

IDÉES DE PHYSIQUE

Dompter la vague avec une planche

La pratique du surf s'apparente à celle du snowboard, mais avec une différence notable : la piste est en perpétuel mouvement !

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

« **E**t tout à coup, là-bas, d'une énorme vague qui jaillit vers le ciel [...], un homme à tête noire surgit au-dessus d'une crête neigeuse [...], il vole à travers les airs, aussi vite que la houle qui le porte [...]. Du fond de la mer, il a bondi sur le dos d'une lame rugissante sur laquelle il s'accroche, malgré les efforts de celle-ci pour se débarrasser de lui. » En quelques phrases, Jack London saisit bien notre fascination pour le surf. Et pour mieux apprécier les performances de ces sportifs, tentons de comprendre comment ils jouent si habilement avec les vagues.

La première difficulté à laquelle est confronté une surfeuse ou un surfeur est d'« attraper » la vague. Celle-ci s'apparente en effet à une *ola* : une onde qui se propage de proche en proche, mais qui ne transporte pas de matière.

Attraper la vague

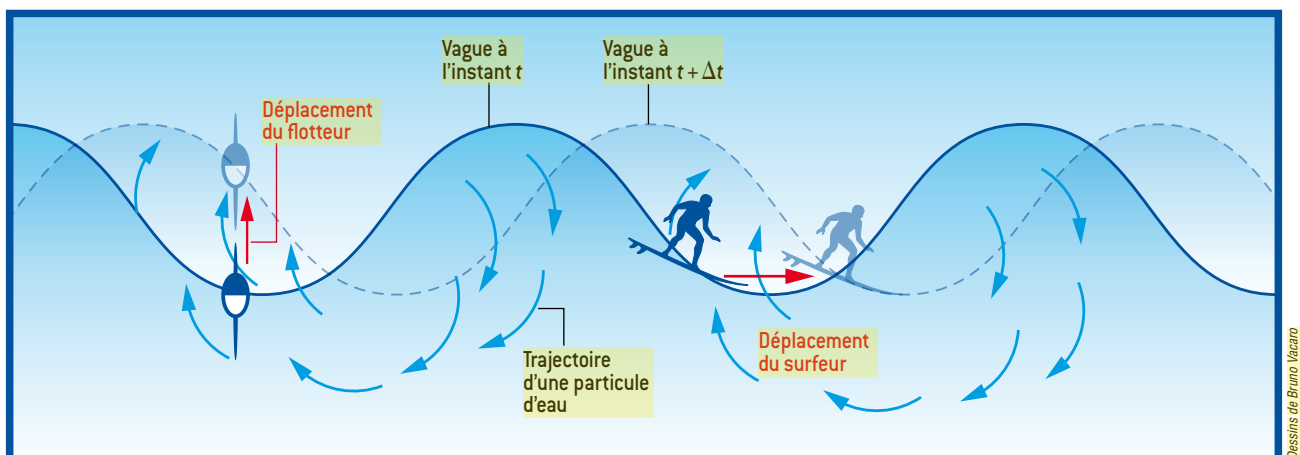
Observons en effet le mouvement d'un flotteur ou d'un nageur immobile qui se trouve sur le chemin d'une vague se propageant de gauche à droite vers le rivage. Il commence par avancer vers la droite lorsqu'il prend la

crête de la vague, mais recule vers la gauche lorsqu'il se retrouve dans le creux : pour l'essentiel, il fait du surplace. L'onde ne l'emporte pas dans son mouvement.

Et inutile d'attendre les vagues successives : pour se déplacer, la seule solution dont dispose le surfeur est de ramer ! C'est pourquoi on voit les surfeurs s'éloigner de la côte et attendre, allongés sur leur planche, en guettant les vagues qui arrivent. Lorsque le surfeur juge prometteuse une vague, tout devient une question de *tempo*. Il rame rapidement avec ses bras afin que, lorsque le sommet de la vague l'atteint, il ait acquis une vitesse égale à la vitesse de propagation de l'onde.

Quelle est cette vitesse de propagation, que l'on notera c ? Une règle empirique en donne une estimation au moment où la vague se brise et dans le cas où la pente du fond

UN FLOTTEUR INITIALEMENT IMMOBILE effectue un mouvement de va-et-vient vertical à l'arrivée d'une vague ou d'un train de vagues. Un surfeur, lui, fait en sorte d'acquérir une vitesse (*ici vers la droite*) égale à la vitesse de propagation de l'onde. Il reste ainsi dans la même position relativement à la vague.



LES AUTEURS



Jean-Michel COURTAY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris. Leur blog : www.scilog.fr/idees-de-physique

marin est douce : $c = \sqrt{1,3gH}$, où g est l'accélération de la pesanteur et H la hauteur de la vague avant qu'elle ne déferle. Pour une vague de 1 mètre (pour surfeurs débutants...), on obtient 13 kilomètres par heure (km/h). Et le triple, soit 39 km/h, pour une vague de 9 mètres, digne du spot de Jaws à Hawaii – on comprend alors que certains surfeurs se fassent tracter au bon endroit par un scooter des mers !

Gagner de la vitesse

Voilà notre surfeur au sommet de la vague prête à déferler. Comment peut-il gagner encore de la vitesse pour avoir les meilleures sensations de glisse ? Il lui suffit de dévaler la pente d'eau et de convertir son énergie potentielle de gravité en énergie cinétique. Avec un gain d'énergie de mgH , le surfeur atteint alors une vitesse égale à $v = \sqrt{3,3gH}$, soit 20,5 km/h pour une vague haute de 1 mètre.

Toute l'astuce consiste à ne pas trop descendre dans la direction perpendiculaire à la vague : sinon, on dépasserait la vitesse de l'onde et l'on précéderait la vague. On peut se laisser glisser de biais, comme au

monoski, pour gagner de la vitesse parallèlement à la crête de la vague tout en conservant une vitesse perpendiculaire égale à la vitesse de l'onde.

La vitesse totale du surfeur étant, au bas de la vague, $\sqrt{3,3gH}$ et sa composante en direction de la plage devant être égale à c , l'angle à donner à la trajectoire par rapport à la ligne de crête est fixé : environ 40 degrés. Dans cette situation, la vitesse de glisse du sportif parallèlement à la vague est égale à $\sqrt{2gH}$, soit 16 km/h pour la vague haute de 1 mètre.

Peut-on mieux faire encore, si l'on fait abstraction de toutes les dissipations d'énergie ? Les amateurs de surf qui pratiquent la technique dite du pompage savent que oui. Cette technique revient à tirer son énergie de la vague. En quoi consiste-t-elle ?

Au niveau du surfeur, la vitesse de l'eau (à distinguer de celle de l'onde) qui le porte est pour l'essentiel verticale. Autrement dit, comme un skieur, le surfeur dévale un plan incliné, mais ce dernier est animé d'un mouvement ascendant ! Par conséquent, s'il réduit sa vitesse de chute, par exemple en diminuant l'angle de sa trajectoire, le surfeur remonte vers la crête. Il gagne une énergie potentielle de pesanteur qu'il peut ensuite reconvertir en énergie cinétique en glissant plus ou moins de biais, et ainsi de suite – un bon moyen de gagner de la vitesse puis de la maintenir.

Glisser vite et durablement ne suffit pas, il faut avant tout flotter. Comment le poids du surfeur et de son équipement est-il compensé ? Bien sûr, on profite de la poussée d'Archimède grâce au matériau de la planche, moins dense que l'eau – par exemple du polystyrène à 30 kilogrammes par mètre cube. Ainsi, pour une planche longue de 2 mètres, large de 50 centimètres et épaisse de 6 centimètres, son volume d'une soixantaine de litres lui permet de soutenir une personne de 50 kilogrammes.

LES PRINCIPALES FORCES auxquelles est soumis le surfeur sont d'une part la portance hydrodynamique et la poussée d'Archimède, perpendiculaires à la surface de l'eau, d'autre part la traînée hydrodynamique, parallèle à cette surface. La résultante de ces forces compense le poids du surfeur et de son équipement, en régime stationnaire.

