



Un anneau pour les gouverner tous

B.Filoux, M. Hubert and N. Vandewalle

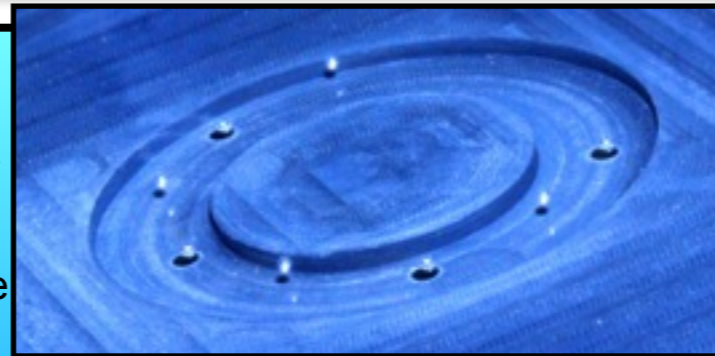


Contexte

Une goutte placée sur un bain oscillant verticalement rebondit indéfiniment [1]. Au voisinage du seuil de Faraday, la goutte interagit avec son propre champ d'ondes, ce qui lui permet de se mouvoir. On parle de **marcheur**.

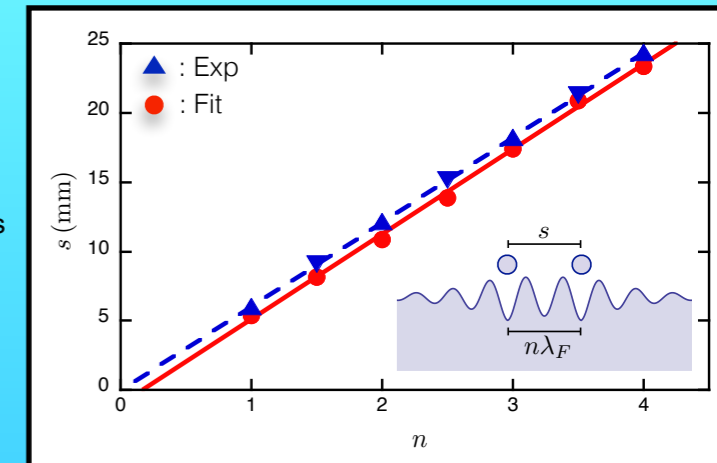
De nombreuses études sur le confinement 2D du **marcheur** ont déjà été réalisées [2,3]. Pour la première fois, nous allons montrer qu'il est possible de le confiner à **1D**.

Nous mettons en évidence des **comportements différents** du cas à 2D [4], en se focalisant sur l'interaction entre gouttes.



Résultats

Quantification des distances



- ▲ : gouttes synchrones
- ▼ : gouttes anti-synchrones

Deux marcheurs se déplacent à la **même vitesse**.

La distance s entre les gouttes reste **constante**, et proportionnelle à λ_F .

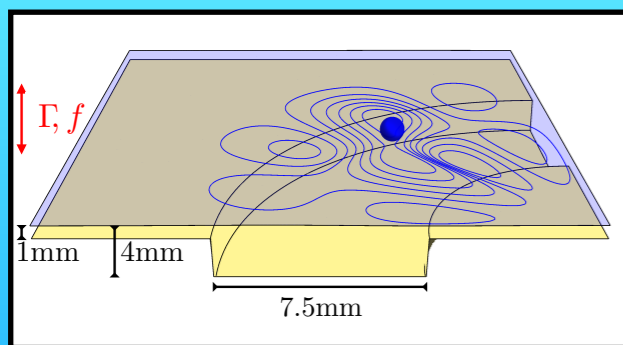
$$s = (n - \epsilon_0)\lambda_F$$

$$\lambda_F = 6.1\text{mm}$$

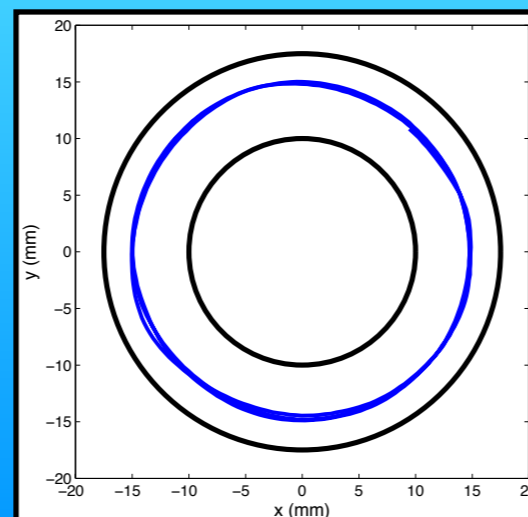
$$\epsilon_0 = 0.18$$

Confinement à une dimension

En utilisant une cuve de géométrie annulaire, recouverte d'un fin film d'huile silicone, on parvient à confiner à 1D un marcheur.



Fréquence de forçage : $f = 70\text{Hz}$
 Accélération de forçage : $\Gamma = 4.0$
 Paramètre de mémoire : $Me = 20$



Dans une cavité annulaire, le marcheur reste confiné au sein de l'anneau et suit une trajectoire circulaire.

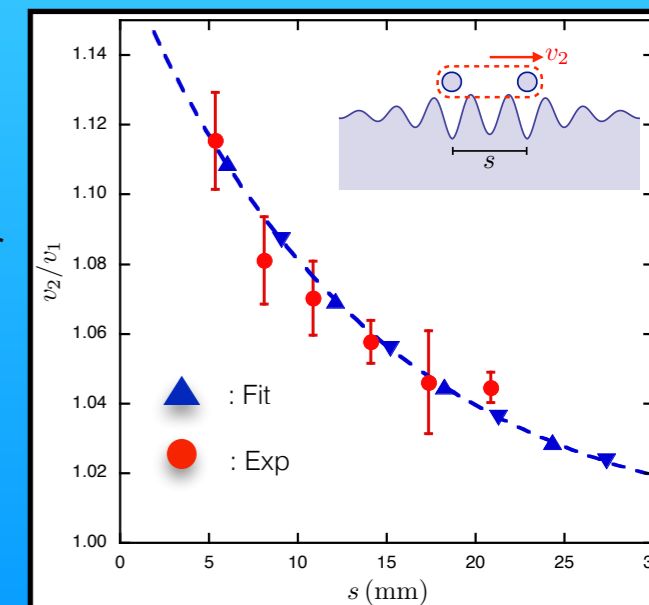
Influence de l'interdistance sur la vitesse

- ▲ : gouttes synchrones
- ▼ : gouttes anti-synchrones

v_1 : vitesse d'un marcheur
 v_2 : vitesse d'un binôme

v_2/v_1 décroît de façon exponentielle avec l'interdistance.

Deux marcheurs se déplacent **plus rapidement** qu'une goutte seule.



Modèle

Couplage entre le marcheur et ses ondes émises à chaque rebond. L'équation du mouvement d'un marcheur à 1D et à basse mémoire [5], généralisée pour N gouttes est :

$$u_{n+1}^i - u_n^i = -\gamma u_n^i - C_0 \left. \frac{\partial \zeta^{ii}}{\partial s} \right|_{n+1} - C_1 \sum_{j \neq i} \left. \frac{\partial \zeta^{ij}}{\partial s} \right|_{n+1} \quad (1)$$

γ : terme de dissipation.

C_0 : interaction de la goutte i au $(n+1)$ ème rebond avec son onde générée lors de l'impact précédent.

C_1 : interaction entre la goutte i au $(n+1)$ ème rebond avec l'onde générée par la goutte j à l'impact précédent.

L'expression du champ d'ondes est donnée par :

$$\zeta^{ij} = \zeta_0 \cos \left(\frac{2\pi(s_{n+1}^i - s_n^j)}{\lambda_F} \right) \exp \left(-\frac{s_{n+1}^i - s_n^j}{\delta} \right) \quad (2)$$

L'égalité des vitesses $u_n^1 = u_n^2 = v_2$, permet de déterminer numériquement la quantification des distances entre marcheurs, et l'évolution de la vitesse d'une paire de gouttes en fonction de s .

Les paramètres de simulation sont :

$$C_0 = 0.0282$$

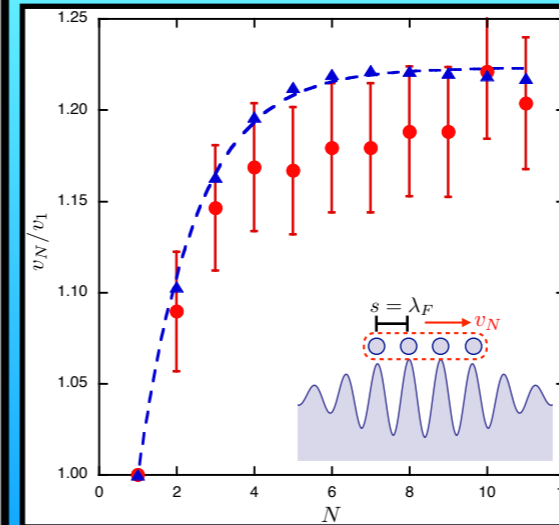
$$C_1 = 0.05C_0$$

$$\delta = 2.1\lambda_F$$

Les valeurs obtenues pour les vitesses découlent des **interférences constructives** des champs d'ondes de chaque goutte.

La vitesse d'un marcheur étant proportionnelle à l'amplitude du champ d'ondes, il en résulte $v_2 > v_1$.

Influence du nombre de gouttes



Plusieurs gouttes en interaction partagent la même **onde cohérente**.

La vitesse d'une chaîne de gouttes croît jusqu'à saturation.

Le rapport v_N/v_1 croît de façon exponentielle. La tendance reste la même en augmentant s . Cependant les vitesses obtenues seront inférieures, comme on peut le déduire d'après le résultat précédent.

Conclusion

- Première étude du confinement de marcheurs à **1D**.
- Les résultats **diffèrent** fortement du cas à 2D.
- Quantification, et influence de l'interdistance et du nombre de gouttes sur la vitesse.
- $v_N > v_1$, $s = (n - \epsilon_0)\lambda_F$.
- Mise en place d'un modèle en accord avec l'expérience.
- Croissance des vitesses due à des **interférences constructives** du champ d'ondes.
- Une chaîne de gouttes partage la même **onde cohérente**.



- [1] Couder *et al.*, Nature **437**, 208 (2005).
 [2] Perrard *et al.*, Nat. Commun. **5**, 3219 (2014).
 [3] Labousse *et al.*, Phys. Rev. E **90**, 022913 (2014).
 [4] Borghesi *et al.*, Phys. Rev. E **90**, 063017 (2014).
 [5] Fort *et al.*, PNAS **107**, 17515 (2010).