

CONTRIBUTION A LA TECHNIQUE PHOTO-ÉLASTIQUE

Note de M. BIOT

California Institute of Technology

L'étude expérimentale complète d'un état élastique plan comporte, comme on sait, la mesure de trois grandeurs en chaque point, permettant de calculer les trois composantes du tenseur.

Les matériaux qui présentent apparemment le plus d'avantage à présent pour la confection des modèles sont ceux du type bakélite. Ils présentent l'avantage,

- 1) d'être environ quatre fois plus sensibles que le celluloid,
- 2) de satisfaire à la loi d'Hooke.

Les principaux inconvénients sont :

- 1) la nécessité de les soumettre à un traitement thermique afin de les rendre isotropes,
- 2) leur « creep optique » lorsqu'ils sont soumis à un effort mécanique. Ce creep peut atteindre 10 % 'endéans la première demi-heure de l'essai.

Le premier inconvénient semble avoir été surmonté par un certain nombre d'expérimentateurs aux États-Unis et au Japon. Quant au second, il ne peut être évité qu'en limitant la durée des mesures à un temps très court, ce qui implique une méthode photographique.

La méthode que nous proposons présente en outre l'avantage de supprimer les fastidieuses mesures point par point de l'orientation des tensions principales et de la dilatation latérale du modèle. Elle évite également toutes les intégrations graphiques si laborieuses et donne directement une photographie des lignes isostatiques (lignes des tensions principales) et la valeur en chaque point de la somme des tensions principales.

La différence des tensions principales s'obtient par la méthode habituelle, en photographiant le modèle sous tension en lumière monochromatique. Ceci nous procure les lignes d'égaux différences des tensions principales.

La photographie des lignes isostatiques s'obtient de la manière suivante. Utilisons de la lumière blanche; les lignes isoclines apparaissent en noir au milieu des franges colorées. Tournons les nicols ensemble à vitesse uniforme, les lignes isoclines se déplacent sur l'image et balayent la surface de celle-ci. Pendant cette rotation nous prenons une vue cinématographique de l'image sur film panchromatique. En surexposant le film, seules les lignes isoclines apparaîtront en transparent sur le négatif, tandis que les franges colorées donneront une plage foncée presque uniforme. Si maintenant nous projetons ce négatif, nous verrons les lignes isoclines lumineuses balayer la surface foncée du modèle. Pour obtenir alors une photographie des lignes isostatiques il suffit d'effectuer cette projection sur du papier sensible et d'interposer entre l'appareil de projection et l'épreuve une plaque transparente comportant une série de traits opaques parallèles. En imprimant à cette plaque une rotation identique à celle des nicols lors de la prise du film, les lignes isostatiques s'imprimeront sur le papier sensible.

Les deux photographies que nous possédons maintenant permettent de déterminer facilement l'état élastique complet en appliquant la remarque suivante. Nous connaissons la différence des tensions principales et leur orientation. Nous connaissons aussi les forces qui agis-

sent sur la frontière du modèle. Ceci veut dire qu'à la frontière l'état élastique est entièrement connu. Le plus souvent même une des tensions principales est nulle. Or, nous savons que la somme des tensions principales $p + q$ satisfait à l'équation de Laplace,

$$\Delta (p + q) = 0$$

Comme nous connaissons la somme $p + q$ sur la frontière, cette somme est entièrement déterminée à l'intérieur du modèle; son calcul revient à la solution du problème du potentiel.

Ce problème peut se résoudre expérimentalement d'une manière très simple par une des nombreuses analogies, électriques ou mécaniques (film de savon, membrane de caoutchouc) qui sont régies par l'équation du potentiel. La méthode probablement la plus simple consiste à tendre uniformément une membrane de caoutchouc, et à l'appuyer sur un petit mur situé sur le contour du modèle et dont la hauteur est proportionnelle à la valeur de $p + q$ le long de ce contour. L'altitude de la membrane en chaque point à l'intérieur du contour donne la valeur de $p + q$ en ce point.

La méthode est en cours d'application au California Institute of Technology.