

T.P. par internet, étude du flambement
Questions

Préambule

Nous sollicitons votre indulgence car ce T. P. à distance n'a pas pu être testé en usage intensif et il se peut que sa version actuelle 1.0 présente des défauts. Merci de bien vouloir nous signaler tout dysfonctionnement et éventuellement suggérer des modifications pour améliorer la clarté de sa présentation.

1 Dispositif expérimental

1.1 Structure et son chargement

Des photos et vidéos du dispositif sont disponibles sur le site internet, merci de bien vouloir les examiner attentivement.

Une poutre droite est placée verticalement pour représenter un poteau. Elle est soumise à une compression. Ses deux extrémités sont rotulées (i. e. appuis fixes) et on peut déplacer un encastrement entre ces deux rotules. La longueur de la poutre est 700mm, l'encastrement peut se situer de 100mm¹ à 360mm de la rotule inférieure. La section de la poutre est rectangulaire de dimensions 7.5mm × 1.5mm. Elle est en aluminium dont le module d'Young, désigné par E , est estimé à 63 GPa. On impose un déplacement, désigné par d , vertical en partie supérieure et la force de compression, désignée par N , est mesurée. Deux déflexions latérales, désignées par w_1 et w_2 , sont mesurées respectivement à 435 mm et 535 mm à partir de l'extrémité rotulée basse de la poutre.

1.2 Déroulement des mesures

L'interface web vous demande deux valeurs pour savoir où positionner l'encastrement - quelle longueur souhaitez vous pour la partie supérieure de

1. pour des raisons pratiques d'encombrement on ne peut pas descendre plus bas

700mm-360mm=340mm à 700mm-100mm=600mm - et de combien de mm déplacer la rotule supérieure pour comprimer le "poteau". Ensuite il vous faut patienter quelques minutes pendant la calibration et les mesures. Les résultats sont rafraîchis sur un graphe à l'écran. Vous pouvez aussi suivre le déroulement en cliquant sur le lien "voir l'expérimentation en direct". Finalement, lorsque toutes les mesures sont effectuées, elles sont stockées dans le fichier "resultats.dat" que vous pouvez télécharger pour les exploiter (voir A.1). Vous pouvez alors recommencer une autre expérimentation avec d'autres valeurs. Attention, il faut veiller à télécharger le fichier des résultats et le renommer avant de lancer de nouvelles mesures car le contenu du fichier "resultats.dat" sera remplacé, "écrasé", par les nouvelles mesures.

1.3 Incertitudes des mesures

Environ $\pm 0.5mm$ pour d , $\pm 2mm$ pour (w_1) et (w_2) , $\pm 2mm$ pour la longueur pour la partie supérieure, $\pm 0.1N$ pour N . Il faut aussi compter avec les jeux de fonctionnement.

2 Le mécanisme de flambement

2.1 Avertissement

Dans le cas du flambement, on ne peut plus assimiler l'état initial à l'état déformé car la matière bouge considérablement par rapport aux points d'application des efforts. En effet, si nous considérons que la poutre droite reste quasiment droite en négligeant sa déformation dans les calculs de flexion², nous ne verrons pas apparaître la flexion et nos calculs théoriques prédiront un écrasement en compression uniaxiale jusqu'à la limite élastique.

2.2 Observations

- Décrivez l'expérimentation, faites un schéma, décrivez et justifiez l'allure de la déformée.
- Dans quelle(s) direction(s) l'instabilité de flambement va-t-elle apparaître en premier ? Pourquoi ?
- Y-a-t-il une ou des raison(s) qui ferai(en)t que la poutre se déforme toujours du même côté alors qu'a priori on a cherché une situation symétrique ?
- Les courbes de chargement présentent-elles des formes asymptotiques ?
- Tracez d'abord la force maximale atteinte, désignée par N_{max} , en fonction de la longueur de la partie supérieure entre l'encastrement et la rotule, désignée par L . Y-a-t-il proportionnalité ? Tracez ensuite $N_{max} \times L^2$, que remarquez vous ?

2. La flèche doit être inférieure à typiquement $L/200$ aux E. L. S.

2.3 Mécanisme d'instabilité de flambement

- Dans les sections où w_1 et w_2 sont mesurés, calculez la part de moment fléchissant, désignée par M_N , induite par N .
- Discutez du signe de ce moment fléchissant M_N en relation avec la courbure. Que se passe-t-il en traction? Peut-on en déduire un comportement unilatéral³ et une source d'instabilité?
- L'encastrement à une épaisseur de 34mm, ce qui permet à la partie inférieure du "poteau", i. e. sous l'encastrement, de mesurer de 100mm-34mm=66mm à 340mm-34mm=306mm. Est-ce cette partie de l'élément de structure qui conditionne l'apparition de l'instabilité, i. e. la "faiblesse" de l'élément en compression? Pourquoi? Que se passerait-il si la partie inférieure, sous l'encastrement, était plus longue que la partie supérieure, au dessus de l'encastrement.

3 Prédiction théorique

La théorie d'Euler prédit que l'effort normal maximal en compression simple vaut :

$$N_{max} = \pi^2 EI / L_F^2 \quad (1)$$

où I désigne le moment quadratique correspondant à la direction de flexion et L_F la longueur de flambement. La longueur de flambement est donnée par la Fig. 1 en fonctions des conditions de liaisons. À quelle(s) situation(s) notre cas correspond-il? La théorie est-elle vérifiée? Dans l'affirmative que vaudrait L_F dans notre cas?

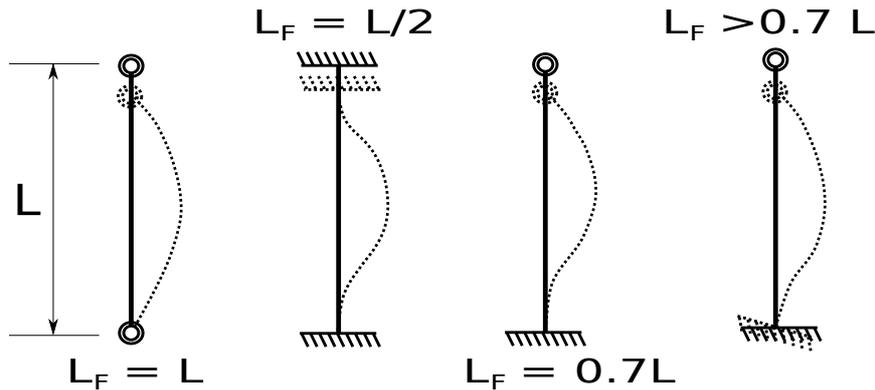


FIGURE 1 – Longueurs de flambement pour différents cas de liaison aux extrémités, deux rotules, une rotule et un encastrement, deux encastremets et un encastrement élastique.

3. Se dit d'un comportement différent en traction et compression.

A Annexes

A.1 Structure du fichier "resultats.dat"

Le fichier "resultats.dat" contient 7 colonnes : déplacementV (d) forceV (N) deplH1 (w_1) deplH2 (w_2) longdemande (votre choix de longueur pour la partie supérieure) depdemande (votre choix de déplacement maximal pour charger) température. Chaque ligne du fichier correspond à une acquisition de données et à une position de la rotule supérieure.