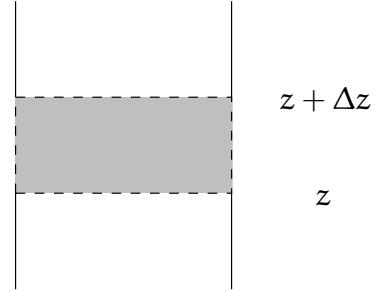


## 1 20.000 lieues sous les mers

Vous allez calculer la pression  $P(z)$  dans l'océan à la profondeur  $z$ . Considérez pour cela une fine tranche d'océan, de surface  $s$  et d'épaisseur  $\Delta z$ , suffisamment fine pour que les variations de pression à l'intérieur soient négligeables.

1. Faites un bilan des forces s'exerçant sur cette tranche.
2. La tranche d'océan est immobile. Déduisez une relation entre  $P(z)$ ,  $P(z+\Delta z)$ ,  $\Delta z$  et les différentes caractéristiques du problème.

3. En prenant la limite  $\Delta z \rightarrow 0$ , trouvez une équation différentielle régissant la variation de pression. Comment fixez-vous les constantes d'intégration ? à quelle profondeur la pression atteint-elle 2 atmosphères ? 10 atmosphères ?



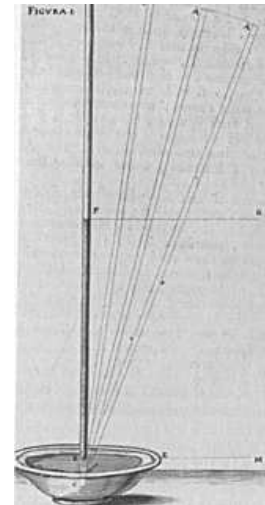
## 2 Le grand bleu

Un instrument très utile en plongée est le tuba, qui permet de respirer en gardant la tête sous l'eau. En utilisant le même principe, on pourrait imaginer prendre un tube de quelques mètres pour respirer au fond de l'eau. Expliquez pourquoi, en pratique, ce n'est pas une bonne idée.

## 3 Baromètre

En 1643, Torricelli invente le premier baromètre. Un tube est rempli de mercure, puis retourné dans une coupelle de mercure. à l'équilibre, on a donc dans le tube, du mercure liquide jusqu'à une certaine hauteur, puis au-dessus du mercure gazeux (mais, pour simplifier, on considère ici que le haut du tube est vide)

1. à quelle hauteur monte le mercure dans le tube (masse volumique du mercure  $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ) ?
2. Pourquoi est-il intéressant de prendre du mercure plutôt que de l'eau ?
3. Comment expliquez-vous que lorsqu'on penche le tube, le niveau de mercure reste à la même hauteur ?



#### 4 Variables intensives, extensives et fonctions d'état

Considérons la fonction d'état  $V = f(N, T, P)$ .

1. Deux systèmes sont à la même température et à la même pression, mais l'un a  $\alpha$  fois plus de particules que l'autre. Que dire de leurs volumes ?
2. En déduire une relation entre  $f(N, T, P)$  et  $f(\alpha N, T, P)$ .
3. Saurez-vous trouver la forme de la fonction  $f(N, T, P)$  pour satisfaire à cette contrainte ? Vous pourrez par exemple dériver l'expression par rapport à  $\alpha$ , puis faire  $\alpha = 1$ .
4. Mêmes questions pour les autres fonctions d'état. Conclusions ?

#### 5 Les hémisphères de Magdebourg

En 1654, Otto Von Guericke, maire de Magdebourg, proposa une mise en évidence frappante de la pression atmosphérique. Le dispositif est constitué de deux demi-sphères creuses de 50 cm de diamètre, mises l'une contre l'autre. Grâce à une pompe à vide (inventée 4 ans avant par le même), on vide l'air compris entre les deux hémisphères (on suppose ici que la pression à l'intérieur est nulle après le pompage, ce qui est bien sûr une idéalisation). Deux atelages de 8 chevaux tirent chacun sur un hémisphère, sans réussir à les décoller.

Quelle force faut-il appliquer sur chaque hémisphère pour les décoller ? Si le problème vous semble trop compliqué, vous pourrez commencer par considérer des géométries plus simples (par exemple deux cubes, puis deux cylindres au lieu de deux demi-sphères).

