

BIBLIOGRAPHIE

R. Taillet, **Free falling inside flattened spheroids : gravity tunnels with no exit**, *Amer. J. of Physics*, vol. 86, pp. 924-933, 2018.

A. Koyré, **Chute des corps et mouvement de la Terre**, Vrin, 1973.

A. Armitage, **The deviation of falling bodies**, *Annals of Science*, vol. 5(4), pp. 342-351, 1947.

E. H. Hall, **Do falling bodies move south ?**, *Physical Review*, vol. 7, pp. 179-190, 1903.

totalement inexpliquée. Au passage, Gauss et Laplace montrèrent que le frottement de l'air a peu d'influence sur la déviation vers le sud.

Piqué par ces résultats, Benzenberg affina ses expériences en 1804 en utilisant pour la chute un puits de mine à Schlebusch (84 mètres, voir la figure page 76) et en améliorant le dispositif de lâcher des billes, pour limiter une éventuelle vitesse initiale latérale qui biaiserait les mesures. Cette fois, en sélectionnant parmi ses mesures celles qui lui semblaient avoir été prises dans les conditions les plus fiables, ses résultats ne montrèrent pas de déviation vers le sud.

Tout serait finalement assez simple si l'histoire s'arrêtait là. Mais non. Le chimiste allemand Ferdinand Reich, en 1831, et d'autres renouvelèrent l'expérience, avec des hauteurs de chute allant jusqu'à 400 mètres. Ils mirent clairement en évidence une déviation vers le sud incompatible avec les résultats de Gauss et Laplace. Le problème était assez étonnant pour que des explications non gravitationnelles soient avancées. Par exemple, dans les années 1840, le Danois Hans Christian Ørsted et le Britannique John Herschel proposèrent que dans les billes en métal utilisées, des courants induits dus à l'interaction avec le champ magnétique terrestre soient responsables de la déviation vers le sud.

L'EXPÉRIENCE DÉFINITIVE

Au début du xx^e siècle, Edwin Hall, évoqué dans l'introduction, celui-là même qui donna son nom à un effet de déviation des électrons dans un conducteur en présence d'un champ magnétique, se pencha à son tour sur cette question avec une approche expérimentale différente et que l'on pourrait qualifier de plus moderne. Plutôt que d'augmenter encore la hauteur de chute, il préféra se placer à une hauteur modeste (23 mètres, dans la tour du laboratoire de physique Jefferson, à l'université Harvard, aux États-Unis), mais dans des conditions qui lui permettaient de contrôler les incertitudes expérimentales (pas de courants d'air, pas de différence de température entre les parois intérieures de la tour, etc.). Il obtint ainsi la première mesure de la déviation vers l'est affectée d'incertitudes expérimentales inférieures à la valeur mesurée. Cette mesure était en accord avec la prédiction de la mécanique newtonienne, calculée par Gauss et Laplace. Les déviations vers le sud qu'il observa étaient dans la limite des erreurs expérimentales, c'est-à-dire compatibles avec une déviation nulle.

Satisfait de ces résultats, Hall s'avoua toutefois impuissant à expliquer l'ensemble des déviations vers le sud observées par ses prédécesseurs, ce qu'il considéra comme une véritable énigme. L'erreur était certainement expérimentale, mais, faute de pouvoir assister aux expériences, les historiens des sciences disposent de peu d'indices pour le confirmer.

Les résultats de Hall ont marqué la fin de l'approche expérimentale du problème de la déviation vers le sud, mais ils ont coïncidé avec le début d'un renouveau d'intérêt théorique, et ce pour plusieurs raisons.

D'une part, la définition de la déviation vers le sud est assez subtile. Lorsqu'un corps chute et atteint le fond du puits, à partir de quel point de référence doit-on mesurer une déviation ? Expérimentalement, ce point peut être matérialisé par un fil à plomb sans mouvement, une masselotte accrochée au bout d'un fil attaché au point de lâcher. Or, dans la Terre en rotation, le fil à plomb, s'il est assez long et si le fil est de masse négligeable, n'indique pas la direction de la pesanteur au point d'attache, mais celle au niveau de la masselotte (pire, il n'est pas rectiligne si la masse du fil est prise en compte, car il est soumis à la force centrifuge et à une force de gravitation qui évoluent tout le long du fil). Une évaluation correcte de la déviation vers le sud doit en tenir compte. Ce n'est qu'en 1911 que le mathématicien américain William Roever souligna clairement cette subtilité.

D'autre part, la valeur de la déviation vers le sud est sensible à la façon dont le champ de pesanteur évolue au cours de la chute, en intensité et en direction, c'est-à-dire qu'elle est sensible à la forme de la Terre (son léger aplatissement aux pôles, par exemple) et à la façon dont sa masse volumique augmente avec la profondeur, paramètres qui relèvent des géosciences.

Enfin, si l'on s'intéresse aux situations proches de la réalité expérimentale, le problème fait apparaître deux paramètres que l'on peut considérer comme petits : la vitesse de rotation de la Terre est faible devant le temps qu'il faudrait au projectile pour la traverser de part en part et, dans les expériences réelles, les hauteurs de chute sont faibles devant le rayon de la Terre. Dans cette situation, les physiciens sont tentés de simplifier les équations pour en trouver des solutions approchées. Mais la procédure est assez délicate et les physiciens ont parfois été en désaccord sur la façon de le faire (techniquement, sur la façon de calculer un développement limité à deux paramètres).

Ces subtilités font du problème de la chute libre une question sur laquelle des physiciens reviennent régulièrement, pour en proposer des variantes, des solutions plus complètes, avec des hypothèses plus réalistes sur la forme ou la composition de la Terre, ou simplement pour aborder ce vénérable problème sous un angle nouveau (voir l'encadré page ci-contre). Ils le font généralement en marge de leur activité de recherche quotidienne, pour satisfaire un aspect de leur métier que l'on met trop rarement en avant : le plaisir d'explorer les lois de la physique, celui-là même qui transparait dans les propos de Hall cités au début de cet article. ■

R

ENDEZ-VOUS

P.80 Logique & calcul
 P.86 Art & science
 P.88 Idées de physique
 P.92 Chroniques de l'évolution
 P.96 Science & gastronomie
 P.98 À picorer

L'OFFUSCATION OU L'ART DE BROUILLER L'ÉCOUTE

Puisque les espions ou les marchands veulent en savoir trop sur vous, donnez-leur satisfaction en les laissant s'emparer d'informations nombreuses... et fausses!

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
 professeur émérite
 à l'université de Lille
 et chercheur au
 laboratoire Cristal
 (Centre de recherche
 en informatique, signal
 et automatique de Lille)



Jean-Paul Delahaye a notamment publié : **Les mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).

Agacé par une publicité que je vois pour la énième fois sur le site d'actualités que je consulte, je clique dessus, je pousse dans un coin de mon écran d'ordinateur la fenêtre qui s'ouvre (de façon à cacher son contenu à mon regard), puis, quelques secondes plus tard, je ferme cette fenêtre dont je n'ai rien vu. Mon but est de fausser les informations que les systèmes qui me surveillent auront de moi, et de faire payer pour ce clic l'entreprise qui m'importune avec ses publicités (plus on clique sur une publicité en ligne, plus cela coûte à celui qui la propose). Ce que je viens de faire est de l'« offuscation ».

Cette stratégie de gestion et de production de l'information vise à obscurcir le sens qui peut être tiré d'une action ou d'un message, dans le but de troubler ceux qui en prennent connaissance et de les empêcher de tirer un profit de ce qu'ils croient apprendre.

Une définition plus précise pourrait être : « L'offuscation est la création délibérée d'informations surabondantes, ambiguës, désordonnées ou fallacieuses en les mélangeant aux données véridiques afin de rendre plus difficiles leur collecte, leur analyse et leur utilisation. » Autrement dit, tout ce qui brouille, obscurcit, assombrit, opacifie, masque, noie, fausse, gêne, rend illisibles des données est de l'offuscation. Un récent livre lui est consacré, traduit en français (voir la bibliographie). On y découvre les multiples formes, anciennes ou contemporaines, de cette technique de protection contre les regards indiscrets.

Depuis qu'on sait qu'internet est le terrain de chasse rêvé des collecteurs de « big data » et que des dossiers volumineux sont constitués sur chacun de nous pour mieux nous cibler, nous ressentons le besoin de nous protéger de ces intrusions dans nos vies. L'idée de cliquer sur les publicités gênantes est à l'origine du logiciel AdNauseam (<https://adnauseam.io>) qui, sans que vous ayez à vous en préoccuper, clique lui-même sur toutes les publicités des pages que vous consultez et empêche ainsi la constitution de profils pertinents à votre sujet. Le logiciel TrackMeNot (<http://trackmenot.io>) produit des effets de brouillage du même type.

D'autres méthodes plus radicales existent. Les VPN (*virtual private networks*, réseaux virtuels privés) permettent de créer des liens directs entre des ordinateurs distants, qui isolent leurs échanges du reste du trafic. La connexion au réseau TOR est un autre moyen qui, entre autres choses, rend anonyme une session de navigation web.

UNE PRATIQUE VIEILLE COMME LE MONDE... VIVANT

Le problème n'est en fait pas nouveau. Dans leur lutte pour la survie, les organismes vivants ont depuis longtemps mis en œuvre des méthodes d'offuscation. Un exemple spectaculaire et esthétique est celui des ocelles de papillons, ces motifs ronds imitant des yeux qui font fuir les prédateurs lorsque l'insecte déploie brusquement ses ailes. Les ocelles du paon-du-jour évoquent ainsi assez bien le regard d'un mammifère. De nombreux poissons, tels que le ➤