

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE

LE MOUVEMENT DES LIQUIDES
ÉTUDIÉ PAR LA CHRONOPHOTOGRAPHIE

Une étude expérimentale de la locomotion dans l'eau exige qu'on puisse déterminer à la fois les mouvements de l'animal qui nage et ceux qu'il imprime au liquide dans lequel il se meut. Dans un article précédent, j'ai montré que la chronophotographie permet de suivre les phases du mouvement d'un poisson¹; je vais indiquer aujourd'hui les conditions dans lesquelles cette méthode se prête à exprimer les mouvements qui se passent dans le liquide lui-même.

Les mathématiciens ont soumis à l'analyse les ondes qui se produisent à la surface de l'eau, les courants et remous qui se font dans sa profondeur, mais ils ont toujours regretté de n'avoir d'autres bases expérimentales que les données, bien incertaines, que fournit la simple observation. Le jeu de la lumière à la surface de l'eau, l'agitation de petits corps tenus en suspension dans le liquide, sont des phénomènes trop fugitifs pour que notre œil puisse les apprécier exactement; c'est pourquoi j'ai tenté d'en fixer les caractères par la chronophotographie. La disposition que j'ai employée pourra servir aux physiiciens comme aux physiologistes. Elle est représentée par les figures 1 et 2. Voici en quoi elle consiste :

De l'eau est contenue dans un canal elliptique dont les parois, sur une partie de leur longueur, sont rectilignes et formés de glaces (fig. 2). C'est dans cette partie transparente que les mouvements du liquide, rendus visibles ainsi qu'on va le dire, seront saisis par la photographie.

Un champ obscur de velours noir est établi derrière la partie transparente du canal; en avant, des rideaux opaques, disposés en une sorte de pyramide creuse, s'étendent jusqu'à l'objectif du chronophotographe en empêchant la lumière extérieure d'éclairer le liquide. Celui-ci est traversé de bas en haut par la lumière solaire que reflète un miroir incliné placé au niveau du sol.

Si l'eau est parfaitement limpide, elle est traversée par la lumière solaire sans en rien envoyer dans la direction de l'appareil photographique, sauf dans la partie de la surface qui mouille la paroi de verre située du côté de l'appareil. En cet endroit, en effet, la capillarité forme un ménisque concave qui règne tout le long de la paroi. La lumière solaire qui a traversé l'eau éprouve sous ce ménisque une réflexion totale; aussi voit-on sur la glace dépolie de l'appareil photographique une ligne très brillante et très fine qui marque le niveau de l'eau et, se déplaçant avec lui, traduira sur les épreuves photographiques toutes les ondulations de la surface.

Quand on veut saisir également les mouvements qui se passent à l'intérieur du liquide, on les rend

visibles au moyen de petits corps brillants en suspension dans l'eau, et que la lumière solaire éclaire vivement. A cet effet, on fait fondre, en proportions convenables, de la cire, qui est moins dense que l'eau et de la résine dont la densité est plus grande; puis avec cette matière plastique, on fait un grand nombre de petites boules qu'on argente par le procédé en usage dans les pharmacies. Ces perles brillantes doivent être légèrement plus denses que l'eau douce, de manière que si on les y plonge, elles gagnent le fond avec lenteur. Il suffit alors d'ajouter graduellement dans le canal une certaine quantité d'eau salée pour que les perles brillantes se tiennent suspendues dans le mélange et en équilibre indifférent.

Enfin, une règle centimétrique dessinée sur du papier est collée sur la paroi de cristal, au-dessus du niveau du liquide (fig. 2). Cette règle, qui se reproduira sur les images, servira d'échelle pour mesurer l'amplitude des mouvements photographiés.

Avec ce dispositif, on peut exécuter un grand nombre d'expériences sur le mouvement des liquides; j'en vais présenter quelques-unes sous forme de photographies.

Changement du profil des liquides dans les ondes. — La ligne brillante qui marque le niveau de l'eau, prend, lorsqu'on agite le liquide, des inflexions qui rappellent celles des cordes vibrantes. Les ventres et les nœuds, c'est-à-dire les *crêtes* et les *creux*, tantôt occupent des points fixes comme dans le *clapotis*, et tantôt se déplacent avec des vitesses variables comme dans les *vagues* et la *houle*.

La figure A (page 361) représente le mouvement sur place d'une onde de clapotis simple. On a obtenu ce mouvement en plongeant dans l'eau, à des intervalles de temps égaux et convenablement réglés, un cylindre plein qui imprimait au liquide des oscillations régulières. Ces impulsions rythmées doivent être produites dans la partie du canal opposée à celle où le mouvement est étudié.

L'objectif de l'appareil étant ouvert en permanence, la ligne brillante du niveau de l'eau a laissé la trace de son passage dans tous les lieux qu'elle a parcourus, mais avec une intensité plus grande aux points où sa vitesse était moindre : ainsi au voisinage des nœuds et aux points morts de son oscillation, c'est-à-dire à la crête et au creux, où la vitesse, avant de changer de signe, passe par un minimum.

Si l'on veut mieux connaître les changements de vitesse que présente le profil de l'onde aux différentes phases d'une oscillation simple, il faut recourir à la chronophotographie¹, c'est-à-dire admettre la lumière pendant des instants très courts et à des intervalles de temps réguliers. On obtient alors (fig. B) les positions successives du niveau du liquide. Ces positions se traduisent par des courbes plus espacées au milieu de l'oscillation, plus rapprochées au voisinage des crêtes et des creux.

Enfin, si l'on change la cadence du mouvement

¹ *Mouvements de natation de la raie*, n° 1029, du 18 février 1895, p. 177.

¹ Voy. n° 974, du 30 janvier 1892, p. 155.