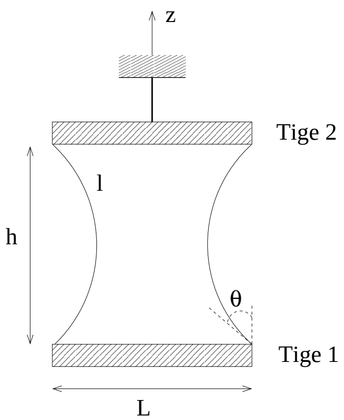
TD 4: Tension superficielle

Exercice 1: Mesure de la tension superficielle par la méthode de Terquem

Dans cette méthode, proposée (en 1888?) par le physicien français Alfred Terquem, on détermine la tension superficielle γ d'un liquide en utilisant une lame de ce liquide en équilibre dans un cadre souple.



Le cadre est formé de deux tiges rigides de masse m, de longueur L, séparées de la distance h et dont les extrémités sont reliées par des fils identiques de longueur l.

Question préliminaire: Expliquer la forme des fils.

1. Identifier les forces qui s'exercent sur un petit élément de fil (on négligera le poids du fil) et écrire la condition d'équilibre. On introduira le repère de Frenet $(\vec{e}_t, \vec{e}_n)$ et le rayon de courbure R.

  a. Projeter cette relation sur $\vec{e}_n$ et en déduire l'expression de la tension des fils en fonction de R et γ.

  b. Projeter cette relation sur $\vec{e}_t$. Conclure.

2. Identifier les forces qui s'exercent sur la tige 1 et écrire la condition d'équilibre.

  a. Projeter cette relation sur la verticale et en déduire l'expression de γ en fonction de m, L, R, θ et de l'accélération de la gravité g.

  b. Connaissant h et l, comment peut–on calculer θ et R? On obtient ainsi l'expression de γ en fonction de paramètres mesurables.

Exercice 2: Oscillations isothermes d'une bulle de savon

On se propose de calculer la période propre des petites oscillations radiales d'une bulle de savon. On la suppose remplie d'un gaz parfait et plongée dans un même gaz à la pression P_0. On note R_e le rayon de la bulle au repos et P_e la pression correspondante du gaz dans la bulle au repos. On compresse légèrement la bulle de sorte que son rayon R s'écarte de R_e. La perturbation étant faible, on admettra qu'on peut écrire à chaque instant $R(t) = R_e[1 + \epsilon(t)]$, avec $|\epsilon(t)| \ll 1$. On supposera d'autre part que la température de la bulle reste contante.

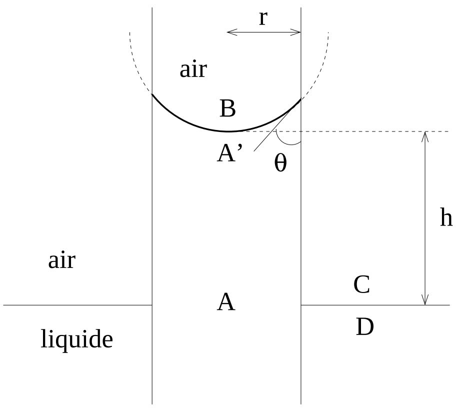
1. Donner l'expression des énergie cinétique et potentielle de la bulle.

2. Appliquer le théorème de l'énergie mécanique, et en déduire l'équation différentielle à laquelle satisfait $R(t)$.

3. Calculer la période des oscillations du rayon de la bulle en fonction de la masse du film de savon, de la tension superficielle de l'interface savon/gaz, de R_e et de P_0.
A.N.: $R_e = 1$ cm, $P_0 = 1$ atm $= 10^5$ Pa, tension superficielle $= 50$ mN m^{-1}, épaisseur du film $= 1$ μm et masse volumique $= 10^3$ kg m^3.

Exercice 3: Montée capillaire – Loi de Jurin

Lorsqu'on plonge un tube cylindrique de petit diamètre dans un liquide, on observe une différence de niveau h entre la colonne de liquide et le réservoir extérieur (voir figure), appelée *hauteur d'ascension capillaire*.



On suppose que le ménisque (interface air-liquide) est une calotte sphérique. L'angle de contact θ, le rayon r du tube, les densités ρ_L et ρ_0 du liquide et de l'air, respectivement, et la tension de surface γ au contact air–liquide sont connues.

Ecrire les différences de pression $p_B - p_{A'}$, $p_{A'} - p_D$ et $p_C - p_B$. En déduire l'expression de h en fonction des données du problème (loi de Jurin).