Université de Mohamed Boudiaf. M'sila
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique
Année d'étude : 2ème année Licence (LMD) : Semestre 4.

TP - RDM

RESISTANCE DES MATERIAUX

TP N° 1

Mesure de la déformation d'une poutre par extensomètre

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

2. PRINCIPE DE L’EXTENSOMETRIE ELECTRIQUE

3. BUT DE L’EXPERIENCE

4. MODE OPERATOIREDE L’ESSAI

5. DEROULEMENT DE L’EXPERIENCE

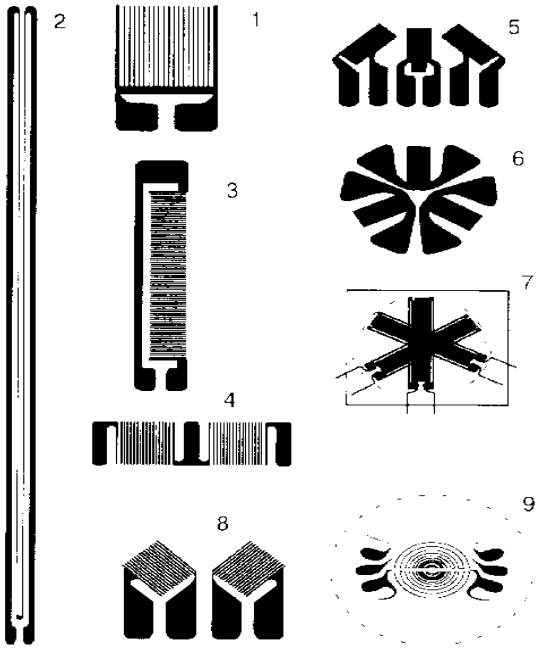
1. INTRODUCTION

La connaissance des déformations sert à calculer les contraintes lorsqu'on connait des lois qui lient ses grandeurs. Généralement, on utilise des relations linéaires du domaine élastique proportionnel. Les jauges servent à réaliser des capteurs. Un capteur est un dispositif mécanique destiné à transformer une grandeur physique quelconque, pression, force, accélération, etc… en déformation d'une pièce dite corps d'épreuve. Des jauges collées sur celle-ci détectent ces déformations, en vue de la mesure de la grandeur physique ou pour agir sur des dispositifs régulateurs. Ces capteurs peuvent servir indéfiniment. Différents procédés permettent de fabriquer les jauges. Une technique développée depuis des années utilise les procédés des circuits imprimés, photographie, et attaque du métal. Elle permet d'obtenir des jauges dites *pelliculaires* très plates avec un support de 20 à 30 microns en résine époxy à partir d'une feuille de métal de 2 microns.

2. RINCIPE DE L'EXTENSOMETRIE ELECTRIQUE

Elle est basée sur l'emploi des **jauges de contraintes**. C'est la méthode expérimentale la plus usuelle pour vérifier les résultats théoriques (calculs de contraintes, de déformations...).

Les jauges sont collées sur la surface à étudier et mesurent les déformations en un point donné. La déformation subie est transformée en variation de résistance électrique mesurée par un pont d'extensomètre, c'est le principe du pont de Wheatstone. Les contraintes sont ensuite obtenues par calcul à partir des lois de la résistance des matériaux ou élasticité.

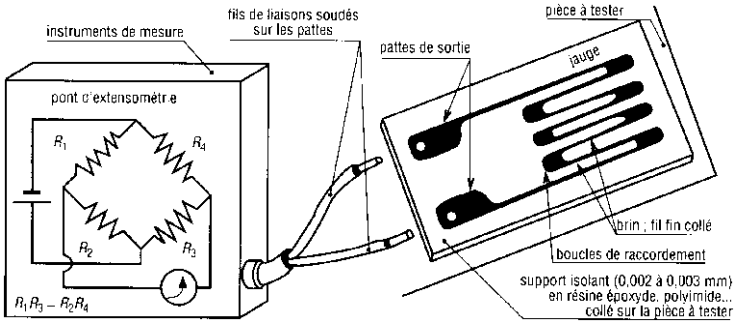


jauges simples 1 2 3 ; rosette à 2 jauges 4 ; rosette à 3 jauges 5 6 7 ; pour torsion et cisaillement 8 ; capteurs de pression 9

Sous l'effet d'un allongement la section du brin (fil) de la jauge diminue, il en résulte une variation de la résistance électrique du fil. En mesure, R1, est une jauge active collée sur la structure et R2, une jauge identique collée sur une pièce de même matière. R2, ne subit aucune contrainte et est à la même température que R1.

Dans certains capteurs (forces, pressions, couples, déplacements...) on utilise généralement quatre jauges judicieusement disposées.

Une jauge peut servir très longtemps, cependant il n'est pas possible de la décoller sans la détruire. Elles sont souvent fabriquées de la même manière que les circuits imprimés et sont disponibles dans plusieurs formes et dans de nombreuses dimensions (0,1 mm à 10 cm et plus).



3- OBJECTIFS DE L'ESSAI

Le but de cette expérience est de :

- Connaitre la technique de mesure des déformations par extensométrie ;
- Connaitre les jauges de contraintes à fil résistant ;
- Appliquer cette méthode à la flexion des poutres.

4. MODE OPERATOIREDE L'ESSAI

L'essai consiste à mettre une éprouvette de flexion « barre en acier » de section carrée 20x20 mm². Elle est utilisée suivant deux cas :

- Encastrée à une extrémité et libre à l'autre ;
- Encastrée à une extrémité et appuyée sur l'autre.

- Fixer horizontalement la barre sur la cadre et faire le réglage du pont de mesure on choisit le circuit quart de pont (une seule jauge est collée sur la barre), résistance admissible de l'extensomètre 350 Ohms.

- Poser les différentes charges selon les positions « distances entre l'extrémité encastrée et les points d'applications de ses charges ».
- Relever les différentes mesures (valeurs amplifiées) nécessaires à la détermination expérimentale :

- Des moments de flexion de la barre en fonction des charges appliquées, et les distances au point de mesure ;
- Des déplacements de flexion et de contraintes ;
- Du module d'élasticité longitudinale E « Module d'Young » pour chaque point.

5. DEROULEMENT DE L'EXPERIENCE

Rappel théorique

Chaque sous groupe doit préparer une petite recherche, environ trois pages sur la déformation d'une poutre par extensomètre.

Mise en page de marge : Haut : 2cm, bas : 1cm, gauche : 1cm et droite : 1cm.

Police : 14 Times New Roman et Interligne 1,5ligne.

1) Poutre encastrée à une extrémité et libre à l'autre

a) Variation de la distance x

(F = 20N) $Ymax = 10\text{mm}$ $I_{GZ} = \frac{bh^3}{12}$ $E_{théo} = 2.10^5\ \text{N/mm}^2$.

$$\sigma = \frac{Mf.Ymax}{I\ Gz} \qquad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Remplir le tableau ci-dessous.

F	x	Ɛx10	$M_f = F.x$	б = ————	E= $\frac{б}{ε}$
20	0				
20	5				
20	10				
20	15				
20	20				
20	30				
20	40				

Après le calcul de la valeur du module d'élasticité longitudinal (module de Young) expérimentalement, comparer le avec sa valeur théorique.

……

……

……

……

b) Variation de la charge F : (x =20cm) $Ymax = 10mm$ $I_{GZ} = \frac{bh^3}{12}$

Remplir le tableau suivant.

F	x	Ɛx10	$M_f = F.x$	б = ————	E= $\frac{б}{ε}$
10	20				
15	20				
20	20				
25	20				
30	20				
35	20				
40	20				

Aussi et après le calcul de la valeur du module d'élasticité longitudinal (module de Young) expérimentalement, comparer le avec sa valeur théorique.

……

……

2) Poutre encastrée à une extrémité et appuyée à

l'autre <u>Travail demandé</u> : Calcul du moment fléchissant

a) Variation de la distance x

(F = 20N) Ymax = 10mm

F	x	$\varepsilon x10^{-6}$	$M_f = F.x$	$\sigma = \frac{\quad}{\quad}$	$E = \frac{\quad}{\varepsilon}$
20	0				
20	5				
20	10				
20	15				
20	20				
20	30				

c) Variation de la charge F

(x = 20cm) Ymax= 10 mm

F	x	$\varepsilon x10$	$M_f = F.x$	$\sigma = \frac{\quad}{\quad}$	$E = \frac{\quad}{\varepsilon}$
10	20				
15	20				
20	20				
25	20				
30	20				
40	20				

- Tracer la courbe du moment fléchissant en fonction de :
- La distance x
- La charge F.
- Que peut-on-conclure ?

TP - RDM

RESISTANCE DES MATERIAUX

TP N° 2

Flambage des poutres

SOMMAIRE

1. OBJECTIFS DE L ESSAI

2. PHENOMENE DE FLAMBEMENT

2.1. CHARGE CRITIQUE D'EULER

2.2 LONGUEUR LIBRE DE FLAMBAGE - L

2.3. ELANCEMENT

2.4. CONTRAINTE CRITIQUE

3. TRAVAIL DEMANDE

4. INFLUENCE DE LA CHARGE LATERALE F_X

FLAMBAGE DES POUTRES

3. OBJECTIFS DE L ESSAI

Se familiariser avec l'appareil d'étude du flambement des poutres (les pièces constitutives, mode d'emploi).

Déterminer expérimentalement les charges critiques d'Euler F_C pour différentes conditions

et la flèche maximale de la poutre Ymax

Connaissances acquises :

- Connaissances de base en RDM (compression et flexion des poutres).
- Techniques de mesures.

2. PHENOMENE DE FLAMBEMENT

Dans tout ce qui suit on considère que le matériau est élastique, linéaire de module de Young E et de caractéristiques mécaniques constantes.

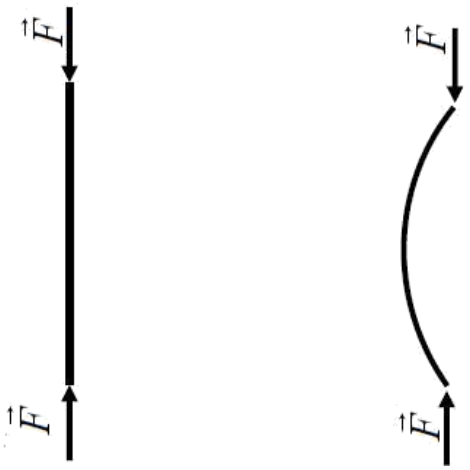
Considérons une barre rectiligne homogène soumise à deux fores F égales et opposées. Si F<Fc (Fc : charge critique) : La poutre reste sensiblement rectiligne, elle se raccourcit de Δl (compression).

Si F>Fc : La poutre fléchit brusquement (passage d'un état de compression à un état de flexion), c'est du flambage.

Le problème du flambement revient donc à déterminer le seuil de compression.

La flexion se produit selon la direction perpendiculaire à l'axe de la section (S) qui donne le moment quadratique le plus faible.

On parle d'instabilité, si l'on relâche l'effort axial, la structure revient à sa position initiale, il s'agit donc d'une instabilité élastique.



2.1. CHARGE CRITIQUE D'EULER

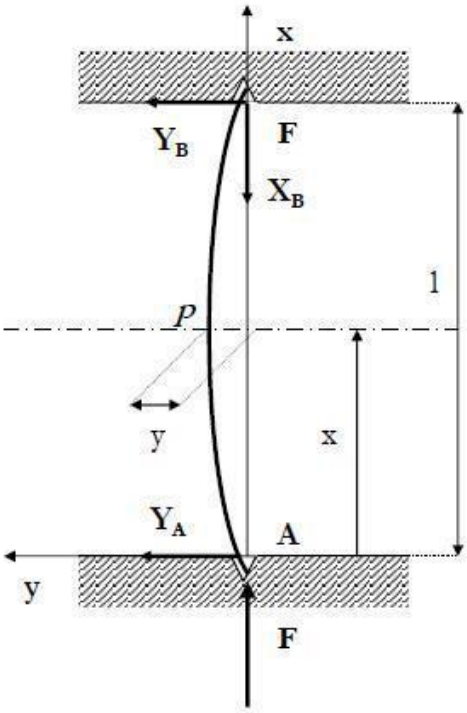
En cas de flambage, la charge critique d'Euler F_C est :

$$F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{Gz}}{L^2}$$

E : module d'Young du matériau (MPa).

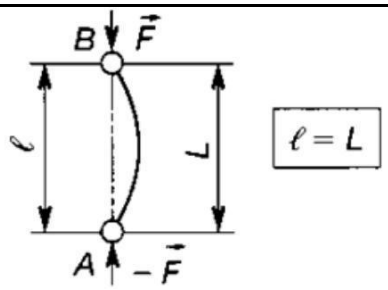
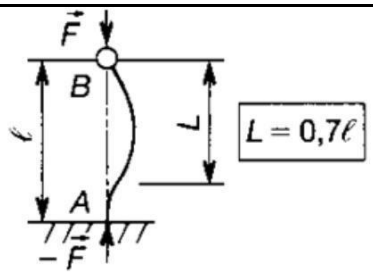
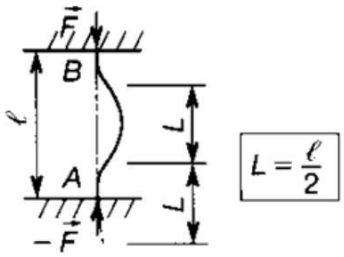
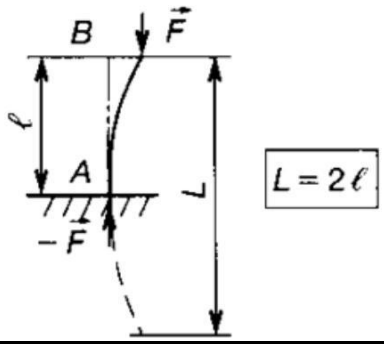
I_{GZ} : moment quadratique de la section (mm^4).

L : longueur libre de flambage de la poutre (mm).



2.2 LONGUEUR LIBRE DE FLAMBAGE L

l est la longueur de la poutre, la longueur libre de flambage *L* est en fonction du type d'appui. Elle est donnée par le tableau suivant :

Types de liaisons	Valeurs de *L*	Types de liaisons	Valeurs de *L*
Poutre articulée aux deux appuis A et B		Poutre articulée à une extrémité (B) et encastrée à l'autre (A)	
Poutre encastrée aux deux appuis A et B		Poutre encastrée à une extrémité (A) et libre à l'autre (B)	

2.3. ELANCEMENT

La compression est remplacée par du flambage si la poutre est longue et ses dimensions transversales sont faibles.

Cette proportion est caractérisée par :

$$\lambda = \frac{L}{\rho}$$

λ: élancement d'une poutre (sans unité).

L : longueur libre de flambage (mm).

ρ: rayon de giration de la section (mm), défini par :

$$\rho = \sqrt{\frac{I_{Gz}}{S}}$$

S : aire de la section droite (mm^2).

I_{GZ} : moment quadratique minimal de la section suivant l'axe principal perpendiculaire à la direction de la déformation (mm^4).

2.4. CONTRAINTE CRITIQUE

La longueur libre de flambage *L* sera prise d'après le tableau précédent, cherchons la charge critique Fc en fonction de l'élancement de la poutre. On a :

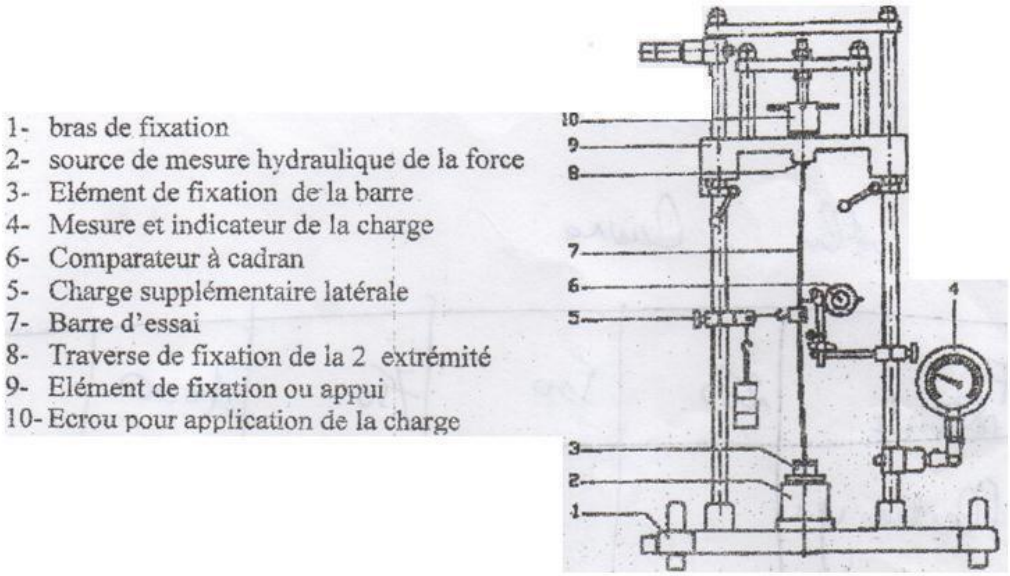
$$\begin{cases} \lambda^2 = \dfrac{L^2}{\rho^2} \\ \rho^2 = \dfrac{I_{Gz}}{S} \end{cases} \Rightarrow \lambda^2 = \frac{L^2}{I_{Gz}} \cdot S \Rightarrow \frac{I_{Gz}}{L^2} = \frac{S}{\lambda^2}$$

L'expression de la charge critique nous donne :

$$F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot S}{\lambda^2}$$

On appelle contrainte critique le rapport entre la charge critique F_C et l'air de la section droite S de la poutre. $\sigma_c = \dfrac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$

Le comparateur à cadran est placé au milieu de la poutre (voir figure ci-dessous). A l'aide de l'écrou des forces, on varie la charge de façon croissante et on lit sur le cadran la déviation (flèche) y correspondante jusqu'à ce que le flambage latéral soit évident. La charge augmente jusqu'à une force appelée charge critique ou la charge s'arrête mais la déviation continue un peu.



3. TRAVAIL DEMANDE

-Déterminer la relation entre la longueur libre de flambage et la longueur de la poutre pour ce type de montage.

-Déterminer les valeurs théoriques (calculées à partir de la formule d'Euler) de la force

critique F_C pour les différentes poutres considérées (en bronze, en laiton et en aluminium). Remplir les tableaux ci-dessous, puis tracer les courbes traduisant la variation de la charge de

flambement en fonction de la flèche et déterminer la force critique F_C.

-Est-ce que la formule d'Euler prédit la force critique de flambement ?

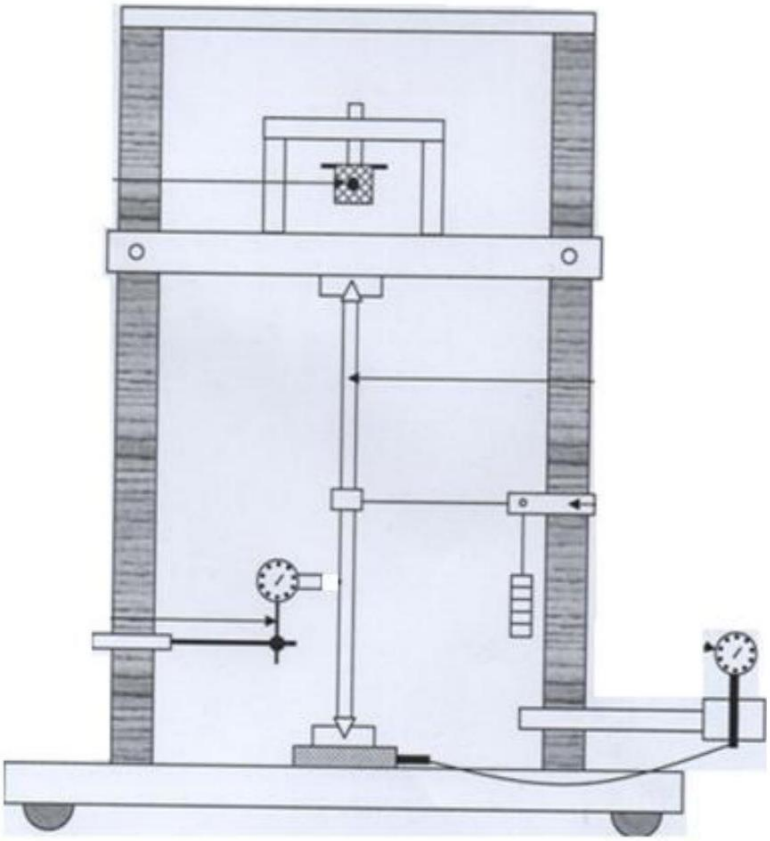
Matériau de la poutre	Charge de flambement (N)	Flèche Y(mm)	Charge maximale (N)
Bronze	250		
	500		
	750		
	1000		

Matériau de la poutre	Charge de flambement (N)	Flèche Y(mm)	Charge maximale (N)
Cuivre	250		
	500		
	750		
	1000		

Matériau de la poutre	Charge de flambement (N)	Flèche Y(mm)	Charge maximale (N)
Aluminium	250		
	500		
	750		
	1000		

4. INFLUENCE DE LA CHARGE LATERALE F_X

- Choisir les charges latérales : 5N, 10N, 15 N et 20 N.
- Déterminer la charge critique de différentes poutres en fonction de ces charges latérales.
- Tracer les courbes correspondantes.
- Que-peut-on conclure ?



Bronze				
Charge latérale (N)	5	10	15	20
Charge critique (N)				

Cuivre				
Charge latérale (N)	5	10	15	20
Charge critique (N)				

Aluminium				
Charge latérale (N)	5	10	15	20
Charge critique (N)				

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Polycopie des travaux pratiques résistance des matériaux, laboratoire RDM Université de Msila

- Dr. G. Belhi. Polycopie de résistance des matériaux pour deuxième année tronc commun. Université Mohamed Khider - Biskra, 2017.

-Emile Youssef. Etude théorique et expérimentale du flambement des pieux. Thèse de doctorat. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994. France.

-K.Benselama. Détermination Des Charges Critiques De Flambement Des Plaques Composites. Thèse de doctorat, L.M.D. Université Djillali Liabes Sidi Bel Abbes, 2016.