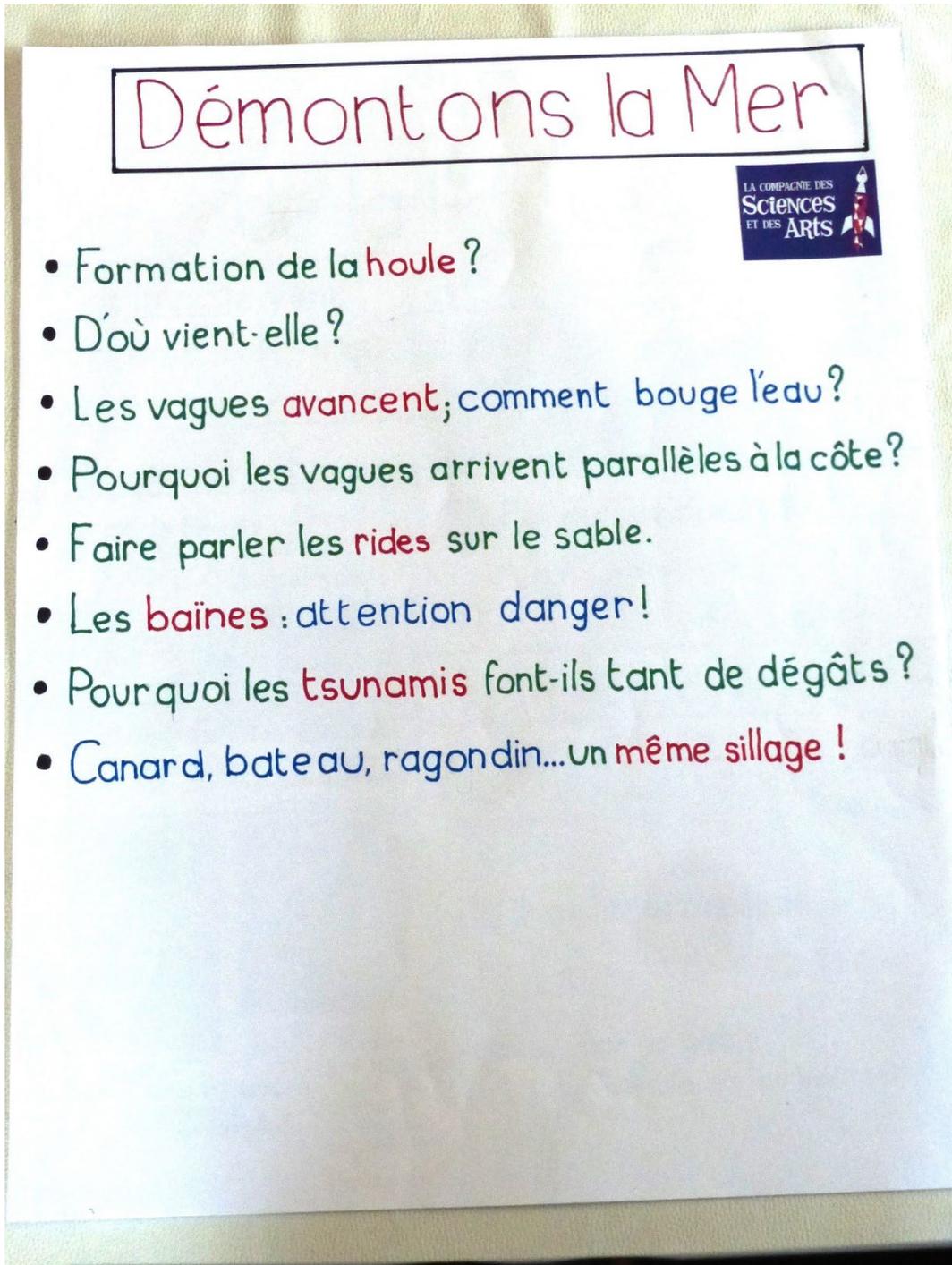


Copies des affiches résumant les points abordés dans l'atelier sur les vagues.

Contact : [patrick.roudeau@ijclab.in2p3.fr](mailto:patrick.roudeau@ijclab.in2p3.fr)



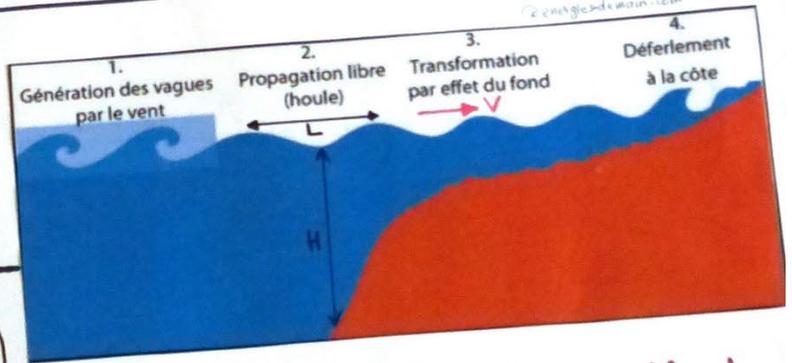
*Quelques questions auxquelles cet atelier donnera les réponses.*

# Origine et Propagation de la Houle



## Origine: le vent

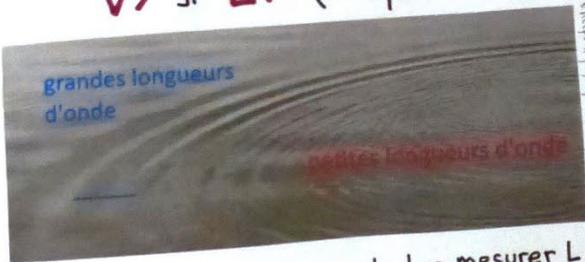
- très loin d'ici (~1000 km)
- sur de vastes zones



## Vitesse de la houle (v)

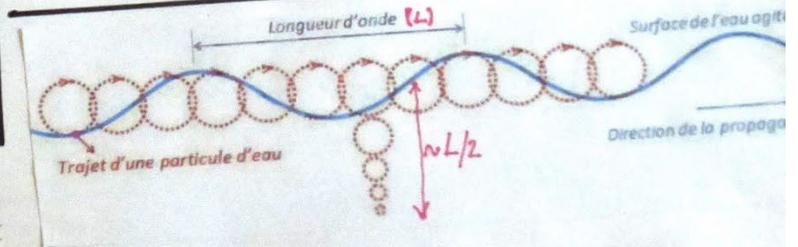
- **grands fonds**:  $H \gg L$
- $v \uparrow$  si  $L \uparrow$  (dispersion)

- **Faible profondeur**:  $H \ll L$
- $v \downarrow$  si  $H \downarrow$  (ralentissement, déferlement)



• Sur nos plages → grands L → mesurer L → idée de l'origine des vagues

## Mouvement de l'eau



• la houle progresse ...  
 OLA pas l'eau



**Rides fossiles**  
 à 2000 m dans l'Oisins  
 → mer peu profonde  
 il y a 250 Ma (Pangée)

Rides sur le sable  
 issues de courants  
 ... pas de vaguelettes

**Pourquoi?**

• rides sur le sable  
 perpendiculaires au mouvement de l'eau

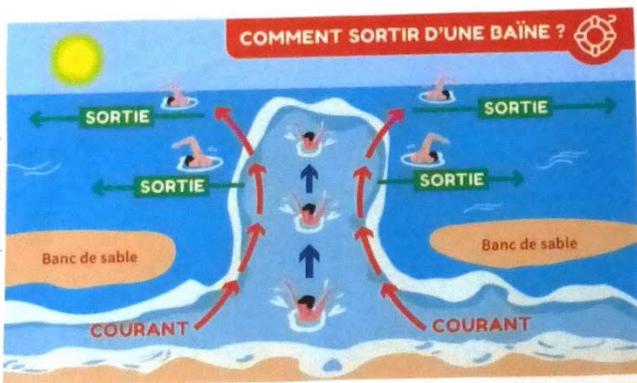


P. Roudeau

# Baïnes

Cuvettes creusées par la houle dans l'estran, remplies à marée haute.

Identification: zone d'eau calme entre déferlentes.



## Danger!

- n'essayez pas de remonter le courant
- revenez plus loin en passant au large

Plus fort danger  
à mi-marée  
quand l'eau s'évacue par un étroit chenal.

- 3 dernières heures, à marée descendante
- 3 premières heures, à marée montante



Daniel Bernoulli  
(1700-1782 Suisse)  
Si la vitesse d'un fluide augmente, la pression diminue.



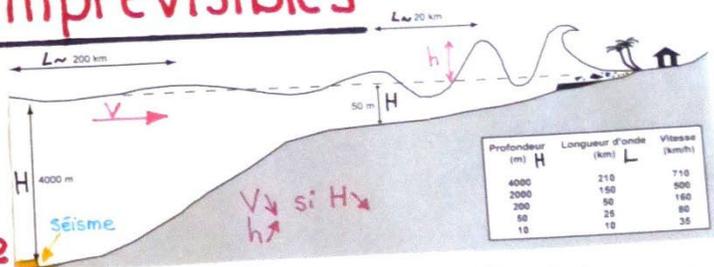
P. Roudeau

# Tsunamis

vague du port  
raz-de-marée

Rares, dangereux, "imprévisibles"

- séismes (80%) en mer  
toute la colonne d'eau  
bouge → énergie énorme



- vitesse énorme en pleine mer, hauteur faible (~m)
- ralentit à la côte, hauteur énorme (~10m)

## Origines:



Propagation du tsunami de 2004



**Séismes**  
Sumatra (2004)  
h ~ 25-30m  
~250 000 morts  
record de décès  
affecte tout  
l'océan Indien

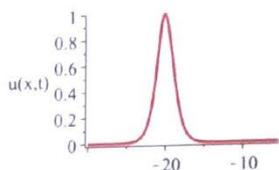


**Tohoku (2011) (Fukushima)**  
h ~ 30m, 20 000 morts



**Lisbonne (1755)**  
h?, milliers de morts

## Physique



vague = soliton  
pas déformée  
(étalement est compensé)  
équation de Korteweg-de Vries



**Volcans**  
Krakatoa (1883)  
h ~ 30m, 36 000 morts

**Météo (Tempête)**  
France (1924)  
(côte atlantique)  
dizaines de morts



**Astéroïde** Chicxulub (Yucatan)  
66 Ma, h ~ 1000m, Ø ~ 14km  
disparition de 50-75% des espèces  
(pas uniquement due aux tsunamis)  
~ 30 000 fois l'énergie de celui de

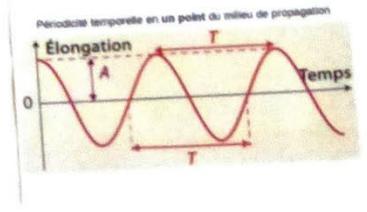
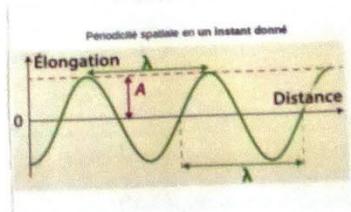
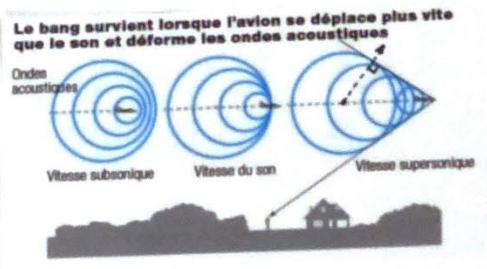
# Vagues de Choc



## Onde "idéale":

Ex: onde sonore

$$c = \frac{\lambda}{T} = v_{\text{énergie}}$$



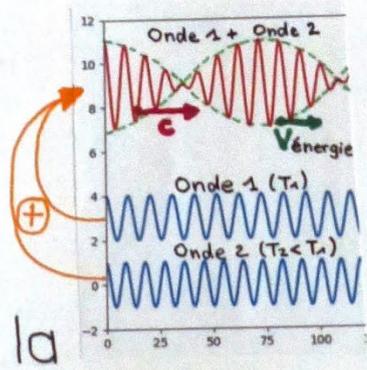
Si  $v_{\text{avion}} > v_{\text{son}}$  les ondes émises dans une direction précise ( $\theta$ ) s'additionnent  $\rightarrow$  concentration d'énergie sur un cône  $\rightarrow$  "Bang"

$$\sin(\theta) = \frac{c}{v_{\text{avion}}}; c = 340 \text{ m/s} = 1200 \text{ km/h}$$

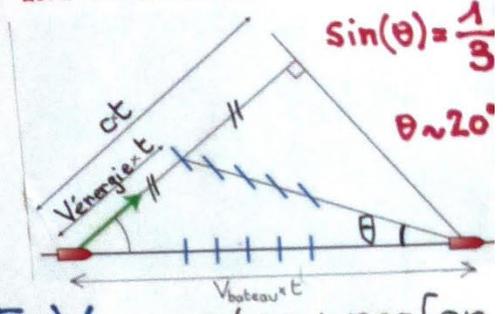
## Onde réelle:

dispersion

- pas une simple oscillation
- interaction avec la matière



Lord Kelvin (1887)



$$\sin(\theta) = \frac{1}{3}$$

$$\theta \sim 20^\circ$$

Ex: Vagues (eau profond)

$$v_{\text{énergie}} = \frac{c}{2}$$

TRÈS

SURPRENANT



Canard, gros bateau, bâton déplacé, ...

Valable aussi sur la Lune ou Mars, toute taille ou vitesse\*, avec tout liquide, à toute température, ...

Même Sillage!