

ENSMP 1ère année, Mécanique des matériaux solides

Etude de la traction de plaques trouées en PMMA par photoélasticimétrie.

1 Introduction du sujet et des outils

Présentation et Objectifs

Le but de ce mini-projet est d'étudier la traction de plaques trouées en PMMA (Plexiglass) en utilisant une méthode d'observation permettant d'obtenir une information sur les champs de contraintes dans les plaques : la photoélasticimétrie. Cette méthode consiste à charger les plaques entre 2 polariseurs et à observer l'apparition de franges colonisées à la surface de cette dernière dues aux contraintes liées au chargement. On s'intéressera notamment à la zone de concentration des contraintes autour du perçage. Ces franges donnent après analyse des informations sur les directions et valeurs des contraintes principales dans la pièce. On pourra ainsi vérifier la formulation analytique élaborée en cours de mécanique des milieux continus. L'autre objectif de ce cours est de calculer la résistance à la rupture de ces plaques.

Ces mesures de contrainte par observation des franges en photoélasticimétrie peuvent même être validées à l'aide de calculs numériques sur le site mms2.ensmp.fr.

Matériel, logiciels, et documents

On dispose de 6 plaques d'épaisseur 5mm, de largeur 25mm et de longueur 150mm. Les plaques sont trouées en leur centre, le diamètre du trou allant de 1 à 10mm.

Les essais seront effectués sur la machine d'essais mécanique équipée du système de mise en traction. On dispose de 2 feuilles polarisantes que l'on fixe sur le bâti de la machine de part et d'autre du montage. On peut utiliser un écran d'ordinateur afin d'éclairer le montage avec une lumière blanche. On dispose d'un appareil photo numérique afin de photographier les franges lors des essais. Le traitement des images pourra être réalisé à l'aide du logiciel ImageJ. Certains résultats peuvent être obtenus à l'aide de simulations par éléments finis à travers l'interface du site web du cours. Les instructions pour lancer ces simulations et en extraire les résultats sont données dans la suite du texte. Enfin, un certain nombre de documents bibliographiques seront fournis directement sur papier, sous forme

électronique, ou sont disponibles à la bibliothèque.

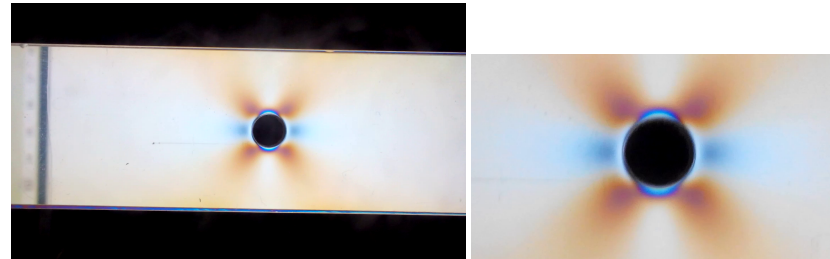


Photo-élasticité d'une plaque trouée en traction.

2 Programme détaillé

2.1 Bibliographie

Q1.1 : Réaliser une étude bibliographique relative au matériau étudié ici à savoir le PMMA. On cherchera à obtenir notamment des valeurs pour les constantes mécaniques de ce matériau et son comportement à la rupture.

Q1.2 : Réaliser une étude bibliographique relative à la photoélasticité et à son utilisation en mécanique, à partir des documents fournis, de ceux présents à la bibliothèque ou sur internet. On mettra notamment en avant les formules qui permettent de calculer l'intensité lumineuse et la couleur des franges lors d'observations en photoélasticité en fonction de l'orientation et des valeurs de contraintes principales.

Q1.3 : Application - On considère un état de traction sur une plaque trouée comme celui étudié en MMC. Comment faut-il orienter les polariseurs pour avoir une intensité lumineuse maximale autour du trou, notamment à l'équateur et aux pôles.

2.2 Analyse de l'essai de flexion 4pt

Q2.1 : A l'aide de l'expérience conduite avec le second groupe travaillant sur la photoélasticité, construire une échelle reliant la couleur des frange observée en lumière blanche avec le niveau de contrainte uniaxiale correspondant.

2.3 Calculs analytiques

Le cas analytique de la plaque trouée a été traité dans le cours de MMC de S. Forest, chapitre 15.

Q3.1 : Rappeler les hypothèses nécessaires à l'établissement de la formulation analytique.

Q3.2 : Quelle va être la distribution des contraintes aux abords du trou ?

Q3.3 : Pour chaque plaque, calculer pour un niveau de chargement donné la valeur des composantes non-nulles du tenseur des contraintes à l'équateur et au pôles. Comparer aux simulations proposées sur le site web du cours.

Q3.4 : Calculer pour chaque plaque le facteur de concentration de contraintes défini comme le ratio entre la contrainte principale maximale près du trou et la contraintes uniaxiale loin du trou.

2.4 Essais de traction sans rupture

Q4.1 : Pour chaque plaque, calculer la charge théorique à rupture.

Q4.2 : Pour chaque plaque, définir un protocole d'essai (qui permet de garder la plaque entière !), puis procéder aux essais.

Q4.3 : Pour chaque plaque, dépouiller les essais, puis comparer aux calculs de la partie précédente.

2.5 Rupture des plaques

Q5.1 : Casser les plaques en chargeant au delà de la charge prédite. Comparer aux valeurs prédite en Q4.1. Conclure.

3 Bibliographie

[1] Encyclopédie Vishay d'analyse des contraintes, Jean Avril, 1974