



CONCOURS GÉNÉRAL SÉNÉGALAIS

01-19 1 CGS 16-20

Durée : 6 heures  
Toutes séries S réunies

SESSION 2019

CLASSES DE PREMIERES

SCIENCES PHYSIQUES

THEME : PROPAGATION DE SIGNAUX ET ONDES.

TEXTE INTRODUCTIF

Lorsque vous jetez un petit caillou à la surface d'un liquide, vous perturbez momentanément cette surface. Lorsque vous battez un tam-tam, vous perturbez momentanément l'air dans le voisinage immédiat, mais aussi les tympans des personnes présentes. Lorsque dans l'obscurité, vous appuyez sur l'interrupteur pour allumer une lampe électrique, vous perturbez momentanément les rétines des personnes présentes, mais aussi la réception d'un poste radio placé à côté. Dans tous ces cas, les physiciens diront simplement qu'il y a émission, propagation et détection (ou réception) d'un signal. Un signal résulte de la modification passagère d'une ou de plusieurs "propriétés physiques" d'un milieu matériel ou non. La modification d'une propriété d'un milieu en un point de ce milieu ne donne lieu à un signal que si ce milieu est capable de propager cette modification. Lorsque vous jetez un caillou à la surface d'une dune de sable, vous perturbez la dune au point de chute, mais cette perturbation ne se propage pratiquement pas. Un milieu matériel ne transmet un signal que s'il est **élastique** : il doit pouvoir propager la perturbation et retrouver sa configuration initiale après le passage de celle-ci. Le milieu de propagation peut être unidimensionnel (corde, ressort), bidimensionnel (surface d'un liquide) ou tridimensionnel (solide, liquide, gaz, vide). Etudier la propagation d'une perturbation revient à étudier la modification passagère d'une grandeur physique liée à cette perturbation. Cette grandeur physique peut être par exemple une pression, un vecteur champ électrique, des coordonnées de position, etc...

Le maximum de la valeur absolue de la grandeur physique associée est appelé amplitude. Lorsque la grandeur physique associée est une grandeur mécanique la perturbation est aussi appelée ébranlement. Lorsqu'un signal **mécanique** atteint un point du milieu de propagation, il modifie une ou plusieurs « propriétés mécaniques » de ce point, telles que position et vitesse. La propagation d'un signal mécanique nécessite toujours un milieu matériel. Un signal **électromagnétique** par contre peut se propager aussi bien dans le vide que dans certains milieux matériels. Lorsqu'on étudie un signal, il est souvent nécessaire de préciser la source (appelée aussi émetteur, c'est-à-dire le point où le signal prend naissance), le milieu de propagation et le détecteur (récepteur). Certains récepteurs sont associés à des dispositifs qui permettent soit :

- d'amplifier le signal (c'est-à-dire augmenter son amplitude),
- de l'enregistrer,
- de le convertir en un autre type de signal.

Un signal sonore peut être détecté par une oreille ou par un microphone. Un signal lumineux peut être détecté par l'œil ou une cellule photoélectrique. Un poste récepteur radio transforme un signal radioélectrique (hertzien) en courant électrique, puis en signal sonore. Si la perturbation se répète de manière périodique on dit qu'une onde se propage. L'onde est obtenue si la source produisant le signal est entretenue. L'onde est qualifiée de progressive car elle progresse d'un bout à l'autre du milieu. Certains phénomènes ondulatoires sont naturels, d'autres sont provoqués et possèdent d'importantes applications :

- la houle est constituée de vagues formées par le vent pouvant se propager sur de grandes distances et être observées dans les régions dépourvues de vent.
- un tsunami est une série d'ondes de très grandes périodes se propageant à travers un milieu aquatique (Océan, mer, lac...)

issues du brusque mouvement d'un grand volume d'eau, provoqué par un séisme, un glissement de terrain sous-marin ou une explosion volcanique

- par excitation de la membrane d'un haut-parleur par un générateur BF une onde sonore progressive est produite dont l'analyse utilisant un microphone de réception et un oscilloscope permet de déterminer la célérité du son dans le milieu de propagation ;
- l'échographie, technique utilisée en médecine permettant d'observer l'intérieur du corps humain sans danger pour les organes, utilise des ondes ultrasonores qui sont des ondes mécaniques dont les fréquences sont comprises entre 20 kHz et 20 MHz et indétectable par l'oreille humaine.

**A-QUESTIONS SUR LE TEXTE**

**(05 points)**

**Lire attentivement le texte introductif et répondre aux questions suivantes**

- A-1-** Dans quelle condition un milieu matériel peut-il transmettre un signal ?
- A-2-** Qu'est-ce qui différencie un signal électromagnétique d'un signal mécanique ?
- A-3-** Définir une onde.
- A-4-** Qu'est-ce que c'est la houle et quelle en est la cause ? Et un tsunami ?
- A-5-** Citer un exemple de phénomène ondulatoire naturel et un exemple de phénomène ondulatoire provoqué.

**B-PROPAGATION DANS UN MLILIEU UNIDIMENSIONNEL**

**(25 points)**

**B-1- Propagation de signaux**

**B-1-1** Une corde est tendue horizontalement. On imprime une secousse à l'une des extrémités S de la corde suivant l'axe y'y. L'élongation du point S varie avec le temps t suivant la courbe de la figure 1. La célérité du signal est  $C = 10 \text{ m/s}$ .

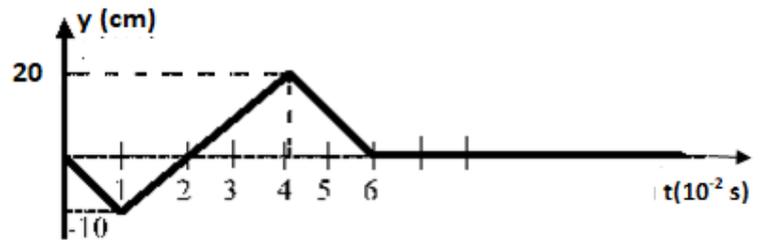


Figure 1

**B-1-1-1** Déterminer graphiquement la durée du signal ; en déduire sa longueur.

**B-1-1-2** Représenter les variations en fonction du temps des élongations  $Y_M$  du point de la corde tel que  $SM = 80 \text{ cm}$ .

**B-1-2** On imprime à la date 0 à l'extrémité S d'une corde élastique un signal unique.

On photographie la corde à la date 0,06 s  
Le document obtenu est reproduit sur la figure 2 ; la déformation a la forme d'un demi-cercle.

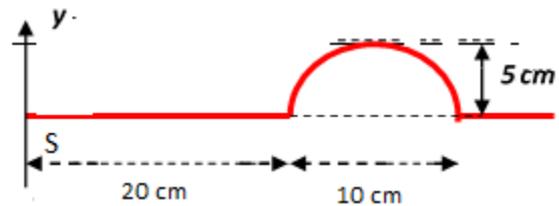


Figure 2

**B-1-2-1** Calculer la célérité du signal.

**B-1-2-2** A la date 0,06 s, on se propose de déterminer les élongations y de certains points de la corde .  
Recopier et compléter le tableau qui suit en calculant chaque fois y pour les valeurs marquées des abscisses x

x(cm)	0	10	20	25	27,5	30	35	40	50
y(cm)									

Préciser l'élongation des points de la corde tels que  $x \leq 20 \text{ cm}$  et celle des points tels que  $x \geq 30 \text{ cm}$

**B-1-3** Deux signaux transversaux  $S_1$  et  $S_2$  identiques se propagent l'un vers l'autre le long d'une corde avec la célérité  $C = 1$  m/s. La figure 3 représente les deux signaux à la date  $t = 0$

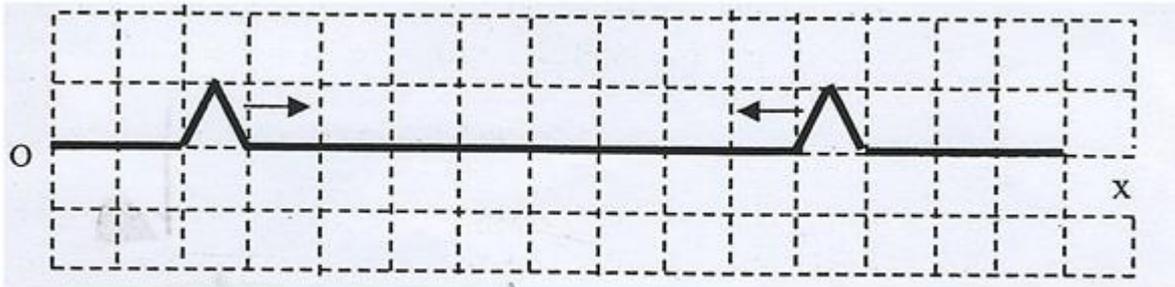


Figure 3

Echelles : 1 division pour 1 m suivant l'horizontale et 1 division pour 2 cm suivant la verticale.

**B-1-3-1** A quelle date a-t-on une amplitude maximale ? Quelle est la valeur de cette amplitude ?

**B-1-3-2** Quelle est la durée de superposition des deux signaux ?

**B-1-3-3** On reprend la situation, le signal  $S_2$  étant inversé. Montrer qu'à un instant  $t$ , dont on déterminera la valeur, tous les points de la corde ont une élongation nulle.

**B-2 Propagation d'ondes.**

Une lame vibrante (ou vibreur) entretenue électriquement est animée d'un mouvement vibratoire de pulsation  $\omega$ . A la lame est fixée l'extrémité S d'une corde élastique de longueur  $l$  tendue horizontalement. L'autre extrémité de la corde est munie d'un dispositif qui empêche toute réflexion de l'onde incidente.

L'élongation du point S est donnée par  $Y_S = a \cos \omega t$ ; relation où  $\omega$  est la pulsation du vibreur;  $a$  l'élongation maximale du point S par rapport à sa position d'équilibre et  $t$  le temps en seconde (s)

**B-2-1**-Un point M de la corde situé à une distance  $x$  de S reproduit le mouvement de S avec un retard de

$$\theta = \frac{x}{c}, \text{ où } c \text{ représente la célérité de l'onde.}$$

Montrer que l'élongation du point M à l'instant  $t$  est  $y_M = a \cos \left( \omega t - \frac{\omega x}{c} \right)$

**B-2-2**-Donner l'expression de la période temporelle  $T$  et la fréquence  $N$  de l'onde en fonction de  $\omega$

**B-2-3**- La longueur d'onde  $\lambda$  est la période spatiale de la sinusoïde des espaces.

**B-2-3-1** Partant de l'expression précédente de  $y_M$  donner l'équation de la sinusoïde des espaces à  $t = 0$  ; représenter à une échelle de votre choix cette sinusoïde et y faire figurer la longueur d'onde  $\lambda$  .

**B-2-3-2** Donner l'expression de la longueur d'onde  $\lambda$  en fonction de la période temporelle  $T$  de la source et de la célérité  $c$  de l'onde.

**B-2-4**- Recopier et compléter les phrases à trous suivantes :

Une onde mécanique possède une double périodicité : une périodicité .....et une périodicité.....

La période .....d'une onde sinusoïdale est appelée .....d'onde ; c'est aussi la distance minimale séparant deux points du milieu qui vibrent en ..... sur la direction de propagation.

**B-2-5** Soient deux points  $M_1$  et  $M_2$  situés aux abscisses  $X_1$  et  $X_2$

**B-2-5-1**- Ecrire les élongations  $y_1$  et  $y_2$  de ces points en fonction du temps  $t$  et de leurs abscisses  $x_1$  et  $x_2$  et donner les expressions de leurs phases  $\phi_1$  et  $\phi_2$  en fonction de  $t$ ,  $\omega$  et de leurs abscisses respectives.

**B-2-5-2**- Donner les relations entre les phases  $\phi_1$  et  $\phi_2$  , pour que  $M_1$  et  $M_2$  vibrent en phase ou en opposition de phase et en déduire les relations entre  $X_1$  ,  $X_2$  et  $\lambda$  .

**B-2-5-3-** Dédurre de la question précédente que de manière générale, des points du milieu de propagation distants de  $k\lambda$ , avec  $k$  entier sont en concordance de phase (en phase) et des points du milieu de propagation distants de  $(2k + 1)\frac{\lambda}{2}$  sont en opposition de phase.

### **C—PROPAGATION D'ONDES DANS UN MILIEU BIDIMENSIONNEL (30 points)**

**C-1** Un vibreur de fréquence  $N = 20$  Hz est solidaire d'une fourche comportant deux pointes. Ces deux pointes frappent la surface de l'eau en deux points  $S_1$  et  $S_2$  qui constituent des sources de vibrations sinusoïdales transversales de même amplitude. La distance entre  $S_1$  et  $S_2$  est  $d = 5$  cm.

La célérité des ondes à la surface de l'eau dans les conditions de l'expérience est  $c = 0,36 \text{ m.s}^{-1}$ .

Soit un point  $M$  quelconque de la surface de l'eau. On donne :  $S_1M = d_1$  et  $S_2M = d_2$

**C-1-1-** En se référant à la question B-2-1 ; écrire les expressions des phases des ondes issues des sources  $S_1$  et  $S_2$  au point  $M$

**C-1-2-** Déterminer l'état vibratoire des points suivants :

$$M_1 \begin{cases} d_1 = 10,0 \text{ cm} \\ d_2 = 11,8 \text{ cm} \end{cases}, \quad M_2 \begin{cases} d_1 = 14,7 \text{ cm} \\ d_2 = 16,5 \text{ cm} \end{cases} \quad \text{et} \quad M_3 \begin{cases} d_1 = 8,1 \text{ cm} \\ d_2 = 5,4 \text{ cm} \end{cases}$$

**C-1-3** Deux des points précédents appartiennent à une même frange d'interférences d'amplitude maximale. Lesquels ?

**C-1-4-** Quelle est la position du point d'intersection  $M_4$  de cette frange avec le segment  $S_1S_2$  ?

**C-1-5** Déterminer le nombre de franges d'amplitude maximale et le nombre de franges d'amplitude minimale à la surface de l'eau, sur le segment  $S_1S_2$ . Ebaucher ces franges..

**C-2-** A la surface d'un liquide les deux mouvements sinusoïdaux de même amplitude sont maintenant de fréquence  $N = 40$  Hz et les sources d'onde sont en phase. On néglige l'amortissement.

On considère un point  $M$  sur une ligne de repos tel que  $S_1M - S_2M = 10,1$  cm, puis un point  $M'$  sur la douzième ligne de repos comptée à partir de celle qui passe par  $M$  et du même côté de la médiatrice  $S_1S_2$  ; le point  $M'$  est tel que  $S_2M' - S_1M' = 20,9$  cm

**C-2-1-** Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  et la célérité  $c$  des ondes à la surface du liquide

**C-2-2-** Sachant que la distance  $S_1S_2$  vaut 5 cm, quel est le nombre de lignes au repos entre  $S_1$  et  $S_2$  ?

**C-3-** Une plaquette rectiligne ( $P$ ) frappe la surface libre de l'eau avec une fréquence  $N = 20$  Hz. La célérité de propagation de l'onde dans les conditions de l'expérience est  $c = 0,40 \text{ m.s}^{-1}$

**C-3-1-** Que peut-t-on observer sur la surface libre de l'eau à partir de l'endroit où cette plaquette frappe la surface libre ?

**C-3-2-** On éclaire la surface libre du liquide avec un stroboscope.

**C-3-2-1-** Quel est l'aspect de la surface de l'eau lorsque la fréquence des éclairs du stroboscope est réglée à la valeur  $N_e = 20$  Hz? Donner une interprétation du phénomène observé.

**C-3-2-2-** Expliquer qualitativement ce que l'on observe à la surface de l'eau lorsqu'elle est éclairée par le stroboscope dont la fréquence  $N_e$  des éclairs est :

a)-  $N_e = 21$  Hz

6) -  $N_e = 19$  Hz

### **D - PROPAGATION D'ONDES DANS UN MILIEU TRIDIMENSIONNEL.**

**(10 points)**

Un haut-parleur est mis en vibration à l'aide d'un G.B.F réglé sur la fréquence  $N = 1,47$  kHz.

Un microphone placé à une distance  $d$  du haut-parleur est relié à la voie B de l'oscilloscope.

La voie A étant reliée au G.B.F (figure 4 ci-après.)

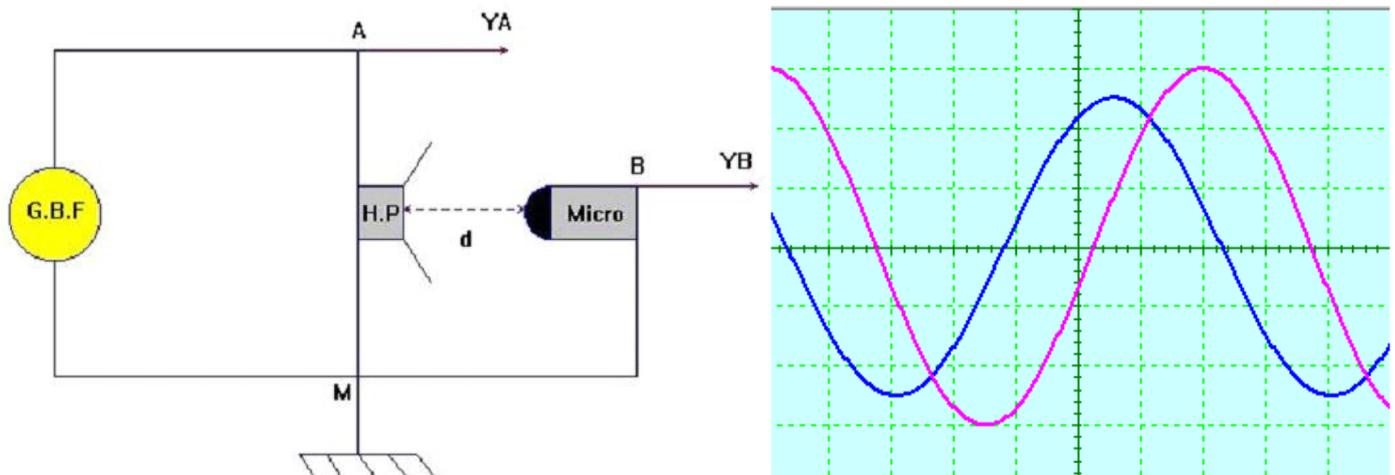


Figure 4

L'expérience est réalisée dans l'air. On observe l'écran ci-dessus.

**D-1-** Déterminer la durée de balayage de l'oscilloscope.

**D-2-** Déterminer le décalage  $\theta$  (en s) entre les deux courbes puis exprimer le temps mis par l'onde sonore pour atteindre le microphone en fonction de  $\theta$ ,  $N$  et un nombre entier  $n$ .

**D-3-** Les deux voies ont la même sensibilité :  $k = 100 \text{ mV / div}$ . Calculer les amplitudes des deux ondes. Pourquoi sont-elles différentes ?

**D-4-** On augmente progressivement la distance entre le microphone et le haut-parleur.

Pour deux positions successives repérées par  $d_1$  et  $d_2$  telles que  $d_2 - d_1 = 23,0 \text{ cm}$ , on obtient deux courbes en phase. En déduire la longueur d'onde  $\lambda$  et la célérité  $v$  du son dans l'air dans les conditions de l'expérience

**D-5-** Sachant que la distance  $d$  est comprise entre 40 et 60 cm, trouver sa valeur.

**D-6-** Si on change la fréquence du G.B.F, la célérité  $v$  du son change-t-elle ? Pourquoi ?

**D-7** Les ondes sonores qui sont des ondes mécaniques de fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz ; elles sont perceptibles par l'oreille humaine.

**D-7-1-** Quelles sont les longueurs d'onde qui correspondent aux ondes sonores dans l'eau ( $c = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ ) et dans un métal ( $c = 5000 \text{ m.s}^{-1}$ )

**D-7-2-** On réalise le dispositif représenté sur la figure 5

Le son émis par le haut- parleur est capté par les deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  branchés sur les voies A et B de l'oscilloscope.

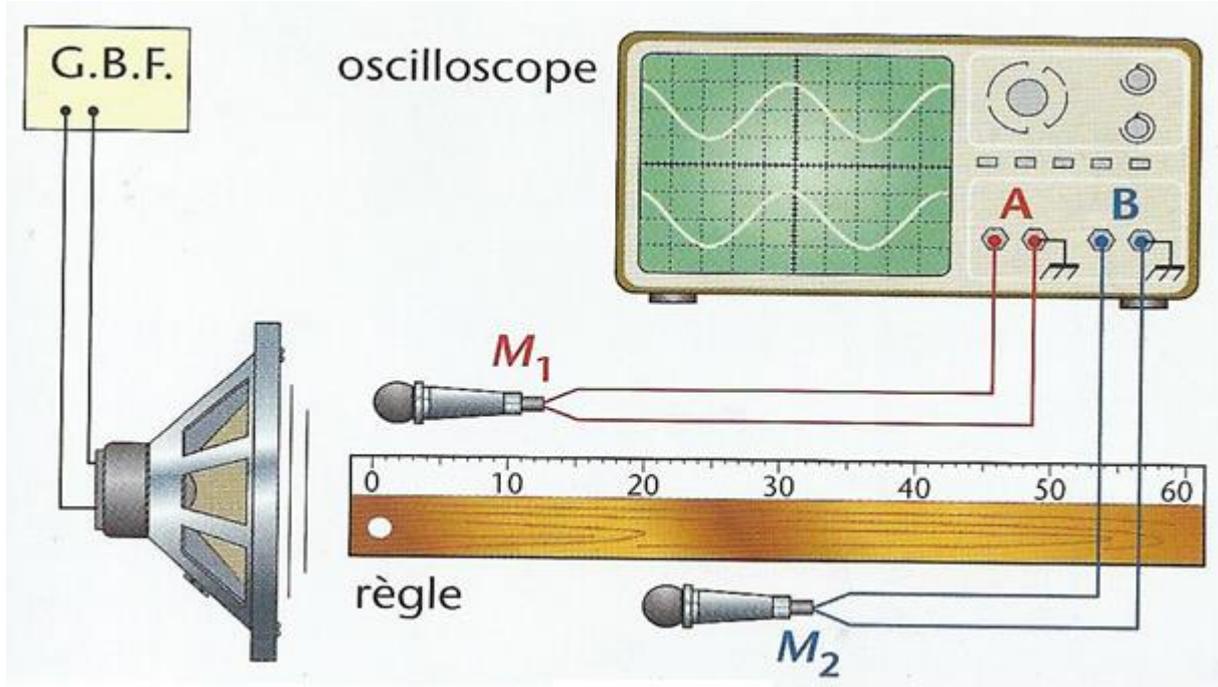


Figure 5

**D-7-2-1-** Calculer la fréquence du son capté par les microphones sachant que la sensibilité horizontale est 0,1 ms/division

**D-7-2-2-** Les abscisses  $x_1$  et  $x_2$  des deux microphones sont repérées sur la règle.

Lorsque  $x_1 = x_2 = 0$  cm, les courbes observées sur l'oscilloscope sont disposées comme sur la figure 6.

On laisse le microphone  $M_1$  fixe et on déplace le microphone  $M_2$ .

On relève l'abscisse  $x_2$  de ce microphone chaque fois que les courbes reprennent la même disposition relative. Les positions correspondantes sont données dans le tableau ci-dessous.

N° de la position	1	2	3	4	5
$x_2$ (cm)	17,0	34,2	51,0	67,9	85,0

Déduire de ces mesures la valeur moyenne de la longueur d'onde de l'onde sonore

**D-7 -2-3-** Déduire des résultats précédents la célérité du son dans l'air dans les conditions de l'expérience.

**E-INCONVENIENTS ET APPLICATIONS LIEES A LA PROPAGATION DES ONDES (15 points)**

**E-1 Des phénomènes ondulatoires dévastateurs.**

**E-1-1** Un tsunami, du Japonais qui signifie littéralement vague du port, est une série d'ondes de très grandes périodes se propageant à travers un milieu aquatique (Océan, mer, lac...) issues du brusque mouvement d'un grand volume d'eau, provoqué par un séisme, un glissement de terrain sous-marin ou une explosion volcanique et pouvant se transformer, en atteignant les côtes, en vagues destructives déferlantes de très grandes hauteurs. Les tsunamis font partie des catastrophes les plus destructives de l'histoire.

La longueur d'onde  $\lambda$  d'un tsunami dépend de la période d'oscillations de la source et de la profondeur de l'eau :  $\lambda = T\sqrt{gh}$ , avec  $g = 9,81 \text{ S.I}$

SCIENCES PHYSIQUES

7/9

**01-19 1 CGS 16-20**

Toutes séries s réunies

CLASSES DE PREMIERE

**E-1-1-1** Montrer qu'on peut écrire  $\lambda$  sous la forme :  $\lambda(\text{km}) = 873 \cdot \left(\frac{T(\text{min})}{60 \text{ min}}\right) \sqrt{\frac{h(\text{km})}{6 \text{ km}}}$

**E-1-1-2** Evaluer la valeur de  $\lambda$  pour  $T = 10 \text{ min}$  et une profondeur de  $1 \text{ km}$  ; types tsunamis locaux non tectoniques (tectoniques : déformation de l'écorce terrestre) :

**E-1-1-3** - Evaluer la valeur de  $\lambda$  pour  $T = 60 \text{ min}$  et une profondeur de  $6 \text{ km}$  ; types tsunamis locaux d'origines tectoniques.

**E-1-1-4** - Conclure sur les valeurs des longueurs d'onde.

**E-1-1-5** - Citer quelques dégâts pouvant se produire au niveau des côtes avec les tsunamis.

**E-1-2** La houle est un mouvement ondulatoire de surface de la mer qui est formé par un champ de vent éloigné de la zone d'observation, dans l'océan atlantique sa période est  $T = 1,5 \text{ s}$  et de  $2 \text{ s}$  dans le pacifique. L'énergie de la houle est renouvelable et écologique.

Les vagues constituant la houle peuvent se propager sur de grandes distances et être observées dans les régions dépourvues de vent.

On assimilera la houle à une onde mécanique progressive sinusoïdale. La hauteur de la houle est, par définition, double de l'amplitude mesurée par rapport au niveau de la mer calme.

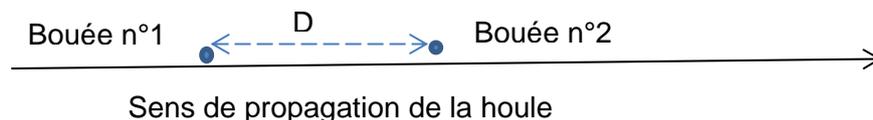
**E-1-2-1** Du quotidien Sénégalais du Samedi 23 Février 2019, on lit :

*[Une houle dangereuse dépassant 2,5 mètres est prévue sur toute la côte aujourd'hui à 12 heures et ce jusqu'au mardi 26 février 2019 à 12 heures prévient l'agence de l'aviation civile et de météorologie (Anacim). L'agence rappelle à la «vigilance absolue» sur tout le littoral la nuit du dimanche au lundi durant laquelle la houle pourrait atteindre une hauteur de 3,5 mètres sur l'axe Dakar-St Louis, Mbour-Fatick et 3 mètres en Casamance]*

- Donner la valeur de l'amplitude des ondes mécaniques sur les axes Dakar-St Louis, Mbour-Fatick et en Casamance, Préciser dans le texte les termes indiquent que la houle n'est pas un signal mais une onde,
- A quels types de catégories de corps socio-professionnels cette information s'adresse d'avantage,
- D'après le texte donner le moment pendant lequel la houle se manifeste le plus

Citer des conséquences que les phénomènes météorologiques annoncés pourraient entraîner.

**E-1-2 -2-** Deux bouées distantes de  $D = 50 \text{ m}$  sont alignées dans le sens de propagation d'une houle (voir schéma ci-dessous).



Chaque bouée est munie d'un accéléromètre qui enregistre leur déplacement vertical en fonction du temps, Les données recueillies sont présentées dans le graphe ci-après

Déterminer à partir du graphique (page suivante) :

- La hauteur  $h$  de la houle, sa période  $T$  et sa fréquence
- Le plus petit retard apparent lu sur le graphique, de la houle entre deux bouées est :

$\alpha) \Delta t_{\text{apparent}} = 0,20 \text{ s}$  ;  $\beta) \Delta t_{\text{apparent}} = 0,96 \text{ s}$  ,  $\gamma) \Delta t_{\text{apparent}} = 1,09 \text{ s}$  ,  $\delta) \Delta t_{\text{apparent}} = 1,22 \text{ s}$

Choisir la bonne réponse

c) Sachant que le vrai retard de la houle entre les deux bouées vaut :  $\Delta t = 3xT + \Delta t_{\text{apparent}} \approx 7,5$  s, Choisir la bonne réponse :

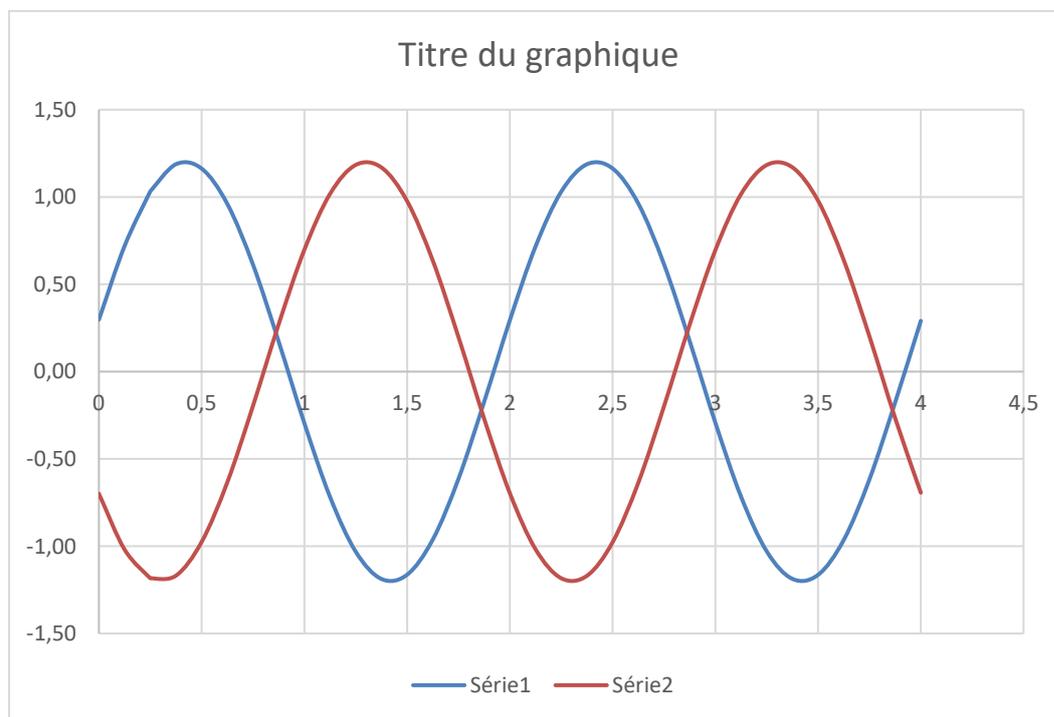
- l'expression de la célérité de la houle est :

$$\alpha) v = D \Delta t, \quad \beta) v = \frac{\Delta t}{D}, \quad \gamma) v = D \frac{\Delta t}{T}, \quad \delta) v = \frac{D}{\Delta t}$$

- la valeur numérique de la célérité de la houle est :

$$\alpha) v = 6,7 \text{ ms}^{-1}; \quad \beta) v = 11 \text{ ms}^{-1}; \quad \gamma) v = 15 \text{ ms}^{-1}; \quad \delta) v = 21 \text{ ms}^{-1}$$

En déduire la valeur de la longueur de la houle



## E-2- Des ondes ultrasonores pour l'imagerie médicale (09 points)

L'échographie est une technique qui permet d'observer l'intérieur du corps humain de façon indolore et sans danger pour les organes. Une sonde échographie placée au contact du corps est constituée d'un émetteur couplé à un récepteur d'ondes ultrasonores qui sont des ondes mécaniques dont les fréquences sont comprises entre 20 kHz et 20 MHz et indétectable par l'oreille humaine.-

Lors d'une séance d'échographie, l'opérateur envoie par émetteur des ondes dans le corps du patient. Chaque fois que ces ondes rencontrent une surface de séparation entre deux milieux constitutifs du corps, elles sont renvoyées (réfléchies) en partie et retournent vers le récepteur.

La position des organes est repérée à partir des durées des allers et retours des ondes.

Les ondes réfléchies sont captées et converties en tension électrique. On peut reconstituer ainsi une image le long d'une section à travers le corps.

Les frottements internes du milieu atténuent l'onde selon le type de matériau utilisé, d'autant plus que la fréquence est élevée.

**E-2-1.** Sur quel principe est basée la détermination de la position des organes en échographie ?

**E-2-2-** La longueur d'onde de l'onde ultrasonore utilisée détermine la résolution c'est-à-dire la plus petite distance séparant deux structures qui pourront être discernées.

Sachant que la célérité des ondes ultrasonores est de  $340 \text{ m.s}^{-1}$  dans l'air, et en moyenne de  $1540 \text{ m.s}^{-1}$  dans les tissus mous, donner un encadrement de la longueur d'onde des ultrasons dans l'air puis dans les tissus mous.

**E-2-3-** Quels sont l'avantage et l'inconvénient des fréquences élevées ?

**E-2-4** Lors d'une séance d'échographie d'une femme en visite prénatale, les ultrasons émis par la sonde rencontrent sur leur trajectoire deux surfaces de séparation au niveau du fœtus : la partie d'entrée dans la tête du fœtus et la paroi de sortie de la tête du fœtus. Cela donne deux pics (figure 6).

Les deux pics correspondent aux ondes renvoyées respectivement par ces deux parois vers la sonde :

- les ondes atteignent la paroi d'entrée de la tête du fœtus qui en renvoie une partie vers la sonde. Ces ondes renvoyées parviennent à la sonde à l'instant  $t$  ; on observe le premier pic.
- une autre partie des ondes traversent cette paroi, se propage dans la tête du fœtus et arrive à la paroi de sortie ; renvoyée à nouveau, cette partie des ondes parvient à la sonde à l'instant  $t + \Delta t$  ; on enregistre le second pic.

Exprimer le diamètre  $d$  de la tête du fœtus en fonction de la célérité  $C$  de l'onde dans les tissus mous et de la durée  $\Delta t$  séparant l'enregistrement des deux pics. Calculer  $d$

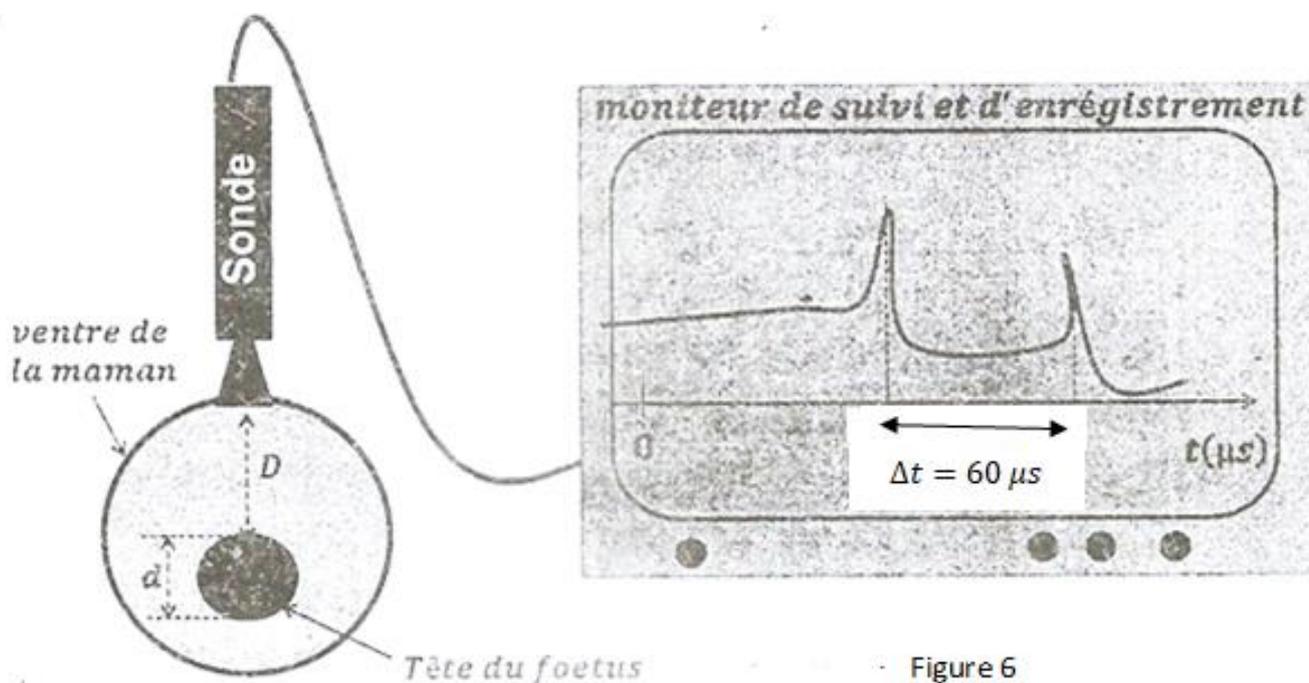


Figure 6