

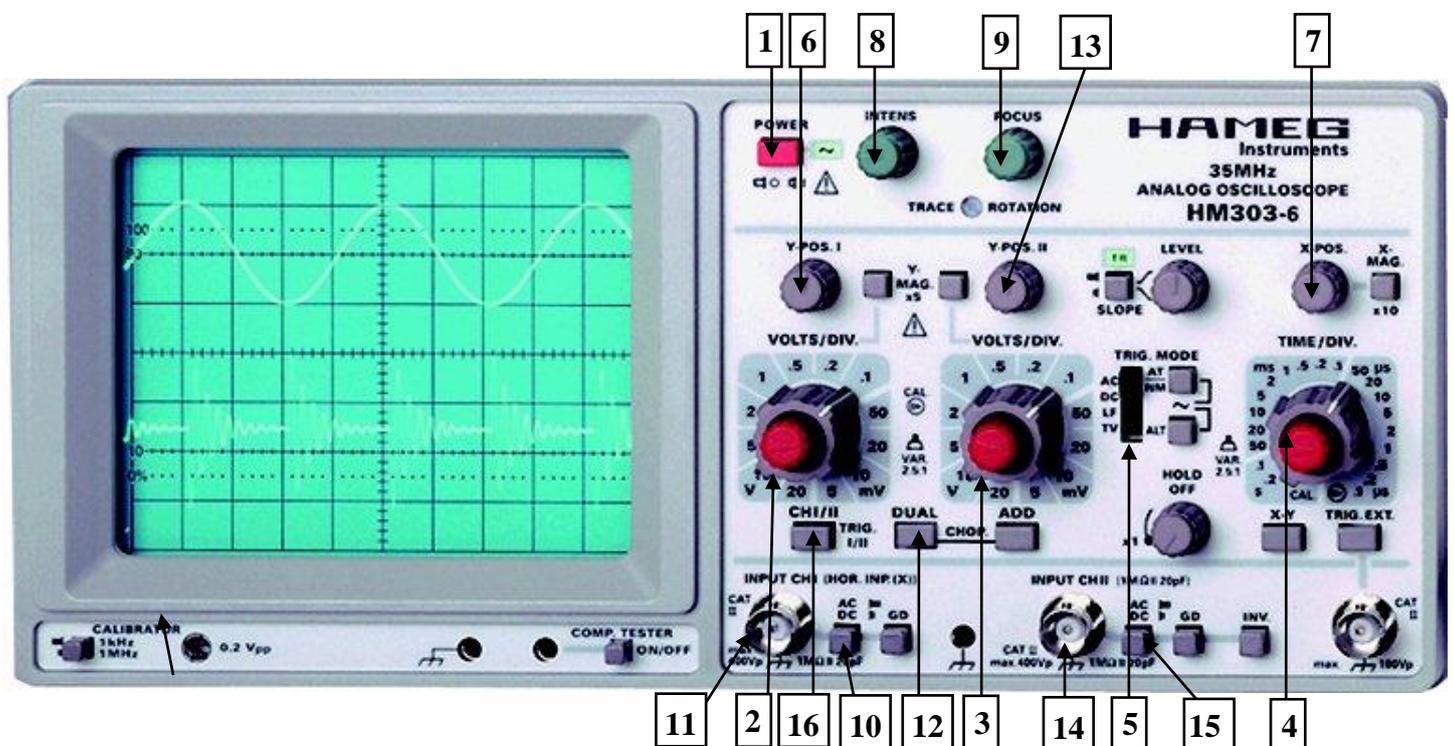
Noms :		Prénoms :	Classe :
Première Spécialité TP	<i>Thème</i> : Ondes et signaux <i>Chapitre 5</i> : Les ondes mécaniques		
	Les ondes ultrasonores		

Le but de ce TP est de mettre en évidence la double périodicité des ondes mécaniques sur l'exemple des ondes ultrasonores, ainsi que de déterminer la célérité des ondes ultrasonores à température ambiante.

I Présentation et réglage de l'oscilloscope

L'**oscilloscope** est un instrument de mesure qui sert à observer des variations de tension au cours du temps. L'écran permet de mesurer horizontalement un temps et verticalement une tension. Les grands carreaux sur l'écran s'appellent des **divisions**. Les grands axes comportent des petites graduations qui partagent les divisions en **sous-divisions**. Une sous-division correspond à 0,2 division.

- Vérifier qu'aucune **touche de l'oscilloscope n'est enfoncée**, à l'exception des touches n°10 et 15 « AC-DC » qui doivent toujours être enfoncées sur la position DC.
Position DC : Direct Current et non pas AC : Alternating Current qui ne laisse passer que la composante alternative des tensions en supprimant la composante continue.
- Brancher et allumer l'oscilloscope : touche POWER n°1.
- Régler l'intensité et le focus de la trace avec les boutons n°8 (INTENS) et n°9 (FOCUS) pour obtenir un trait bien fin.
- Centrer la trace de l'entrée I (CH I) avec les boutons n°6 (Y-POS I) et n°7 (X-POS).
- Faire apparaître la trace de l'entrée II en appuyant sur la touche n°16 (CH I/II) qui permet de basculer d'une entrée à l'autre. Centrer la trace de l'entrée II avec les boutons n°13 (Y-POS II) et n°7 (X-POS).



- Régler le balayage (bouton n°4) sur 20 $\mu\text{s}/\text{div}$ (20 microsecondes par division). Le balayage se note k_x , il correspond à un réglage des graduations du temps sur l'axe des **abscisses**.
 $k_x = 20 \mu\text{s} / \text{div}$ signifie que chaque division horizontale correspond à 20 microsecondes.

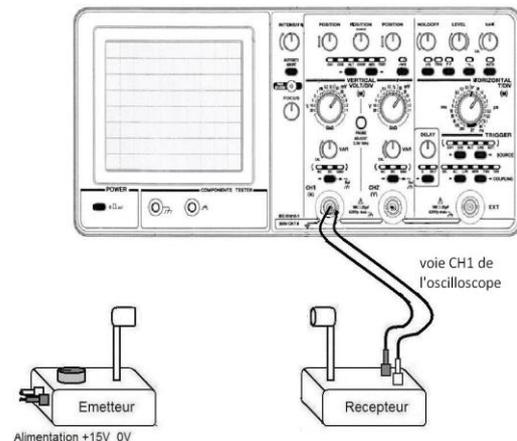
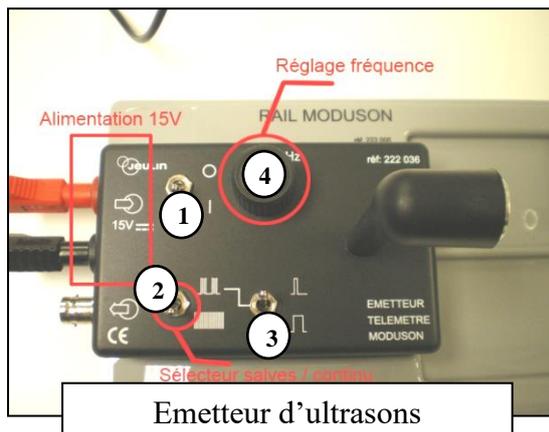
- Régler la sensibilité verticale (bouton n°2) sur « .5 », c'est-à-dire 0,5 V/div. La sensibilité verticale se note k_y , elle correspond à un réglage des graduations de la tension sur l'axe des **ordonnées**.
 $k_y = 0,5 \text{ V/div}$ signifie que chaque division verticale correspond à 0,5 volt.

Attention : ce ne sont pas les réglages définitifs ! Vous devrez les modifier (un peu) par la suite.

II Réalisation du montage expérimental

Un seul récepteur est nécessaire pour l'instant. L'émetteur envoie des ultrasons, qui sont détectés par un récepteur placé devant lui. Ce récepteur transforme le signal ultrasonore en signal électrique reçu par l'oscilloscope qui affiche son évolution au cours du temps.

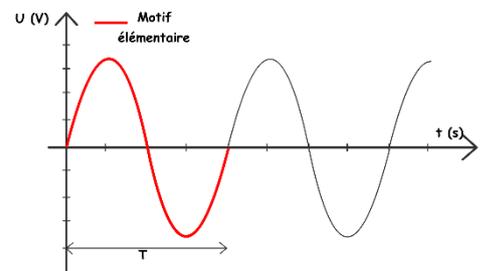
- Revenir sur le signal reçu par l'entrée I : bouton n°16 relâché (CH I/II).
- Brancher l'émetteur à ultrasons sur le générateur avec un fil noir et un fil rouge.
- Brancher le générateur sur la multiprise. L'allumer et tourner le bouton de la tension au maximum (15 V).
- Mettre en marche l'émetteur (bouton 1 sur « I » de l'émetteur).
- Régler l'émetteur en mode « continu » : bouton 2 de l'émetteur sur **IIIIIIII**.
- Positionner l'émetteur sur son emplacement réservé sur la réglette.
- Relier le récepteur à l'entrée I (borne n°11) de l'oscilloscope (INPUT CH I) avec une fiche BNC sur l'oscilloscope et 2 fils rouge et noir à l'arrière du récepteur.
- Placer le récepteur sur la graduation « 0 » de la réglette.



- Régler finement la fréquence de l'émetteur (bouton n°4 de l'émetteur) pour que l'amplitude de la tension soit la plus grande possible sur l'écran. **NE PLUS TOUCHER A CE REGLAGE PAR LA SUITE !**
- Modifier le balayage k_x de l'oscilloscope (bouton n°4) de manière à observer sur l'écran **deux ou trois** motifs élémentaires.

1) Noter la valeur choisie (ne pas oublier l'unité) :

$k_x = \dots\dots\dots$

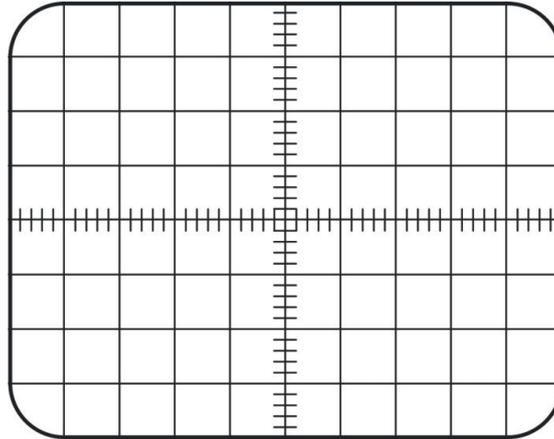


- Modifier la sensibilité verticale (bouton n°2) de manière que la « taille » du motif occupe presque tout l'écran. La courbe obtenue s'appelle un **oscillogramme**.

2) Noter la valeur choisie (ne pas oublier l'unité) : $k_y = \dots\dots\dots$

👉 Appeler le professeur pour qu'il vérifie l'oscillogramme

- 3) Reproduire soigneusement l'oscillogramme observé sur l'écran suivant :
- 4) Repasser au fluo (ou au stylo de manière bien visible) **un seul** motif élémentaire.



III Mesure de la période des ultrasons (périodicité temporelle)

➤ Une tension périodique est constituée d'un **motif élémentaire** qui se reproduit. Pour repérer un motif élémentaire, il faut repérer l'endroit où la courbe croise l'axe des abscisses. Suivre un sommet, puis un creux jusqu'à ce que la courbe croise à nouveau l'axe des abscisses.

➤ La **période** d'un signal périodique correspond à la durée d'un motif. La période se note T et se mesure en seconde (symbole : s).

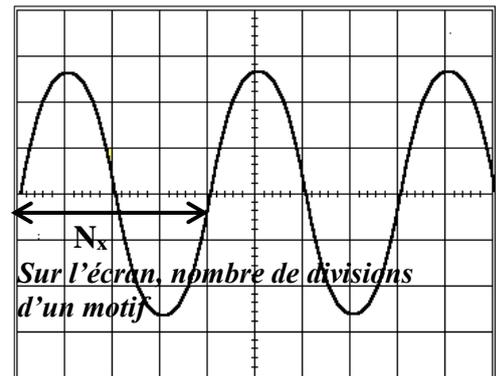
➤ **Mesure de la période T :**

On note N_x le nombre de divisions horizontales correspondant au motif élémentaire et k_x le balayage choisi à la question 1.

La période T est donnée par la relation : $T = k_x \times N_x$

L'unité de T sera celle du temps dans l'unité de k_x .

Exemple : avec $k_x = 20 \mu\text{s}/\text{div}$ et $N_x = 4,0 \text{ div}$ alors $T = 20 \times 4,0 = 80 \mu\text{s}$.



➤ **Calcul de la fréquence f :**

La fréquence f se déduit de la période par la formule :

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

T est en seconde et f est en hertz (symbole : Hz). Il faut donc **impérativement** convertir T en seconde.

s			ms			μs

- 5) Calculer la période T du signal. Bien écrire le calcul.
- 6) Déduire de la période la fréquence f du signal.

Le domaine des fréquences des signaux audibles par l'Homme est compris entre 20 Hz et 20 kHz.

- 7) Le signal de l'émetteur à ultrasons est-il audible par l'Homme ? Justifier

IV Mesure de la longueur d'onde des ultrasons (périodicité spatiale)

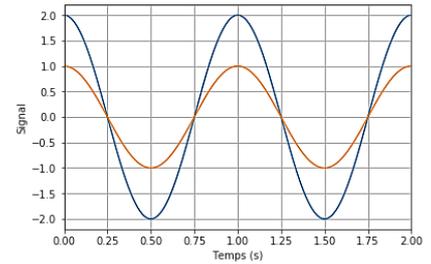
La **longueur d'onde**, notée λ (lambda), est la distance parcourue par l'onde ultrasonore pendant une période T . Pour mesurer la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore, il faut étudier, dans l'axe de l'émetteur la vibration de l'onde en deux endroits distants. On utilise alors le second récepteur noté R_2 .

- Brancher le second récepteur sur l'oscilloscope sur l'entrée II avec une fiche BNC et deux fils rouge et noir à l'arrière du récepteur.
- Appuyer sur la touche n°12 DUAL pour afficher les signaux des deux récepteurs en même temps.
- Placer les deux récepteurs sur la graduation 0.

Un des récepteurs noté R_1 va rester fixe pendant le reste du TP.

- Si besoin, déplacer très légèrement le deuxième récepteur R_2 pour que les ondes ultrasonores soient « **en phase** », c'est-à-dire avec les deux traces confondues.

Les maxima d'une onde correspondent aux maxima de l'autre onde.



- Repérer la graduation sur laquelle est positionnée le récepteur R_2 . Elle constituera « l'origine » des déplacements de ce récepteur dans la suite. Elle n'est pas forcément sur la graduation 0 !

- Éloigner très lentement le récepteur R_2 du récepteur R_1 jusqu'à ce que les deux signaux soient une nouvelle fois en phase.

Les deux signaux sur l'écran sont maintenant décalés d'une durée égale à la période T . Le récepteur R_2 a parcouru une distance correspondant à **une** longueur d'onde λ .

- Continuer de déplacer lentement le récepteur R_2 pour qu'il parcourt une distance égale à 5 longueurs d'onde **au total**. Il faut donc 5 « décalages de phase ».
- Noter la distance d parcourue par le récepteur R_2 correspondant à 5 longueurs d'onde dans le tableau ci-dessous. Attention à bien prendre la mesure à partir de la position initiale du récepteur R_2 , qui n'est pas forcément sur la graduation 0.
- Continuer à déplacer le récepteur R_2 pour compléter la deuxième ligne du tableau.
- Compléter la troisième ligne du tableau en calculant la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore (aide : $\lambda = d/n$).

Nombre n de longueurs d'onde	5	10	15	20
Distance d parcourue (en mm)				
Longueur d'onde λ (en mm)				

8) Calculer la valeur moyenne de la longueur d'onde λ .

9) Pourquoi calcule-t-on la longueur d'onde à partir de plusieurs longueurs d'onde, plutôt que directement ?

10) Que constate-t-on sur l'amplitude de l'onde ultrasonore quand on éloigne le récepteur R_2 de l'émetteur ? Expliquer.

V Mesure de la célérité des ultrasons

La longueur d'onde λ est en mètre. La période T est en seconde. La célérité de l'onde ultrasonore correspond à la vitesse de déplacement de l'onde. Elle se note v et se mesure en mètre par seconde ($m \cdot s^{-1}$).

11) Par l'étude des unités, trouver une relation permettant de calculer la célérité v de l'onde ultrasonore à partir de la longueur d'onde λ et de la période T .

12) Calculer la célérité v de l'onde ultrasonore.

La valeur officielle de la vitesse des signaux ultrasonores (et sonores) dans l'air à 20°C est de **340 m.s⁻¹**.

13) Calculer l'écart relatif de la célérité des ondes ultrasonores mesurée.

$$\text{Ecart relatif (en\%)} = \frac{|\text{Valeur officielle} - \text{Valeur mesurée}|}{\text{Valeur officielle}} \times 100$$

VI Principe du sonar

On va utiliser la célérité des ondes ultrasonores calculée précédemment pour étudier le principe du sonar.

Le signal émis par l'émetteur d'ultrasons rencontre un obstacle (fond marin, banc de poissons ...). Une partie du signal est alors réfléchi vers le sonar qui détecte un écho du signal initial grâce au récepteur.

Le temps qui s'écoule entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la distance entre le sonar et l'obstacle.

- Débrancher un des récepteurs de l'oscilloscope. A la place de ce récepteur, brancher sur l'oscilloscope l'émetteur grâce à une nouvelle fiche BNC. L'oscilloscope est maintenant relié à l'émetteur et à un récepteur.
- Régler l'émetteur à ultrasons en mode « salves » (bouton 2 de l'émetteur sur **|||** et non sur **||||||**).
- Régler le bouton n°3 de l'émetteur en mode « salves courtes » (sur **┌** et non sur **┐**).
- Régler le balayage de l'oscilloscope (bouton n°4) sur $k_x = 0,5 \text{ ms/div}$ (« **.5 ms** »).
- Placer l'écran représentant l'obstacle sur la graduation 250 mm de la réglette.
- Retourner le récepteur et placer l'émetteur et le récepteur le plus possible côte à côte sur la graduation 0, dirigés vers l'obstacle.

14) Faire le schéma de l'expérience.

15) Mesurer sur l'oscilloscope le nombre de divisions N_x entre les débuts des deux signaux.

16) Grâce à la valeur de k_x , en déduire le retard de l'onde ultrasonore entre son émission et sa réception. Ce retard est noté τ (lettre grecque « tau »). Rappel : $\tau = k_x \times N_x$

17) Grâce à la célérité v des ondes sonores mesurée à la question 12, calculer la distance **d** entre le « sonar » et l'obstacle. La valeur obtenue correspond-elle à la distance directement mesurée sur la réglette ? Attention : Ne pas oublier que les ultrasons effectuent un aller-retour !

18) En quoi ce montage illustre le principe du sonar ?

- Pour ceux ayant terminé, cliquer sur le lien suivant : <http://physique.ostralo.net/sonar/>
- Observer l'animation et répondre aux trois questions.

DOC 2 Principe du sonar

Le sonar est utilisé par exemple pour évaluer la distance qui sépare un bateau des fonds marins ou pour localiser des bancs de poissons. Il est constitué à la fois d'un émetteur et d'un récepteur ultrasonores qui sont côte à côte et dirigés vers l'objet dont on veut estimer la distance.

