

## EXERCICE LES SONS CHEZ LES DAUPHINS (4 points)

Beaucoup d'animaux tels que les dauphins, les éléphants, et les chauve-souris utilisent des « sons » pour communiquer entre eux, chasser leur proie ou pour se localiser. Le cas des dauphins est particulièrement intéressant étant donné leur capacité à utiliser ce mode de « langage » presque à l'égal des humains comme le disent certains scientifiques.

### A – Généralités sur les sons

Un son est un phénomène physique lié à la transmission d'un mouvement vibratoire. Tout objet susceptible de vibrer peut générer un son aussi longtemps que les vibrations sont entretenues. Pour entendre un son, il faut que les vibrations soient transportées jusqu'au récepteur par un milieu, par exemple l'air mais aussi les liquides et les solides. Les molécules du milieu qui reçoivent une impulsion sont mises en mouvement dans une certaine direction. Elles rencontrent d'autres molécules qu'elles poussent devant elles en formant ainsi une zone de compression. A la compression succède une détente et ainsi de suite: il s'établit alors une série d'oscillations qui se transmettent de proche en proche.

1. Définir une onde mécanique.
2. Un modèle permettant d'étudier la propagation des sons consiste à découper le milieu de propagation en tranches identiques susceptibles de se comprimer et de se détendre. On fait correspondre à chaque tranche un chariot et un ressort (**voir figure 1 annexe**). Une brève impulsion sur le premier chariot permet de simuler la propagation d'une onde.
  - a) D'après le modèle, l'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.
  - b) De quelle propriété du milieu, modélisée par le ressort, la célérité d'une onde mécanique dépend-elle ?
  - c) De quelle propriété du milieu, modélisée par la masse d'un chariot, la célérité d'une onde mécanique dépend-elle ?

### B – Le biosonar des dauphins: écholocalisation

Le dauphin est un mammifère de la famille des cétacés. Il perçoit, comme l'homme, les sons ayant une fréquence de 20 Hz à 20 kHz. Il est aussi capable d'émettre et de capter des ultrasons lui permettant de se localiser par écho grâce à un sonar biologique.

1. A quelles fréquences se situent les ultrasons ?
2. Pour étudier expérimentalement les ultrasons produits par les dauphins, on dispose d'un émetteur et de deux récepteurs à ultrasons que l'on place dans un récipient rempli d'eau. L'émetteur génère une onde ultrasonore progressive et sinusoïdale. Un oscilloscope permet d'enregistrer les signaux détectés par chaque récepteur séparé d'une distance  $d$  égale à 12 mm, le récepteur 1 étant le plus proche de l'émetteur. On obtient l'oscillogramme de la **figure 2 donné en annexe**.

- a) Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises.
- b) Quel est le retard que présente la détection des ondes au niveau du récepteur 2 par rapport au récepteur 1, sachant que ce retard est inférieur à la périodicité temporelle. En déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.
- c) Définir puis calculer la longueur d'onde des ondes ultrasonores dans l'eau.

*Les dauphins n'émettent pas des ultrasons en continu mais des salves ultrasonores très brèves et puissantes appelées « clics ». Ces clics sont émis par séries formant un large faisceau appelé « trains de clics ». La durée d'un train de clics et le nombre de clics contenus dans le train dépendent de leur fonction: localisation du dauphin ou recherche de nourriture.*

*On suppose que les clics d'un même train sont émis à intervalles de temps réguliers et ont la même fréquence.*

3. La **figure 3 (annexe)** est un exemple de clic. La **figure 4 (annexe)** représente le train de clics correspondant où les clics sont représentés par des traits verticaux. Comparer la durée totale d'un clic et la durée entre deux clics d'un train. Justifier la représentation d'un train de clics (**figure 4**).
4. Afin de se localiser, le dauphin émet d'autres clics de fréquence 50 kHz et de portée de plusieurs centaines de mètres. Ces clics, espacés de 220 ms se réfléchissent sur le fond marin ou les rochers et sont captés à leur retour par le dauphin. La perception du retard de l'écho lui fournit des informations concernant l'aspect du fond marin ou la présence d'une masse importante (bateau ou nourriture).  
La célérité des ultrasons dans l'eau salée à 10 m de profondeur est de  $1530 \text{ m.s}^{-1}$ .
  - a) La **figure 5 (annexe)** montre, pour un même train, les clics émis et reçus par écho. Déterminer l'intervalle de temps  $\Delta t$  séparant l'émission d'un clic et la réception de son écho, sachant que ce retard est inférieur à la durée entre deux clics.
  - b) En déduire la distance H à laquelle se trouve le dauphin du fond marin.

Figure 1

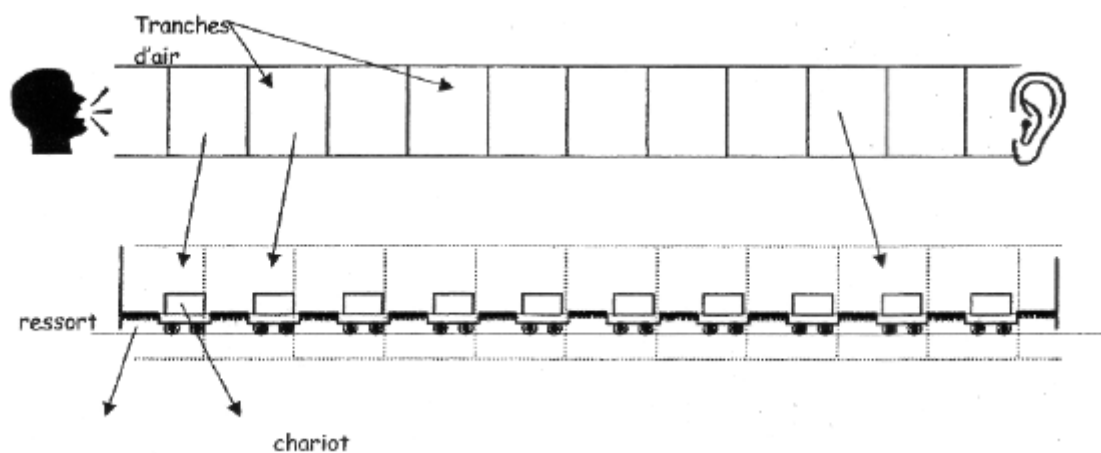


Figure 2

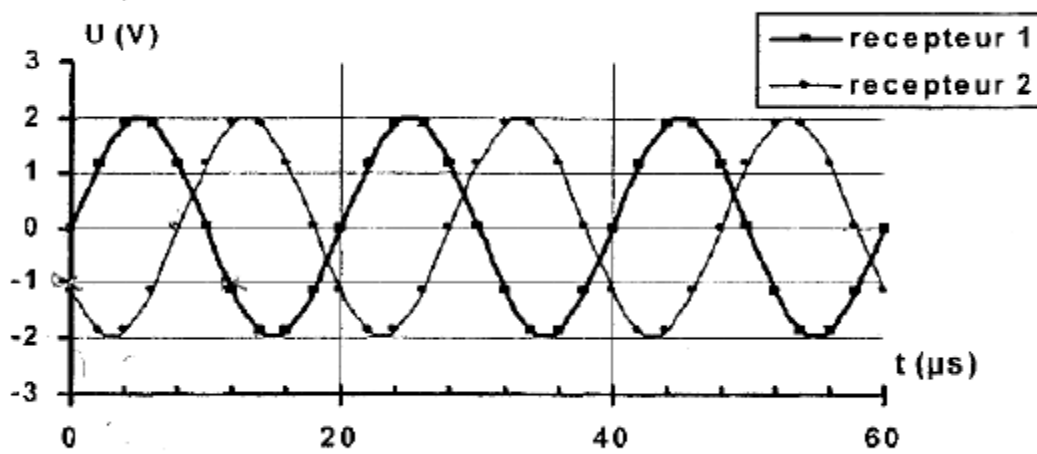


Figure 3: un clic

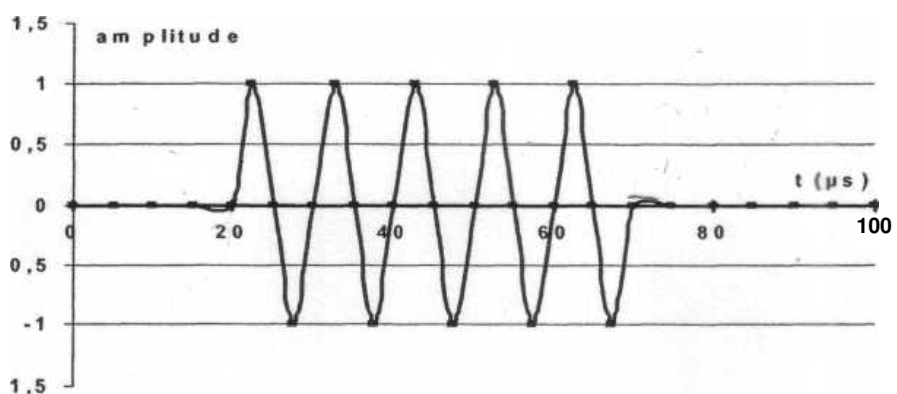


Figure 4: train de clics

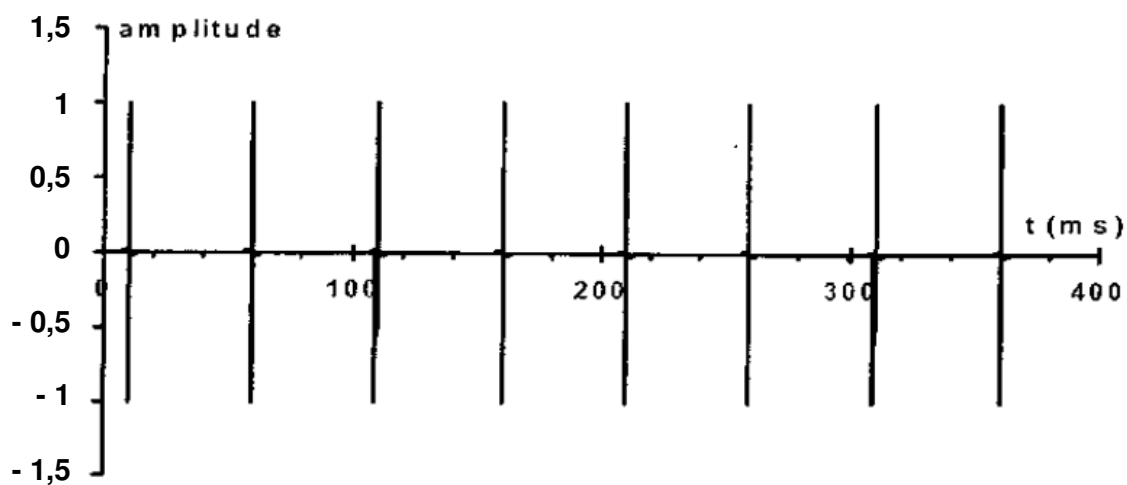
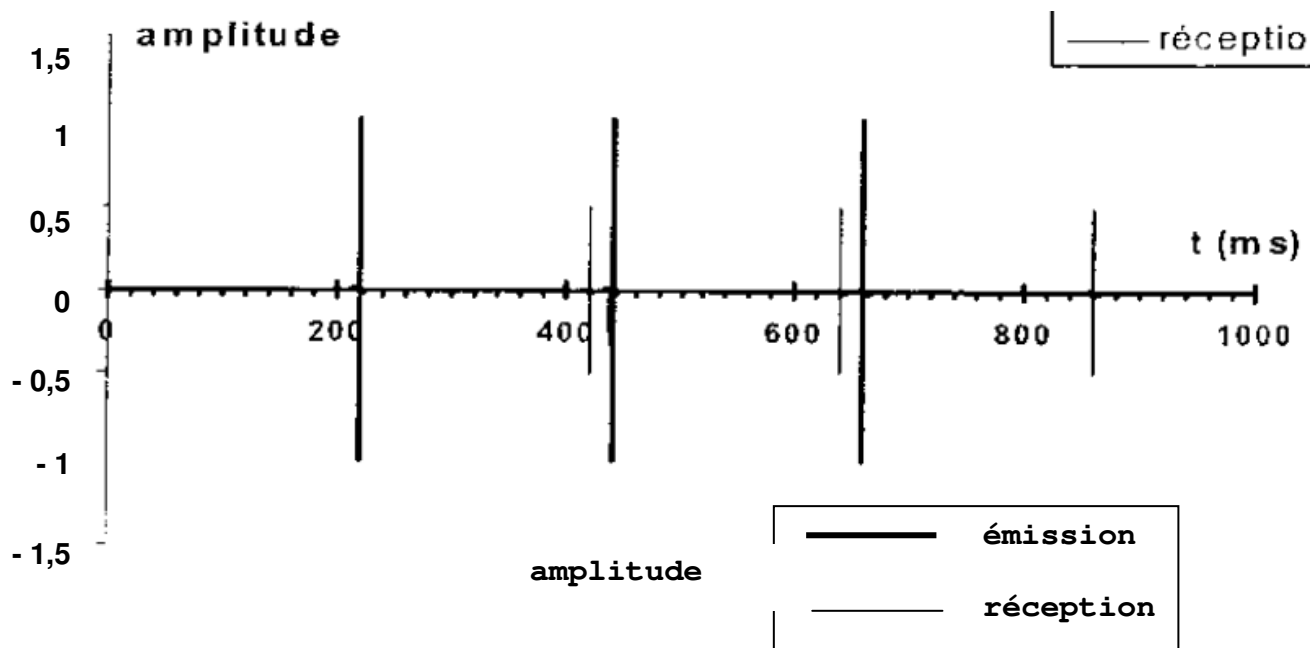


Figure 5: localisation



## EXERCICE: LES SONS CHEZ LES DAUPHINS (4 points)

### CORRECTION

#### A - Généralités sur les sons

1. On appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière.

2.a) La compression et la dilatation du ressort sont horizontales, tout comme la direction de propagation de l'onde. L'onde sonore est une onde longitudinale: la direction de la perturbation est la même que la direction de propagation de l'onde.

2.b) Pour un oscillateur {solide-ressort}, on sait que la période propre des oscillations a pour expression

$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ . Plus la raideur du ressort est élevée, plus la période propre est courte. Le chariot effectue plus rapidement un aller-retour et ainsi la perturbation se propage de proche en proche plus rapidement.

On en déduit que la célérité de l'onde **dépend de la compressibilité du milieu**. Une onde mécanique se propage plus rapidement dans un milieu solide que dans un milieu gazeux.

2.c) En considérant encore l'expression de la période propre des oscillations d'un chariot, on peut dire que plus la masse du chariot est élevée et plus les oscillations de celui-ci seront lentes. Plus un chariot est lourd et plus lente est la propagation de l'onde. La célérité de l'onde **dépend de la densité du milieu**.

*\* ces deux questions semblent bien difficiles par rapport aux compétences exigibles au bac S.*

#### B- Le biosonar des dauphins: écholocation

1. Les fréquences ultrasonores sont supérieures à 20 kHz.

2.a)  $3T = 60 \mu\text{s}$

$T = 20 \mu\text{s}$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}}$$

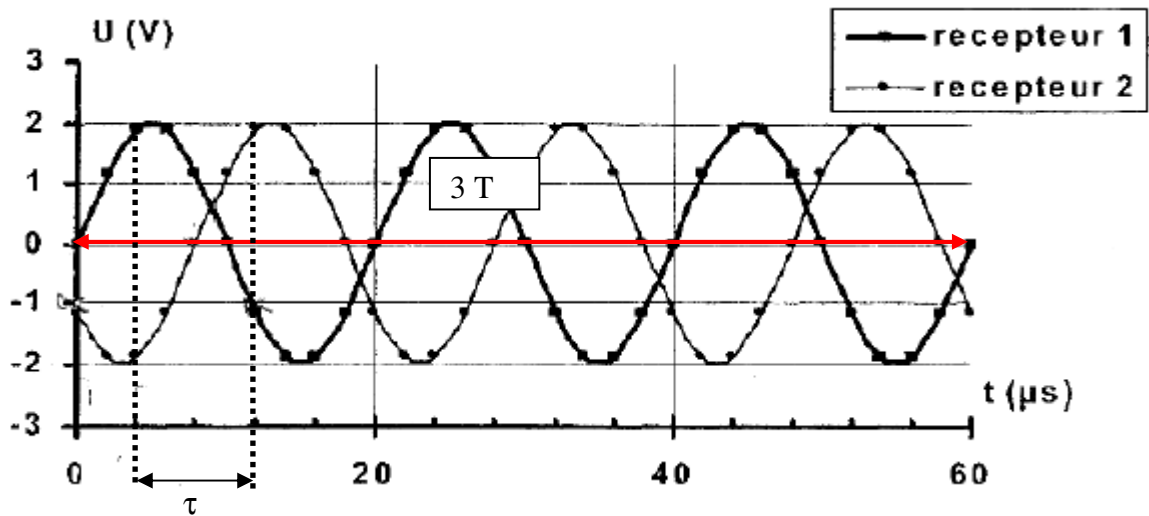
$$f = \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}}$$

$$f = \frac{1}{2} \cdot 10^5$$

$$f = 0,5 \cdot 10^5$$

$$f = 5,0 \cdot 10^4 \text{ Hz}$$

$$f = 50 \text{ kHz}$$



2.b) voir figure.

$$\tau = 12 - 4$$

$$\tau = 8 \mu\text{s}$$

$$v = \frac{d}{\tau}$$

$$v = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-6}} = \frac{3 \times 4 \times 10^{-3}}{2 \times 4 \times 10^{-6}} = \frac{3}{2} \times 10^{-3+6} = 1,5 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

2.c) La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à la période.

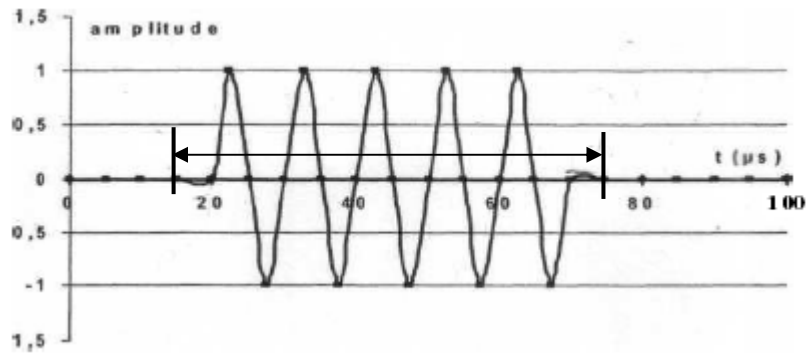
$$\lambda = v \cdot T$$

$$\lambda = 1,5 \cdot 10^3 \times 20 \cdot 10^{-6} = 30 \times 10^{3-6} = 30 \times 10^{-3}$$

$$\lambda = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,0 \text{ cm}$$

3. durée totale d'un clic:

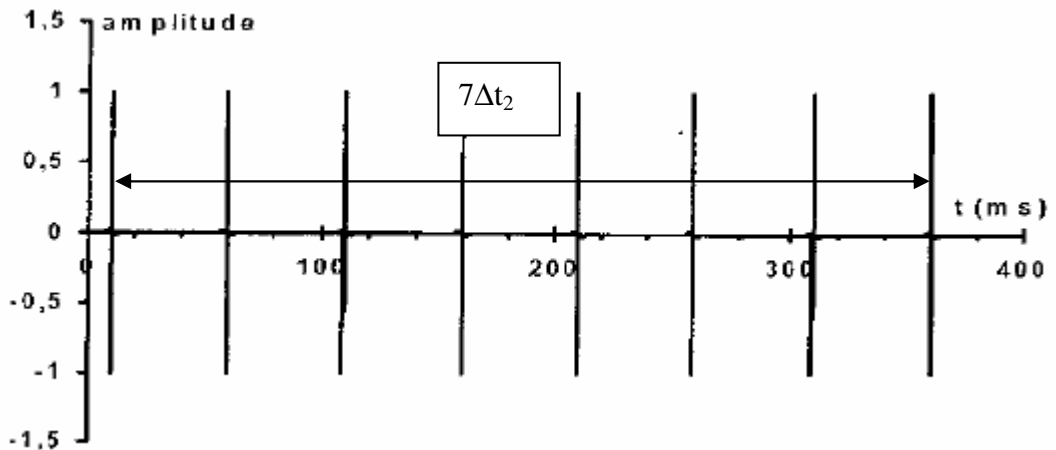
$$\Delta t_1 = 75 - 15 = 60 \mu\text{s}$$



durée entre deux clics  
d'un train:

$$\Delta t_2 = \frac{360 - 10}{7}$$

$$\Delta t_2 = 50 \text{ ms}$$



Sur la figure 4, un clic est représenté par un simple trait vertical. Ceci est dû à l'échelle de cette figure.

Elle ne permet pas de visualiser simultanément la durée entre deux clics d'un train (50ms) et la durée d'un simple clic (60μs).

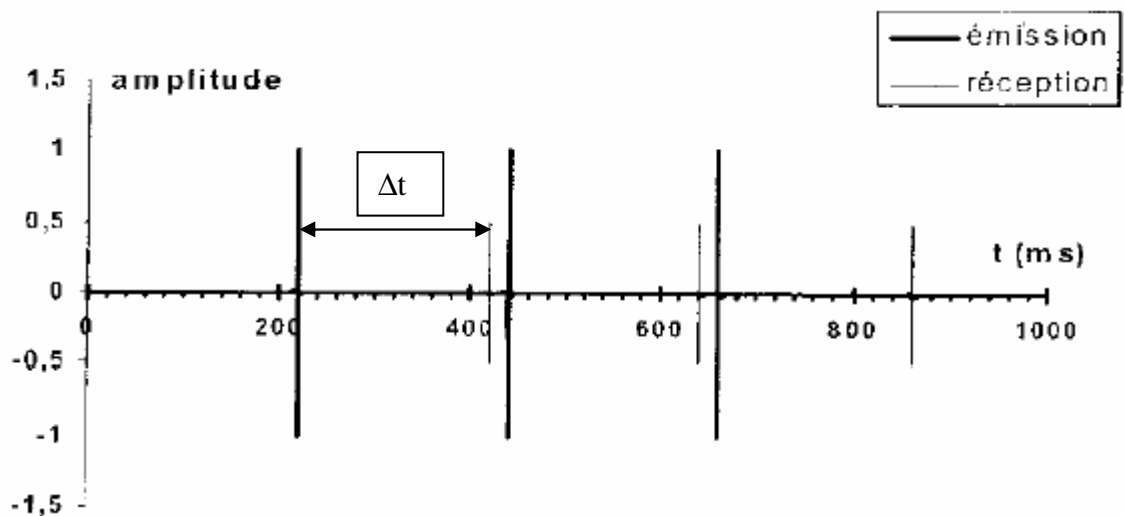
4.a)

$$\Delta t = 420 - 220$$

$$\Delta t = 2,0 \cdot 10^2 \text{ ms}$$

$$\Delta t = 0,20 \text{ s}$$

Ce retard (200 ms) est effectivement inférieur à la durée entre deux clics (220 ms).



4.b) Le clic est émis, il effectue un aller vers le fond, puis il revient vers le dauphin.

L'onde ultrasonore parcourt la distance  $2H$  pendant la durée  $\Delta t$ .

$$v = \frac{2H}{\Delta t} \quad \text{soit } H = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$$

$$H = \frac{1530 \times 0,20}{2} = 1530 \times 0,10 = 153 \text{ m} \quad \text{soit environ } 1,5 \cdot 10^2 \text{ m}$$

*Les données et les informations utilisées dans cet exercice sont issues des sites Internet du Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) et de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) : <http://renass.u-strasbg.fr> et <http://eost.u-strasbg.fr>*

*Le 23 février 2004, un séisme de magnitude 5,1 selon le Réseau National de Surveillance Sismique s'est produit à Roulans (dans le département du Doubs), à 20 km au nord-est de Besançon. Ce séisme a été ressenti très largement en dehors du Doubs dans tout l'est de la France, en Suisse et dans le nord-ouest de l'Allemagne, sans faire de victimes ni de dégâts significatifs.*

*Lors d'un séisme, des ondes traversent la Terre. Elles se succèdent et se superposent sur les enregistrements des sismomètres. Leur vitesse de propagation et leur amplitude sont modifiées par les structures géologiques traversées. C'est pourquoi les signaux enregistrés sont la combinaison d'effets liés à la source, aux milieux traversés et aux instruments de mesure.*

*Parmi les ondes sismiques, on distingue:*

- les ondes P ou ondes primaires, qui sont des ondes de compression ou ondes longitudinales ; leur célérité  $v_p$  vaut en moyenne  $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$ .*
- les ondes S ou ondes secondaires, appelées également ondes de cisaillement ou ondes transversales ; leur célérité  $v_s$  vaut en moyenne  $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$ .*

### 1. Étude d'un sismogramme

*L'écart entre les dates d'arrivée des ondes P et S renseigne, connaissant la célérité des ondes, sur l'éloignement du lieu où le séisme s'est produit.*

*Le document 1 EN ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE présente un extrait de sismogramme relevé dans une station d'enregistrement après le séisme du 23 février de Roulans.*

*On notera  $t_0$  la date correspondant au début du séisme, date à laquelle les ondes P et S sont générées simultanément.*

1.1. En utilisant des informations du texte encadré, associer, sur le document 1 EN ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, à chaque signal observé sur le sismographe, le type d'ondes détectées (ondes S ou ondes P). Justifier.

1.2. Relever sur ce document les dates d'arrivée des ondes S et P à la station d'enregistrement notées respectivement  $t_s$  et  $t_p$ .

1.3. Soit  $d$  la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit.

Exprimer la célérité notée  $v_s$  des ondes S en fonction de la distance  $d$  parcourue et des dates  $t_s$  et  $t_0$ .

Faire de même pour les ondes P avec les dates  $t_p$  et  $t_0$ .

1.4. Retrouver l'expression de la distance  $d$  :

$$d = \frac{v_s \cdot v_p}{v_p - v_s} (t_s - t_p)$$

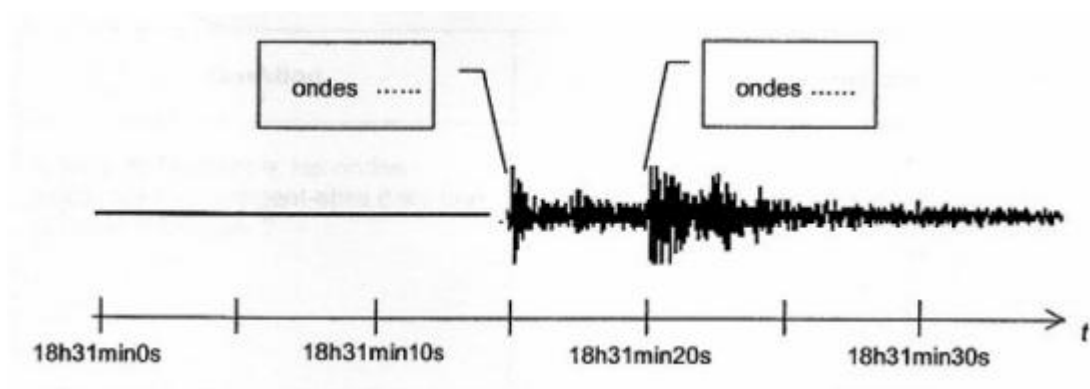
1.5. En déduire la valeur numérique de cette distance  $d$ .

3. À propos des séismes

Répondre aux questions posées dans le document 3 EN ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE en justifiant brièvement dans le cadre.

## ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

### 1. Étude d'un sismogramme



## ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE A LA COPIE

### 3. À propos des séismes

#### Document 3 :

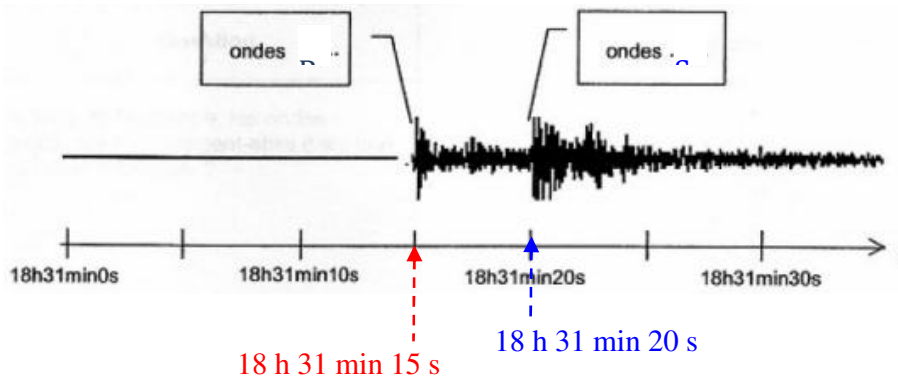
Question	Réponse
<b>A partir de l'épicentre, les ondes sismiques se propagent-elles dans une direction privilégiée ?</b>	
<b>Les ondes sismiques se propagent-elles avec transport de matière ?</b>	
<b>Pourquoi le texte donne-t-il les valeurs moyennes pour les célérités des ondes sismiques ?</b>	



**Correction**

1. Étude d'un sismogramme

1.4.



Lors d'un séisme les ondes sont toutes émises à la date  $t_0$  depuis un même point (l'épicentre).

Les ondes P ont une célérité moyenne  $v_p = 6,0 \text{ km.s}^{-1}$  supérieure à la célérité des ondes S  $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$ .

Le sismographe détecte donc en premier les ondes P puis après les ondes S.

1.5. Dates d'arrivée :

- des ondes P:  $t_p = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 15 \text{ s}$

- des ondes S:  $t_s = 18 \text{ h } 31 \text{ min } 20 \text{ s}$

1.6. Soit  $d$  la distance qui sépare la station d'enregistrement du lieu où le séisme s'est produit.

La célérité notée  $v_s$  des ondes S est: 
$$v_s = \frac{d}{(t_s - t_0)} \quad (1)$$

La célérité notée  $v_p$  des ondes P est: 
$$v_p = \frac{d}{(t_p - t_0)} \quad (2)$$

1.4. Pour retrouver l'expression demandée il faut éliminer le terme  $t_0$ . On a :

$$\text{d'après (1) : } v_s \cdot (t_s - t_0) = d \Leftrightarrow v_s \cdot t_s - v_s \cdot t_0 = d \Leftrightarrow t_0 = t_s - \frac{d}{v_s}$$

$$\text{on reporte dans (2) : } v_p = \frac{d}{(t_p - t_0)} = \frac{d}{(t_p - t_s + \frac{d}{v_s})}$$

$$\text{il suffit maintenant d'isoler le terme } d : \quad v_p \cdot \left( t_p - t_s + \frac{d}{v_s} \right) = d$$

$$\Leftrightarrow v_p \cdot (t_p - t_s) + d \cdot \frac{v_p}{v_s} = d$$

$$\Leftrightarrow v_p \cdot (t_p - t_s) = d \cdot \left( 1 - \frac{v_p}{v_s} \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{v_p \cdot (t_p - t_s)}{\left( \frac{v_s - v_p}{v_s} \right)} = d$$

$$\text{finalement : } d = \frac{v_s \cdot v_p}{v_p - v_s} (t_s - t_p)$$

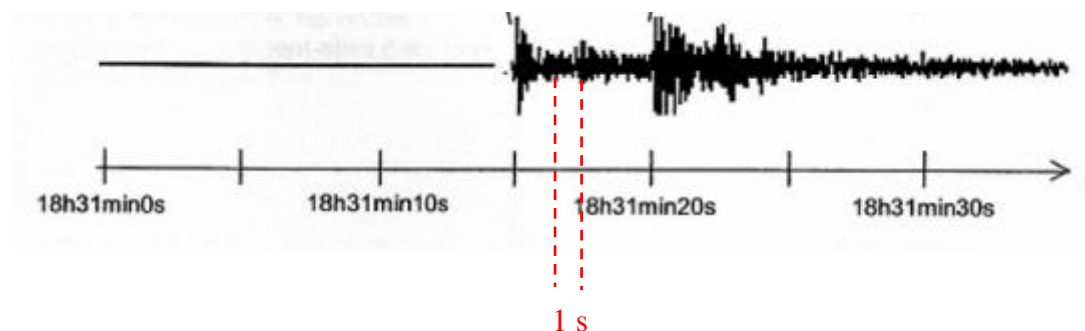
1.5. valeur numérique de  $d$  :

*rappel calculatrice interdite*

$$d = \frac{3,5 \times 10^3 \times 6,0 \times 10^3}{(6,0 \times 10^3 - 3,5 \times 10^3)} \times 5 = \frac{3,5 \times 6,0 \times 10^6}{2,5 \times 10^3} \times 5 = \frac{7 \times 0,5 \times 6,0 \times 10^3}{5 \times 0,5} \times 5 = \frac{42 \times 10^3}{5} \times 5 = 42 \times 10^3 \text{ m} = 42 \text{ km}$$

## 2. Fonctionnement d'un sismomètre

### 2.2.3. Sur une durée d'environ une seconde on peut observer plusieurs oscillations :



**L'ordre de grandeur de la période des ondes P et S est plutôt de 0,1 s que 1,0 s ou 10 s.**

### 3. À propos des séismes

<i>Question</i>	<i>Réponse</i>
<i>A partir de l'épicentre, les ondes sismiques se propagent-elles dans une direction privilégiée ?</i>	<b>NON.</b> Les ondes sismiques sont des ondes progressives <b>qui se propagent dans toutes les directions depuis l'épicentre et donc pas dans une direction privilégiée.</b>
<i>Les ondes sismiques se propagent-elles avec transport de matière ?</i>	<b>NON.</b> Comme toutes les ondes, les ondes sismiques se propagent sans transport de matière. <b>Par contre elles transportent de l'énergie.</b>
<i>Pourquoi le texte donne-t-il les valeurs moyennes pour les célérités des ondes sismiques ?</i>	<b>Les ondes S ou P ne traversent pas des milieux homogènes au cours de leur propagation. Plusieurs milieux sont généralement traversés et la célérité des ondes S ou P dépend de la nature des milieux. Ainsi les célérités de ces ondes sont des célérités moyennes.</b>