

## 1 Le caoutchouc

On va étudier les propriétés thermodynamiques d'un morceau de caoutchouc, dont la longueur au repos est  $l_0$ . On trouve expérimentalement une relation entre la force que l'on exerce sur une extrémité et l'étirement :

$$f = \alpha T^2 (l - l_0)$$

1. Quelles sont les dimensions de  $\alpha$  ?

2. On veut réaliser une transformation à force constante. Comment peut-on s'y prendre ? Comment varie  $l$  avec  $T$  ? Calculez  $\alpha = 1/(l - l_0)(\partial l / \partial T)|_f$ . Quel est son signe ? Est-ce étonnant ?

3. On veut maintenant déterminer l'énergie interne et l'entropie pour ce système. On donne la différentielle de l'énergie interne :  $dU = \delta Q + \delta W = T dS + f dl$  (notez le signe...).

a) Écrivez la différentielle de l'énergie interne par rapport à  $T$  et  $l$ .

b) En utilisant les identités de Maxwell, vous pouvez explicitement calculer le pré-facteur de  $dl$ .

c) Interprétez le pré-facteur de  $dT$  dans cette différentielle.

d) On trouve expérimentalement la capacité calorifique à longueur constante, toujours égale à  $l_0$  :  $C_l(l = l_0) = bT$ . Intégrez la différentielle précédente, et déterminez l'énergie interne de ce système en fonction de  $l$  et  $T$ .

4. Cherchez, en utilisant la même technique, à déterminer l'entropie comme fonction de la longueur et de la température.

5. Déterminez la chaleur spécifique à longueur constante, pour une longueur  $l$  arbitraire. Déterminez la chaleur spécifique à force constante  $C_f$ . Que peut-on dire de  $C_f - C_l$  ?

6. Un brin de caoutchouc se trouve initialement à la longueur  $l$ . On fait une transformation quasi-statique, mais suffisamment rapide pour que les échanges de chaleur n'aient pas le temps de se mettre en place, pour amener sa longueur à  $l_0$ . Déterminez la température finale. Dans quel sens varie la température ?

7. On part de la même condition initiale que précédemment. On lâche maintenant une extrémité de l'élastique. Que peut-on dire de la température dans l'état final ?