EXTENSOMÉTRIE

Objectifs du TP

- Mesurer des déformations à l'aide de jauges extensométriques
- Vérifier la linéarité entre contraintes et déformations dans l'expérience de traction et mesurer le module d'Young (E) et le coefficient de Poisson (ν)
- Analyser les contraintes/déformations dans le cas de la flexion d'une poutre et mesurer le module d'Young à partir de la raideur de la poutre
- Analyser les contraintes/déformations pour la plaque percée d'un trou
- Déterminer les directions principales de contraintes/déformations à partir de la mesure par une jauge rosette

Installation expérimentale

Banc d'essais

Il se compose :
- d'un bâti triangulaire rigide,
- de deux mors permettant la mise en traction des éprouvettes,
- d'un mors et de deux appuis en laiton, pouvant être disposés en deux positions différentes sur le bâti, permettant la sollicitation en flexion des poutres,
- d'un volant de chargement dont l'intensité est connue grâce à une barre étalonnée.

Les liaisons entre le bâti, le volant de chargement et les mors sont articulées afin d'obtenir un bon alignement dans la direction de la charge.

Jauges extensométriques

Les éprouvettes pour la traction simple et les poutres pour la flexion simple sont équipées de jauges extensométriques. Une jauge extensométrique est un circuit résistif dont la résistance varie avec la déformation.

Un allongement de la jauge provoque une variation de sa longueur donc de sa résistance.

En première approximation, on montre que la déformation ε est connue d'après la variation relative de résistance par :

$$\frac{\delta R}{R} = k\frac{\delta L}{L} = k\varepsilon \qquad (1)$$

où k est le facteur de jauge donné par le fabricant. Ici, $k = 2.040$ (2040 sur l'affichage de l'appareil de mesure).

Pont d'extensométrie

Pour mesurer la variation de résistance des jauges, on dispose d'un pont d'extensométrie à six voies. Les jauges sont reliées au pont par un connecteur spécial qui place chaque **paire de jauges** dans les branches d'un pont de Wheastone. Les variations de résistance des jauges provoquent des variations de tension aux bornes du pont.

Le pont d'extensométrie dispose d'un réglage du facteur de jauge qui permet de traduire les variations de tension directement en micro-déformations exprimées en $\mu m/m$. Il est réglé à la bonne valeur en maintenant l'interrupteur de jauge enclanché.

Lorsque l'éprouvette n'est pas chargée, on peut ajuster, par les potentiomètres prévus à cet effet, l'équilibrage de chaque voie de mesure (réglage à zéro).

Lors du chargement, le pont d'extensométrie donne, avec un facteur de jauge correct, la somme des déformations des deux jauges placées en regard de part et d'autre de la section droite de l'éprouvette et ce, pour chaque voie de mesure. **On lit donc le double de la déformation de chaque jauge**.

Comparateurs

Un comparateur est un instrument de mesure de déplacement. Le déplacement mesuré est celui qui est dans l'axe du comparateur. Celui-ci est équipé d'une touche orientable pour la mise en contact de l'appareil avec le point dont on désire mesurer le déplacement. On prendra donc soin au montage des comparateurs sur les éprouvettes et on utilisera la touche orientable dans une position à 90°. De plus, le cadran du comparateur permet, par rotation, de caler le zéro de l'appareil.

Conditions opératoires

Monter l'éprouvette en traction ou en flexion simple, avec une légère précharge, pour aligner le dispositif dans l'axe de chargement.

Effectuer le zéro du comparateur de la barre étalonnée, et, selon le cas, l'équilibrage des voies du pont d'extensométrie ou le zéro des comparateurs qui mesurent le déplacement.

Quand nécessaire, on appliquera des charges par pallier de 200 N jusqu'à 1000N et mesurera la déformation et le déplacement de l'éprouvette.

On pourra faire quelques points de mesure lors de la décharge de l'éprouvette. On pourra effectuer plusieurs fois la série de mesures afin d'évaluer les erreurs expérimentales.

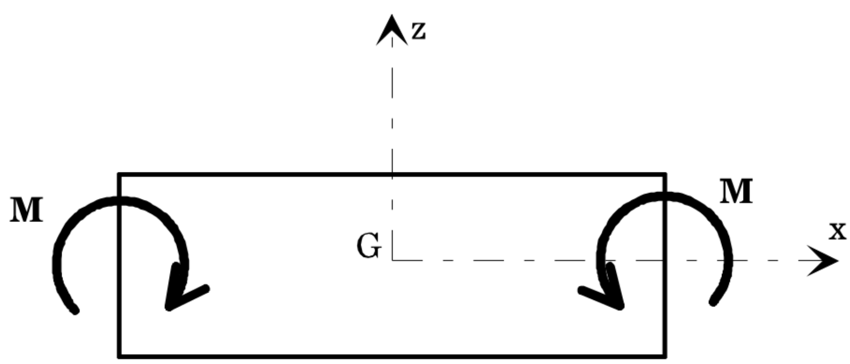
Mesures et résultats attendus

Traction simple Ce montage doit vous permettre de vérifier la linéarité entre la contrainte et la déformation, et de mesurer le module d'Young et le coefficient de Poisson. Vérifier la reproductibilité de vos mesures.

Flexion On considère le modèle idéal de la figure ci-dessous auquel correspond le champ de contraintes

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

avec $\sigma = \frac{-M}{I_{yy}} z$, M étant le moment de flexion appliqué et I_{yy} le moment quadratique de la section droite de la poutre par rapport à l'axe y, donné par $I_{yy} = \iint z^2 dydz$.



En vous appuyant sur les mesures obtenues par les jauges extensométriques, discuter la validité de ce modèle, puis faites une première estimation de la valeur du module d'Young de la poutre.

On admet que pour la force F appliquée au centre de la poutre, la flèche est donnée par

$$f = \frac{FL^3}{48EI} = kF,$$

où L est la distance entre les deux appuis, E le module d'Young du matériau et I le moment quadratique de la poutre par rapport à son axe principal selon la direction du moment fléchissant, et k est appelée la raideur de la poutre.

En mesurant la flèche de la poutre pour différentes valeurs de F, vous estimerez la valeur de la raideur k puis celle de E. Puis vous comparerez avec la valeur de E trouvée précédemment à l'aide des jauges extensométriques, et essayerez d'évaluer les incertitudes pour cette deuxième mesure par la flèche.

Vous pourrez aussi comparer les cas où la poutre est à plat et à chant.

Plaque percée On admet que le champ de contraintes pour la plaque percée d'un trou circulaire est donné par (dans le système de coordonnées cylindriques) :

$$\sigma_{rr} = \frac{F}{2S}(1 - \frac{a^2}{r^2}) + \frac{F}{2S}(1 + \frac{3a^4}{r^4} - \frac{4a^2}{r^2})\cos(2\theta) \tag{2}$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{F}{2S}(1 + \frac{a^2}{r^2}) - \frac{F}{2S}(1 + \frac{3a^4}{r^4})\cos(2\theta) \tag{3}$$

$$\sigma_{r\theta} = -\frac{F}{2S}(1 - \frac{3a^4}{r^4} + \frac{2a^2}{r^2})\sin(2\theta) \tag{4}$$

$$\sigma_{rz} = \sigma_{\theta z} = \sigma_{zz} = 0 \tag{5}$$

où F est la force de traction appliquée à la plaque et S l'aire de la section droite. L'origine $r = 0$ est au centre du trou et $\theta = 0$ correspond à l'axe de traction.

Vous comparerez les valeurs des déformations mesurées par les jauges extensométriques autour du trou avec celles données par le modèle ci-dessus.

Dans un deuxième temps, vous expliquerez le rôle de la jauge rosette et exploiterez les mesures qu'elle donne.