

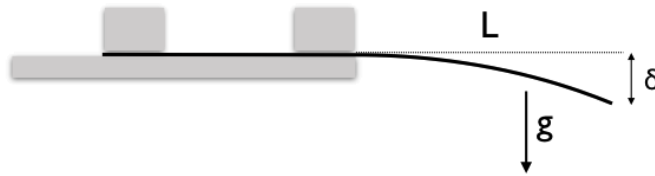
Feuilles dans le vent



Un objet flexible comme une feuille de végétal, une plante élancée ou un arbre tout entier, peut être déformé par le vent. Nous cherchons à analyser ce phénomène dans une configuration simple, celle d'une feuille de papier rectangulaire déformée par le jet de vitesse U d'un sèche-cheveux (faute de soufflerie ...). En mesurant indépendamment la rigidité de la feuille, nous allons réaliser un anémomètre "aéroélastique".

Expériences à réaliser :

L'expérience consiste i) à mesurer la déformation δ de feuilles de papier de différentes longueurs L tenues verticalement sur une surface plane, et soumises au jet (froid) d'un sèche-cheveux, ii) à mesurer la rigidité en flexion de la feuille en mesurant sa déformée sous son propre poids.



Pour mesurer la rigidité de la feuille, découper une bande rectangulaire de quelques cm de largeur et la placer sur une table, en faisant déborder une longueur L (schéma ci-dessus). Placer un objet sur la feuille au bord de la table de façon à ce que la feuille quitte la table horizontalement (condition d'encastrement). La feuille, soumise à son propre poids, se déforme et on mesure, sur une photographie, la flèche δ à son extrémité.

On rappelle que dans ces conditions, si la déformation est de petite amplitude, la déformée de la feuille est

$$\zeta = -\frac{wx^2}{24\kappa}(x^2 - 4Lx + 6L^2)$$

où x est la distance depuis le point d'encastrement, w est le poids par unité de surface (en N/m^2) et κ le coefficient de flexion que l'on cherche à déterminer. Ce coefficient par ailleurs donné par :

$$\kappa = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$$

où E est le module de Young de la feuille, ν son coefficient de Poisson (typiquement entre 0.3 et 0.5) et h l'épaisseur de la feuille. À l'extrémité de la feuille, en $x = L$, la déflexion est :

$$\delta = \frac{wL^4}{8\kappa}.$$

Les feuilles de papier utilisées classiquement pour l'impression ont une masse de 80 g/m^2 , mais vous pouvez utiliser des feuilles de grammage différent, à condition de le mesurer.

Une fois que vous avez estimé la rigidité de la feuille, réalisez votre anémomètre aéroélastique et estimez la vitesse du vent à différentes distances du sèche-cheveux. Il suffit de remplacer le poids par unité de longueur par la pression dynamique due à l'écoulement d'air. Vous pouvez faire varier la longueur L de façon à changer la sensibilité de votre anémomètre (vous pouvez voir que δ varie très rapidement avec L).

Vous pouvez réaliser une mesure indépendante de la vitesse de l'écoulement d'air horizontal grâce à un pendule réalisé avec un fil fin et une petite sphère. La force de traînée exercée par l'écoulement sur la sphère écarte le pendule de sa position d'équilibre verticale. À la nouvelle position d'équilibre, la somme vectorielle du poids, de la traînée aérodynamique et de la tension du fil. La connaissance du poids et de l'angle du fil suffit à déterminer la traînée aérodynamique.

Matériel nécessaire :

- feuilles de papier
- sèche-cheveux
- règles
- téléphone avec caméra.