

# Le mouvement brownien

Didier Baar <sup>(1)</sup>

C'est Robert Brown, un botaniste écossais, qui, en observant des grains de pollen au microscope, a découvert en 1827 le mouvement oscillatoire qui porte son nom : le mouvement brownien. C'est là un phénomène dont beaucoup ont déjà entendu parler, du moins parmi ceux qui, comme les mycologues, sont régulièrement confrontés à l'utilisation d'un microscope.

Mais les idées de chacun à son sujet ne sont pas toujours très claires, et c'est la raison d'être du présent article, dans lequel nous limiterons nos ambitions à une analyse qualitative, plus que suffisante en ce qui nous concerne.

## 1. Historique.

Après avoir été découvert en 1827, le mouvement brownien a été longtemps négligé par les physiciens, qui manquaient de conviction à son égard, ne le considérant alors que comme une curiosité scientifique. Ce manque d'intérêt se comprend aisément si l'on sait qu'à cette époque, l'atomisme était encore loin d'avoir acquis l'importance qui lui est accordée dans le monde scientifique actuel (on pensait en effet que la matière était continue).

Un grand nombre de substances pulvérisées ont alors été examinées (surtout par Brown, Wiener, Cantoni et Gouy), et on a trouvé que toutes manifestent le phénomène à condition que les particules soient très petites. Par la suite, de nombreuses expériences ont été réalisées, jusqu'à ce que la vraie nature du mouvement brownien soit mise au jour, en 1877.

L'étude qualitative du phénomène était alors à peu près terminée. Il restait donc l'analyse quantitative à formuler. Ce fut fait presque simultanément par Einstein et Smoluchowski, près de trente ans plus tard.

## 2. Nature et caractéristiques du mouvement brownien.

Lors de l'observation au microscope de très fines particules, il apparaît que celles-ci sont constamment en animation. Chacune, sans en excepter une seule, se meut « infatigablement en tous sens », sans s'écarter beaucoup de sa position moyenne. Le mouvement est irrégulier et semble résulter d'une succession rapide d'impulsions agissant en tous sens, sans être assujetties à aucune loi.

C'est une sorte de trépidation ou d'oscillation sur place, qui peut néanmoins, à la longue, produire des déplacements d'une certaine étendue, et faire cheminer les particules au sein du liquide qui les entoure. Si les particules sont de forme allongée ou présentent un quelconque point de repère à leur surface, on peut observer qu'elles tournent aussi sur elles-mêmes avec la même irrégularité apparente.

Chaque particule se meut indépendamment de ses voisines, mais le phénomène, pris dans son ensemble, est d'une régularité évidente, et se retrouve toujours avec les mêmes caractères généraux et la même valeur moyenne de ces oscillations. Il n'a rien de comparable avec les mouvements d'ensemble que provoquent les courants de convection (dus à des différences de température au sein de la préparation) ou l'évaporation du liquide sous la lamelle.

La présence d'un champ magnétique, le passage d'un courant et un changement de la fréquence de la lumière utilisée n'ont pas d'effet observable sur le mouvement. On peut isoler le système des vibrations extérieures et des variations de température, et on peut empêcher l'évaporation du liquide, tout cela sans modification sensible de l'oscillation des particules ; même la nature de celles-ci n'a que fort peu d'influence.

Le mouvement est d'autant plus animé que les particules sont plus petites. Il est à peine perceptible pour une taille de 4  $\mu\text{m}$ , mais il est très rapide pour des particules à la limite de résolution du microscope. Plus le liquide qui baigne les particules est visqueux, moins amples et moins rapides sont leurs oscillations. On remarque également une faible influence, à viscosité égale, de la part de la température. Plus celle-ci est élevée et plus le mouvement est énergique. Mais il n'y a pas que les suspensions (particules solides immergées dans un liquide) qui manifestent le mouvement brownien. Toute autre dispersion d'une phase <sup>(1)</sup> colloïdale <sup>(2)</sup> dans une phase continue (différente ou non) présente le phénomène. C'est par exemple le cas des émulsions (gouttelettes liquides ou bulles gazeuses dispersées dans un liquide), des aérosols (particules solides ou gouttelettes liquides suspendues dans un gaz) et des gels (gouttelettes liquides emprisonnées dans une matrice solide).

<sup>(1)</sup> Didier Baar, décédé accidentellement le 14 octobre 2001, à l'âge de 23 ans.

### 3. Origine du phénomène.

On a déduit des nombreuses expériences qui ont été conduites à son sujet que le mouvement brownien n'est pas dû à des organismes vivants. Il n'est pas non plus la conséquence de courants au sein de la préparation. Les sources extérieures d'énergie ne sont pas directement à son origine. Celle-ci est donc à rechercher au niveau des particules elles-mêmes ou du milieu qui les confine.

On sait que les atomes et les molécules qui constituent la matière sont continuellement en mouvement, et entrent constamment en collision les uns avec les autres. L'amplitude, la vitesse et la complexité de ces mouvements augmentent avec la température. Ils ne prennent fin qu'au zéro absolu ( $0^\circ \text{K}$ ), qui correspond à la température de  $-273,15^\circ \text{C}$ . Le mouvement brownien n'est en fait qu'une manifestation indirecte de cette agitation moléculaire.

Examinons le cas d'une particule solide qui fait partie d'une suspension. Cette particule reçoit de la part des molécules qui constituent le milieu environnant un très grand nombre de chocs chaque seconde. Ces chocs sont irréguliers, et sont répartis au hasard sur toute la surface de la particule. Si celle-ci est de grande taille, les collisions, au total, s'équilibrent et on n'observe aucun déplacement de la particule. Si, au contraire, elle est de très petite taille, l'équilibre est rompu et la particule se déplace dans le sens suivant lequel le plus grand nombre de chocs lui ont été infligés.

### 4. Conclusion.

Voilà donc levé le mystère qui planait autour du mouvement brownien, ce phénomène qui a pu laisser croire à certains que les réactifs dans lesquels ils observent leurs coupes de champignons sont périmés. Qu'ils se rassurent, il n'en est rien, et les corpuscules qui sont animés d'un mouvement oscillatoire perpétuel ne sont pas des bactéries, mais simplement de fins précipités de colorant ou d'autres impuretés soumis au mouvement brownien.

### 5. Bibliographie.

Dans la bibliographie ci-dessous ne sont citées que les références les plus intéressantes. On pourrait y ajouter toute une série de traités de physique et de chimie physique qui ne consacrent que quelques lignes au mouvement brownien : ARNAUD, P. (1993) ; BARROW, G. M. (1973) ; BENEZECH, C. ET LLORY, J. (1973) ; DANIELS, F. AND ALBERTY, R. A. (1967) ; GUERIN, H. (1968) ; LEVINE, I. N. (1978) ; LEVITT, B. P. (1973) ; MARON, S. H. AND LANDO, J. B. (1974) ; LOWRIE, R. S. AND FERGUSON, H. J. C. (1972) ; MOORE, W. J. (1965) ; TINOCO, I. J., SAVER, K. AND WANG, J. C. (1995) ; VLES, F. (1929).

Le traité de Duclaux (1938) est le plus complet en ce qui concerne l'histoire et les caractéristiques du mouvement brownien. J'y ai puisé de nombreux renseignements. Si le lecteur désire étendre ses connaissances au sujet des colloïdes (qui occupent une place insoupçonnée dans la science actuelle et dont les applications industrielles sont chaque jour plus nombreuses), il peut se référer au traité de Alexander et Johnson (1947), mais surtout à celui de Everett (1992), beaucoup plus récent mais moins complet. L'ouvrage d'Einstein (1956), très ardu, développe complètement l'analyse quantitative du mouvement brownien.

ALEXANDER, A. E. AND JOHNSON P. : Colloid science. Clarendon, 1947.

DUCLAUX, J. : Traité de chimie physique appliquée à la biologie. Tome 2 : Diffusion - pression osmotique - mouvement brownien. Hermann, 1938.

EINSTEIN, A. : Investigations on the theory of the brownian movement. Dover, 1956.

EVERETT, D. H. : Colloid science. Royal Society of Chemistry, 1992.

LAIDLER, K. J. : The world of physical chemistry. Oxford University, 1993.

LAVENDA, B. : Le mouvement brownien. Pour la science, avril 1985.

<sup>(1)</sup> En chimie physique, la phase est ce qui détermine l'état d'agrégation de la matière. Il existe trois phases fondamentales : la phase solide, la phase liquide et la phase gazeuse.

<sup>(2)</sup> Un colloïde est, d'une manière générale, une particule très petite.