

# Étude du mouvement de colloïdes et de bactéries.

Laura Guislain    Nicolas Lecoœur    André Kalouguine

E.N.S. de Lyon

8 mars 2018

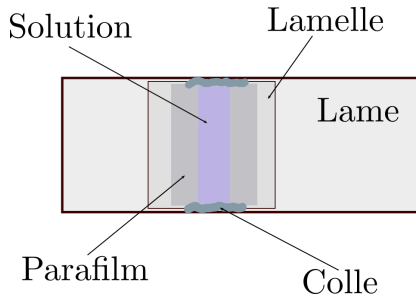


# Mouvement de bactéries

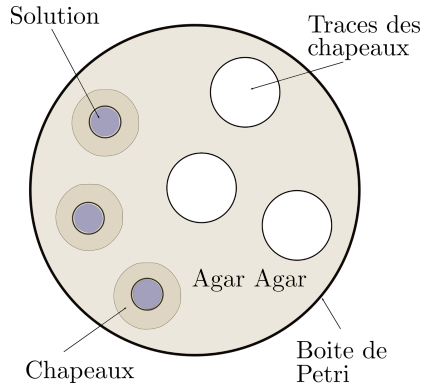
Le film ne s'affichera pas dans ce lecteur pdf

Film 1 – Mise en avant du mouvement de bactéries.

## Cellules d'observation



**FIGURE 2** – Premier modèle de cellule



**FIGURE 3** – Second modèle de cellule

# Microscope et caméra

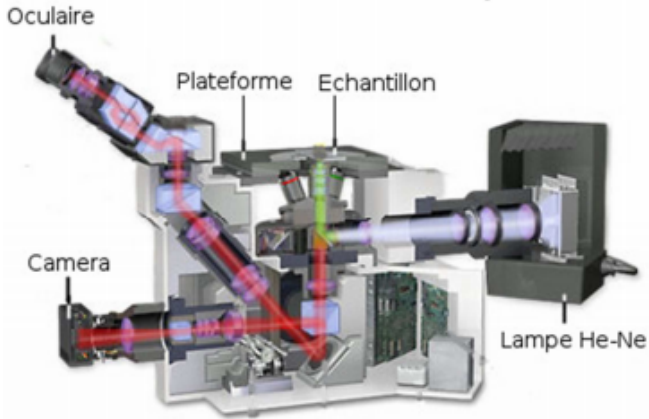


FIGURE 4 – Microscope utilisé

# Mouvement brownien

Observation du mouvement

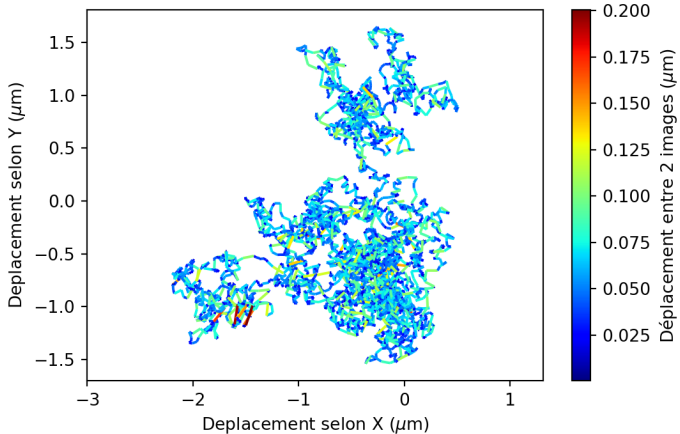


FIGURE 5 – Trajectoire d'un colloïde sur 4000 points ( $f = 400$  Hz)

# Mouvement brownien

$$\Delta x(t, \tau) = x(t + \tau) - x(t)$$

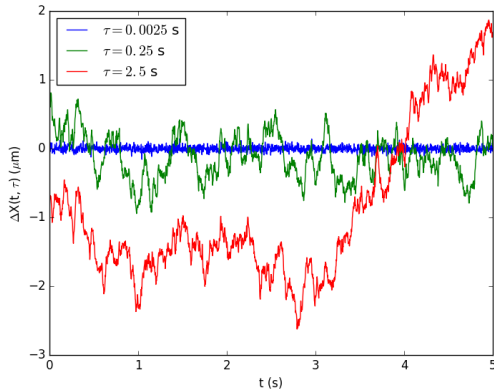


FIGURE 6 – Courbes représentant le déplacement  $\Delta x$  pour différents  $\tau$ .

# Mouvement brownien

Limite de  $\tau$

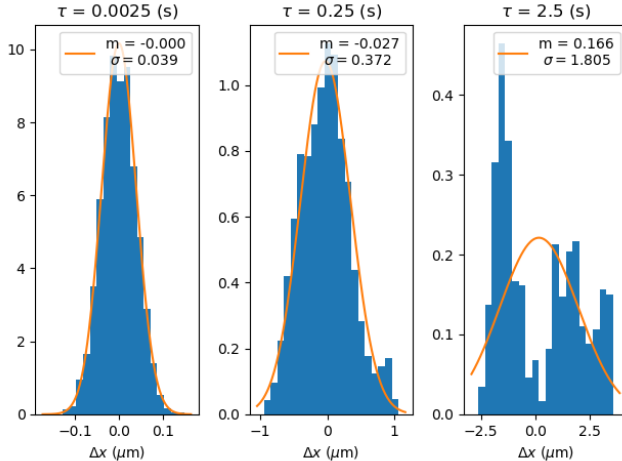


FIGURE 7 – Histogrammes représentant la répartition des  $\Delta x$  pour différents  $\tau$ .

# Mouvement brownien

## Corrélation

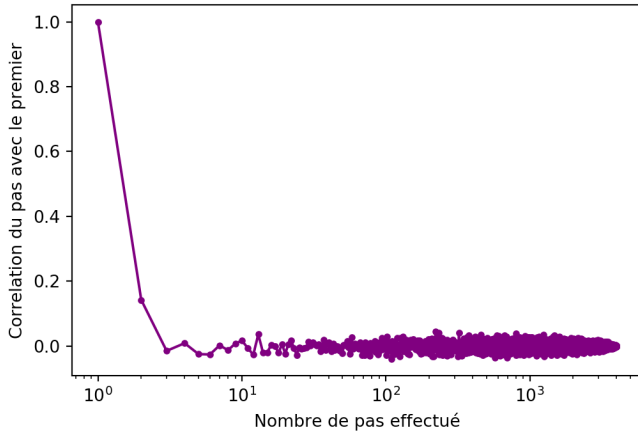


FIGURE 8 – Fonction d'autocorrélation



# Mouvement brownien

Ecart-type

Mettre  $\sigma^2$  en fonction de  $\tau^2$  en entier !

# Mouvement brownien

## Coefficient de diffusion - Méthodes

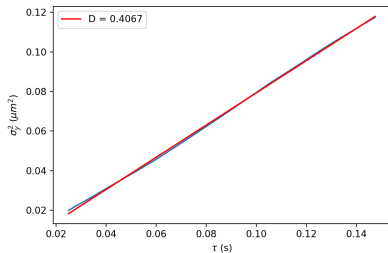


FIGURE 9 –  $\sigma_y^2 = f(\tau)$ .

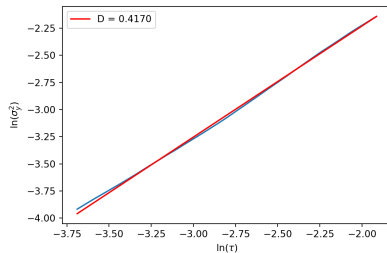


FIGURE 10 –  $\ln(\sigma_y^2) = f(\ln \tau)$ .

Loi théorique :  $\sigma_y^2 = 2D\tau$

# Mouvement brownien

## Coefficient de diffusion - Résultats

- Relation de Stokes-Einstein :

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta a} = 0.429 \mu\text{m}^2\text{s}^{-1}$$

avec  $a = 0.5 \mu\text{m}$  le rayon des colloïdes.

- Par régressions linéaires en échelle réelle :

$$D = 0.42 \pm 0.04 \mu\text{m}^2\text{s}^{-1} \text{ à } 95\%$$

- Par régressions linéaires en échelle logarithmique :

$$D = 0.42 \pm 0.05 \mu\text{m}^2\text{s}^{-1} \text{ à } 95\%$$

# Mouvement brownien

## Symétrie de la distribution

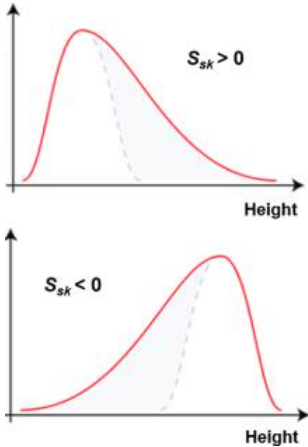


FIGURE 11 – Skewness et asymétrie.

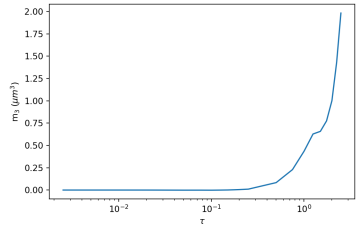


FIGURE 12 – Moment d'ordre 3

# Mouvement brownien

## Ecart de la distribution à la gaussienne

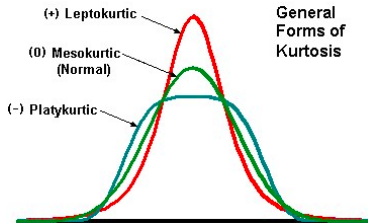


FIGURE 13 – Kurtosis et aplatissement.

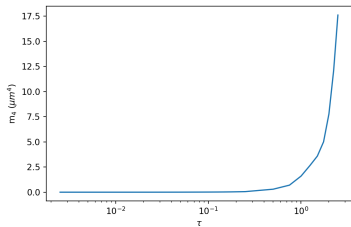


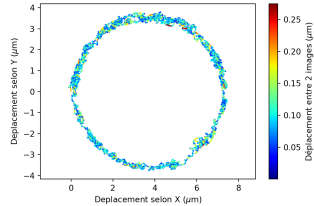
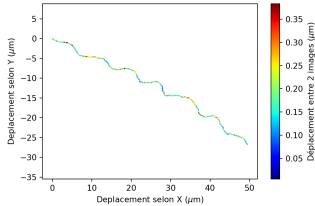
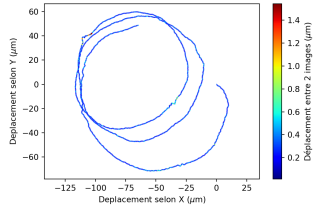
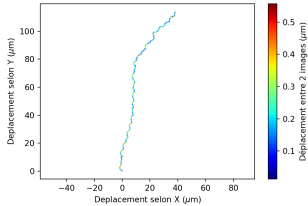
FIGURE 14 – Moment d'ordre 4

# Mouvement brownien

## Conclusion

- permet de valider le tracking et la façon dont on étudie la trajectoire -applications : déduit  $\eta$  pour un solvant  $\rightarrow$  viscosimètre caractérise le rayon : meilleure résolution qu'avec un microscope

# Mouvement bactérien



Trajectoires droites

Trajectoires courbes

# Mouvement brownien

Lissage

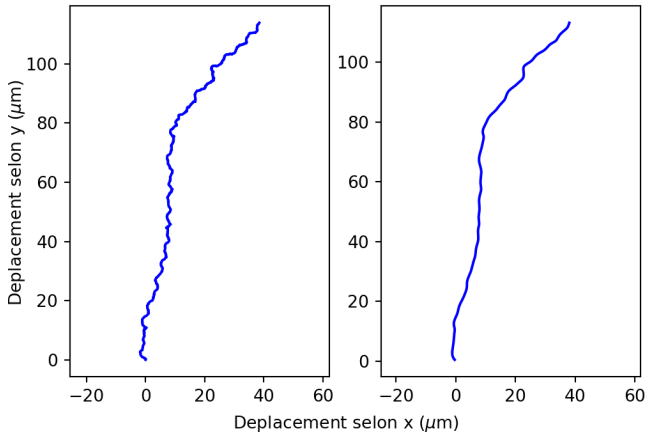


FIGURE 15 – Lissage de la trajectoire.



# Mouvement bactérien

## Trajectoire droite

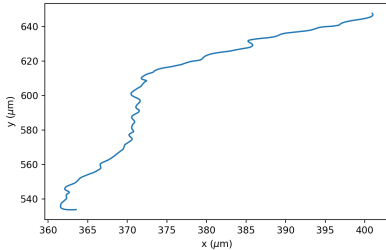


FIGURE 16 – Trajectoire lissée.

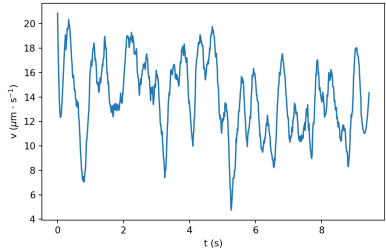


FIGURE 17 – Vitesse en fonction du temps.

$$v = 13,9 \mu\text{ms}^{-1} \text{ d'écart-type } \sigma = 3,1 \mu\text{ms}^{-1}$$

# Mouvement bactérien

## Trajectoire droite

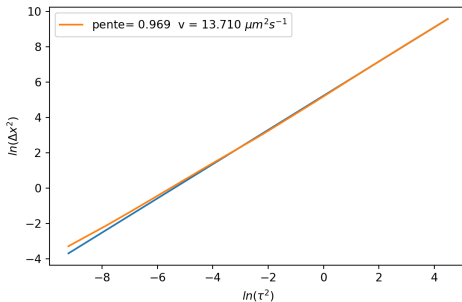


FIGURE 18 –  $\sigma^2$  en fonction de  $\tau^2$ .

il faut aussi mettre le graph avec la pente forcée à 1, et de la on en déduit le vrai  $v$  ! Loi théorique :  $\sigma^2 = v^2 \tau^2$  conduit à  $v = 13,032 \pm 0,005 \mu\text{ms}^{-1}$

# Mouvement bactérien

## Trajectoire circulaire

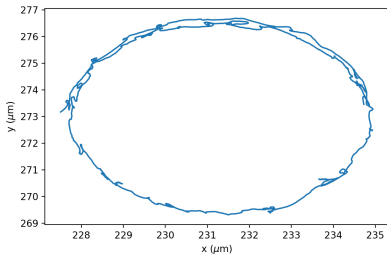


FIGURE 19 – Trajectoire lissée.

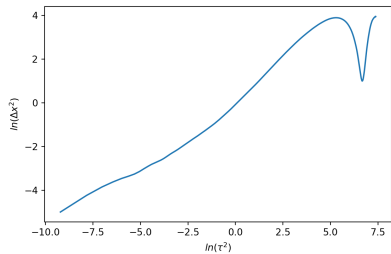


FIGURE 20 –  $\ln(\sigma^2)$  en fonction de  $\ln(\tau^2)$ .

# Mouvement bactérien

## Trajectoire circulaire - Rayon de courbure

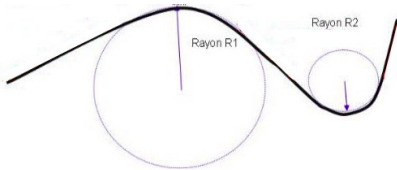


FIGURE 21 – Rayon de courbure - Définition.

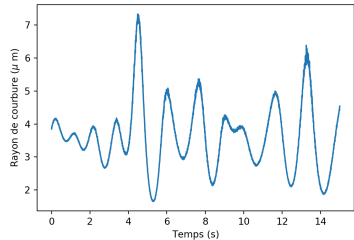


FIGURE 22 – Rayon de courbure de la trajectoire lissée.

# Mouvement bactérien

## Longueur de persistance - Définition

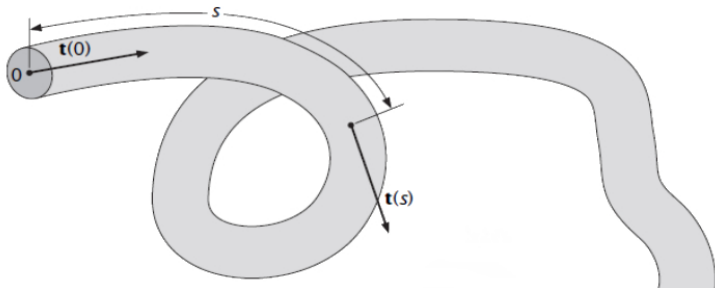


FIGURE 23 – Fonction d'autocorrélation :  $g(s) = \langle \vec{t}(s) \cdot \vec{t}(0) \rangle$ .

Longueur de persistance :  $L_p$  telle que si  $s \gtrsim L_p$  alors  $|g(s)| \ll 1$ .

# Mouvement bactérien

## Longueur de persistance - Détermination

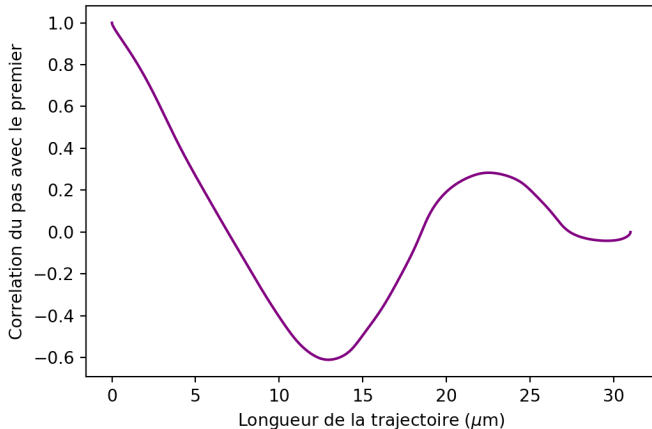


FIGURE 24 – Fonction de corrélation sur la trajectoire.

## ANNEXE

# Hermiticité de nos cellules

Faire un graphique avec + de cellules.

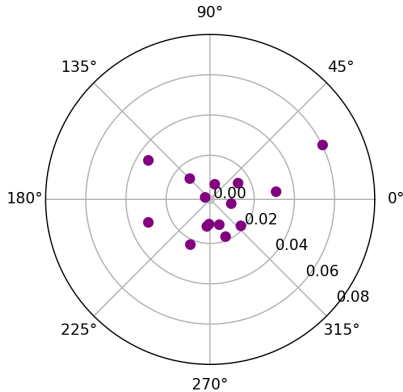


FIGURE 25 – Mouvement général des colloïdes dans une cellule. Si le module est proche de 1, alors  $\mu$  comparable devant  $\sigma$