

PROPRIÉTÉS DU CAOUTCHOUC

1 Introduction

Cette notice est associée au dispositif expérimental qui permet de mesurer les propriétés mécaniques et thermodynamiques du caoutchouc, et du lien entre ces propriétés (voir figure 1).

Il convient de prendre soin du dispositif expérimental, qui est de faible dimension et donc fragile.

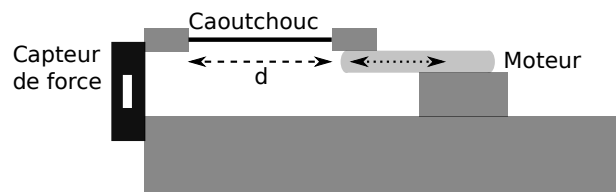


FIGURE 1 – Schéma du dispositif expérimental.

2 Moteur

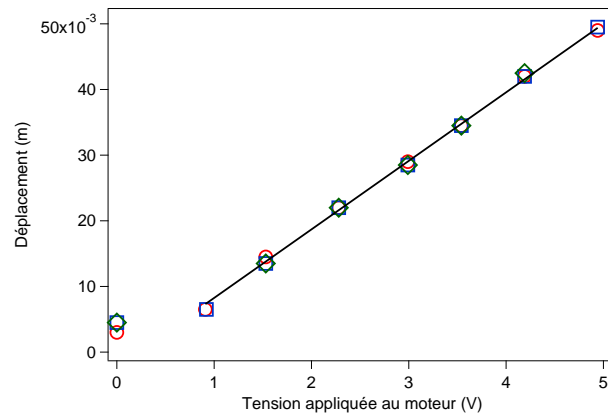


FIGURE 2 – Distance d entre les mors en fonction de la tension appliquée au moteur. Symboles : 3 essais successifs, droite noire : ajustement. Pente de la partie linéaire : $1,04 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{V}^{-1}$.

Important : le moteur doit être **alimenté** avant d'appliquer une tension de consigne.

La tension de consigne du moteur doit être comprise entre 0 V et 5 V. Une tension de 0 V correspond à un moteur complètement sorti (caoutchouc détendu). La relation entre la tension de consigne et le déplacement est donné en figure 2

Le boîtier de contrôle du moteur est muni d'un bouton «on/off». Lorsque ce bouton est sur «off», le moteur n'est plus alimenté et garde sa position. Lorsqu'il est sur «on», la position du moteur est donnée par la tension de consigne si cette tension est constante. Si la tension de consigne varie, la position du moteur reste donnée par la tension de consigne à condition que les vitesses de déplacement soient inférieures à la vitesse limite $12 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Il est conseillé de maintenir le bouton en position «off» lorsque l'on ne souhaite pas que le moteur se déplace.

3 Capteur de température

Il s'agit d'un thermomètre infrarouge. Ce thermomètre infrarouge peut se brancher sur un boîtier. Ce boîtier peut être relié à un ordinateur via un port USB. Il n'est pas nécessaire d'utiliser une alimentation externe pour le boîtier.

Interfaçage L'interfaçage de ce capteur est un peu complexe, puisqu'il est relié à une carte Arduino Uno (dans le boîtier), qui est elle-même reliée à l'ordinateur via un port USB. Il est conseillé d'utiliser l'ordinateur «Malus» sur lequel tous les programmes nécessaires sont installés. Allumer l'ordinateur après avoir effectué tous les branchements. Ouvrir la session «Etudiant». Sur le bureau, aller dans le dossier «thermometre_infrarouge», puis cliquer sur le fichier du même nom. Il s'agit du programme qui indique à la carte Arduino d'envoyer régulièrement la température à l'ordinateur. Dans «Outils» choisir le port «COM» qui correspond à la carte Arduino. Si nécessaire, brancher le câble USB sur une autre prise (plutôt à l'avant). Ensuite, téléverser le programme en appuyant sur la flèche horizontale en haut à gauche.

Si les étapes précédentes fonctionnent, cliquer sur le programme «Spyder » (Python). Si nécessaire, glisser le programme «script_python_caoutchouc.py» dans la fenêtre. Il n'y a que deux paramètres à changer éventuellement : le temps d'acquisition t_{max} (en secondes) et le numéro du port «COM». Utiliser F5 pour lancer le script. L'acquisition ne commence pas tout de suite (quelques secondes) : prendre de la marge et augmenter t_{max} si nécessaire. Au bout de quelques temps, il apparaît deux fichiers texte sur le bureau («Bureaudata_temps.txt» et «Bureaudata_temperature.txt»), qui contiennent le temps et la température. Ces fichiers peuvent ensuite être lus par Igor par exemple. Pour faire une seconde acquisition, il est souvent nécessaire de fermer «Spyder » puis de le relancer. Les fichiers texte sont écrasés : les renommer et les mettre dans un autre dossier si nécessaire.

4 Caoutchouc

L'échantillon est en latex naturel. Sa capacité calorifique volumique est $c = 2 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$. Le volume vaut $V = 7,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3$, quasiment constant même si on allonge l'échantillon. L'épaisseur de la bande non-étirée vaut $2,5 \times 10^{-4} \text{ m}$. Ces dimensions dépendent un peu de la bande de caoutchouc considérée (la bande peut être remplacée si elle a trop vieilli, ce qui prend des mois ; ce remplacement ne doit pas être effectué par les élèves).

On considère le dispositif expérimental présenté en figure 1. On appelle d la distance entre les mors (plaques qui maintiennent le caoutchouc), et l la longueur de la bande de caoutchouc. Lorsque le caoutchouc est étiré, on a $l = d$. Pour une transformation adiabatique réversible, un allongement dl de la bande de caoutchouc provoque un changement de température dT telle que : $dT = (\gamma T/C)dl$, où γ est appelé coefficient élastocalorique et C est la capacité thermique de l'échantillon de caoutchouc. Dans la limite des faibles variations de température, mais en prenant en compte les transferts thermiques, on admet que la température du caoutchouc

vérifie :

$$C \frac{dT}{dt} - \gamma T_a \frac{dl}{dt} = hS(T_a - T) \quad (1)$$

où t est le temps, T_a la température ambiante, S la surface de l'échantillon et où h est le coefficient conducto-convectif.

5 Capteur de force

Lorsqu'il est alimenté sous 5 V, la force F est liée à la tension de sortie U_F par :

$$F = F_0 + \alpha U_F \quad (2)$$

où F_0 est un décalage proche de 0 et $\alpha = 1,9 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{V}^{-1}$.