

Le Mouvement Brownien

Les mouvements aléatoires d'un pollen dans de l'eau m'ont beaucoup intrigué et je me suis alors pris d'intérêt pour le mouvement Brownien car l'observation de particules en suspension dans un fluide est réalisable avec du matériel simple. Actuellement son étude permet de déterminer la viscosité d'un liquide. Néanmoins la qualité des images contraint la précision du pointage du mouvement et il est nécessaire d'optimiser le protocole pour des mesures pertinentes.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- *FERNANDES Camille*

Positionnement thématique (étape 1)

PHYSIQUE (Physique Théorique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (étape 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>particules micrométriques</i>	<i>micrometric particles</i>
<i>mouvement aléatoire</i>	<i>random movement</i>
<i>mesure</i>	<i>measure</i>
<i>précision</i>	<i>precision</i>
<i>modélisation</i>	<i>modeling</i>

Bibliographie commentée

En 1827, le botaniste Ecossais Robert Brown observe à l'aide d'un microscope un mouvement aléatoire animant des grains de pollen en suspension dans de l'eau [1]. Il croit d'abord à un phénomène d'origine biologique, mais des essais successifs avec d'autres sortes de pollen, vieux de plusieurs années, révélèrent le même phénomène. Il venait de mettre en évidence le caractère physique du mouvement brownien, nommé d'après lui-même, et qu'il avait découvert par accident [2].

Le mouvement brownien correspond au déplacement chaotique de particules de taille micrométrique dans un fluide, causé par son agitation thermique. Sa découverte a depuis suscité de nombreuses interrogations, comme celle concernant son apparente contradiction avec le principe de Carnot, un travail étant produit, de manière fluctuante, par une source unique de chaleur. Le physicien Louis Georges Gouy mentionne la possibilité théorique d'extraire du travail grâce à un cliquet relié à une particule brownienne, et conclut que le principe de Carnot cesse d'être valide pour des dimensions de l'ordre du micron.

Au début du XX^{ème} siècle, Einstein démontre que le déplacement quadratique moyen des particules est proportionnel au temps [3]. Le coefficient de proportionnalité correspondant dépend notamment de la constante d'Avogadro, ce qui permet d'en faire le calcul.

En 1910, Jean Perrin valide expérimentalement l'équation d'Einstein. Il décrit parallèlement les expériences concordantes qui permettent d'approcher le nombre supposé par Avogadro et ainsi d'asseoir la théorie atomique [4].

Il met également en évidence les propriétés mathématiques du mouvement brownien, à savoir son extrême irrégularité caractérisée par une trajectoire non dérivable en tout point, l'indépendance du mouvement de chaque particule brownienne d'une suspension et le lien exclusif entre la taille de la particule (sa nature et sa densité n'intervenant pas), la température et le mouvement. Enfin, le mouvement brownien est perpétuel.

Perrin décrit également l'extrême difficulté de l'obtention de mesures fiables et précises dans le cadre du mouvement brownien [5].

Le mouvement brownien a à l'heure actuelle des applications très usitées, notamment en mathématiques financières avec le modèle Black-Scholes, développée en 1973 en s'appuyant sur les travaux de Louis Bachelier (1900) et Samuelson (1960), permet par exemple de modéliser le cours d'une action [6].

Problématique retenue

Pour exploiter les applications mathématiques et physiques du mouvement brownien, il faut en valider un modèle mathématique en se basant sur des mesures fiables, bien que découlant d'un phénomène chaotique.

Objectifs du TIPE

1) mesure du déplacement de particule: mon binôme et moi-même avons déjà observé le mouvement de grain de pollen dans de l'eau. Cependant, le manque de précision de nos mesures nous empêche de les utiliser. J'ai donc envisagé de renouveler les observations, en cherchant à améliorer notre précédent protocole afin d'obtenir des mesures aussi précises que possible avec le matériel dont dispose mon lycée.

2) étudier les mesures: avec mon binôme, nous traiterons les mesures afin de mettre en avant les caractères physiques et mathématiques du mouvement décrits par Jean Perrin et de retrouver l'ordre de grandeur du nombre d'Avogadro.

Abstract

I have chosen to study Brownian movement. It is a movement created by chocs due to particules from liquide solution to an other particule, which is floating on the liquide.

My purpose was to build an experimental observation of these kind of movement and then to find out its characteristics.

I gazed out the movement of pollen with a microscope. After recording the movement, I pointed out the positions of particules progressing in the times. I treated measures with Python. Then thanks to the Einstein relation I found the rough size of the Avogadro number.

Références bibliographiques

- [1] BROWN ROBERT : A brief account of microscopical observations made in the months of June, July and August, 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies : *Philosophical Magazine* 4, 1828, 161-173.
- [2] SCHMITT STÉPHANE : De Brown au mouvement brownien : *Pour la Science*, janvier 2006 : 10-13.
- [3] B. POURPRIX ET J. LANNOO, : Albert Einstein et la théorie du mouvement brownien : *BUP*, 1981 : <http://udppc.asso.fr/bupdoc/textes/1981/06341123.PDF>
- [4] PERRIN JEAN : Les atomes : *Paris : éditions Felix Alcan*
- [5] BERTRAND DUPLANTIER : Le mouvement brownien “divers et ondoyant” : *éminaire Poincaré*, 2005: <http://mpcezanne.fr/Main/Tipe/documents/MvTBrownien/duplantier2MvtBrowniem.pdf>
- [6] BLACK FISCHER : The Pricing of Options and Corporate Liabilities : *Journal of Political Economy*. 81, 1973