

# LES LASERS

Marc FERRETTI

## l'interféromètre de rectitude

L'INTERFEROMETRE de rectitude est une véritable règle droite étalon de très haute précision, permettant de contrôler l'alignement, des machines-outils par exemple, avec une précision relative supérieure à 0,001 %. Ainsi, l'interféromètre Hewlett-Packard atteint une précision de 0,4 micron par mètre de déplacement sur une portée de 30 mètres.

Cet interféromètre est disponible en deux versions : un instrument de petite portée, qui a une résolution de 0,01 micron et mesure la rectitude pour des dépla-

cements de 3 mètres, et un instrument de grande portée (30 mètres) et qui mesure la rectitude avec une résolution de 0,1 micron.

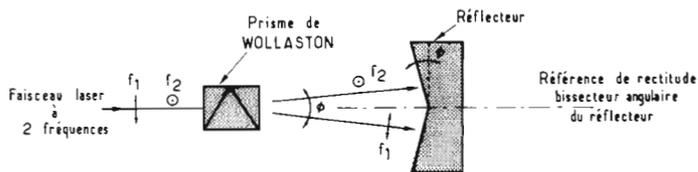
Dans les deux versions, la précision de la règle (0,4 micron par mètre de déplacement) peut être améliorée par une technique de double mesure : une seconde mesure est faite avec la règle retournée, de telle manière qu'elle soit dirigée dans la direction opposée à celle de la première mesure. En faisant la moyenne des deux mesures, l'erreur de l'interféromètre peut alors être réduite.

### AU CŒUR DE L'INTERFEROMETRE, UN PRISME DE WOLLASTON ET UN REFLECTEUR

L'appareil est constitué d'un prisme de Wollaston, séparant le rayon incident, et d'un réflecteur, composé de deux miroirs plans, assemblés de façon rigide, et formant, entre eux, un angle égal à l'angle de divergence du prisme de Wollaston (fig. 1). Le réflecteur

est monté sur une surface fixe dont l'axe est aligné avec l'axe de coordonnée dont on mesure la rectitude ; le prisme est placé sur le chariot se déplaçant le long de l'axe mesuré.

On utilise, comme dans tout interféromètre servant aux mesures de déplacement, (\*) un laser dont la fréquence est dédoublée par effet Zeeman, lié à l'action d'un champ magnétique sur l'émission lumineuse. Les deux fréquences sont séparées après passage dans le prisme de Wollaston, puis elles se réfléchissent sur les deux miroirs plans ; enfin elles



Principe de l'interféromètre de rectitude Hewlett-Packard. Le prisme de Wollaston est éclairé par la lumière émise par un laser à deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$ , polarisées. En sortie du prisme, ces deux fréquences sont séparées en deux rayons divergents. Cette séparation est liée à l'indice de réfraction du prisme, qui est différent pour les deux plans de polarisation des deux fréquences.

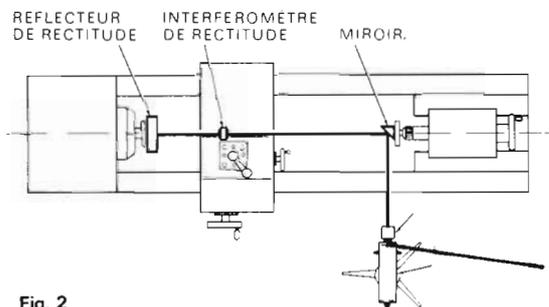


Fig. 2

retournent vers le prisme de Wollaston qui les recombine en un unique rayon.

C'est alors que se produit l'interférence entre ces deux rayons, au sein même du prisme : le rayon retournant vers le laser contient une information relative à la différence des chemins optiques parcourus par les deux rayons qui interfèrent.

Si le prisme de Wollaston se déplace parallèlement au plan bissecteur du réflecteur, les deux chemins optiques varieront, mais la différence entre ces chemins ne changera pas. Par contre, lorsque le prisme se déplace dans une autre direction, la différence de chemins optiques variera. Le manque de rectitude sera alors mesuré par une différence de chemin optique.

L'axe du plan bissecteur représente la règle droite étalon, le long de laquelle la mesure de rectitude par interféromètre est effectuée.

Quant à la rectitude de l'axe de l'interféromètre, elle dépend de la différence de planéité des deux miroirs utilisés dans le réflecteur : si l'un des miroirs n'est pas parfaitement plan, l'un des chemins optiques serait très légèrement su-

périeur à l'autre et l'interféromètre interpréterait cet écart comme un manque de rectitude du déplacement. L'interféromètre de rectitude compte, par conséquent, sur la planéité des miroirs du réflecteur pour sa référence de rectitude.

### POUR LES MACHINES-OUTILS

La précision géométrique d'une machine-outil est aussi importante que la précision du transducteur le long de chaque axe. L'interféromètre de rectitude permet de réaliser l'étalonnage de la géométrie d'un système à coordonnées, comprenant aussi bien la perpendicularité que le parallélisme.

Par exemple, le défaut de parallélisme entre l'axe d'une poupée



Photo 1 : Le laser améliore la productivité des machines-outils (Cliché Pilkington Perkin-Elmer).

de tour et l'axe de déplacement d'un chariot peut être mesuré très facilement en plaçant le réflecteur dans le mandrin de la poupée et en effectuant une rotation de 180° de celui-ci entre deux étalonnages (fig. 2). L'équerrage est me-

suré en ajoutant un prisme étalon à 90°, à la « règle étalon » que constitue le plan bissecteur du réflecteur : par exemple, chez Hewlett-Packard, un « pentaprisme » fournit une déflexion de 90°, à 1 seconde d'arc près.

Des mesures similaires peuvent être effectuées sur toute autre machine-outil, telle que la fraiseuse plane de la figure 3. Dans ce cas, le réflecteur de rectitude est monté sur la table et l'interféromètre de rectitude placé dans la poupée.

Cet interféromètre peut être utilisé de façon plus efficace en l'associant à une calculatrice ; des programmes de calculs ont été développés pour application en métrologie : l'un d'eux calcule, et trace sur table traçante, la rectitude, le parallélisme, l'équerrage ; le traitement des données et le tracé des courbes s'effectuent ainsi en quelques secondes.

Marc FERRETTI

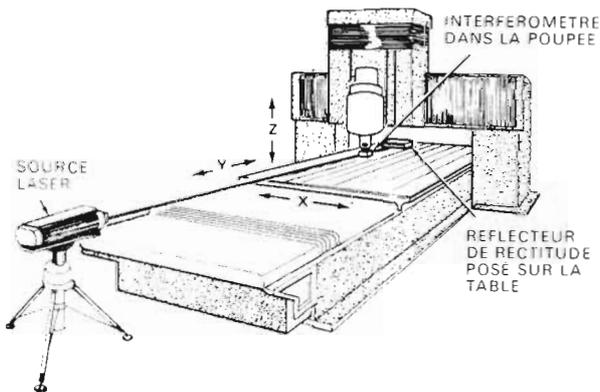


Fig. 3 a

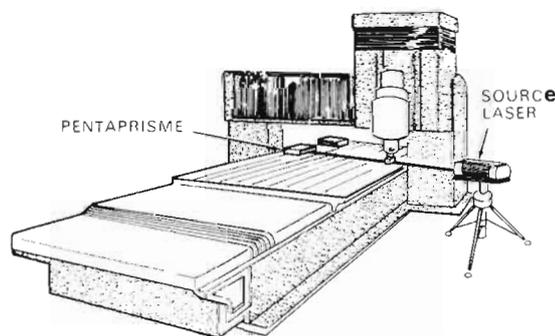


Fig. 3 b

\* On se reportera avec intérêt aux articles consacrés à ce sujet et parus, dans le Haut-Parleur, au cours des deux derniers mois.