TENSION SUPERFICIELLE - exercices

I. Pression négative

1. • On considère une tige solide cylindrique de masse volumique μ , de section S et de longueur L , suspendue par son extrémité supérieure dans l'air à la pression p_0 .

a) Calculer la tension surfacique (c'est-à-dire par unité de surface) sur la section de la tige, en fonction de la coordonnée verticale z .

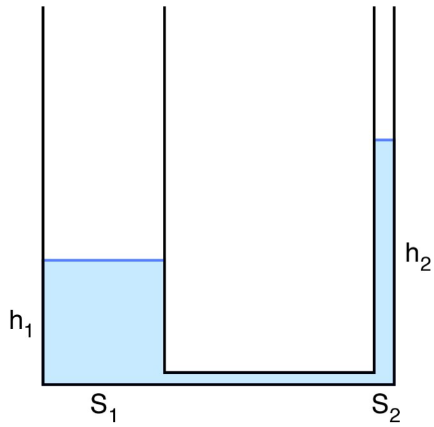
b) Interpréter physiquement le signe de cette tension surfacique, en particulier si la tige est assez longue pour que ce signe change à une certaine hauteur. Peut-on interpréter cela en termes de pression ?

2. • On considère un tube de verre cylindrique, de section S et de longueur L , rempli de mercure de masse volumique ρ et retourné sur une cuve contenant du mercure en équilibre avec l'air à la pression p_0 .

a) Exprimer la pression du liquide en fonction de la coordonnée verticale z .

b) Si la longueur du tube est assez grande, peut-il exister une pression négative dans un liquide ?

II. Pression négative



1. • On considère un assemblage de deux tubes cylindriques reliés par le bas. Le tube de gauche a une section $S_1 = \pi R_1^2$ et contient du liquide jusqu'à une hauteur h_1 ; celui de droite a une section $S_2 < S_1$ et contient du liquide jusqu'à une hauteur h_2 (on ne suppose pas forcément $h_2 = h_1$ comme ce serait le cas pour un équilibre “classique”).

a) Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du liquide, en prenant le niveau du tube de jonction (relativement fin) comme origine de l'axe vertical.

b) Pour un changement de niveau dans l'un des tubes, calculer le travail des forces des forces pressantes exercées par l'air extérieur à la pression p_0 . En déduire le travail total des forces pressantes pour l'ensemble du dispositif.

2. • On suppose les frottements négligeables, mais on souhaite prendre en compte les forces de “capillarité”. Ces forces peuvent être décrites par une “tension superficielle” : de même que la pression, force par unité de surface, correspond à une densité volumique d'énergie ($1\ \text{Pa} = 1\ \text{N}.\text{m}^{-2} = 1\ \text{J}.\text{m}^{-3}$), une tension superficielle correspond à une force par unité de longueur le long du bord de la surface, ainsi qu'à une densité surfacique d'énergie ($1\ \text{N}.\text{m}^{-1} = 1\ \text{J}.\text{m}^{-2}$). Cette tension superficielle dépend des interactions du liquide et du solide constituant le tube (elle dépend aussi du gaz qui surmonte, car c'est en fait la différence des interactions du solide avec le liquide ou le gaz qui intervient) ; on suppose qu'on peut la représenter ici par une “tension” constante τ .

a) Pour un changement de niveau dans l'un des tubes, calculer le travail des forces de tension superficielle. En déduire le travail total des forces de tension pour l'ensemble du dispositif.

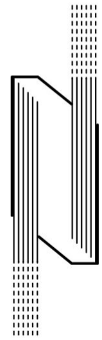
b) À l'aide du théorème de l'énergie mécanique, établir la condition d'équilibre.

c) En déduire qu'il apparaît une dénivellation, du fait que l'un des tubes est plus étroit. Quelle peut être, théoriquement, la dénivellation maximum ?

3. a) À l'aide d'un raisonnement de statique sur une tranche de fluide de hauteur dz , établir la loi de variation de la pression dans chaque tube en fonction de l'altitude z .

b) En déduire la pression du liquide dans le tube de droite à l'altitude h_2 juste sous la surface. Commenter.

III. Structure capillaire



• Certaines plantes présentent sur leurs longues tiges, à intervalles réguliers (quelques dizaines de centimètres), des structures constituées d'une cavité raccordant des faisceaux de tubes capillaires transportant la sève, comme indiqué sur la représentation schématique ci-contre. Le faisceau partant vers le haut rejoint par le bas une autre structure analogue et ainsi de suite depuis les racines jusqu'en haut de la plante.

◊ remarque : le schéma est dessiné de mémoire d'après une photographie en coupe d'une plante, publiée dans une revue de vulgarisation.

• Proposer une interprétation de l'utilité de telles structures et de leur fonctionnement.