

AMÉRIQUE DU NORD 2013 – EX.3

Surfez sur la vague (5 pts)

La houle est un train de vagues régulier généré par un vent soufflant sur une grande étendue de mer sans obstacle, le fetch. En arrivant près du rivage, sous certaines conditions, la houle déferle au grand bonheur des surfeurs !

Les documents utiles à la résolution sont rassemblés à la fin de l'exercice.

Donnée

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

1. La houle, onde mécanique progressive

1.1. Pourquoi peut-on dire que la houle est une onde mécanique progressive ?

1.2. Il est possible de simuler la houle au laboratoire de physique avec une cuve à ondes en utilisant une lame vibrante qui crée à la surface de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence $f = 23 \text{ Hz}$. On réalise une photographie du phénomène observé (document 1).

Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la vitesse de propagation v de l'onde sinusoïdale générée par le vibreur.

1.3. Au large de la pointe bretonne, à une profondeur de 3000 m, la houle s'est formée avec une longueur d'onde de 60 m.

En utilisant le document 2, calculer la vitesse de propagation v_1 de cette houle. En déduire sa période T .

Arrivée de la houle dans une baie

1.4.1. Sur la photographie aérienne du document 3, quel phénomène peut-on observer ? Quelle est la condition nécessaire à son apparition ?

1.4.2. Citer un autre type d'onde pour laquelle on peut observer le même phénomène.

2. Surfer sur la vague

La houle atteint une côte sablonneuse et rentre dans la catégorie des ondes longues.

2.1. Calculer la nouvelle vitesse de propagation v_2 de la houle lorsque la profondeur est égale à 4,0 m, ainsi que sa nouvelle longueur d'onde λ_2 . Les résultats obtenus sont-ils conformes aux informations données dans le document 4 ?

2.2. Pour la pratique du surf, la configuration optimale est :

- à marée montante, c'est-à-dire entre le moment de basse mer et celui de pleine mer ;
- avec une direction du vent venant Sud-Ouest.

Un surfeur consulte au préalable un site internet qui lui donne toutes les prévisions concernant le vent, la houle et les horaires des marées (document 5).

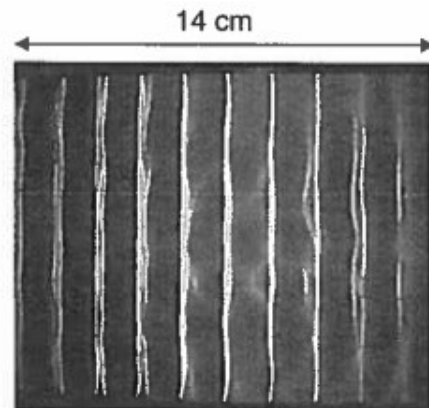
Proposer, en justifiant, un créneau favorable à la pratique du surf entre le jeudi 21 et le samedi 23 juin 2012.

2.3. Un autre phénomène très attendu par les surfeurs, lors des marées importantes est le mascaret.

Le mascaret est une onde de marée qui remonte un fleuve. Cette onde se propage à une vitesse v de l'ordre de $5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Le passage du mascaret étant observé sur la commune d'Arcins à 17h58, à quelle heure arrivera-t-il à un endroit situé à une distance $d = 13 \text{ km}$ en amont du fleuve ?

Document 1 : Simulation de la houle avec une cuve à onde



Document 2 : Vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau

- Cas des ondes dites « courtes » (en eau profonde) : longueur d'onde λ faible devant la profondeur h de l'océan ($\lambda < 0,5 \cdot h$)

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}}$$

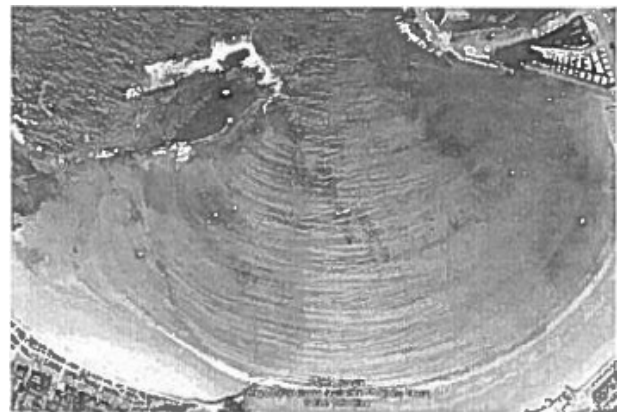
- Cas des ondes dites « longues » (eau peu profonde) : longueur d'onde λ très grande devant la profondeur h de l'océan ($\lambda > 10 \cdot h$)

$$v = \sqrt{g \cdot h}$$

g est l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

D'après www.ifremer.fr

Document 3 : Photographie aérienne de l'arrivée de la houle dans une baie



Document 4 : Déferlement des vagues sur la côte

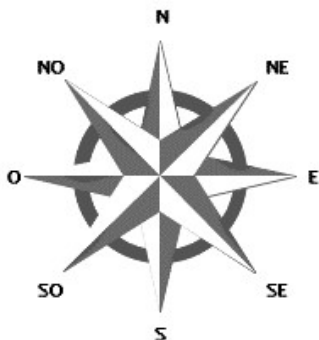
En arrivant près de la côte, la houle atteint des eaux peu profondes. Dès que la profondeur est inférieure à la moitié de la longueur d'onde, les particules d'eau sont freinées par frottement avec le sol. La houle est alors ralentie et sa longueur d'onde diminue. Ces modifications des caractéristiques de l'onde s'accompagnent d'une augmentation de l'amplitude. La période est la seule propriété de l'onde qui ne change pas à l'approche de la côte.

Ainsi en arrivant près du rivage, la vitesse des particules sur la crête est plus importante que celle des particules dans le creux de l'onde, et lorsque la crête n'est plus en équilibre, la vague déferle.

D'après www.ifremer.fr

Document 5 : Prévisions maritimes

GFS 04.06.2013 00 UTC	Je 21	Je 21	Je 21	Je 21	Je 21	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Ve 22	Sa 23	Sa 23	Sa 23	Sa 23	Sa 23	Sa 23
	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h	05h	08h	11h	14h	17h	20h
Vitesse du vent (nœuds)	4	7	16	23	21	22	17	15	15	15	15	12	10	10	10	13	14	15
Rafales (nœuds)	5	10	25	28	28	28	23	21	18	19	18	15	13	13	12	15	18	21
Direction du vent	↖	↑	↑	↗	↗	↗	↗	→	→	→	→	→	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Vagues (m)	0,7	0,7	0,9	1,3	1,7	2,1	2,6	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Période des vagues (s)	6	7	4	6	6	6	7	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
Direction des vagues	→	→	↗	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Température (°C)	13	14	14	14	15	14	14	14	15	15	15	14	13	14	15	16	16	14

**Tableau des marées - juin 2013**

Jour	Pleine mer (h:min)		Basse mer (h:min)	
	Jeudi 21 juin	06:54	19:08	00:58
Vendredi 22 juin	07:31	19:44	01:34	13:46
Samedi 23 juin	08:08	20:22	02:10	14:24
Dimanche 24 juin	08:47	21:02	02:49	15:04

Correction

1.1. Car il s'agit d'une perturbation mécanique (déformation de la matière) d'un milieu matériel, qui se propage (définition d'une onde). De plus, les maxima et les minima se déplacent eux aussi. (il ne s'agit pas d'une onde stationnaire). **[0,5 pt]**

1.2. On mesure la longueur de **plusieurs longueurs d'onde** (le plus possible pour être plus précis, soit 9 longueurs d'onde) sur la photo (9 $\lambda \rightarrow 5$ cm sur la photo). L'échelle étant donnée (14 cm en réalité $\rightarrow 5,5$ cm sur la photo), on en déduit la longueur de ces longueurs d'onde dans la réalité : $9\lambda = 14 \times 5 / 5,5 = 12,7$ cm). Soit $\lambda \cong 1,41$ cm.

À partir de la relation $v = \lambda \cdot f$, on obtient $v = 1,41 \times 23 \cong 32,5$ cm·s⁻¹ **[1 pt]**

1.3. Cas des ondes « courtes » : $v_1 = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 60}{2\pi}} \cong 9,7$ m·s⁻¹.

Pour la période : $T = \lambda / v = 60 / 9,7 \cong 6,2$ s **[0,5 pt]**

1.4.1. Diffraction. La houle rencontre un obstacle dont la taille n'est pas très différente de sa longueur d'onde. **[0,75 pt]**

1.4.2. Ondes lumineuses **[0,25 pt]**

2.1. Cas des ondes « longues » : $v_2 = \sqrt{g \cdot h} = \sqrt{9,8 \cdot 4} \cong 6,3$ m·s⁻¹

La période des vagues ne changent pas (période et fréquence sont des caractéristiques intrinsèques d'une onde), donc $\lambda = v_2 \cdot T = 6,3 \times 6,2 = 39$ m.

λ et v diminuent lorsque l'eau est moins profonde, en accord avec le doc. 4 **[1 pt]**

2.2. Il faut repérer les moments entre la marée basse et la marée haute (et pas l'inverse !) où le vent souffle en direction du nord-est. Ceci correspond au jeudi 21 entre 5h et 7h, entre 14h et 19h ou samedi 23 entre 14h et 20h. **[0,5 pt]**

2.3. Pour parcourir 13 km, il faut une durée $\Delta t = 42,5$ minutes. Le mascaret arrivera à environ 18h40 **[0,5 pt]**