

Le surf : un cas concret d'entraînement d'un objet par une onde

Héritier d'un sport ancestral Hawaïen appelé le He'e nalu, signifiant littéralement « glisser sur la vague », le surf est un sport aquatique popularisé en occident au XXème siècle. Étant moi-même passionné de surf, j'ai décidé de m'intéresser à la physique derrière le phénomène d'entraînement d'un objet par une onde.

Physiquement, le sport qu'est le surf consiste en l'entraînement d'un objet par une onde. Une onde est cependant définie comme la propagation d'une perturbation, de proche en proche, sans transport de matière. La compréhension du phénomène d'entraînement par une onde constitue un enjeu retrouvé dans d'autres domaines de la physique.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)*
- *PHYSIQUE (Mécanique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)	Mots-clés (en anglais)
-------------------------	------------------------

<i>Houle d'Airy</i>	<i>Airy wave theory</i>
---------------------	-------------------------

<i>Vague</i>	<i>Wave</i>
--------------	-------------

<i>Résolution numérique</i>	<i>Numerical method</i>
-----------------------------	-------------------------

<i>Planche de surf</i>	<i>Surfboard</i>
------------------------	------------------

<i>Entraînement par une onde</i>	<i>Transport by a wave</i>
----------------------------------	----------------------------

Bibliographie commentée

Pour le surfeur, surfer consiste à se maintenir en équilibre sur une planche glissant sur les vagues. D'un point de vue physique, le surf est un exemple d'entraînement d'un objet (le système composé du surfeur et de sa planche) par une onde (généralement une vague déferlante). Différents types de vagues exercent différents types de forces sur les planches. Les propriétés des vagues sont intimement liées à la bathymétrie (la topographie des fonds marins) [1]. Pour comprendre l'entraînement par les vagues, il faut donc d'abord être en mesure de modéliser différents types de vagues présentes sur les spots de surf.

Il existe de nombreux modèles permettant de modéliser différents types de vagues. Avec le **modèle linéaire d’Airy**, on peut proposer une expression de la célérité des vagues en fonction de leur profondeur relative. On distingue alors l’existence de deux régimes de vagues : un régime valable en eau peu profonde, et un autre valable en eau profonde [2].

En utilisant ces résultats et en exprimant les relations de passage donnant les coefficients de transfert et de réflexion au niveau de la discontinuité de la topographie des fonds marins, il est possible de proposer un modèle permettant de modéliser les effets d’une bathymétrie progressive (pente), ressemblant à celle que l’on pourrait observer le long d’un littoral, et de proposer des critères permettant de comprendre le phénomène de **déferlement bathymétrique** (déferlement des vagues à l’approche des côtes résultant du changement de bathymétrie) [3][4]. On peut alors réaliser des simulations numériques permettant, dans des cas simples, de prédire la célérité et la géométrie des vagues. Il est possible de reproduire des comportements similaires à une échelle plus petite avec un canal à vagues composé d’un aquarium et d’un générateur d’ondes, de manière à confronter ces résultats expérimentaux aux modèles théoriques.

Une fois les différents modèles de vagues établis, on peut étudier la capacité des ces différentes vagues à capturer une planche de surf. On observe l’existence de deux régimes : un régime de surf (la planche est entraînée par la vague et adopte sa vitesse) et un régime de dérive (la vitesse de la planche reste inférieure à celle de la vague) [5]. Les vagues exercent une force sur la planche de surf. L’expression de cette force dépend du type de vague (déferlante ou non). L’expression de cette force dépend également de la célérité de la vague (que l’on peut obtenir avec les modèles développés plus tôt). Un premier critère permet d’affirmer que **pour surfer, la force exercée par la vague sur la planche doit être supérieure à la force qui serait nécessaire pour mettre en mouvement la planche et l’accélérer à la vitesse de la vague** [5].

Problématique retenue

Une onde est définie comme la propagation d’une perturbation, de proche en proche, sans transport de matière. Tout objet à la surface de l’eau n’est pas systématiquement emporté au passage d’une onde. Dès lors, **comment expliquer l’entraînement d’une planche de surf par une onde ?**

Objectifs du TIPE du candidat

- Modéliser les vagues à l’aide d’un modèle linéaire (modèle d’Airy) et confronter ce modèle à des expériences réalisées dans un **canal à vagues** composé d’un aquarium et d’un générateur d’ondes.
- Étudier l’**influence de la bathymétrie** (topographie des fonds marins) sur le déferlement des vagues.

- Modéliser le phénomène de **capture d'une planche par des vagues** déferlantes et confronter ce modèle à des expériences réalisées dans un canal à vagues à l'aide de planches de surf miniatures réalisées par impression 3D.
- Étudier **l'influence de la forme** de la planche de surf sur son éventuel entraînement.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] ANTHONY EDWARDS : The Engineering Behind Surfing : <https://illuminate.usc.edu/the-engineering-behind-surfing/> (consulté en janvier 2024)
- [2] PIERRE-YVES LAGREE : Cours (M1) - Houle et Vagues. Ondes et Ecoulements en milieu naturel : *Juin 2023, Université Paris 6.*
- [3] ELODIE LAFITTE : Thèse - Modélisation de la propagation de la houle en présence de courants cisailés et par bathymétrie variable : *Décembre 2018.*
- [4] G. WHITHAM : Linear and nonlinear waves : *Juin 1999, John Wiley & Sons, Chapitre n°2.*
- [5] ELINE DEHANDSCHOEWERCKER : Thèse - Physique du Surf, ou sur l'entraînement de particules par des ondes : *Octobre 2016.*