

# Le glouglou de la bouteille

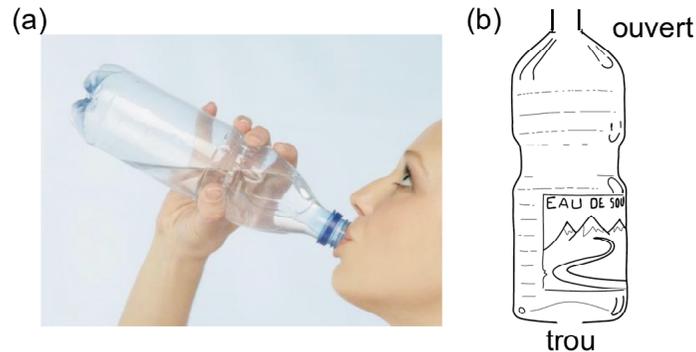


Figure 1 : (a) Expérience pratique. (b) Expérience en mode « clepsydre »

## L'expérience:

Remplissez une grande bouteille et videz-la au-dessus d'un évier. Observez les glouglous (taille des bulles, ordre de grandeur de la fréquence d'émission). Essayez de filmer la vidange avec un téléphone portable, la vitesse moyenne de vidange varie-t-elle beaucoup ?

Réalisez l'expérience en mode « clepsydre » en perçant un petit trou au fond de la bouteille (figure b). La bouteille se vide-t-elle à débit constant ?

## Interprétation :

La clepsydre se résout classiquement à l'aide du théorème de Bernoulli. Rappelez-en les grandes lignes (en justifiant dans quelle condition ça marche. Notamment, existe-t-il une taille minimale pour le trou ?

Dans le cas du glouglou, il existe certainement une taille minimale, car sinon le phénomène de glouglou apparaîtrait également lorsqu'on pipette un liquide. Qu'est-ce qui fixe cette taille minimale ?

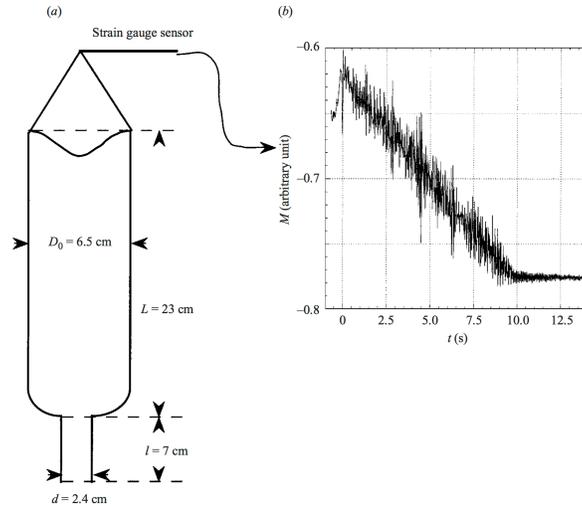
Une expérience menée par Christophe Clanet semble indiquer une vitesse de vidange en moyenne constante (Figure 2). Est-ce que cela correspond à peu près à vos observations ?

Si les bulles qui remontent ont une taille comparable à au diamètre du goulot  $d$ , quelle est leur vitesse d'ascension en loi d'échelle ?

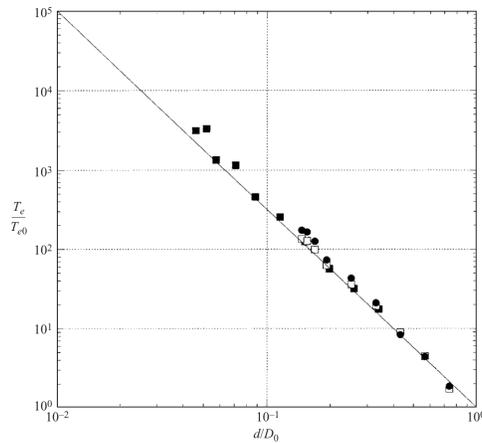
Le résultats expérimentaux indiquent suggèrent comme loi pour le temps de vidange  $T_e$  (Figure 3):

$$\frac{T_e}{T_{e0}} = \left( \frac{D_0}{d} \right)^{5/2}$$

avec,  $T_{e0} \approx 3.0L/\sqrt{g \cdot D_0}$ , où  $D_0$  est le diamètre de la bouteille et  $L$  sa longueur. Pouvez-vous interpréter ce résultat ?



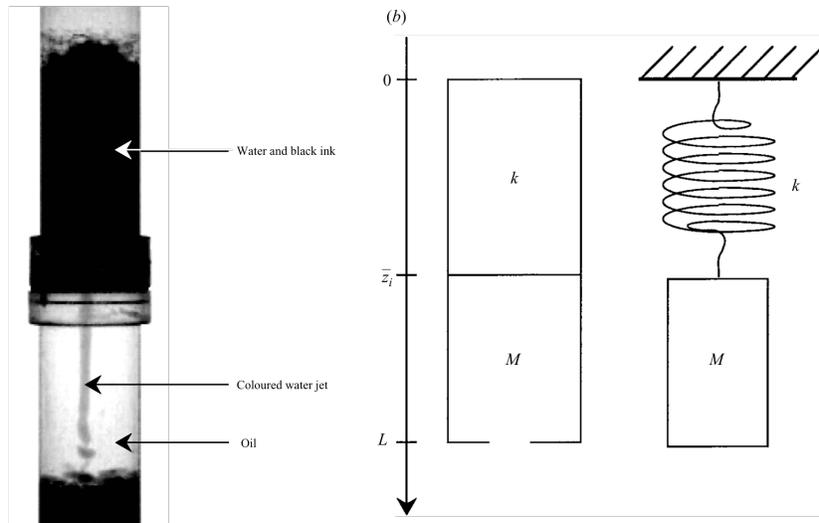
**Figure 2 :** Vidange d'une bouteille, mesure de masse restante au cours du temps, C.Clanet & G. Searby, J. Fluid Mechanics, 510, 145 (2004).



**Figure 3 :** Superposition sur une courbe universelle des temps de vidanges obtenus dans plusieurs configurations.

Cette loi universelle est encourageante, mais n'explique pas le phénomène de « glouglou ». Curieusement, si on remplace l'air par de l'huile, le glouglou disparaît. Les auteurs interprètent ce résultat avec un modèle de résonateur de Helmholtz de type masse/ressort, la masse étant l'eau qui reste dans la bouteille et le ressort, la compressibilité de l'air piégé au dessus du liquide.

En supposant que les variations du volume d'air sont adiabatiques ( $PV^\gamma = cte$ ), estimez l'évolution de la fréquence du glouglou.



**Figure 4 :** Disparition du glouglou lorsque l'air est remplacé par de l'huile. Modèle masse/ressort de Helmholtz.

### Bouteilles sifflantes

Ce même modèle masse/ressort d'Helmholtz permet également d'interpréter la tonalité du son émis lorsqu'on souffle au-dessus d'une bouteille.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Waves/coke.html>

Certains instruments de musiques comme l'ocarina sont également des résonateurs d'Helmholtz. D'une certaine manière, la partie étranglée d'un djembé joue aussi ce rôle.



**Figure 5 :** Bouteilles sifflantes, ocarina et djembé : des résonateurs d'Helmholtz.