

ALERTE TSUNAMI DANS MA CUISINE

ÉNONCÉ DESTINÉ AUX ELEVES

Les compétences travaillées sont

- Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde.
- Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde. Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde.

« Cher prof,

J'ai vu qu'il existait un moyen d'alerter les gens sur les tsunamis, comment cela fonctionne-t-il ?
Et surtout de combien de temps les gens disposent-ils pour réagir ?

Florent

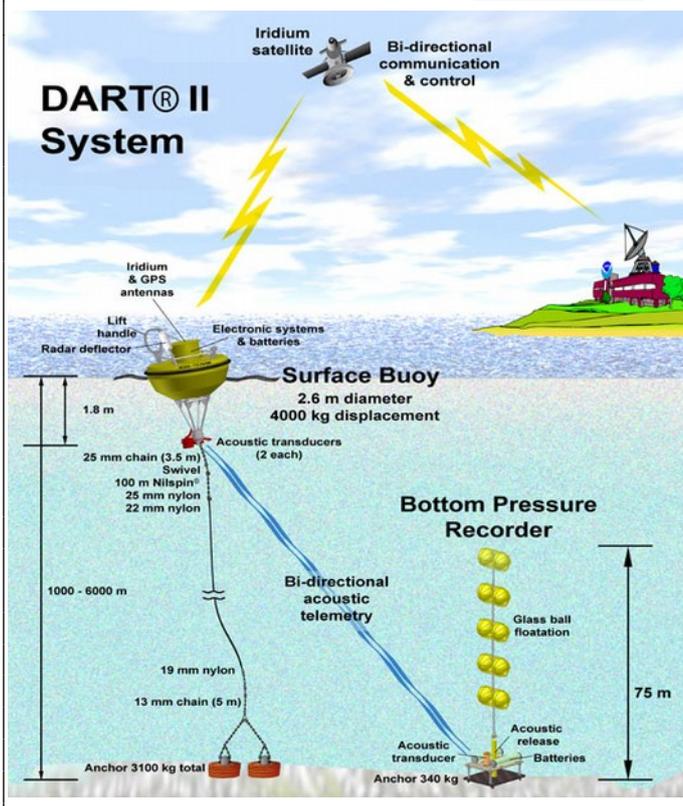


La Grande Vague de Kanegawa, la plus célèbre estampe des 36 vues du Mont Fuji réalisée par Hokusai, 1830 - Metropolitan museum of art.

Vous devez aider Florent à comprendre comment fonctionne le dispositif DART d'alerte aux tsunamis ainsi que le temps dont disposent les gens pour réagir.

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION :

Document 1 : Dispositif DART



Le **DART®**, pour Deep océan Assessment and Reporting of Tsunamis, est un système de mesure déployé depuis près de 30 ans sur le pourtour de l'océan Pacifique.

Aujourd'hui à sa 4^{ème} génération, le principe demeure identique.

Il s'agit d'un **capteur de pression** déposé en grande profondeur (plusieurs milliers de mètres). Il est en communication avec une antenne-bouée fixée par une ancre à proximité (voir le schéma plus loin). La communication entre le capteur de profondeur et l'antenne se fait par onde radio. Le signal est alors transmis à un centre côtier par des satellites de communication.

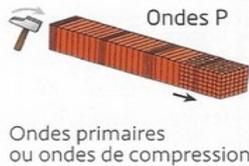
La pression directement reliée à la hauteur d'eau permet de calculer les variations du niveau marin.

ALERTE TSUNAMI DANS MA CUISINE

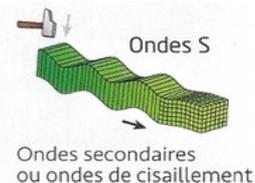
Document 2 : Ondes sismiques

Les ondes sismiques sont des **ondes de volume** se propageant dans toutes les directions (**trois dimensions**) et dans tout le volume du globe alors que d'autres types d'ondes se propagent seulement dans une ou deux directions (**une ou deux dimensions**)

On distingue deux types d'ondes sismiques :



- les ondes de type P sont associées à une perturbation (en l'occurrence une compression) qui est **longitudinale**, ce qui signifie qu'elle s'effectue dans la même direction que la direction de propagation de l'onde. Ces ondes se propagent dans tous les milieux.

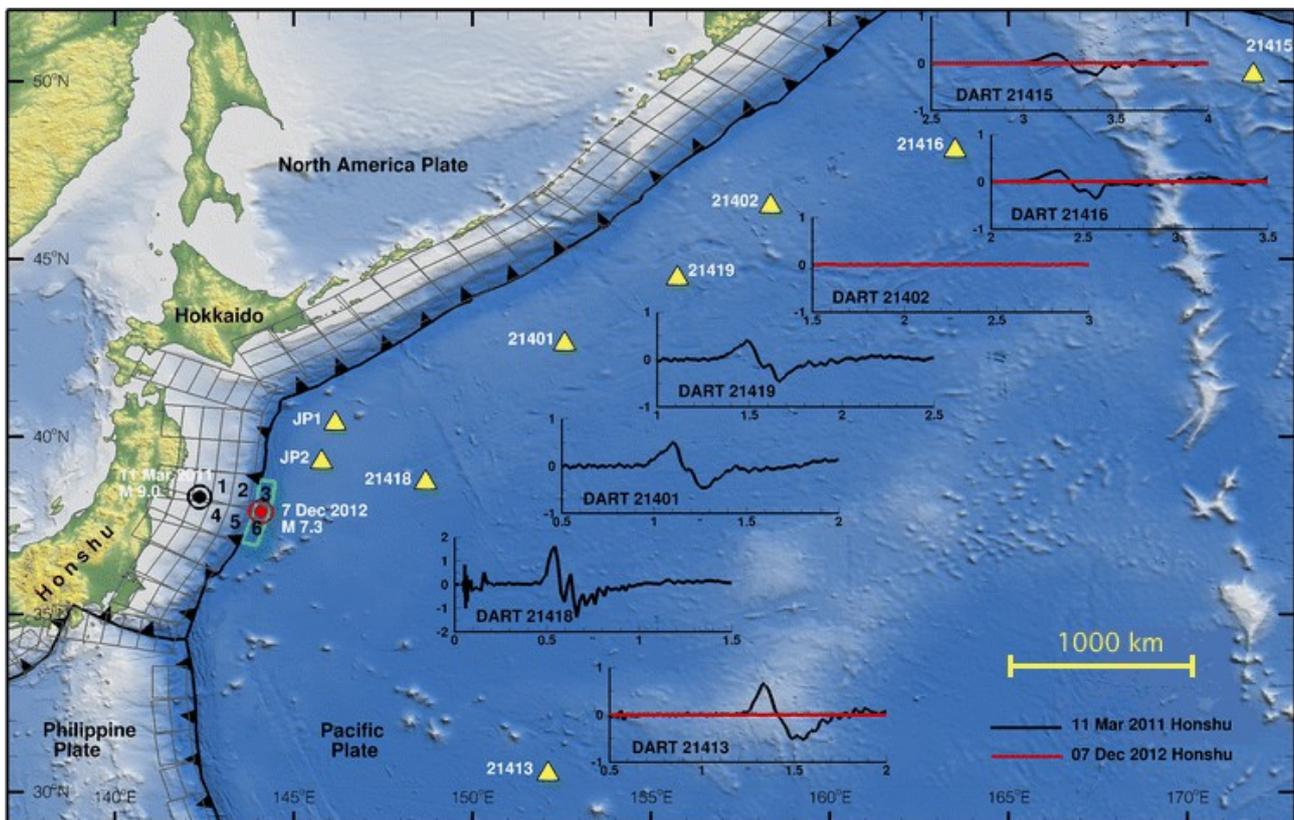


- les ondes de type S sont associées à une perturbation (en l'occurrence un cisaillement) qui est **transversale**, ce qui signifie qu'elle s'effectue dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde. Ces ondes ne se propagent pas dans les liquides.

Document 3 : Tsunami au Japon

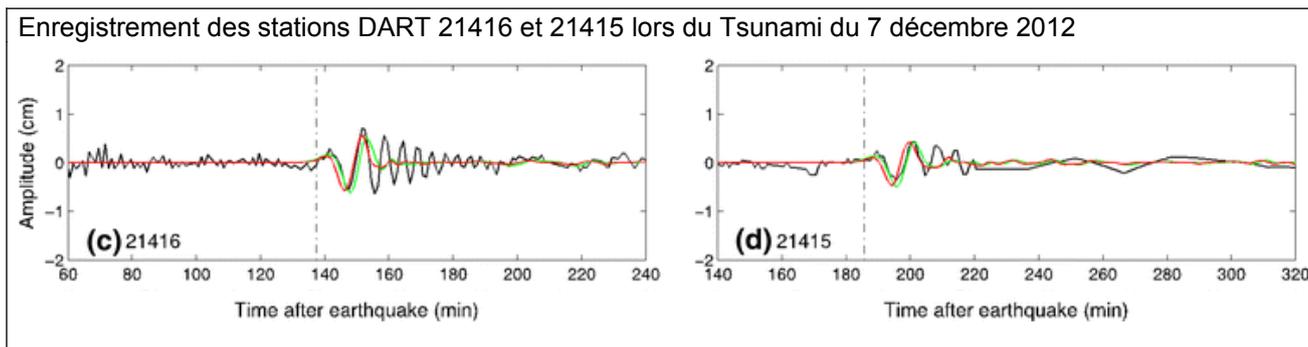
La carte ci-dessous donne les emplacements de 6 stations DART (triangles jaunes) qui ont enregistré le tsunami du tremblement de terre du 7 décembre 2012 (cercle rouge). JP1 et JP2 sont des stations DART japonaises; 21413, 21416 et 21415 sont des stations DART américaines; 21402 est une station DART russe. À titre de comparaison avec le tsunami du 11 mars 2011 (l'épicentre du tremblement de terre est un cercle noir), le tracé de la série chronologique du tsunami adjacent aux stations montre le tsunami de 2011 sous forme de ligne noire et pour le tsunami de 2012 sous forme de ligne rouge. A noter que la station DART 21402 a été déployée après le tsunami de 2011, donc pas de ligne noire. Les stations 21419, 21418 et 21401 n'étaient pas opérationnelles le 7 décembre 2012. Les cases grises représentent les sources unitaires de tsunami, et les deux cases vertes sont des sources unitaires de défauts normaux qui ont été développées spécifiquement pour le tsunami du 7 décembre 2012.

Remarque importante : l'abscisse des enregistrements est en heures.



<https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-013-0720-8/figures/1>

ALERTE TSUNAMI DANS MA CUISINE



MATERIEL MIS A DISPOSITION :

- Plat à gratin ou plaque de four
- De l'eau
- Une règle graduée
- Un téléphone portable
- Ordinateur avec pymecavideo qui peut être téléchargé à l'adresse suivante :
<https://outilsphysiques.tuxfamily.org/wiki/index.php?title=Pymecavideo>
- Deux petits corps flottants (comme des rondelles de bouchons)

TRAVAIL A FAIRE :

➤ Les ondes sismiques :

1. A partir des documents 2 et 3, déterminer à quel le type d'onde sismique les station DART sont sensibles ? Quelle est alors la vitesse de ces ondes ?

Dans le dispositif DART, l'onde sismique est enregistrée par des capteurs de pression que sont **dans l'eau** à grande profondeur (Bottom Pressure recorder). Or seules les ondes de type P (de compression) peuvent se propager dans l'eau.

Pour déterminer la vitesse de ces ondes, j'ai mesuré sur la carte du document 3 (directement sur l'écran en zoomant) :

- L'échelle (qui dépend du zoom utilisé) de ce document j'ai trouvé $6 \text{ cm} \Leftrightarrow 1000 \text{ km}$
 - J'ai mesuré (en conservant le même zoom) la distance entre les stations DART 21416 et 21415 pour lesquelles ont à des enregistrements précis et j'ai trouvé $d_{\text{DART 21416-DART21415}} = 10,1 \text{ cm}$
- Soit en utilisant l'échelle une distance $d_{\text{DART 21416-DART21415}} = 10,1 \text{ cm} \Leftrightarrow 1683 \text{ km}$
 $6 \text{ cm} \Leftrightarrow 1000 \text{ km}$

D'après les enregistrements des stations DART 21416 et 21415, on constate un retard de perception de l'onde sismique égal à 50 min (186 min – 136 min) soit 3000 s.

On en déduit la vitesse de l'onde sismique dans l'eau

$$v = d/t = 1683/3000 = 0,561 \text{ km/s}$$

(pour information la vitesse de ce même type d'onde dans le sol est de l'ordre de 10 km/s)

Soit une vitesse de propagation de l'onde sismique dans l'eau 20 fois moins rapide que dans le sol.

ALERTE TSUNAMI DANS MA CUISINE

2. Déterminer la durée au bout de laquelle la station DART la plus proche de l'épicentre du séisme, qui c'est produit le 7 décembre 2012 au Japon, a perçu les ondes sismiques.

D'après la carte du document 3, la station la plus proche de l'épicentre du séisme est la station DART 21418 qui se situe à une distance de 7,4 cm soit 1233 km.

Pour parcourir cette distance l'onde sismique met $\Delta t = d/v = 1233/0,561 = 2198\text{s}$ soit environ 37 min (Ce qui correspond à ce que l'on peut voir sur l'enregistrement de DART 21418.)

➤ La vague du tsunami du 7 décembre 2012 :

3. Proposer un protocole permettant de déterminer, à l'aide de la liste de matériel mentionné disponible dans une cuisine, la vitesse de propagation de la vague destructive du tsunami.

Etape 1 : Mettre de l'eau dans un récipient (plat à gratin, lèche frite de four....)

Etape 2 : Mettre deux corps flottants témoins à la surface de l'eau. Mettre à proximité du récipient une règle graduée pour avoir une échelle.

Etape 3 : Filmer le déplacement d'une perturbation réalisée soit avec un objet à la surface de l'eau dans le récipient, soit en soulevant légèrement puis en lâchant le récipient.

Etape 4 : ouvrir le vidéo dans pyncavideo et déterminer les instants t_1 et t_2 où la perturbation arrive au niveau des témoins pointer alors les positions x_1 et x_2 .

Etape 5 : Calculer la vitesse $v = d/\Delta t = (x_2 - x_1)/(t_2 - t_1)$

4. Mettre en œuvre le protocole.

Pour la vidéo 1 :

on trouve $t_1 = 0\text{ s}$ avec $x_1 = 0,097459\text{ m}$ et $t_2 = 1,2679\text{ s}$ avec $x_2 = -0,0433\text{ m}$.

on a donc $v_1 = (x_2 - x_1)/(t_2 - t_1) = 0,111\text{ m/s}$ soit $399,66\text{ m/h} \approx 0,4\text{ km/h}$

Pour la vidéo 2 :

on trouve $t_1 = 0\text{ s}$ avec $x_1 = 0,00426\text{ m}$ et $t_2 = 0,601671\text{ s}$ avec $x_2 = 0,18306\text{ m}$.

on a donc $v_2 = (x_2 - x_1)/(t_2 - t_1) = 0,2971\text{ m/s}$ soit $1069\text{ m/h} \approx 1,07\text{ km/h}$

La vitesse moyenne obtenue grâce aux deux vidéos est de $v = (v_1 + v_2)/2 = 0,735\text{ km/h}$

La vitesse de propagation d'une vague de surface dépend de la profondeur d'eau. C'est pourquoi il faut multiplier la valeur que l'on a trouvé par 100 pour avoir l'ordre de grandeur de la vitesse réelle d'une vague de tsunami.

On en déduit que la vitesse réelle de la vague est de l'ordre de 73,5 km/h.

4. Déterminer le temps qu'ont les habitants de Honshu pour se mettre hors de danger.

D'après la carte du document 3, l'épicentre du séisme se trouve à une distance de 1 cm (mesure directe sur l'écran avec le même zoom) ce qui correspond à environ 167 km.

Pour parcourir la distance qui sépare l'Épicentre du séisme à la côte, la vague va mettre une durée :

$\Delta t = d_{\text{Épicentre-côte}}/v_{\text{vague}} = 167/73,5 = 2,27\text{ h}$ soit 2h16 min

Sachant que le dispositif DART perçoit l'nde sismique 50 min après son émission, cela signifie qu'il reste environs 2h aux habitants pour se mettre en sécurité.

ALERTE TSUNAMI DANS MA CUISINE

➤ Synthèse :

6. Expliquer de manière claire et organisée, comment le dispositif d'alerte DART fonctionne.

Lors d'un séisme, les ondes de type P de compression se déplacent dans l'eau à une vitesse d'environ 0,56 km/s (soit 2000 km/h vitesse du son dans l'eau pour une profondeur de 500m) et sont enregistrées par les capteurs de pression de toutes les stations DART. La station qui enregistre la première l'onde sismique envoie un message d'alerte grâce à un relai satellite. Les habitants disposent pour se mettre à l'abri d'un temps qui peut aller jusqu'à plusieurs heures avant que la vague du tsunami frappe les côtes étant donné que la vitesse de la vague est de l'ordre de 75 km/h à l'approche des côtes.

Attention dans les zones de haut fond la vitesse de la vague peut atteindre 800 km/h