



CH 14 : ONDES MÉCANIQUES

(Chapitre 15 du livre p 281)

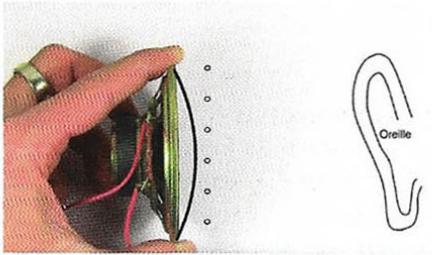
(THÈME 4 : ONDES ET SIGNAUX)

Activité 1 : Ondes mécaniques progressives

Une perturbation est la modification temporaire et locale des propriétés d'un milieu. Lorsqu'une perturbation se transmet de proche en proche dans un milieu matériel élastique, on parle d'onde mécanique progressive.

● Comment définir une onde mécanique progressive et quelles sont ses caractéristiques ?

DOC. 1 Ondes sonores



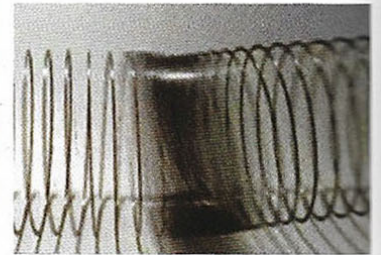
Le son est une onde mécanique progressive.

Visionner la vidéo du 1er lien.

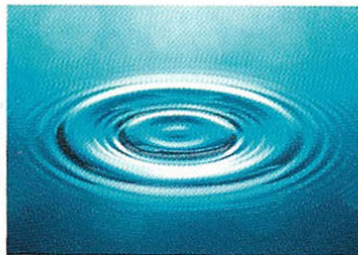
DOC. 2 Exemples de propagation d'une perturbation



(A) Ola.



(B) Ressort.



(C) Ronds dans l'eau.



(D) Chute de dominos.



(E) Pêcheur.

DONNÉES

- Une onde est **transversale** si le déplacement d'un point M du milieu lors du passage de la perturbation s'effectue dans une direction **perpendiculaire** à la direction de propagation. Elle est **longitudinale** si ces directions sont **parallèles**.
- Si le milieu ne permet qu'une **seule direction de propagation**, l'onde est à **une dimension**. Si le milieu permet **deux ou trois directions de propagation**, l'onde est à **deux ou trois dimensions**.

Questions

1 S'APPROPRIER

Regarder la vidéo du **DOC. 1** puis définir une onde mécanique progressive. Les termes suivants doivent apparaître dans la définition : perturbation ; transport ; propagation ; milieu matériel élastique ; matière ; énergie.

2 ANALYSER-RAISONNER

a. Identifier les ondes mécaniques progressives parmi les phénomènes présentés dans le **DOC. 2**. Justifier la réponse.

b. À l'aide des **DONNÉES**, caractériser les ondes mécaniques progressives présentées dans le **DOC. 2** ainsi que le son.

3 COMMUNIQUER ORAL

En s'appuyant sur l'un des exemples d'ondes mécaniques progressives étudiés précédemment, réaliser une synthèse permettant d'expliquer à l'aide d'un modèle qualitatif la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel.

Un milieu élastique est un milieu qui retrouve sa forme d'origine après avoir été déformé (par des forces).



CH 14 : ONDES MÉCANIQUES

(Chapitre 15 du livre p 281)

(THÈME 4 : ONDES ET SIGNAUX)

Activité 2 : Épicentre d'un séisme

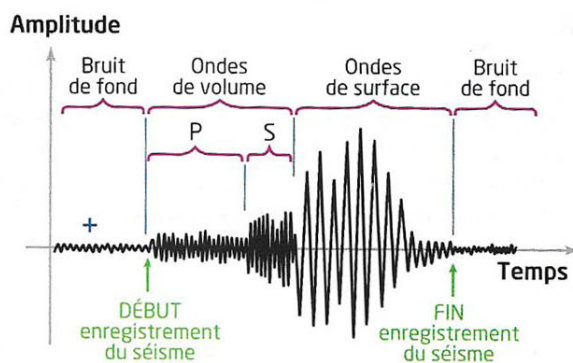
Lors d'un séisme, des capteurs, appelés sismomètres, répartis dans plusieurs stations d'étude sismique, enregistrent les mouvements du sol terrestre. L'exploitation des sismogrammes permet notamment de localiser l'épicentre du séisme.

● Comment localiser l'épicentre d'un séisme ?



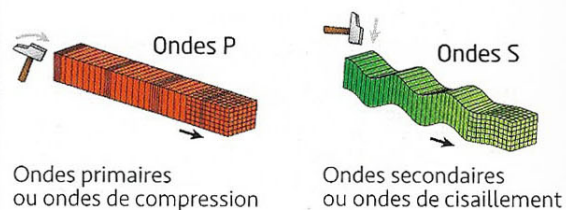
Un scientifique utilisant un sismomètre

DOC. 1 Lecture d'un sismogramme



Un **sismogramme** est une représentation graphique du mouvement du sol suite à l'arrivée de trains d'ondes sismiques se propageant depuis le foyer du séisme. On distingue les **ondes sismiques de volume** des **ondes de surface**.

DOC. 2 Caractéristiques des ondes sismiques de volume



Ondes primaires ou ondes de compression

Ondes secondaires ou ondes de cisaillement

Les **ondes de volume** se propagent dans toutes les directions et dans tout le volume du globe.

Les **ondes P** se propagent dans tous les milieux alors que les **ondes S** ne se propagent pas dans les liquides. Leur célérité varie en fonction des milieux traversés (croûte terrestre, manteau inférieur, supérieur, noyau...). Dans la croûte terrestre, la célérité moyenne des ondes P est de $6,0 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ et, en moyenne, elle est 1,75 fois plus grande que la célérité des ondes S.

VOCABULAIRE

L'**épicentre** d'un séisme est le point de la surface de la Terre à la verticale du foyer du séisme (en grec, *epi* signifie « au-dessus »).

Questions

1 S'APPROPRIER

Caractériser les différentes ondes sismiques de volume en précisant :

- leurs milieux de propagation ;
- leur célérité dans la croûte terrestre ;
- si elles sont transversales ou longitudinales ;
- si elles sont à une, deux ou trois dimensions.

2 RÉALISER

a. On note t_0 l'instant auquel s'est produit le séisme. Pour une station d'étude sismique donnée, on note t_p la date d'arrivée des ondes P, t_s celle des ondes S et d la distance séparant la station d'étude sismique de l'épicentre du séisme. En négligeant la distance entre le foyer et l'épicentre du séisme devant la distance d , exprimer les

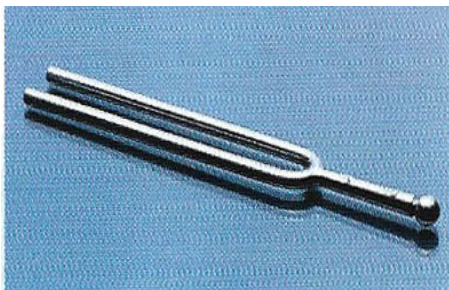
célérités v_p et v_s des ondes P et S en fonction de d , t_0 et t_p ou t_s puis montrer que la distance d entre la station et l'épicentre s'écrit :

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

b. Lors d'un séisme, un sismomètre d'une station d'étude sismique détecte des ondes P puis des ondes S, avec un retard de 2,1 s. Calculer la distance entre l'épicentre du séisme et la station d'étude sismique.

3 ANALYSER-RAISONNER

Proposer une méthode graphique permettant de localiser précisément l'épicentre d'un séisme lorsque les distances station-épicentre de 3 stations d'étude sismique différentes sont connues.



CH 14 : ONDES MÉCANIQUES (Chapitre 15 du livre p 281)

(THÈME 4 : ONDES ET SIGNAUX)

Activité 3 : Son émis par un diapason

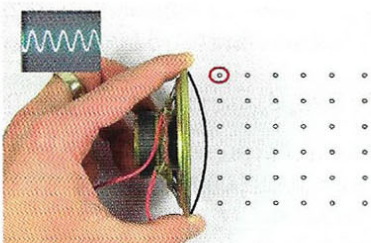
Un diapason est utilisé par les musiciens pour accorder les instruments. Il émet un son pur, c'est à dire une onde sonore sinusoïdale.

● Comment caractériser une onde mécanique progressive sinusoïdale ?

DOC. 1 Ondes sonores sinusoïdales



Lorsqu'un haut-parleur est soumis à une tension électrique périodique sinusoïdale de période T , un signal sonore de fréquence $f = \frac{1}{T}$ se propage dans l'air. Cette onde sonore est une onde mécanique sinusoïdale.



DONNÉES

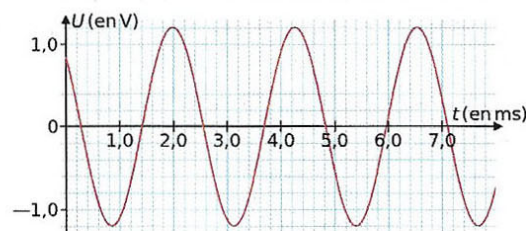
Lorsqu'une **onde mécanique périodique** se propage dans un milieu matériel à la **célérité v** , elle est caractérisée par une **double périodicité spatiale et temporelle**.

La période temporelle T , appelée **période**, s'exprime en seconde.

La période spatiale s'exprime en mètre ; dans le cas d'une onde sinusoïdale, elle est appelée **longueur d'onde λ** .

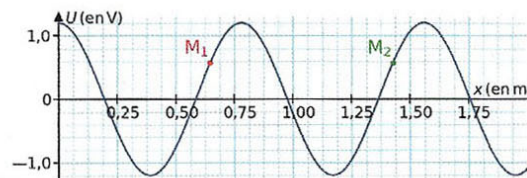
DOC. 2 Onde sonore émise par un diapason

■ Un micro, placé à un endroit donné, capte l'onde sonore émise par un diapason. Un système d'enregistrement relié au micro permet de visualiser au cours du temps un signal électrique dont les caractéristiques sont analogues à celles de l'onde.



■ Un logiciel de simulation permet de visualiser, à une date t donnée, la propagation de cette même onde sonore émise par le diapason dans l'air.

Les points M_1 et M_2 repérés sur la courbe sont dans le même état vibratoire.



Questions

1 S'APPROPRIER

Visionner la vidéo du **DOC. 1**, du lien n°2.

Définir et caractériser une onde mécanique sinusoïdale en utilisant les termes suivants : amplitude, périodique, représentation spatiale, représentation temporelle, sinusoïdale, période et longueur d'onde.

2 RÉALISER

Mesurer la période T , en milliseconde, et la longueur d'onde λ , en mètre, de l'onde sonore émise par le diapason.

3 ANALYSER-RAISONNER

a. Rappeler la définition du retard τ du passage de la perturbation en M_2 par rapport à son passage en M_1 .

b. Exprimer la distance M_1M_2 en fonction de la longueur d'onde λ de l'onde puis le retard τ en fonction de la période T de l'onde.

Justifier les réponses.

c. En déduire la relation entre la période T , la longueur d'onde λ et la célérité v d'une onde sinusoïdale, puis calculer la célérité v de l'onde sonore étudiée dans le **DOC. 2**. Comparer la valeur obtenue à celle généralement admise pour la célérité du son dans l'air.

d. Nommer les différentes grandeurs qui caractérisent une onde sinusoïdale et préciser celles qui dépendent du milieu de propagation de l'onde.



CH 14 : ONDES MÉCANIQUES (Chapitre 15 du livre p 281)

(THÈME 4 : ONDES ET SIGNAUX)

Activité 4 : Précision de la célérité (vitesse) du son dans l'air

Pendant longtemps, les scientifiques ont mesuré la célérité du son dans l'air en mesurant le retard du passage d'un son entre deux points alignés dans la direction de propagation du son. Une autre méthode consiste à l'évaluer en mesurant la période T et la longueur d'onde λ d'une onde sonore sinusoïdale.

● Comment comparer la mesure de la célérité du son dans l'air à partir des mesures de T et λ et la mesure historique de la célérité du son ?

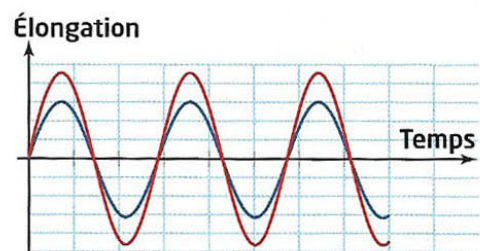
DOCUMENT Description d'une expérience réalisée en 1822

« Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Montlhéry. À Villejuif, on déposa un canon sur un point élevé. À Montlhéry, un canon identique fut déposé. Les expériences furent faites de nuit. De Villejuif on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Montlhéry et *vice versa*. Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne fussent pas influencés par le vent. Chacun des observateurs notait sur son chronomètre le temps qui s'écoulait entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son. On peut prendre 54,6 secondes entre le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises (1 toise = 1,949 m) et la température de l'air était de 15,9 degrés Celsius. »

D'après le *Traité élémentaire de physique* de l'abbé Pinault, 1836.

DONNÉES 1 État vibratoire et coïncidence

Deux points M et M' d'un milieu dans lequel se propage une onde sinusoïdale sont **en phase** s'ils sont dans le **même état vibratoire** à tout instant. Les représentations temporelles (ci-dessous) des elongations des deux points suivent les mêmes variations. On dit qu'il y a **coïncidence**.



DONNÉES 2 Célérité des ondes acoustiques

Dans l'air, assimilé à un gaz parfait, la célérité v d'une onde acoustique (sonore ou ultrasonore) est modélisée par la relation :

$$v = \alpha \times \sqrt{T}$$

Unités SI
 v en mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 $\alpha = 20,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1/2}$
 T (température absolue) en kelvin (K) :
 $T \text{ (en K)} = \theta \text{ (en } ^\circ\text{C)} + 273,15$

Pistes de travail



En cas de difficulté, demander de l'aide au professeur.

1 ANALYSER-RAISONNER

À l'aide du matériel disponible (émetteur et détecteurs d'ultrasons, oscilloscope ou système d'acquisition relié à un ordinateur) et après avoir visionné les vidéos de cette activité et lu la fiche-guide, proposer 2 expériences pour mesurer la célérité v des ultrasons dans l'air grâce aux deux méthodes présentées dans cette activité.

2 RÉALISER

- Mettre en œuvre les expériences proposées ou utiliser les résultats expérimentaux donnés par le professeur.
- Calculer la valeur de la célérité des ultrasons dans l'air dans le cadre du modèle du gaz parfait.

3 VALIDER

Comparer les valeurs expérimentales de la célérité des ultrasons dans l'air à celle calculée avec le modèle du gaz parfait.

Activité 4 – Précision de la mesure de la célérité du son dans l'air – Fiche guide

→ Comment comparer la mesure de la célérité du son dans l'air à partir des mesures de T et λ et la mesure historique de la célérité du son ?

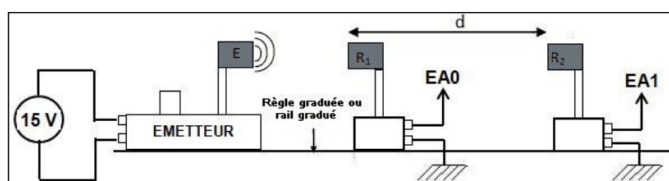
1. Analyser – raisonner

Protocoles permettant de mesurer la célérité des ultrasons dans l'air selon deux méthodes distinctes.

Méthode 1 : à partir de la mesure d'un retard.

Proposer un protocole permettant de mesurer la célérité v_1 des ondes ultrasonores à partir de la mesure d'un retard Δt . Utiliser l'aide ci-dessous.

Un émetteur envoie **périodiquement des salves d'ultrasons**. Deux récepteurs, situés à une distance d l'un de l'autre et alignés avec l'émetteur, sont reliés à une interface d'acquisition qui enregistre les signaux reçus par les récepteurs au cours du temps. Le retard Δt du passage du signal entre les deux récepteurs est mesuré.

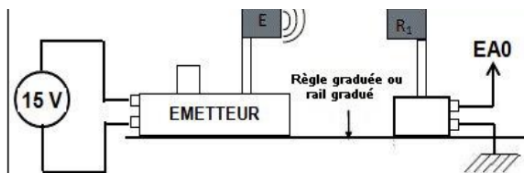


Méthode 2 : à partir de la mesure de la période T et de la longueur d'onde λ .

* Proposer un protocole permettant de déterminer la période T des ondes ultrasonores étudiées.

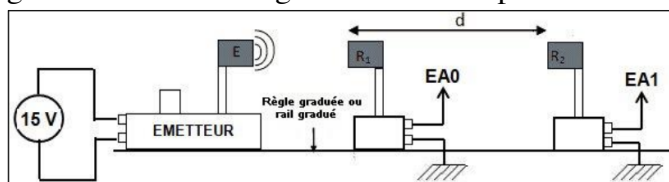
Utiliser l'aide ci-dessous.

L'émetteur émet une onde ultrasonore périodique sinusoïdale **en continu**. Le montage utilisé est le suivant :



* Proposer un protocole permettant de déterminer la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores étudiées. Utiliser l'aide ci-dessous.

L'émetteur émet une onde ultrasonore **en continu**. Les 2 récepteurs, reliés à une interface d'acquisition enregistrant les signaux reçus au cours du temps, sont positionnés au début l'un à côté de l'autre à la graduation 0 d'une règle graduée. Puis on éloigne un des 2 récepteurs afin de mesurer λ .

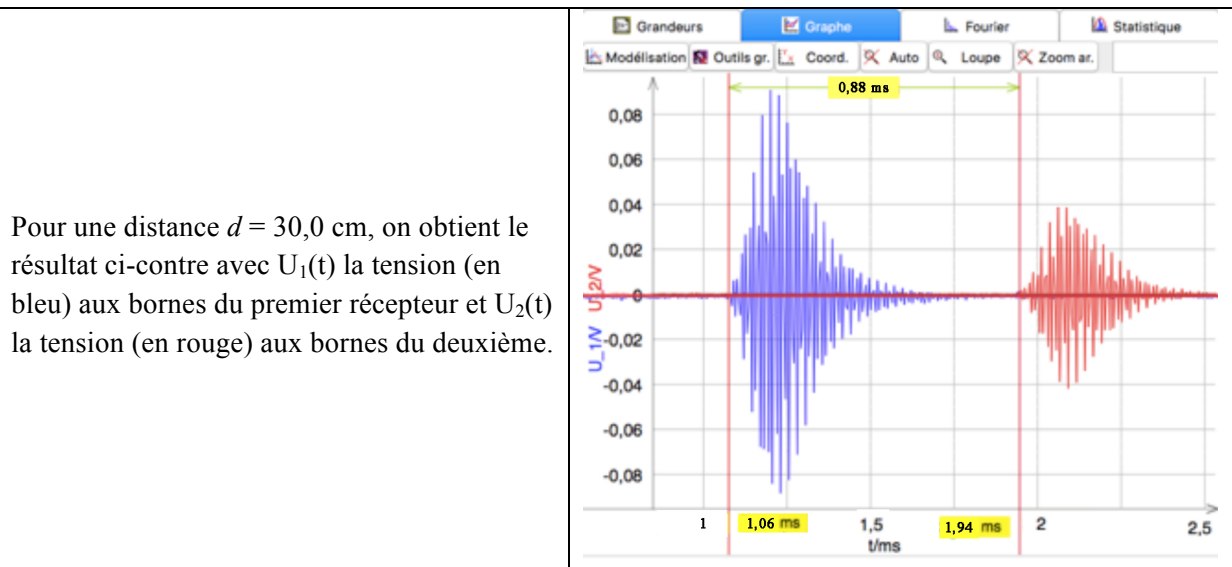


Préciser comment calculer la célérité v_2 des ultrasons dans l'air à partir des deux mesures précédentes.

2. Réaliser

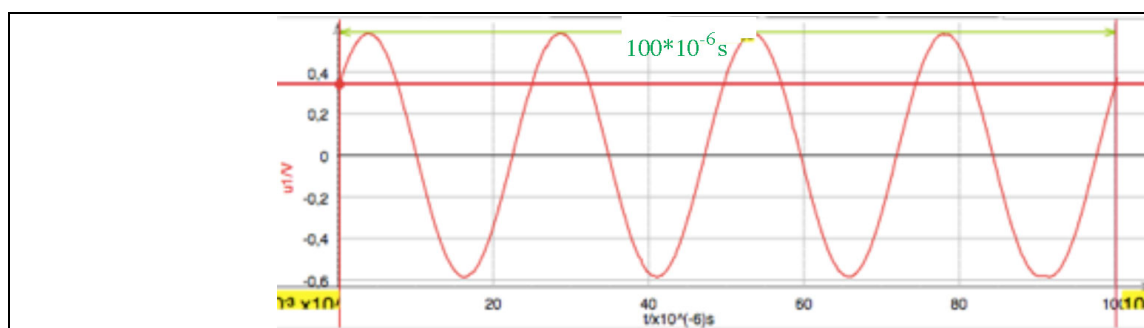
a. Mise en œuvre des protocoles expérimentaux

* Utiliser les résultats expérimentaux **du protocole 1** donnés ci-dessous (**ou vos résultats**) pour déterminer la valeur expérimentale v_1 de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.



* Utiliser les résultats expérimentaux **du protocole 2** donnés ci-dessous (**ou vos résultats**) pour déterminer :

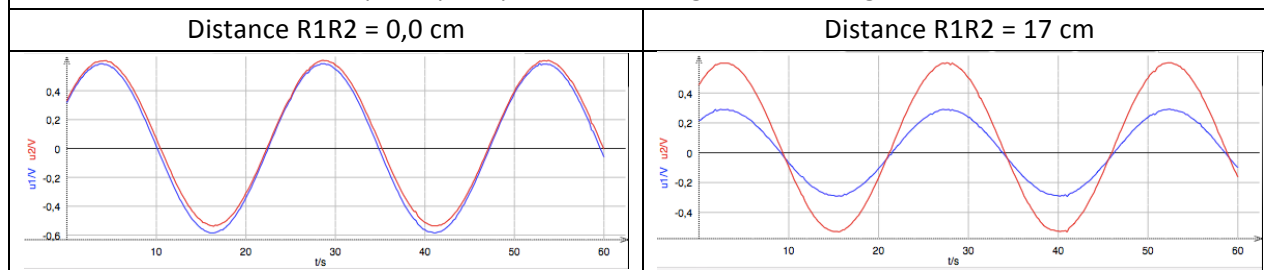
- la valeur de la période T des ultrasons étudiés :



- la valeur de la fréquence f des ultrasons étudiés :

- la valeur de la longueur d'onde λ des ultrasons étudiés :

20 coïncidences ont été comptées pour passer de l'enregistrement de gauche à celui de droite.



- la valeur expérimentale v_2 de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air :

b. Déterminer la valeur v_{mod} de la célérité des ultrasons dans l'air modélisée par la formule du document 2 en considérant une température de 20°C :

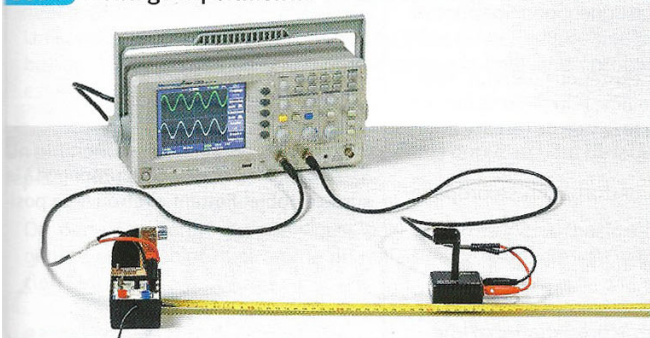
c. Déterminer la valeur v_{mod} de la célérité du son dans l'air modélisée par la formule du document 2 en considérant une température de 15,9°C et la comparer à la valeur de célérité du son trouvée à cette même température en 1822 :

3. Valider

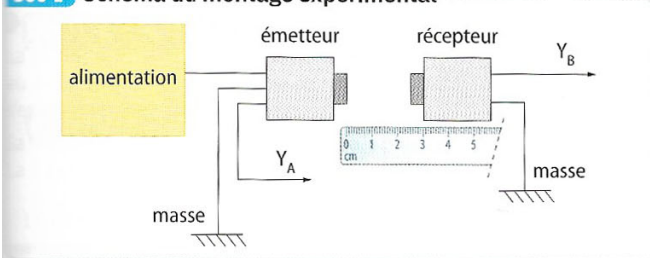
Comparer les valeurs expérimentales de la célérité des ultrasons dans l'air à celle donnée par le modèle du gaz parfait et à la valeur de la célérité du son trouvée en 1822.

Annexe 1 : Longueur d'onde ultrasonore

DOC 1 Montage expérimental

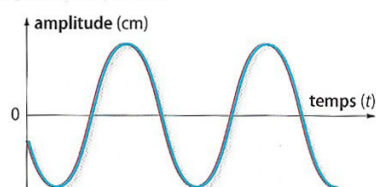


DOC 2 Schéma du montage expérimental

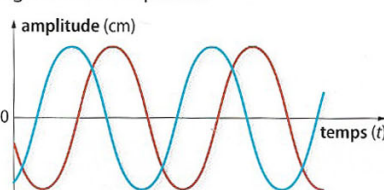


DOC 3 Signaux en phase ou non

Signaux en phase :



Signaux non en phase :

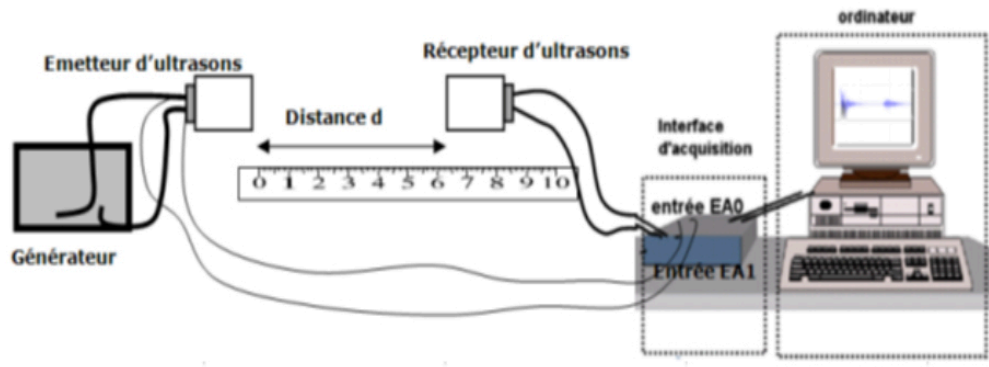


VOCABULAIRE

La **longueur d'onde** λ est la plus petite distance séparant deux points où les signaux perçus sont en phase.

Annexe 2 : Montage expérimental et paramétrage du logiciel d'acquisition Latis-Pro

Document 1 « Dispositif expérimental »



Document 2 « Émetteur et récepteurs d'ultrasons »

Alimentation et branchement de l'émetteur d'ultrasons

Connecter l'entrée de l'émetteur d'ultrasons entre les bornes + et - (la masse) d'une générateur éteint de tension continue et sélectionner 12V ou 15V.

Allumer le générateur puis l'émetteur d'ultrasons en basculant l'interrupteur sur 1.

Régler l'intensité des ultrasons en tournant le bouton f à la moitié du maximum.

L'émetteur d'ultrasons peut fonctionner en mode « salves » (courtes ou longues) ou en mode « continu ».

Pour la méthode 1 du TP, on utilisera l'émetteur en mode « salves courtes » et pour la méthode 2 en mode « continu ».



Alimentation et branchement des 2 récepteurs d'ultrasons

Brancher la sortie du premier récepteur d'ultrasons sur l'entrée EA1 du boîtier Eurosmart Sysam SP5.

Brancher la sortie du second récepteur d'ultrasons sur l'entrée EA2 du boîtier Eurosmart Sysam SP5.



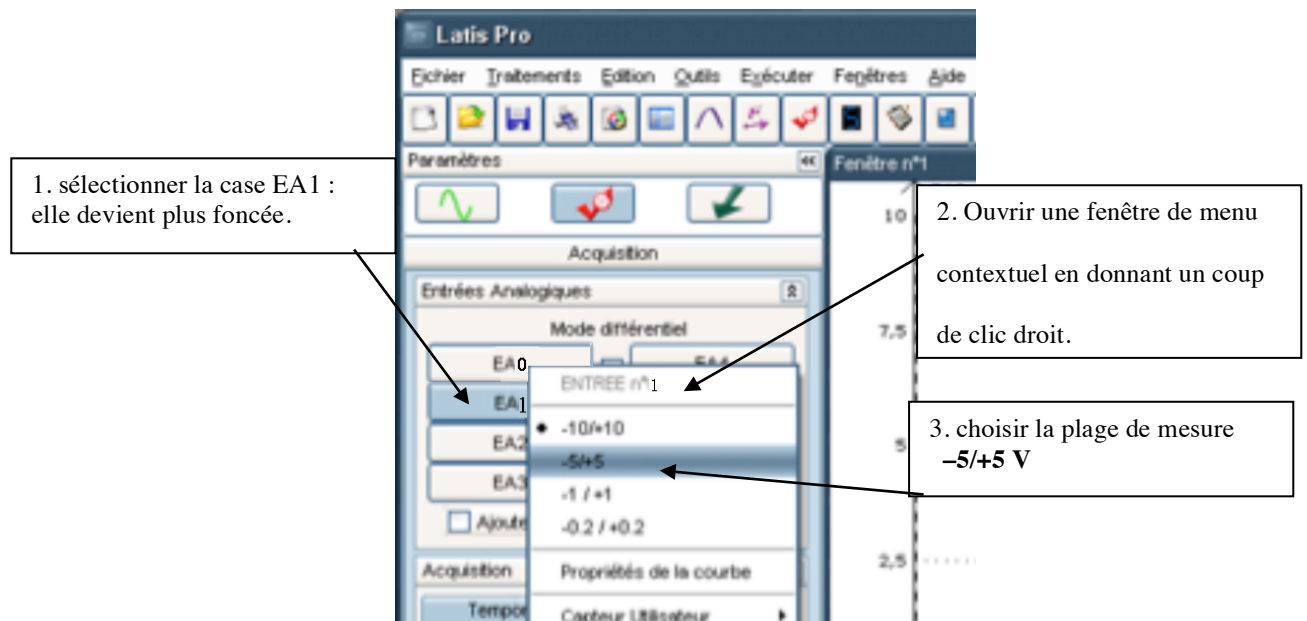
Document 3 « Acquisition à l'aide du logiciel Latis-Pro »

Pour démarrer Latis-Pro, cliquer sur son icône dans le dossier applications/physique

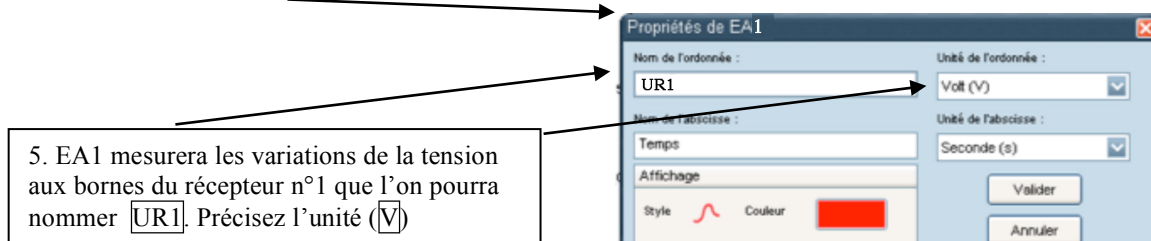
Paramétrage de Latis-Pro et acquisition

Paramétrage de la voie EA1 : Signal électrique du récepteur n°1 d'ultrasons

Dans la fenêtre « Entrées Analogiques »,



4. sélectionner la fonction « Propriétés de la courbe ». La fenêtre « Propriétés de EA1 » s'ouvre.



6. Choisir le Style de tracé de courbe « Traits ».



Paramétrage de la voie EA2 : Signal électrique du récepteur n°2 d'ultrasons

Procéder de la même façon que pour le paramétrage de la voie EA2, mais choisir une couleur différente.

Paramétrage de l'acquisition

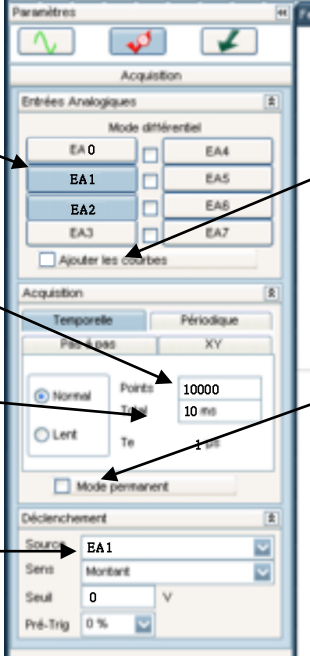
Dans la fenêtre Acquisitions, spécifier les caractéristiques de l'acquisition :

1. sélectionner les courbes EA1, EA2

2. « Points » de mesure : 10000 pour la méthode 1 puis 1000 (méthode 2)

3. durée « Totale » :
10 ms pour la méthode 1
50 μ s pour la méthode 2

4. Déclenchement source : EA1



5. Ne pas cocher « Ajoutez les courbes »

6. Cocher « mode permanent » pour la mesure de λ dans la méthode 2 (escape pour en sortir)

Acquisition

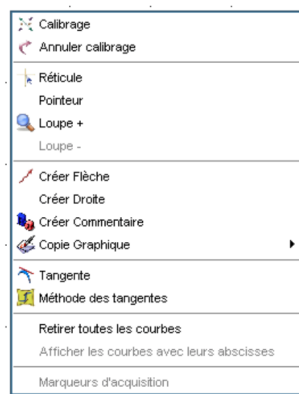
Pour lancer l'acquisition il suffit d'appuyer sur la touche F10.

En « mode permanent » on procède de la même façon, mais la fin de la visualisation s'effectue en appuyant sur la touche escape du clavier de l'ordinateur.

Mesure du retard Δt de réception des ondes ultrasonores entre les deux récepteurs (méthode 1)

Pour déterminer la durée Δt , on choisira une durée totale d'acquisition de 10 ms.

On utilisera l'outil réticule (accessible à l'aide d'un clic droit de la souris sur la fenêtre utilisée)



Mesure de la période et de la fréquence des ondes ultrasonores (méthode 2)

Pour déterminer la période ou la fréquence des ondes ultrasonores, on choisira une durée totale d'acquisition de 50 μ s.

Pour déterminer la fréquence f des ondes ultrasonores, on peut cliquer directement sur l'icône « F », puis glisser la courbe à analyser dans la fenêtre « mesures automatiques » qui s'ouvre.

On calcule ensuite la période T .

On peut également utiliser l'outil réticule pour mesurer la période T puis calculer la fréquence f .

Mesure de la longueur d'onde des ondes ultrasonores (méthode 2)

Pour déterminer la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores, on se placera **en mode permanent** avec une durée totale d'acquisition de 50 μ s.