

# Le séisme du 26 Décembre 2004 et ses conséquences

## I. Le séisme

### 1. Ondes sismiques

Lors d'un séisme, deux plaques rocheuses glissent l'une sur l'autre au niveau d'une faille. Les frottements donnent naissance à des ondes sismiques qui se propagent dans le globe terrestre.

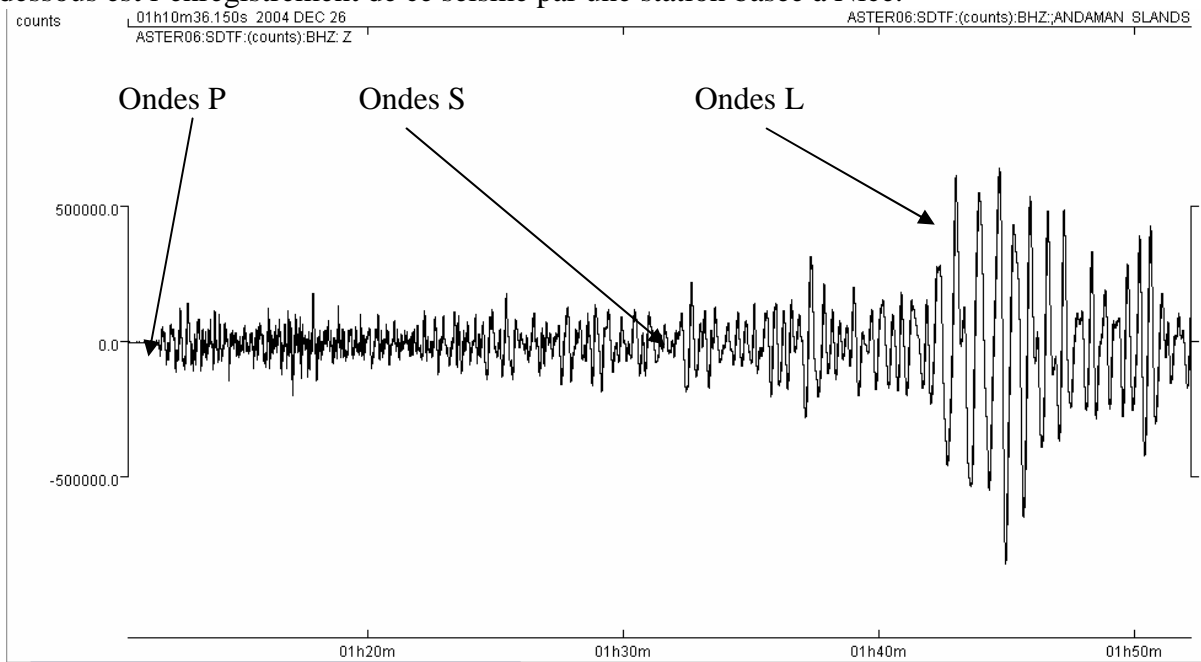
Des sismomètres placés en divers points de la surface de la terre enregistrent les ondes produites.

L'étude de ces ondes permet, entre autres, de connaître la structure interne de la terre.

a. Les ondes sismiques appartiennent au domaine des ondes mécaniques.

Donner la définition générale d'une onde mécanique.

Le 26 Décembre 2004 à 0h58 U.T., un séisme a eu lieu à proximité de l'île de Sumatra. Le document ci-dessous est l'enregistrement de ce séisme par une station basée à Nice.



Sur cet enregistrement, le temps est indiqué en temps universel (U.T.) égal à l'heure sur le méridien de Greenwich. Il apparaît trois types d'ondes sismiques :

- les ondes P, premières, sont des ondes longitudinales,
  - les ondes S, secondes, sont des ondes transversales,
  - les ondes L, longues, sont plus complexes,
- dont les dates d'arrivées sont indiquées par des flèches.

b. Définir une onde longitudinale.

c. Parmi les ondes P et S, laquelle, selon vous, est de type sonore ?

### 2. Détermination de la distance du foyer à la station enregistreuse

Considérons une onde sismique qui se propage à partir du foyer à la date  $t=0$ . Une station enregistreuse est située à une distance  $d$  du foyer. On note  $V_P$  la célérité de l'onde P et  $V_S$  la célérité de l'onde S dans la croûte.

a. Donner l'expression de  $t_P$  et  $t_S$ , dates d'arrivées respectivement des ondes P et S à la station enregistreuse.

On ne peut pas connaître précisément  $V_P$  et  $V_S$ . Cependant, on sait qu'elles obéissent à la relation :

$$\left(\frac{1}{V_S} - \frac{1}{V_P} \approx \frac{1}{8}\right)$$

où  $V_P$  et  $V_S$  sont exprimés en  $\text{km.s}^{-1}$ .

- b. Si on mesure les dates  $t_P$  et  $t_S$ , établir, en utilisant la relation qui existe entre les vitesses, l'expression de la distance  $d$  en fonction de ces dates.
- c. Mesurer l'intervalle de temps séparant l'arrivée de ces deux ondes sur l'enregistrement ci-dessus. En déduire la distance  $d$  à laquelle a eu lieu le séisme.

Avec de telles méthodes, la détermination du foyer d'un séisme est rapide et aisée en utilisant un réseau de sismomètre. Dans le cas du séisme de Sumatra, un bulletin d'alerte sismique fut publié à Hawaï dès 1h14 UT, précisant son intensité et sa localité.

## II. Le tsunami

Un tsunami est un phénomène d'origine géologique qui prend naissance à la suite d'un séisme sous-marin. Une masse d'eau énorme est alors brusquement déplacée sur toute la hauteur de l'océan. Les vagues créées dont la longueur d'onde peut atteindre 200 km contiennent une énergie considérable. En pleine mer, ces vagues produisent une élévation du niveau de la surface de l'eau, faible, de quelques dizaines de centimètres à un mètre, qui, se mêlant à la houle produite par le vent passent inaperçues. Elles se propagent à partir de l'épicentre du séisme dans toutes les directions.

Le séisme du 26 Décembre 2004 à Sumatra a produit un tsunami qui peut être considéré comme une onde plane progressive sinusoïdale d'axe Nord-Sud (voir le document 1 de l'annexe). Il s'est propagé sur un fond océanique moyen de 3000 m. Frappant d'abord l'Indonésie puis l'Inde et les côtes Africaines, les vagues de 6 à 10 mètres de hauteur firent des centaines de milliers de victimes.

Données : La célérité des ondes périodiques à la surface de la mer ou d'un canal obéit à des lois différentes selon la profondeur  $h$  de l'eau :

- En eau peu profonde, c'est à dire lorsque  $h$  est inférieure à un dixième de la longueur d'onde,  $v = \sqrt{gh}$ .
- En eau profonde, c'est à dire lorsque  $h$  est supérieur à une demi longueur d'onde,

$$\text{alors } v = \sqrt{\frac{g \lambda}{2 \pi}}.$$

On prendra  $g=9,80 \text{ m.s}^{-2}$ .

### 1. Propagation du tsunami

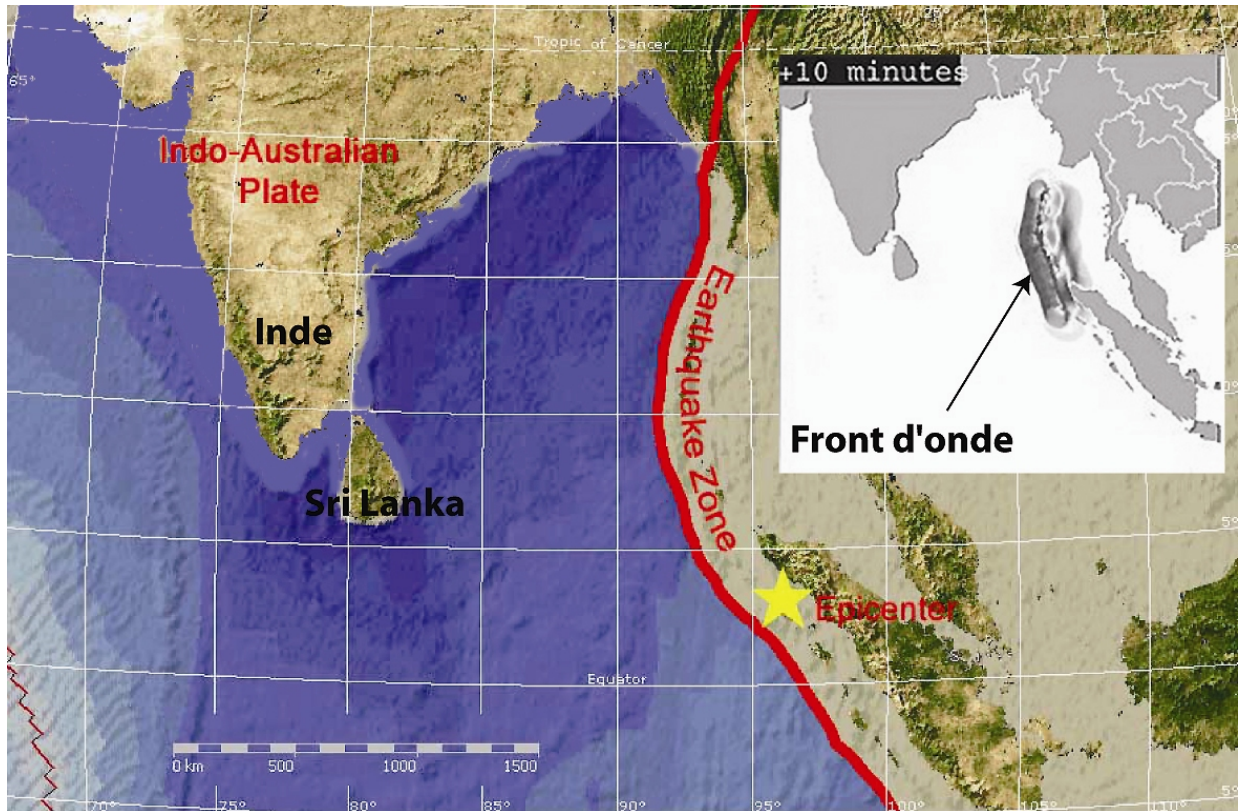
- a. Peut-on considérer que la propagation d'un tsunami à la surface de l'océan indien a lieu en eau profonde ?
- b. A quelle célérité le tsunami a traversé l'océan indien ?
- c. Quelles sont les valeurs de la période et de la fréquence de l'onde ?
- d. En mesurant la distance entre l'épicentre et les côtes du Sri Lanka, calculer l'heure d'arrivée du tsunami sur les côtes du Sri Lanka. Conclure quand aux possibilités de prévision de l'arrivée du tsunami.

### 2. Arrivée sur la côte

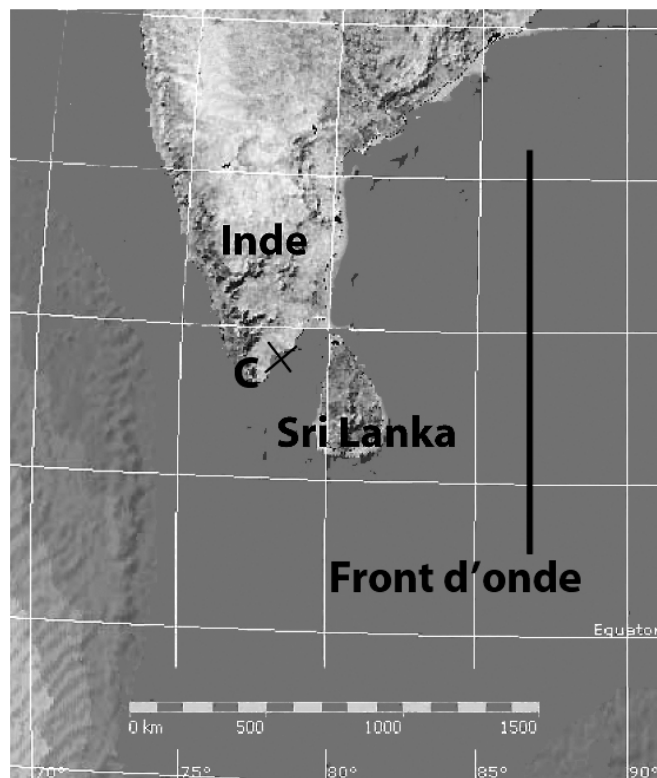
- a. Comment la célérité du tsunami évolue-t-elle quand il s'approche de la côte ?
- b. Sous quelles formes l'énergie mécanique transportée par le tsunami existe-t-elle ? Pourquoi la hauteur de la vague passe-t-elle de quelques dizaines de centimètres en pleine mer, à une dizaine de mètres le long de la côte ?

### 3. Protection

- a. Quel phénomène observe-t-on lorsqu'une onde rencontre un obstacle ?
- b. Quel doit être l'ordre de grandeur de l'obstacle pour que le phénomène soit conséquent ?
- c. Le front d'onde du tsunami est représenté sur le document 2 de l'annexe. Le point C de la côte indienne a-t-il été protégé du tsunami ?



Document 1



Document 2