

Contraintes et déformations d'une poutre en aluminium soumise à une sollicitation de flexion

1. Introduction

Ce document présente les principales informations nécessaires pour la réalisation des laboratoires 2 et 3. Il contient un bref rappel théorique et les principales caractéristiques des matériaux et des instruments de mesure. On y présente aussi quelques étapes du déroulement du laboratoire et les principaux éléments de contenu du rapport écrit.

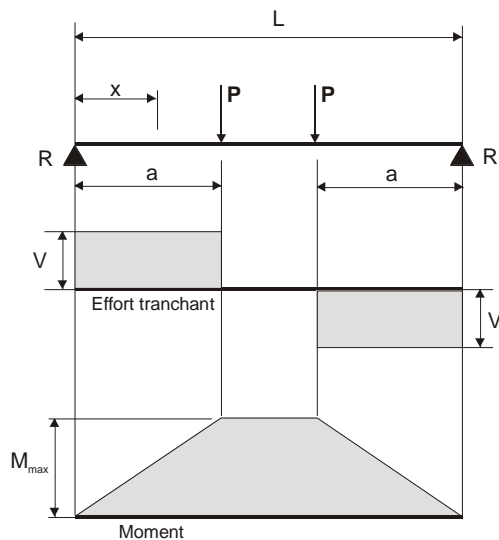
La poutre que vous allez analyser est déjà instrumentée. Pour des raisons de logistique et de temps, les capteurs (cellules de charge, capteurs de déplacement, jauges de déformation) ont déjà été installés sur la poutre. Un assistant de laboratoire vous expliquera le rôle et la fonctionnalité de chaque capteur. Au niveau technologique, votre rôle principal sera de programmer le logiciel d'acquisition de données.

2. But du laboratoire

Le but du laboratoire est de vérifier la validité des équations théoriques permettant de calculer les contraintes et les déformations dans une poutre en flexion. Si des écarts sont constatés, vous devez expliquer l'origine des de ces écarts et formuler des recommandations techniques pour éliminer ou diminuer ces écarts.

3. Rappel théorique

La Figure 1 présente un rappel des équations permettant de calculer les réactions d'appui, les efforts internes et la déformée d'une poutre soumise un essai de flexion en 4 points.



$$R \text{ et } V : \quad = P$$

$$M_{\max} \text{ (entre les deux charges) : } = Pa$$

$$M_x \text{ (pour } x < a) : \quad = Px$$

$$\Delta_{\max} \text{ (au centre) : } = \frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$$

$$\Delta_x \text{ (pour } x < a) : \quad = \frac{Px}{6EI} (3La - 3a^2 - x^2)$$

$$\Delta_x \text{ (pour } x > a \text{ et } x < (L-a)) : \quad = \frac{Pa}{6EI} (3Lx - 3x^2 - a^2)$$

Fig 1 – Rappel théorique pour le calcul des efforts et des déformations.

4. Montage expérimental

4.1 Caractéristiques du profilé

Le profilé d'aluminium est une poutre en I ayant une hauteur (h) de 152,4 mm (6 pouces) et une largeur (b) de 88,9 mm (3½ pouces). Les dimensions de la section sont indiquées à la Figure 2. La poutre d'une longueur totale de 2050 mm (2000 mm entre appuis) est soumise à une sollicitation de flexion en 4 points (Figure 3).

Matériau : Alliage d'aluminium ALCAN 6351-T6
Module de Young : 69,0 GPa
Limite élastique : 283 MPa
Cisaillement ultime : 200 MPa

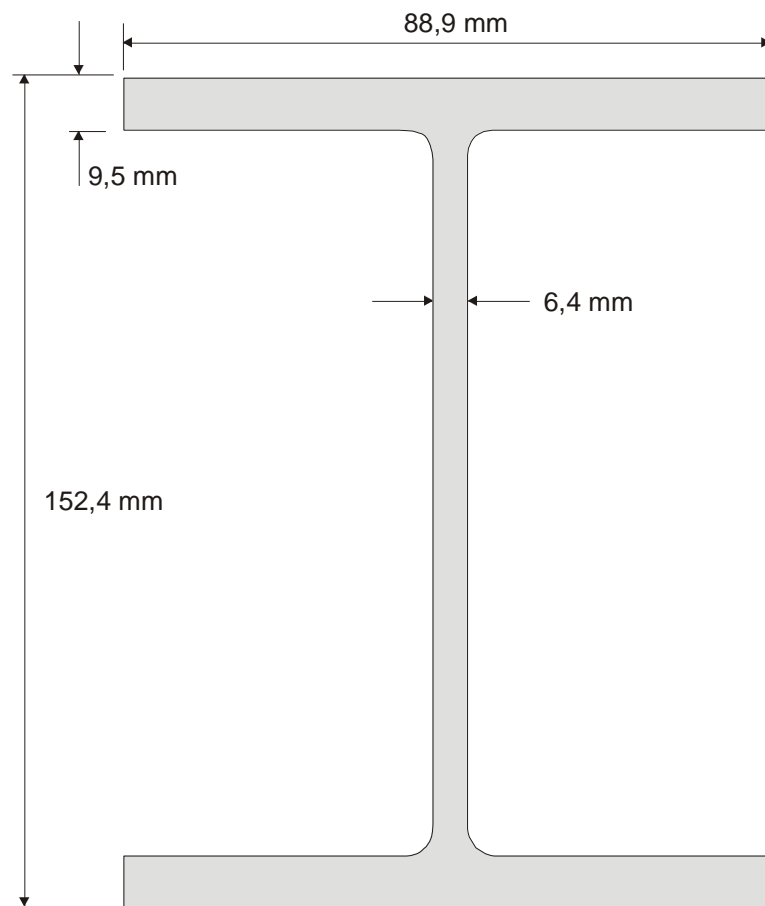


Fig 2 – Dimensions de la section de la poutre d'aluminium.

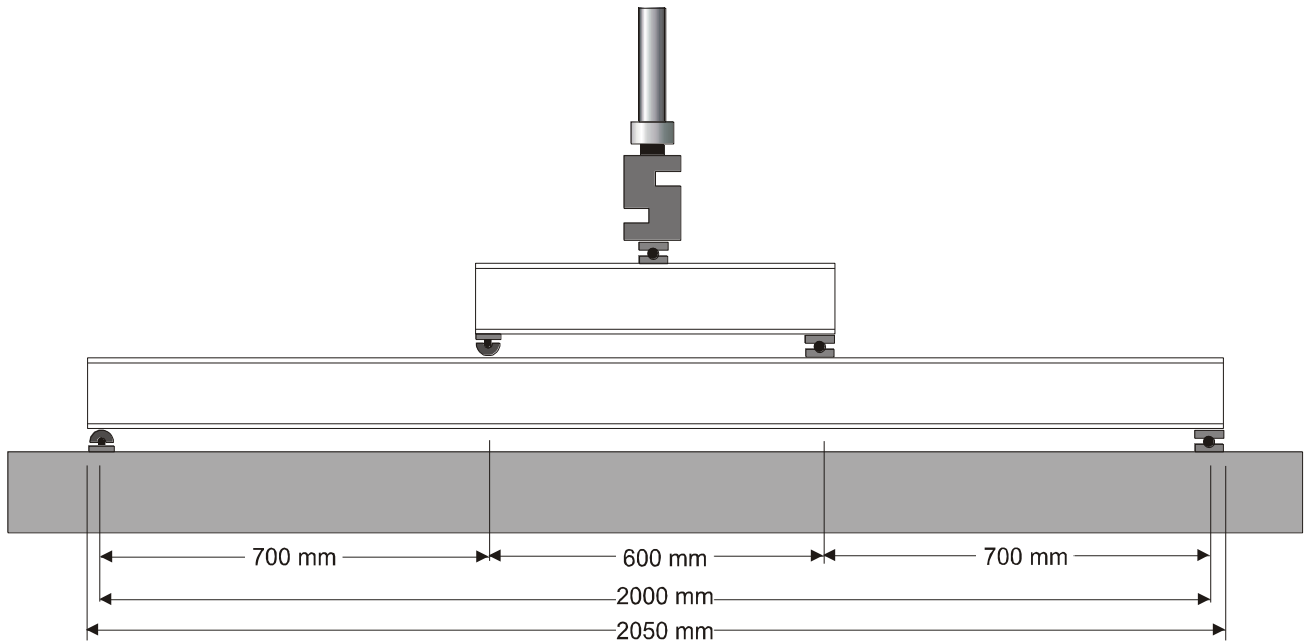


Fig 3 – Dimensions de la section de la poutre d'aluminium.

4.2 Banc de flexion

Le banc de flexion utilisé pour charger la poutre est présenté à la Figure 4. Une petite poutre en acier est utilisée pour diviser la charge induite par le piston en deux charges concentrées espacées de 600 mm.



Fig 4 – Banc de flexion utilisé pour le chargement de la poutre.

4.3 Pompe et piston hydraulique

La charge est appliquée à l'aide d'un ensemble pompe – piston de marque Enerpac SCR-101H (Figure 6). Le vérin hydraulique a une capacité de 45,4 kN (10 000 lbs). Un manomètre bourdon indique la pression dans le circuit hydraulique. **Lors du chargement, il est important de ne jamais dépasser la pression maximale permise de 700 bar (10 000 psi).**

Lors de la l'application de la charge, la valve anti-retour (Figure 7) doit être fermée. La pompe peut alors être actionnée en utilisant des petits coups de levier. La pompe possède deux vitesses. Les petites charges (pression < 500 psi) sont appliquées rapidement (un coup de levier pousse un grand volume d'huile). Lorsque la pression atteint 500 psi, la vitesse d'application de la charge diminue automatiquement (un coup de levier pousse un faible volume d'huile). Pour relâcher la charge, il suffit d'ouvrir **très très lentement** la valve anti-retour.



Fig 6 – Pompe et piston.

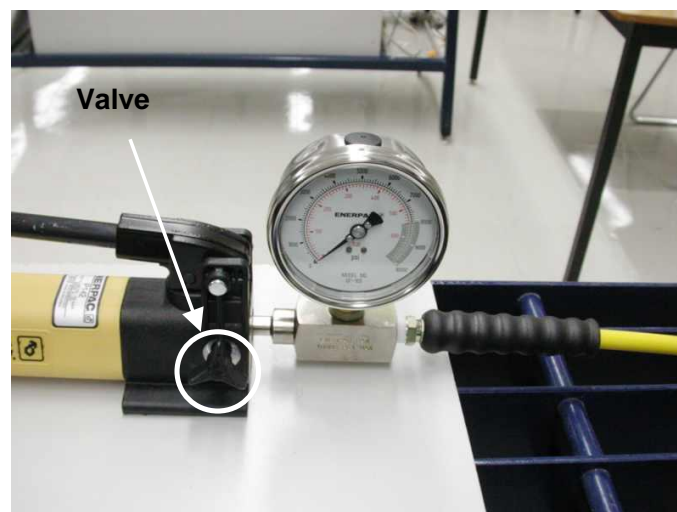


Fig 7 – Manomètre et valve anti-retour.

4.4 Cellule de charge

La charge est mesurée à l'aide d'une cellule de charge en S (Figure 8) d'une capacité de 45,4 kN (10 000 lbs). Il est important de noter que la poutre de transfert est suspendue à la cellule de charge. Il faut tenir compte du poids des éléments suspendus lors du calcul de la charge totale appliquée sur la poutre.

Fabriquant : Intertechnology inc.

Modèle : 60001-10K

No de série : 373527

Capacité : 44,5 kN (10 000 lbs)

Sensibilité : 3,002 mV/V sous une charge de 44 482 N



Fig 8 – Cellule de charge.

4.5 Jauges de déformation

4.5.1 Localisation des jauges

Le profilé est instrumenté par 12 jauges de déformation (Figure 9) compensées pour les déformations thermiques de l'aluminium (24 ± 10 °C). Le schéma de localisation des jauges est présenté à la figure 10.

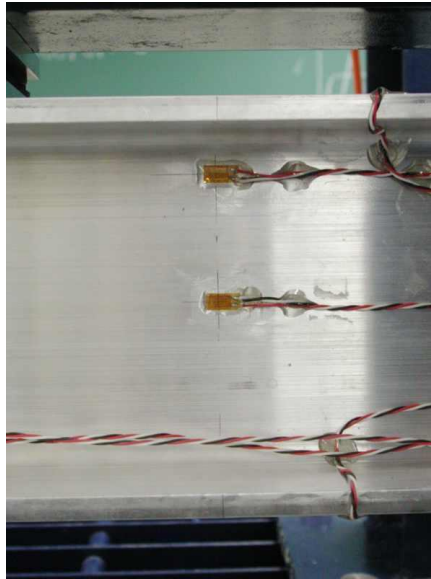


Fig 9 – Jauges de déformation.

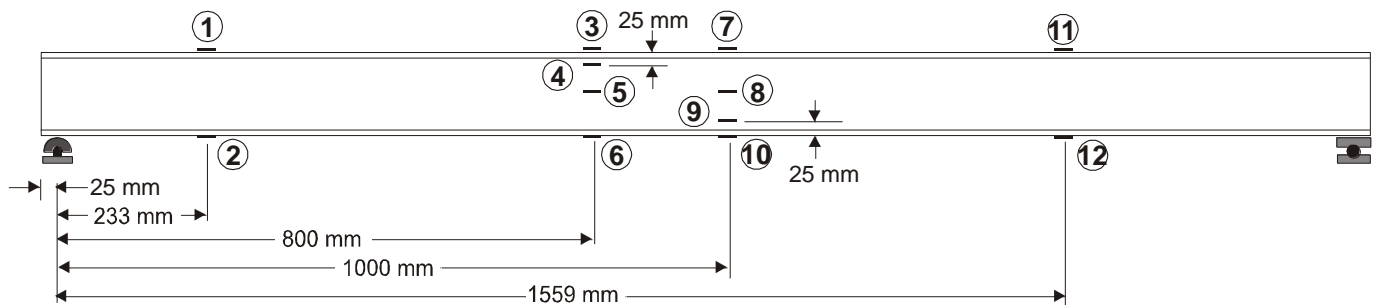


Fig 10 – Schéma de localisation des jauges

4.5.2 Caractéristiques des jauges

Fabriquant :	Micro-Measurements inc. NC, USA
Type :	CEA-13-250UW-120
Nos de lot :	A59AF23,
Code :	121718-3253
Plage de température :	- 75 °C à +175 °C
Limite de déformation :	3%
Résistance nominale :	120,0 $\Omega \pm 0,3 \%$
Facteur de jauge à 24 °C :	2,090 $\pm 0,5 \%$
Sensibilité transversale à 24°C :	+0,4 $\pm 0,2\%$

4.6 Capteurs de déplacement

La déformée est mesurée à l'aide de trois capteurs de déplacement de type LVDT (Figure 11). La localisation des capteurs est indiquée sur la Figure 8.

LVDT1

Fabricant : Solartron

Modèle : DCR115

No de série : M480010AC38-02

Sensibilité : 25,81 mV/V/mm

Alimentation : 15,18 V

LVDT2

Fabricant : NE Technology ltee

Modèle : SE374-15

No de série : 5337

Sensibilité : 26,81 mV/V/mm

Alimentation : 15,18 V

LVDT3

Fabricant : NE Technology ltee

Modèle : SE374-15

No de série : 5335

Sensibilité : 25,44 mV/V/mm

Alimentation : 15,22 V

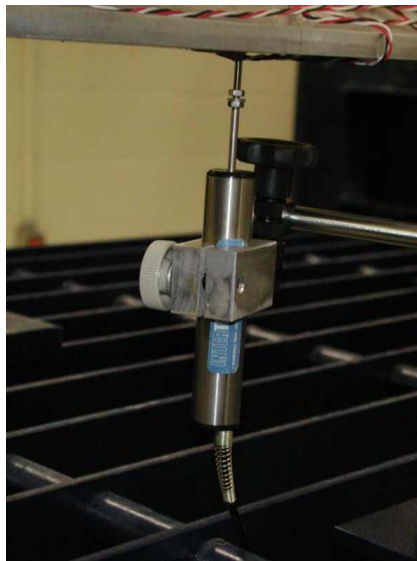


Fig 11 –LVDT.

4.7 Chaîne d'acquisition de données

La chaîne d'acquisition de données comporte les principales composantes suivantes :

- Conditionneur de jauges (Figure 12). Le conditionnement des jauges est effectué à l'aide d'une plaquette de branchement comportant des circuits $\frac{3}{4}$ de pont constitués de 3 résistances haute précision de 120Ω . Chaque pont comporte deux condensateurs pour le filtrage des bruits d'origine électromagnétiques. La chaîne d'acquisition comporte deux plaquettes comportant chacune 8 canaux.
- Boîte d'interface (Figure 12). Un module de type Instrunet i100-HC permet l'acquisition du signal analogique à la sortie du pont Wheatstone pour le digitaliser et le transmettre au logiciel de d'acquisition de données. La chaîne d'acquisition comporte deux modules Instrunet i100-HC comportant chacun 8 canaux.
- Logiciel d'acquisition de données. L'acquisition, le traitement et le stockage des données est effectué à l'aide du logiciel DaisyLab V5.5 (Figure 13).

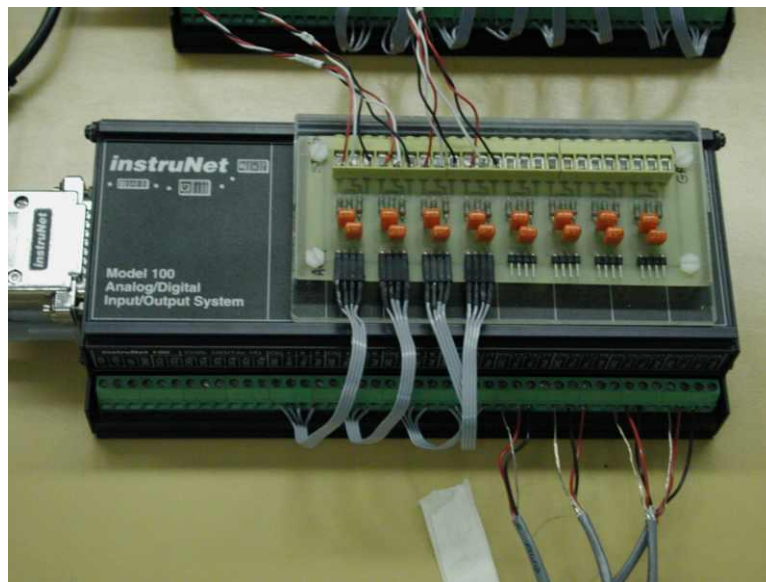


Fig 12 – Conditionneur de jauges et boîte d'interface.



Fig 13 – Logiciel d'acquisition de données et ordinateur.

5. Déroulement du laboratoire

Vous devez concevoir la programmation du logiciel DasyLab. Ce logiciel est utilisé pour faire l'acquisition, le traitement et le stockage des données expérimentales.

Après avoir vérifié la validité de votre programme. Vous devez ensuite procéder à un essai de chargement (0 - 44 kN) qui doit comprendre la saisie simultanée des 16 capteurs pour chaque valeur de la charge P . La charge P doit être augmentée manuellement (à l'aide du vérin) de manière à produire environ une vingtaine de valeurs comprises en 0 et 44 kN.

Vous pouvez profiter de ces essais pour analyser le fonctionnement du montage, pour vérifier la validité du traitement des signaux (calculs en temps réel) et pour identifier, si nécessaire, l'origine des écarts entre les valeurs mesurées en laboratoire et les valeurs calculées.

6. Structure du rapport de laboratoire

Votre rapport de laboratoire devrait au moins comporter les éléments de contenu suivants:

1 Introduction

- Mise en contexte de l'expérience dans le cadre de ce cours et de cette session
- Rappel théorique

2 But de l'expérience

- Présenter, en 1 ou 2 paragraphes, le but de cette expérience de laboratoire

3 Description du montage expérimental

- Décrire le montage expérimental. Utiliser des schémas si nécessaire
- Cadre
- Piston, pompe hydraulique
- Rotules, appuis
- Capteurs, système d'acquisition, etc.
- Logiciel d'acquisition de données
- Brève description de votre programme d'acquisition de données (principaux modules et leur fonctionnalité)

4 Prise des mesures

- Résumer la séquence de prise des mesures expérimentales

5 Présentation des mesures expérimentales

- Présentation des mesures expérimentales sous forme de tableau synthèse
- Commentaires généraux sur ces mesures (ex : valeurs à rejeter)

6 Analyse des résultats

6.1 Analyse des déformations

- Présenter graphiquement les relations expérimentales charge – déformation pour chacune des 4 sections de mesure.
- Calculer les relations théoriques et les présenter graphiquement (sur les graphiques expérimentaux) pour chacune des 4 sections de mesure. Résumer la méthode de calcul
- Comparer les valeurs expérimentales aux valeurs théoriques.
- Quantifier les écarts.
- Identifier l'origine des écarts.

6.2 Analyse de la déformée

- Présenter graphiquement les relations expérimentales charge – flèche pour chacun des 3 points de mesure.
- Calculer les relations théoriques et les présenter graphiquement (sur les graphiques expérimentaux) pour chacun des 3 points de mesure. Résumer la méthode de calcul
- Comparer les valeurs expérimentales aux valeurs théoriques.
- Quantifier les écarts.
- Identifier l'origine des écarts.

7 Conclusion et recommandations

8 Annexes

Grille d'évaluation du Rapport #2

Analyse d'une poutre d'aluminium en flexion

Équipe: _____

Présentation et forme	Note	Commentaires
Qualité du français écrit	/10	_____
Structure et organisation du rapport	/10	_____
Présentation et clarté des figures et des tableaux	/10	_____
Contenu		
Introduction	/5	_____
But	/5	_____
Montage expérimental	/5	_____
Prise des mesures expérimentales	/5	_____
Présentation des mesures expérimentales (Organisation des tableaux et figures)	/5	_____
Analyse des résultats		
Graphiques Force-Déformation	/5	_____
Graphiques Force-Déplacement	/5	_____
Moment d'inertie	/5	_____
Déplacements théoriques	/5	_____
Déformations théoriques	/5	_____
Analyse de l'origine des écarts	/10	_____
Recommandations	/5	_____
Conclusion	/5	_____
TOTAL	/100	_____