

Étude du mouvement de colloïdes et de bactéries.

Laura Guislain Nicolas Lecoœur André Kalouguine

E.N.S. de Lyon

8 mars 2018



Mouvement brownien

Le film ne s'affichera pas dans ce lecteur pdf

Film 1 – Mise en avant du mouvement brownien pour des colloïdes de $1\mu\text{m}$ de diamètre.

Mouvement de bactéries

Le film ne s'affichera pas dans ce lecteur pdf

Film 2 – Mise en avant du mouvement de bactéries.

Cellules d'observation

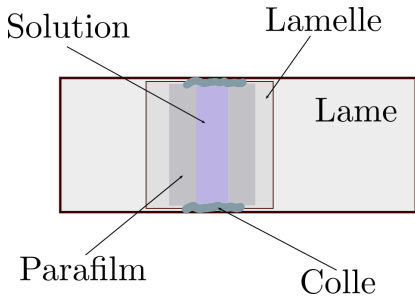


FIGURE 3 – Premier modèle de cellule

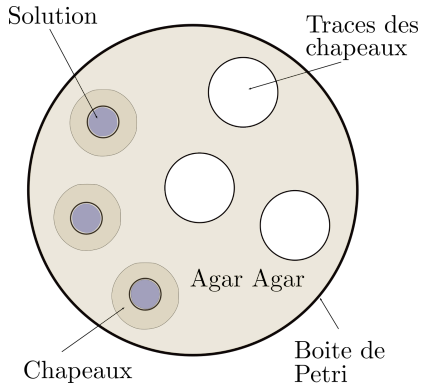


FIGURE 4 – Second modèle de cellule

Microscope et caméra

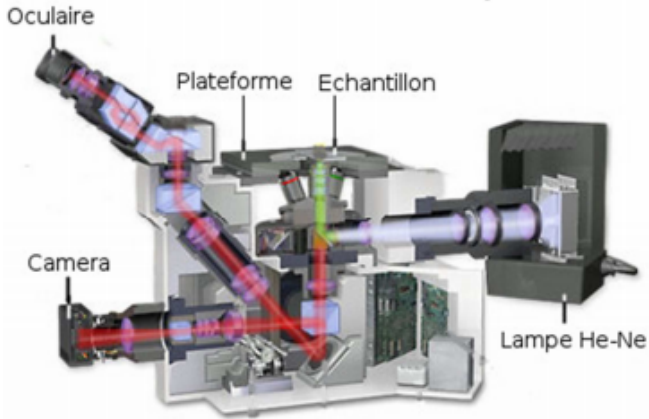


FIGURE 5 – Microscope utilisé

Mouvement brownien

Observation du mouvement

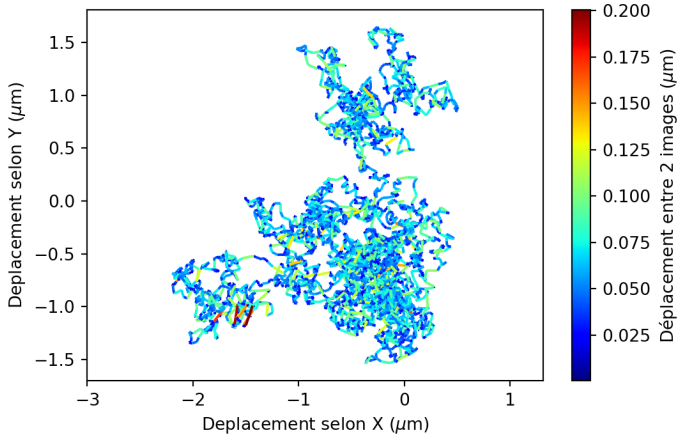


FIGURE 6 – Trajectoire d'un colloïde sur 4000 points ($f = 400$ Hz)

Mouvement brownien

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

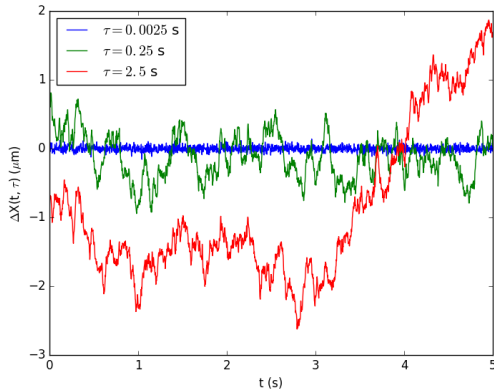


FIGURE 7 – Courbes représentant le déplacement Δx pour différents τ .

Mouvement brownien

Limite de τ

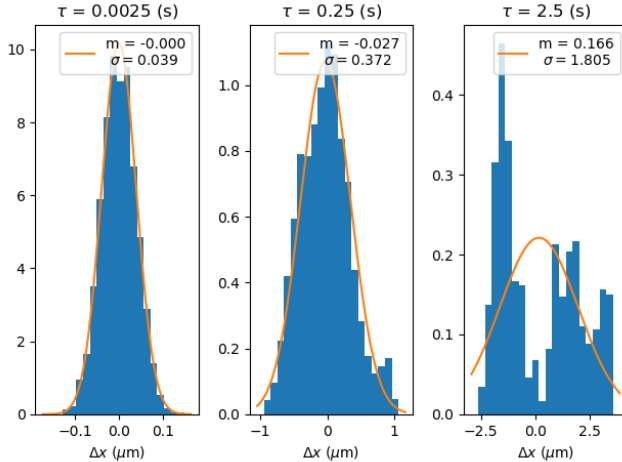


FIGURE 8 – Histogrammes représentant la répartition des Δx pour différents τ .

Mouvement brownien

Corrélation

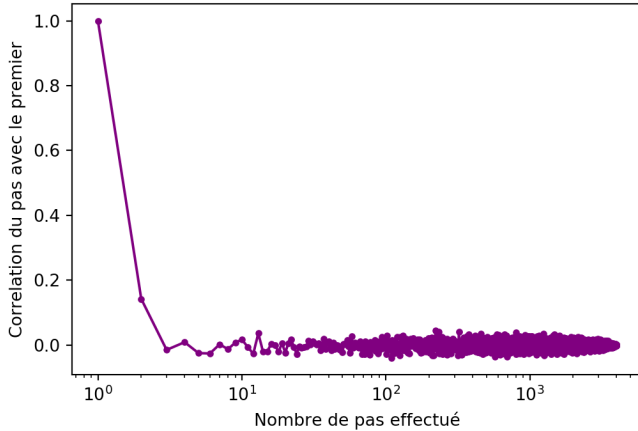


FIGURE 9 – Fonction d'autocorrélation

Mouvement brownien

Ecart-type

Mettre σ^2 en fonction de τ^2 en entier !

Mouvement brownien

Coefficient de diffusion - Méthodes

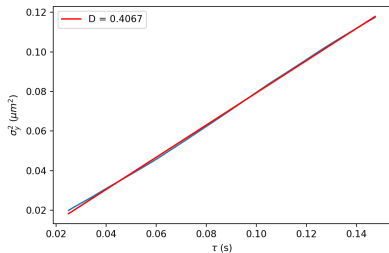


FIGURE 10 – $\sigma_y^2 = f(\tau)$.

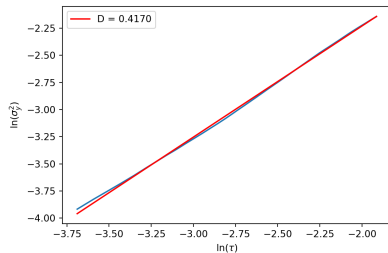


FIGURE 11 – $\ln(\sigma_y^2) = f(\ln \tau)$.

Loi théorique : $\sigma_y^2 = 2D\tau$

Mouvement brownien

Coefficient de diffusion - Résultats

- Relation de Stokes-Einstein :

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

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

- Par régressions linéaires en échelle réelle :

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

- Par régressions linéaires en échelle logarithmique :

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

Mouvement brownien

Symétrie de la distribution

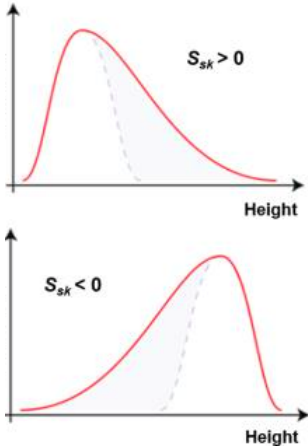


FIGURE 12 – Skewness et asymétrie.

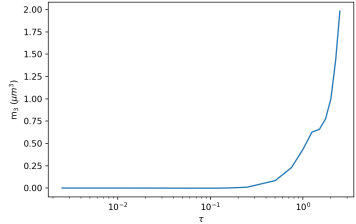


FIGURE 13 – Moment d'ordre 3

Mouvement brownien

Ecart de la distribution à la gaussienne

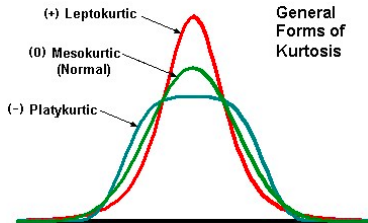


FIGURE 14 – Kurtosis et aplatissement.

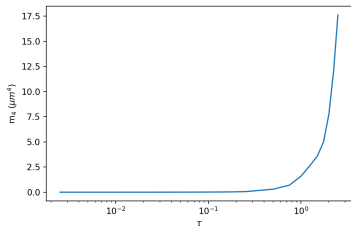


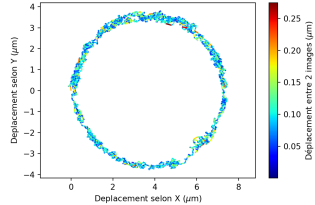
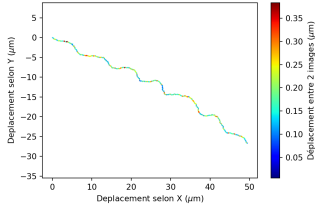
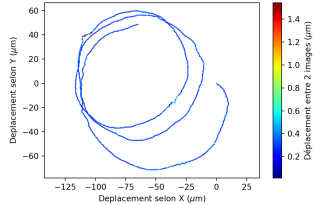
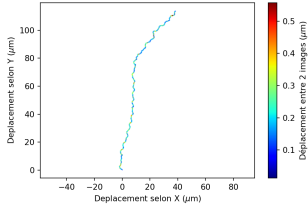
FIGURE 15 – Moment d'ordre 4

Mouvement brownien

Conclusion

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

Mouvement bactérien



Trajectoires droites

Trajectoires courbes

Mouvement brownien

Lissage

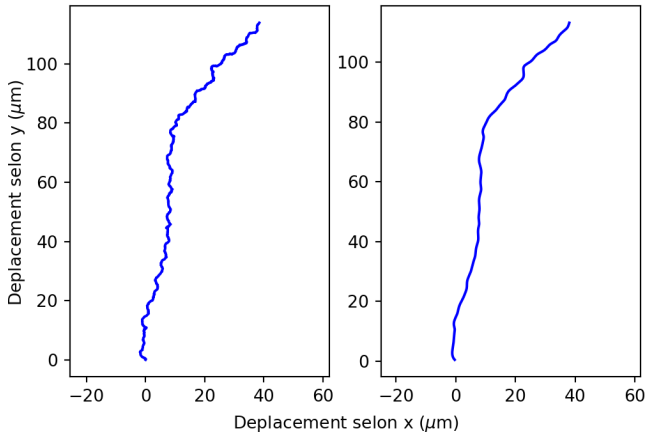


FIGURE 16 – Lissage de la trajectoire.

Mouvement bactérien

Trajectoire droite

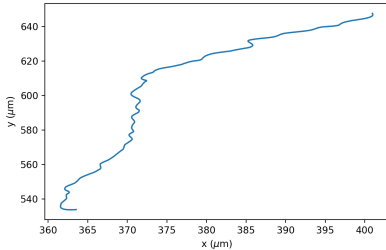


FIGURE 17 – Trajectoire lissée.

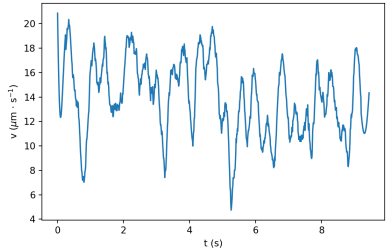


FIGURE 18 – Vitesse en fonction du temps.

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

Mouvement bactérien

Trajectoire droite

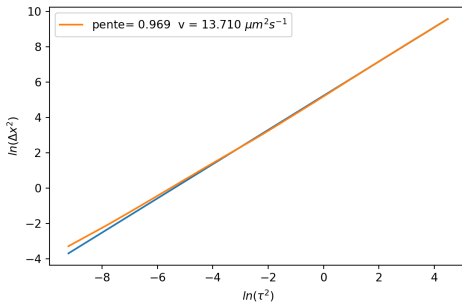


FIGURE 19 – σ^2 en fonction de τ^2 .

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

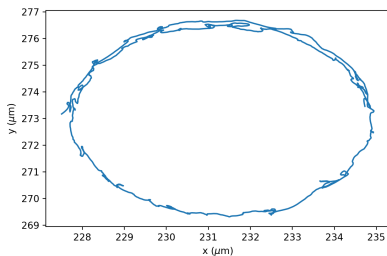


FIGURE 20 – Trajectoire lissée.

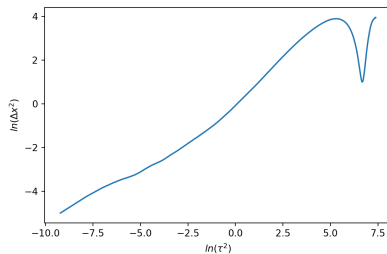


FIGURE 21 – $\ln(\sigma^2)$ en fonction de $\ln(\tau^2)$.

Mouvement bactérien

Trajectoire circulaire - Rayon de courbure

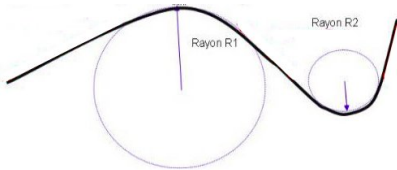


FIGURE 22 – Rayon de courbure - Définition.

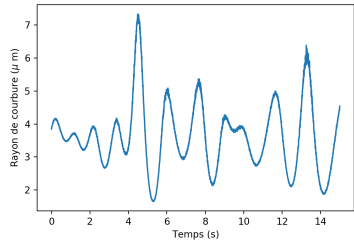


FIGURE 23 – Rayon de courbure de la trajectoire lissée.

Mouvement bactérien

Longueur de persistance - Définition

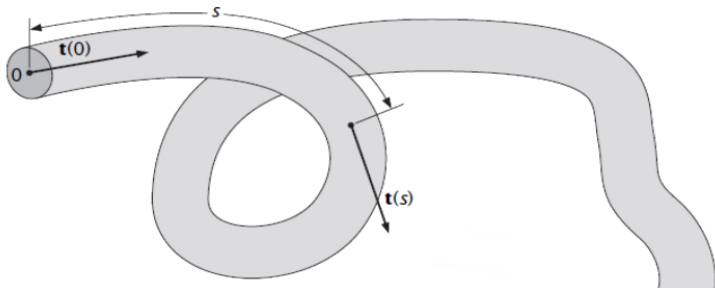


FIGURE 24 – Fonction d'autocorrélation : $g(s) = \langle \vec{t}(s) \cdot \vec{t}(0) \rangle$.

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

Mouvement bactérien

Longueur de persistance - Détermination

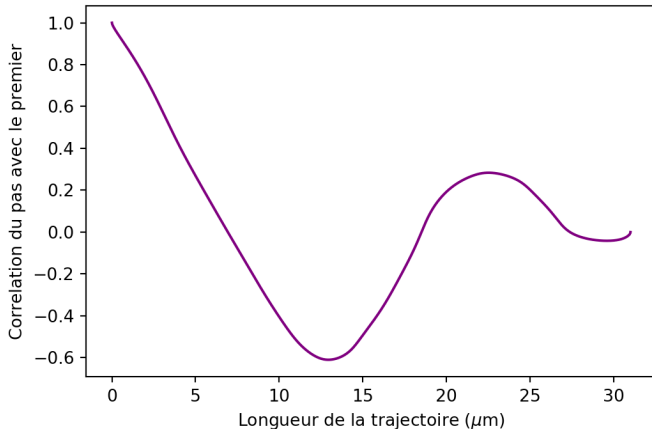


FIGURE 25 – Fonction de corrélation sur la trajectoire.

ANNEXE

Hermiticité de nos cellules

Faire un graphique avec + de cellules.

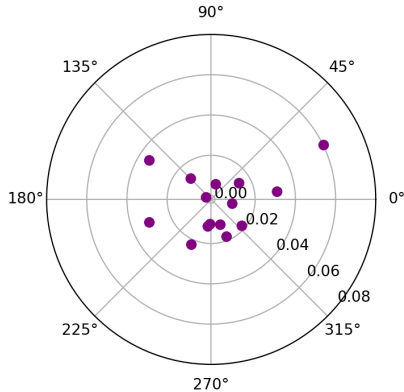


FIGURE 26 – Mouvement général des colloïdes dans une cellule. Si le module est proche de 1, alors μ comparable devant σ