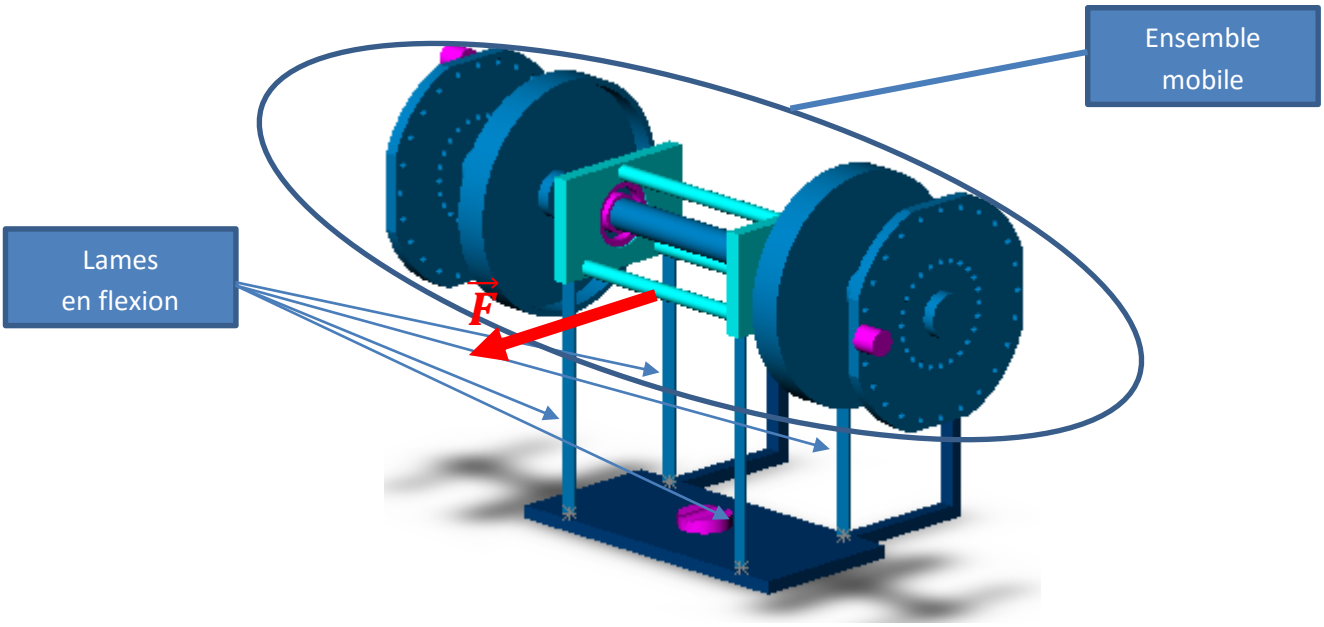
Travaux pratiques
Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Equilibreuse DELTALAB

A: Mise en situation

L'équilibreuse DELTALAB vous permettra, dans quelques temps, d'étudier l'équilibrage d'un système en rotation dans le chapitre de dynamique. En effet, lorsque les disques mis en rotation ne sont pas équilibrés, ils génèrent des efforts variables dans le temps induisant des oscillations de l'ensemble mobile. Ces vibrations sont rendues possibles par la présence de 4 lames en flexion, objet de notre étude.



Dans cette étude, on considèrera que le système est soumis à un effort F appliqué orthogonalement à la direction des lames au centre géométrique des 4 lames induisant ainsi une flexion égale de celles-ci.

B: Objectif

L'objectif de ce TP est de déterminer le module d'élasticité E du matériau composant les lames en flexion afin d'en déduire le matériau utilisé.

Pour cela, un modèle de comportement pour l'ensemble des 4 lames en flexion sera établi afin d'établir la relation entre le déplacement de l'ensemble mobile et l'effort appliqué dessus en vue de calculer sa raideur en fonction de E. Dans cette partie, vos connaissances de résistance des matériaux seront mises à profit.

Ne connaissant pas le matériau de ces lames, les mesures effectuées par la suite, en statique et en oscillations libres, permettront d'obtenir 2 valeurs de la raideur devant être identiques, ou proches.

Il sera alors possible de déterminer le module d'Young du matériau des lames en flexion à l'aide de la théorie.

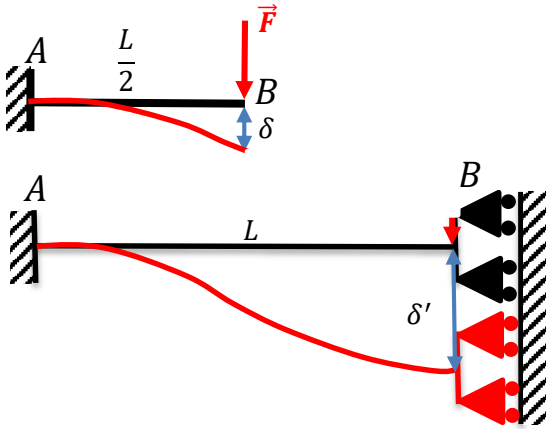
Partie 1 : Calcul de la raideur du système - RDM

On s'intéresse d'abord à une seule lame mince en flexion soumise à un effort normal en son extrémité. On nomme E le module d'élasticité du matériau.

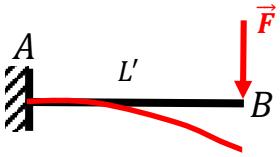
Question 1: Mesurer l'épaisseur d'une lame e, sa largeur l et sa longueur L à l'aide d'un pieds à coulisse.

Méthode intuitive

Question 2: En vous aidant des figures ci-dessous, comparer les déformées δ et δ' des deux poutres soumises au même effort F et conclure vis à vis du système étudié.



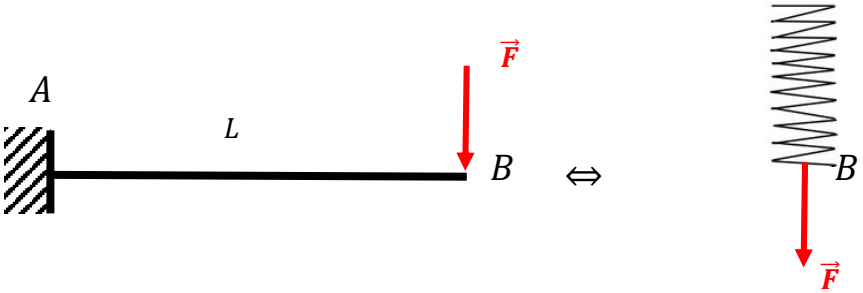
Question 3: Calculer δ en fonction de F pour une poutre encastrée de longueur L' à l'aide des outils de la résistance des matériaux en fonction de F, L', E, l et e.



Question 4: En déduire la déformation en bout de poutre pour une longueur $\frac{L}{2}$.

Question 5: En déduire la déformation δ' de la lame en flexion en fonction de F, L, E, l et e.

On propose de modéliser l'action d'une lame en flexion par un ressort :



Question 6: Calculer la raideur du ressort associé à une seule lame en flexion.

Question 7: En déduire l'expression de la raideur globale entre le système mobile et le bâti regroupant l'ensemble des 4 lames en flexion.

Partie 2 : Mesure statique de la raideur du système

Dans cette partie, vous pourrez faire appel au professeur afin de savoir exactement comment procéder. L'objectif est de mettre en place un dispositif expérimental afin d'exercer plusieurs forces sur la partie mobile du système et de relever le déplacement obtenu dans le but de déterminer sa raideur.

Pour cela, vous utiliserez :

- Un palpeur
- Une poulie utile au Winch
- Le support de masse utile au winch
- Une corde
- Différentes masses afin d'effectuer des mesures entre 0 et 9 Kg

Attention :

- Veillez à ce que la corde soit le plus possible orthogonale à la direction des lames en flexion
- Fixez la corde sur une des tiges à une hauteur au plus près de l'extrémité des lames
- Pensez à prendre en compte la masse du support de masse (0,3 kg)
- Faites attention à bien mettre le palpeur dans la direction du déplacement
- Accrochez bien la corde au centre de l'arbre du système afin que les lames travaillent de manière identique de chaque côté
- Tirez bien orthogonalement à la direction de l'arbre du système en rotation.

Question 1: Effectuer 3 mesures de déplacement par masse pour des masses allant de 0 à 9 Kg.

Question 2: Tracer la force en fonction de la déformation (moyenne sur 3 mesures pour chaque point).

Question 3: Déterminer la droite passant au mieux par vos mesures et calculer son coefficient directeur

Question 4: En déduire la raideur k du ressort associé aux 4 lames en flexion

Partie 3 : Mesure dynamique de la raideur du système

On se propose déterminer la raideur du système k ainsi que la masse de toute la partie mobile à vide m_0 (sans masse ajoutée) à l'aide d'une méthode dynamique en oscillations libres. On utilisera pour cela différentes masses m_i.

Question 1: Faire le schéma d'un modèle masse ressort.
Question 2: Etablir l'équation différentielle du mouvement de la masse.
Question 3: Montrer que la réponse de ce système en oscillations libres en partant à vitesse nulle à l'instant 0 et en position X_0 est de la forme $X(t) = X_0 \cos(\omega_0 t)$.
Question 4: On remarque à l'œil nu que le système présente un amortissement. A quelle condition la pulsation obtenue par les mesures ω_m est égale à ω_0, pulsation du modèle masse ressort simple ?
Question 5: Que vaut ω_0 en fonction de k, m_0 la masse de l'ensemble mobile et m_i la masse ajoutée ?
Question 6: Rappeler la relation entre ω_0 et la fréquence f du mouvement
Question 7: Mesurer ω_0 à l'aide du système en oscillations libres en fixant plusieurs masses m_i à la partie mobile.
Remarque : Pour mesurer la fréquence du mouvement, vous pouvez au choix utiliser le logiciel associé à la manipulation ou une application mobile : (à la charge éventuelle du candidat)

- *« iSeismometer » sur l'Apple Store*
- *« Vibrations » sur Google Play*

Dans ce cas, vous ajouterez 0,2 kg à la masse ajoutée pour prendre en compte votre téléphone.

Question 8: Déterminer une méthode graphique permettant d'obtenir k et m_0 à l'aide d'une droite.
Question 9: Tracer cette courbe à l'aide de vos mesures
Question 10: Tracer la droite passant au mieux par vos points et déterminer son coefficient directeur et son ordonnée à l'origine.
Question 11: En déduire les valeurs de k et m_0
Question 12: Comparer k à la valeur trouvée lors des mesures statiques, discuter de la valeur de m_0 et conclure.

Partie 4 : Détermination du module d'élasticité du matériau

Question 1: A partir des résultats des parties 2 et 3, proposer un k moyen
Question 2: A l'aide de la formule de la raideur établie en partie 1, donner l'expression du module d'élasticité E en fonction de k, L, l et e.
Question 3: Application numérique : Que vaut E ?

Partie 5 : Vérification de l'hypothèse d'amortissement faible

Lors des mesures dynamiques, on a montré que la pulsation mesurée était égale à la pulsation propre du système dans certaines conditions. Cette partie vise à déterminer ce facteur d'amortissement afin de valider la démarche précédente.

Question 1: Faire le schéma d'un modèle masse ressort amortisseur.
Question 2: Etablir l'équation différentielle du mouvement de la masse.
Question 3: Etablir l'équation normalisée de ce système en fonction de sa pulsation propre ω_0 et du coefficient d'amortissement z que vous déterminerez en fonction des paramètres du système.
Question 4: Montrer que la forme générale de la réponse de ce système en oscillations libres est $X(t) = e^{-z\omega_0 t} A\cos(\omega_n t + \varphi)$
Question 5: Connaissant la valeur de sortie du signal entre deux temps écartés de N périodes, exprimer le coefficient d'amortissement z en fonction de T_1, T_2, ω_0 et $x(T_1)$, $x(T_2)$.
Question 6: A l'aide de mesures sur le banc, déterminer z et conclure sur son ordre de grandeur.

Partie 6 : Ecarts

Vous avez trouvé l'expression de la raideur par le calcul
Vous avez trouvé une valeur de raideur expérimentale réelle par :

- Une mesure statique
- Une mesure dynamique

Question 1: Connaissant maintenant le coefficient E, déterminer la raideur issue du calcul
Question 2: Comparer ces valeurs et expliquer les écarts observés