

CONCOURS SCIENTIFIQUE DE LA NUIT DES TEMPS 2021

EXPERIENCE D'OSMOSE

Léna CROMBEZ
Julie GAGOL
Ganahel MATELSKI
Maywenn ROGER
Inès VALLEZ

encadré·e·s par

Charles SIMON
Professeur de Sciences physiques au Lycée Gambetta d'Arras
25 boulevard Carnot
62000 ARRAS
tel : 06 377 899 85

Lien de la vidéo de l'expérience : <https://youtu.be/BpCsxZVVstE>

Nous disposons d'un long capillaire en verre de diamètre intérieur de 6 mm attaché à tube creux et percé en PVC de 10 cm de longueur avec des disques de cellophane de 4 cm de diamètre qui jouent le rôle de membrane semi-perméable. Cette cellule est remplie de sang d'agneau mélangé à de l'acétylsalicylate de DL-Lysine (un anticoagulant) et le milieu externe est rempli d'eau distillée.

On pourrait croire que le sang d'agneau versé dans le système du capillaire et de la cellule va descendre dans la cellule sous l'effet de la gravité. On observe plutôt que le sang remonte dans le tube sous l'effet d'une pression dite osmotique. En théorie, deux compartiments 1 et 2 remplis d'eau pure au même niveau et séparés par une membrane perméable à l'eau se comporteront comme deux vases communicants et resteront aux mêmes niveaux. Cependant, si on dissout un corps soluble dans le compartiment 1, (dans le cas de notre expérience, c'est l'hémoglobine contenue dans le sang qui joue le rôle de corps soluble) la membrane qui est perméable à l'eau mais qui ne l'est pas au corps soluble fera passer de l'eau uniquement dans la 1^{ère} surface et fera ainsi monter le niveau de l'eau mélangé au corps soluble. Quelques heures plus tard on pourra observer que le niveau se stabilise à une hauteur h au-dessus du niveau 2.

L'osmose joue un rôle important dans l'activité des cellules végétales ou animales : montée de la sève dans les végétaux, répartition de l'eau dans l'organisme (échanges d'eau entre les compartiments intra et extracellulaire, échanges entre le plasma sanguin et le liquide interstitiel des tissus à travers la paroi des capillaires).

La pression osmotique π s'exprime :

$$\pi = n_1 k_B T$$

avec :

n_1 le nombre de molécules solubles par unité de volume dans le compartiment 1 (en m^{-3}) ;

$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ la constante de Boltzmann ;

T la température du milieu (en K).

Elle est égale à la pression qu'exerceraient N molécules de gaz parfait occupant un volume égal au volume $V_1 = N/n_1$ de la solution, ce qui permet d'apprécier immédiatement l'importance de la pression osmotique.

Elle peut atteindre facilement quelques atmosphères. Lorsqu'on met un globule rouge dans l'eau distillée, l'eau tend à y pénétrer et il faudrait une pression intérieure de près de 8 atm pour bloquer ce mouvement. Dans le plasma sanguin, au contraire, il y a suffisamment de protéines non diffusibles pour équilibrer l'activité osmotique du compartiment intracellulaire.

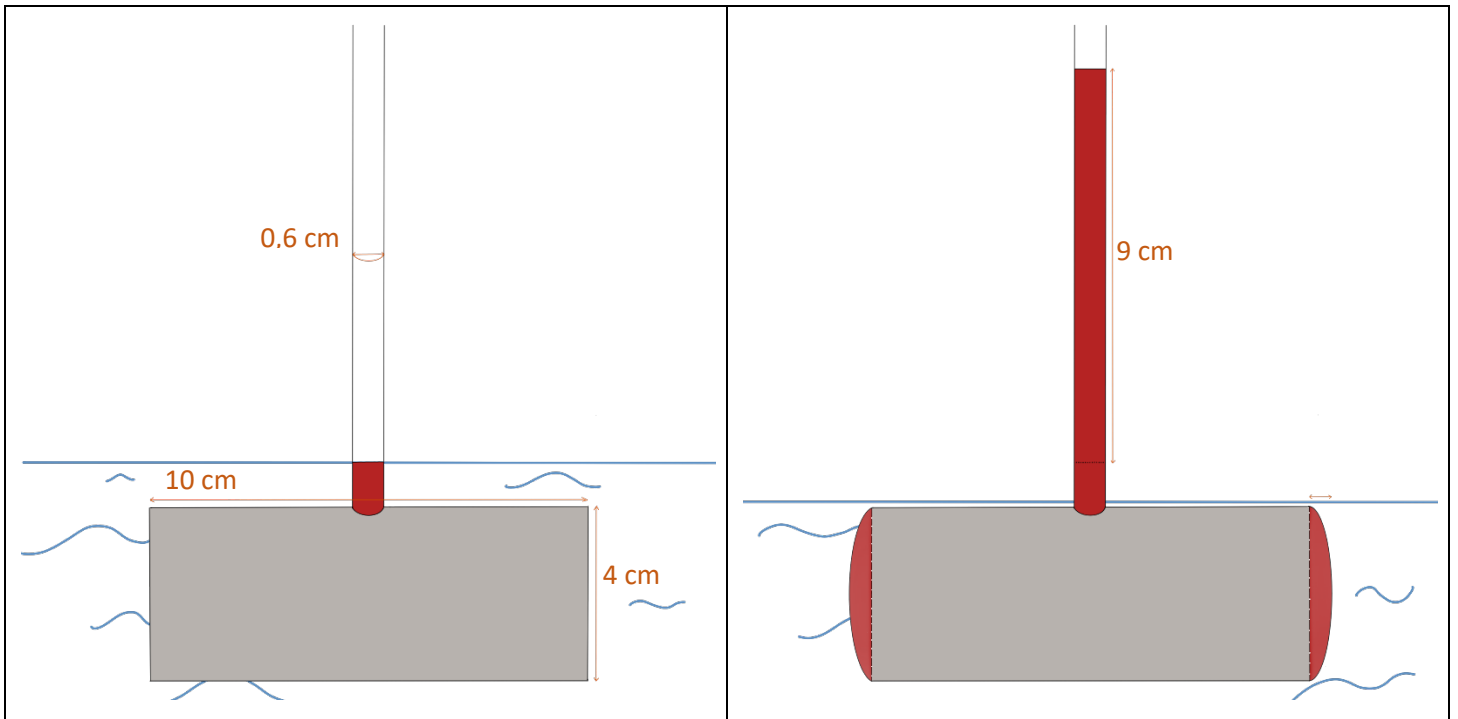
Dans notre expérience, nous avons observé une montée du sang le capillaire de 9,0 cm en 23,0 h. Les contraintes d'occupation des salles de travaux pratiques et d'espace disponible sur les ordinateurs pour la capture de la vidéo ne nous ont pas permis de prolonger davantage cette expérience.

On suppose que la solution est assez diluée pour pouvoir affirmer que l'eau pure et le sang ont sensiblement la même masse volumique ρ et d'autre part qu'il n'y a pratiquement pas d'interaction entre les molécules ou ions dissous.

A l'équilibre, la pression au niveau d'une membrane est plus forte du côté du sang que du côté de l'eau pure, ce que nous avons traduit sur le schéma suivant par une courbure de la membrane. Cette différence de pression :

$$\pi = \rho g h ,$$

mesure ce qu'on appelle la pression osmotique.



Nous avons pu évaluer la vitesse de diffusion de l'eau à travers les membranes de cellophane. On estime que le volume d'eau migrant dans la cellule à travers les membranes est la somme de deux contributions V_1 et V_2 . V_1 est le volume d'un cylindre de diamètre 6 mm et de hauteur 9 cm et V_2 est le volume de gonflement des deux membranes :

$$V_1 = \frac{\pi(6 \cdot 10^{-3})^2}{4} \times (9 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^3$$

$$V_2 \approx (0,5 \cdot 10^{-2}) \times \frac{\pi(4 \cdot 10^{-2})^2}{4} \text{ m}^3$$

$$V_1 \approx 2,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 2,55 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$V_2 \approx 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 6,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

donc :

$$V_1 + V_2 \approx 8,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Cette eau a diffusé à travers les membranes en une durée $\Delta t = 23,0 \text{ h} = 1380 \text{ min}$

Nous déduisons alors :

$$v_{diffusion}(eau) \approx \frac{V_1 + V_2}{\Delta t} \approx 6,4 \text{ mm}^3/min$$

Pour les incertitudes de mesures, nous considérons que les principales incertitudes concernent celles de la mesure des volumes V_1 et V_2 .

$$U(v_{diff}) = \frac{U(V_1 + V_2)}{\Delta t}$$

$$U(v_{diff}) = \frac{\sqrt{U(V_1)^2 + U(V_2)^2}}{\Delta t} = \frac{\sqrt{\left(\frac{\pi \times 6^2}{4}\right)^2 + \left(\frac{\pi(4.10)^2}{4}\right)^2}}{1380} = 0,9 \text{ mm}^3/min$$

d'où :

$$v_{diff} = 6,4 \pm 0,9 \text{ mm}^3/min$$