vis V_3 qui agit sur le support de M_2 permet de déplacer celui-ci parallèlement à lui-même. On peut ainsi augmenter la différence de marche entre les 2 chemins optiques, c'est-à-dire faire varier l'épaisseur de la lame d'air.

MANIPULATION1) Observation des franges du coin d'air

On éclaire les miroirs en lumière // avec une lampe à vapeur de Hg devant laquelle on place un collimateur réglé pour l'infini (on règle la position de la lampe et du collimateur pour que M_1 et M_2 soient également éclairés).

Si on observe la source ponctuelle par réflexion sur la face argentée de la séparatrice et sur les miroirs M_1 et M_2 le champ présente l'aspect a) (2 séries d'images) que l'on rend horizontales (aspect b) en agissant sur V_1 . On les confond en 2 images (aspect c) en agissant sur V_2 . Puis on agit sur a et b pour confondre les 2 images (aspect d).

Fig. 4

Lorsque le résultat est obtenu M_1 et M_2 sont presque // et forment un coin d'air ce que l'on vérifie en observant à la loupe les franges du coin d'air (dites d'égalles épaisseurs).

On sait que la largeur de l'interfrange pour un coin d'air éclairé en lumière monochromatique sous incidence normale est $i = \frac{\lambda}{2A}$ (A angle au sommet du coin d'air).

On le vérifiera : en agissant sur a et b ce qui revient à faire varier A on peut augmenter ou diminuer i.

En pratique les franges sont très visibles sur l'image sauf si la différence de marche entre les 2 chemins optiques est trop grande.

2) Observation de franges d'égale inclinaison ou anneaux à l'infini d'une lame d'air.

On conçoit aisément qu'il suffit pour avoir une lame d'air de régler M_1 et M_2 au parallélisme parfait.

Pour cela il faut agir sur c et d de façon à diminuer l'angle des 2 miroirs ce qui revient à augmenter i . On tournera donc c et d dans le sens où l'on voit les franges s'écarter. Lorsqu'elles sont complètement hors du champ celui-ci a un aspect uniforme dit teinte plate (cette teinte plate est en fait légèrement irisée du fait que la lumière du Hg n'est pas rigoureusement monocromatique).

Les miroirs étant // on supprime le collimateur et on le remplace par un écran diffusant pour avoir une source étendue. L'œil visant à ∞ on aperçoit les anneaux à l' ∞ d'une lame d'air à faces //.

Si le réglage est bon leur diamètre ne doit pas varier lorsqu'on déplace l'œil suivant un axe \perp au plan des anneaux ou horizontalement et verticalement dans le plan // au plan des anneaux.

Si l'on fait varier l'épaisseur de la lame d'air (en éloignant M_2 à l'aide de V_3) on voit disparaître un anneau au centre chaque fois que l'on a parcouru $\frac{\lambda}{2}$.

3) Teinte plate correspondant à l'épaisseur nulle.

Observons pour une position quelconque de V_3 un état stationnaire des anneaux. On constate que l'interfrange diminue depuis le centre jusqu'aux bords du champ. Si le rayon du premier anneau est ρ , la distance du $k^{\text{ième}}$ au $(k+1)^{\text{ième}}$ est

$$\rho (\sqrt{k+1} - \sqrt{k}).$$

Soit sensiblement

$$\frac{\rho}{2\sqrt{k}}$$

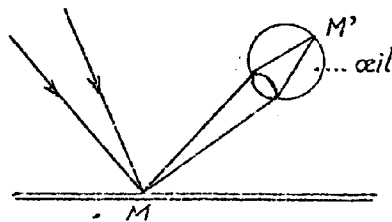
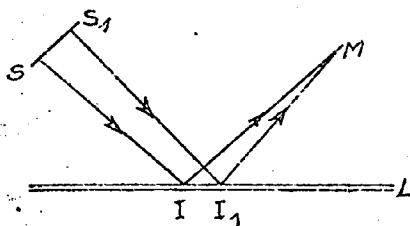
Faisons maintenant varier e en agissant sur V_3 . Nous constatons que le rayons de l'anneau correspondant à une valeur donnée de k est inversement proportionnel à e et l'interfrange au centre pour e voisin de zéro est très grand. Pour obtenir une lame d'air d'épaisseur réelle il faut donc déplacer M_2 à l'aide de V_3 dans le sens où l'on voit les anneaux disparaître au centre et s'élargir de plus en plus. On obtient ainsi une seconde teinte plate et l'interferomètre est réglé à la différence de marche nulle. (On observera les disparitions en plaçant l'oeil le plus près possible du miroir.)

4) Franges d'égale épaisseur au voisinage de l'épaisseur nulle

L'interferomètre étant réglé à la différence de marche nulle on donne un petit angle à M_1 par rapport à M_2 à l'aide d'une des vis c ou d de réglage fin. On a alors formé un coin d'air de très faible épaisseur.

Précédemment nous avons observé les franges du coin d'air avec une source ponctuelle en un point M au voisinage de la lame recevant un seul couple de rayon. L'état d'interférence y était parfaitement déterminé.

Maintenant nous allons utiliser une source étendue. Les rayons SIM et S_1I_1M ont été réfléchis en des points où les épaisseurs e et e_1 sont différentes. Les franges en M ne sont plus observables.



Mais si l'on met au point sur la lame elle-même, tous les couples de rayons qui parviennent en un point M' de la rétine ont traversé la lame en un point M et l'épaisseur e est la même pour tous quelque soit le point S de la source étendue d'où ils proviennent. On observe dans ce cas des franges avec une source étendue.

Nous observons ici les franges d'un coin d'air de faible épaisseur en laissant l'écran diffusant. En substituant la lumière blanche à la lampe à Hg nous observerons les franges du coin d'air en lumière blanche.

Pour une lumière monochromatique nous avons vérifié que

$$i = \frac{\lambda}{2A}$$

Chacune des radiations monochromatiques qui constituent la lumière blanche fournit donc un système de franges d'autant plus écartées que sa longueur d'onde est plus grande.

D'une manière générale en un point où l'épaisseur est e , la différence de marche optique est

$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$$

et les radiations pour lesquelles δ égale un nombre entier de λ manquent en ce point. Au point $e = 0$ correspond évidemment une frange noire pour toutes les radiations. Puis pour les autres valeurs de e l'intensité d'une raie x donnée présente une série de maxima et de minima décalés de $\frac{\lambda x}{2}$

A partir de cette frange centrale noire les couleurs du spectre correspondant aux courtes longueurs d'onde sont rétablies plus rapidement que les autres. Quand on atteint la valeur de $0,25 \mu$ correspondant à la demi-longueur d'onde du jaune moyen, la lumière dominante est celle de la partie la plus brillante du spectre on a une teinte jaune voisine du blanc puis apparaissent des teintes rouges.

C'est cet aspect que doit présenter le champ si l'on éclaire un coin d'air de faible épaisseur en lumière blanche.

On amènera la frange noire au centre du champ et on élargira les franges afin de mieux observer les teintes d'interférences caractéristiques des lames minces.

5) Mesure de la différence de longueur d'onde de deux radiations simples

Il s'agit de mesurer l'écart en Å entre les 2 composantes jaunes du sodium. Eclairer l'interféromètre avec une lampe à vapeur de sodium et revenir à l'observation des anneaux à l'infini. Déplacer le miroir M_2 à l'aide de la vis micrométrique V_3 de façon à ne pas être au voisinage de la teinte plate.

La longueur d'onde λ donne un système de franges brillantes, la longueur d'onde $\lambda' < \lambda$ également mais les franges correspondant à λ' sont plus serrées que celles correspondant à λ .

Les deux systèmes de franges d'abord confondus se séparent ; plus loin, il se produit une nouvelle coïncidence des 2 systèmes et ainsi de suite.

Observer le phénomène en déplaçant le miroir M_2 à l'aide de la vis micrométrique V_3 . Les anneaux parfaitement nets en un point deviennent confus puis disparaissent. Le phénomène se reproduit périodiquement. Noter la position n_1 de la vis micrométrique V_3 au moment où les anneaux ont disparu, continuera à déplacer M_2 et noter la nouvelle position n_2 de la vis pour la disparition suivante des anneaux.

Soit e l'épaisseur mesurée par la vis micrométrique

$$e = n_2 - n_1$$

La différence de marche est égale à $2e$ et on a

$$\delta = 2e = p\lambda = (p+1)\lambda'$$

On en tire

$$\lambda - \lambda' = \frac{\lambda\lambda'}{2e}$$

La quantité $\frac{\lambda\lambda'}{2e}$ s'appelle la période des coïncidences.

Il est évident que l'erreur sur la détermination de $(\lambda - \lambda')$ sera d'autant plus faible que l'on aura compté un plus grand nombre de périodes. Si on compte n périodes par exemple et si on appelle n_1 la position initiale de

V_2 et n'_a la position finale, la différence de marche est

$$2e' = 2(n'_2 - n'_1).$$

et on a

$$2e' = np \lambda = n(p+1) \lambda'$$

d'où

$$\lambda - \lambda' = \frac{n \lambda \lambda'}{2e'}$$

On peut remplacer $\lambda \lambda'$ par $(\frac{\lambda + \lambda'}{2})^2$,
les deux radiations étant voisines.

On mesurera plutôt la distance entre les anticon-
cidences, ce qui est plus aisé.

On calculera l'erreur absolue commise sur la dé-
termination de $\lambda - \lambda'$.