

Ondes ultrasonores dans l'air

Pour les deux premières parties, les mesures se font à l'aide d'un générateur et de deux récepteurs d'ultrasons connectés à un oscilloscope numérique.

Pour la troisième partie, un combiné émetteur/récepteur est associé à un microcontrôleur convenablement programmé pour la réalisation de mesures adaptées.

Préliminaire 1^{ère} et 2^{ème} parties

Vous disposez en annexe d'un schéma de façade d'oscilloscope, vous pourrez le légendier au fur et à mesure de l'utilisation de l'appareil au cours de la séance et garder précieusement ce document.

1^{ère} partie : mesures de retards, détermination de la célérité des ultra-sons dans l'air (méthode n°1)

Présentation du dispositif et du principe de la manipulation

L'objectif est de réaliser un ensemble de mesures qui permettra de déterminer la célérité de propagation des ultrasons dans l'air.

L'émetteur E est réglé en mode "salve" : il émet un salve ultrasonore à intervalles de temps réguliers, périodiquement. La durée de la salve peut être réglée.

Les deux récepteurs, notés R₁ et R₂, peuvent être reliés aux deux voies d'un oscilloscope numérique, ce qui permettra de transformer les signaux ultrasonores reçus en signaux électriques représentatifs visibles sur l'écran de l'oscilloscope.

On rappelle que la graduation horizontale de l'écran de l'oscilloscope représente le temps. Deux signaux qui ne sont pas détectés au même instant (à la même date) apparaîtront donc sur l'écran décalés horizontalement.

On procèdera à quelques réglages pour observer nettement une ou deux salves sur l'écran : choix de la base de temps (oscilloscope) et de la durée de la salve (générateur U.S. qui commande E)

On dispose par ailleurs d'une grande règle graduée.

L'oscilloscope doit permettre de déterminer différentes valeurs de la durée Δt entre deux événements, La règle permettra de mesurer des distances.

La réalisation de plusieurs mesures doit mener à la construction d'un graphe. C'est l'exploitation de ce graphe qui permet de déterminer la célérité v cherchée.

L'instant détente

Connaissant maintenant la célérité du son (à peu près égale à celle des U.S.) dans l'air, vous pouvez mesurer la longueur du couloir du lycée, méthode au choix, à vous de jouer !

Matériel disponible : un chronomètre et deux planches pouvant être frappées l'une contre l'autre de manière à produire un son fort et bref...

Compte rendu pour cette 1^{ère} partie :

- Une explication du mode opératoire choisi incluant obligatoirement un schéma clair du dispositif expérimental ;
- Le résultat des mesures directement sous la forme du graphe $d = f(Dt)$
- Le résultat pour la valeur de la célérité.
- Le couloir ! Que vaut sa longueur ?

2^{ème} partie :

Les ondes ultra sonores sont des ondes périodiques !

Le dispositif expérimental est toujours le même : un émetteur et deux récepteurs U.S., un oscilloscope.

- L'émetteur est maintenant en mode « continu ».
- Régler l'oscilloscope de manière à ne visualiser que la voie A.
- Modifier la base de temps de manière à visualiser avec plus de précision la nature du signal reçu.
- Que constatez vous ? Rédigez une explication claire précisant le caractère périodique des ondes ultrasonores détectées.
- **Déterminez la période et la fréquence de l'onde ultra-sonore à partir du signal observé sur l'écran.**
- Sans modifier la base de temps, faites en sorte de visualiser maintenant les deux voies de l'oscilloscope (correspondant toujours aux ultrasons captés par les deux récepteurs) ; déplacer le long de la règle un récepteur par rapport à l'autre.
- *Positionner alors les deux récepteurs de telle sorte qu'ils reçoivent des signaux en phase.*
- Proposer alors une méthode précise de détermination de λ .
(si vous êtes en difficulté, une aide écrite vous est proposée plus loin)
- *Mettez en œuvre le protocole correspondant après validation par le professeur.*
- **A l'aide des valeurs de T et λ précédemment déterminées, calculer la valeur de la célérité des ondes ultra-sonores dans l'air.**
(vous pourrez alors comparer votre résultat à celui obtenu dans la première partie)
- *Attention : les valeurs de T et λ seront encadrées à cause des erreurs possibles de lecture (+ ou - 0,1 carreau pour la lecture sur l'oscilloscope, + ou - 1 mm pour la lecture du déplacement d'un récepteur par rapport à l'autre. Vous en déduirez une valeur encadrée de la célérité.*

Le compte-rendu de cette 2^{ème} partie va de soi :

Vous présentez par écrit toutes vos réponses, calculs et conclusions.

Aide : deux signaux, reçus en deux points de l'espace, sont en phase lorsque :

- *Ils ont même fréquence ;*
- *Ils passent par les mêmes états (valeur maximum, valeur minimum, passages au zéro dans le même sens) aux mêmes instants.*
- Déplacer doucement un récepteur par rapport à l'autre jusqu'à retrouver les deux signaux reçus en phase. **Expliquer pourquoi vous venez de déplacer le récepteur d'une longueur d'onde λ .**

Annexes

Façade oscilloscope



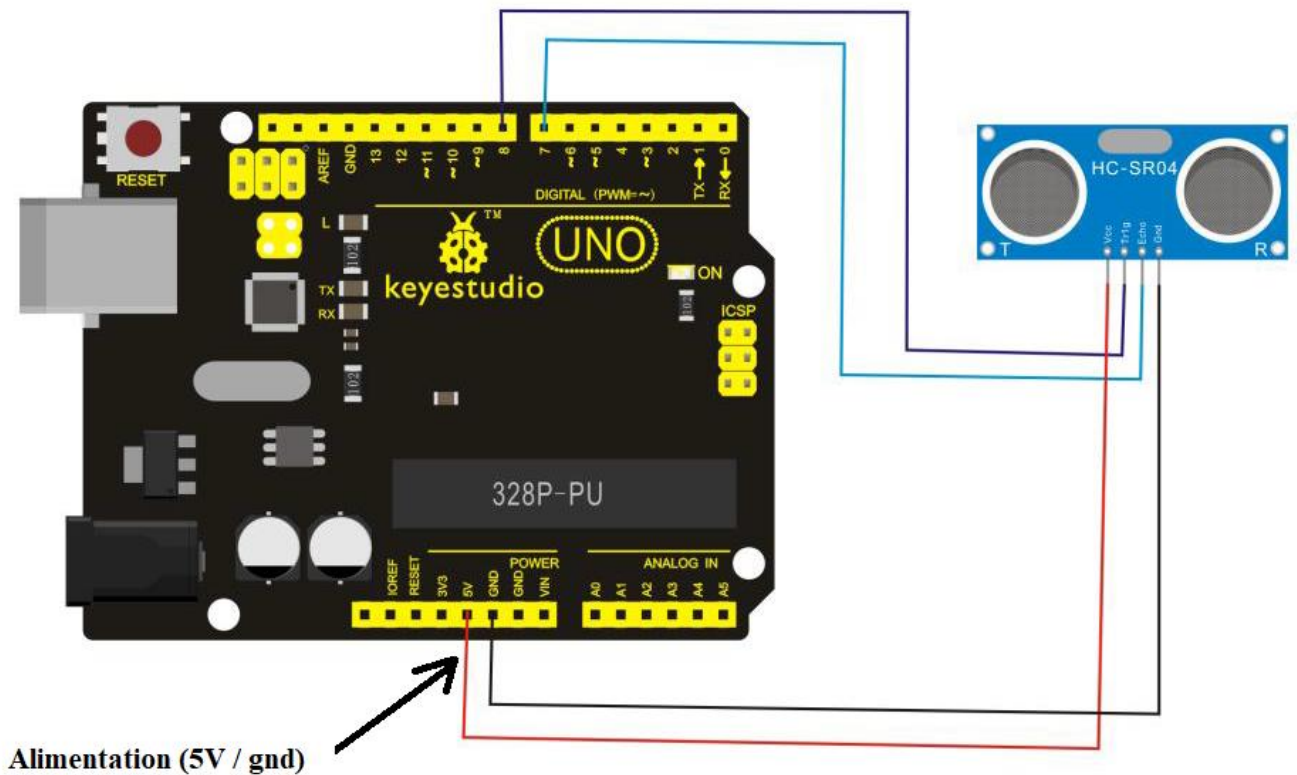
Quelques valeurs de v selon le milieu de propagation :

TABLEAU 13.2 Vitesse du son		
Matériau	Température (°C)	Vitesse (m/s)
Caoutchouc vulcanisé	0	54
Bisulfure de carbone	0	189
Air	0	331,45
Vapeur d'eau	0	401
Liège		500
Tétrachlorure de carbone	23	929
Hélium	0	970
Chloroforme	24	1001
Plomb	20	1227
Hydrogène	0	1270
Mercure	≈ 25	1450
Eau douce	25	1493
Eau de mer	20	1513
Glycérine	22	1986
Platine	20	2690
Laiton		3500
Cuivre	20	3560
Brique		3652
Bois de chêne		3850
Aluminium		5104
Granite		6000

3^{ème} partie : principe d'une échographie

Le dispositif expérimental :

Entrée / sortie numériques (7 et 8)



Alimentation (5V / gnd)

Objectif :

Disposer un objet de forme quelconque à une vingtaine de centimètres de l'ensemble émetteur/récepteur U.S. L'émetteur est noté « E », le récepteur est noté « R » et l'ensemble est noté « EER ».

Déplacer progressivement l'EER dans la direction de votre choix tout en envoyant automatiquement des salves ultrasonores (E) qui sont réfléchies par l'objet et détectées (R). Récupérer les données de mesure et présenter un graphe qui restitue de manière cohérente la forme de l'objet.

Le programme qui permet d'envoyer automatiquement des salves d'U.S. et de mesurer la durée de leur aller-retour entre E et R est donné ci-dessous et il peut être modifié (nombre de mesures, intervalle de temps entre deux mesures successives, etc.)

Les instructions d'utilisation du logiciel Arduino sont proposées pendant la séance (ou bien ont donné lieu à une présentation préliminaire).

Le compte-rendu pour cette partie :

- Expliquer votre démarche.
- Présentez vos résultats (avec notamment le graphe obtenu à partir de mesures automatiques et permettant de décrire la forme et la dimension de l'objet).

Le code ci-dessous peut-être copié/collé dans une fenêtre du logiciel Arduino préalablement ouvert :

```
int trig = 8;//le déclencheur (trigger) connecté à broche 8 d'arduino
int echo = 7;// le récepteur de l'écho connecté broche 7
int compteur=1;// un entier qui servira de compteur pour limiter le nombre de
// mesures et s'arreter tout seul. Valeur initiale 1.

float AR;
float cm; //deux variables réelles, l'une représente la durée de l'aller retour
// l'autre est calculée à partir de la première
// et détermine la distance entre le détecteur et l'obstacle

void setup()
{

pinMode(trig, OUTPUT); // le déclencheur est une sortie (enverra une valeur de tension
// soit haute, soit basse.(qui se convertit en ultrason)
digitalWrite(trig, LOW);// initialement basse, donc
pinMode(echo, INPUT); // le récepteur d'écho est une entrée
Serial.begin(9600);

Serial.println ("Mesure de distance "); // titre
}

void loop(){

digitalWrite(trig, HIGH); // Le déclencheur a envoyé une impulsion de tension
delayMicroseconds(10); // pendant 10 microsecondes
digitalWrite(trig, LOW); // il faut que la durée de l'impulsion soit négligeable par rapport à
// la durée de l'aller retour des US (pour AR 4 cm dans l'air, durée prévue : 120 microsecondes)
// voir pourquoi dans la description qui suit de l'instruction PulseIn
// Ou alors on retranche 10 microsecondes de la formule du temps

AR = pulseIn(echo,HIGH); // ce pourrait être "AR = pulseIn(echo,LOW)-10", voir ci-dessous
//PulseIn : lit la durée d'une impulsion (soit niveau HAUT, soit niveau BAS) appliquée sur une broche (configurée en
ENTREE).
//Par exemple, si le paramètre valeur est HAUT, l'instruction pulseIn() attend que la broche émettrice (trig) passe à
HAUT,
//commence alors le chronométrage, attend que la broche réceptrice (echo)passe (ici) au niveau HAUT et stoppe
alors le chronométrage.
// si c'était un déclenchement au niveau bas (réception fin de la salve) on pourrait retrancher la durée de l'impulsion
envoyée
cm = AR*0.0170; // d = vt... comme "AR" est la durée de l'AR, il y a une division par 2 à effectuer.
// la vitesse du son (340 m/s) est ici en cm/microseconde : 0,034. Divisé par 2 : 0,017

// Remarque: si l'obstacle est près, la distance est "oblique" et un peu plus grande que perpendiculairement
// à l'obstacle et au couple trig/echo que l'on a positionnés parallèlement.
// on peut rajouter 0,5 cm (capteurs légèrement à l'intérieur des émetteur/récepteur US)

Serial.print("Distance en cm :");
Serial.print("\t");
Serial.print(cm);
Serial.print("\t");
Serial.println(AR); // la serie d'instructins "print" : pour affichage en lignes et colonnes exportables (excel, ...)
if(compteur>10)exit(0); // Pour s'arrêter après 10 mesures
compteur=compteur+1;

delay(2000); // Durée (par défaut en ms) entre chaque mesure
}
```