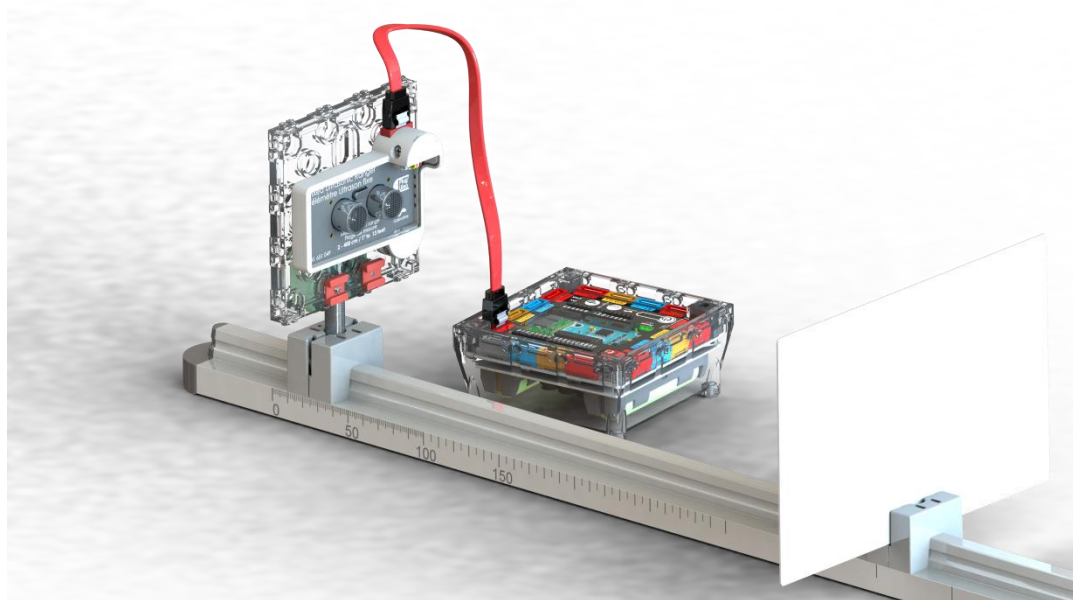


Niveau : seconde	Ondes et signaux partie 1 : Émission et perception d'un son
Vitesse de propagation d'un signal sonore.	Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées. <i>Mesurer la vitesse d'un signal sonore.</i>
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.	Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.
Incertitude-type.	Évaluer une incertitude-type par une approche statistique.

Dossier TP Plug'Uino® : Vitesse de propagation d'un signal sonore Programmation en langage Arduino



1. Résumé de l'activité

Cette activité expérimentale a pour but de mesurer la vitesse d'un signal sonore à l'aide d'un microcontrôleur, et d'étudier la variabilité de la mesure de la vitesse.

2. Thème du programme abordé

Niveau : seconde	Ondes et signaux partie 1 : Émission et perception d'un son
Vitesse de propagation d'un signal sonore.	Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées. <i>Mesurer la vitesse d'un signal sonore.</i>
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.	Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.
Incertitude-type.	Évaluer une incertitude-type par une approche statistique.

3. Matériel mis en œuvre

Une interface Plug'Uino® Réf. 650 003

Un module télémètre à ultrason Plug'Uino® Réf. 651 049

Un support sur tige pour Télémètre à US Plug'Uino® Réf. 651 015

Un banc d'optique avec écran servant d'obstacle réfléchissant les ondes

Le banc d'optique permet de positionner précisément les éléments et de mesurer la distance entre l'obstacle et l'émetteur-récepteur.

4. Présentation de l'expérience réalisée

À l'aide d'un microcontrôleur, on mesure la durée d'aller-retour d'une salve ultrasonore sur une distance connue. Le programme calcule la célérité des ultrasons dans l'air.

Le microcontrôleur est particulièrement apte à faire de nombreuses mesures en un temps limité, il est donc parfaitement adapté à une étude statistique, de façon à mettre en évidence la variabilité de la mesure d'une grandeur physique. On peut, par exemple, lui demander d'effectuer 100 mesures, puis de calculer la vitesse moyenne, ou bien importer ses données dans un tableur-grapheur afin de les y traiter (visualiser un histogramme, calculer l'écart-type...)

5. Programme Arduino

Le programme Arduino fonctionnel, permettant de mesurer la vitesse moyenne sur N mesures est ci-après. Avant de lancer une série de mesures, on veille à placer l'émetteur-récepteur à une distance fixe de l'obstacle, à mesurer précisément cette distance, et à la rentrer dans le programme en ligne 21.

```

TelemetreUS
1 //
2 //   Sciencéthic
3 //
4 //   Télémètre à Ultrasons
5 //
6
7 #define BrocheConnexion 7 // Définit la broche de connexion du module émetteur-récepteur ultrasons
8 // Ici ce dernier doit être connecté sur la broche D7
9 // Vous pouvez changer ce nombre par exemple 2 pour connecté le module
10 // sur la broche D2
11 float N =100; // déclare le nombre N de mesures qui seront effectuées
12
13 void setup() // Initialisation du programme
14 {
15     Serial.begin(9600); // Initialise la vitesse de communication entre la carte Plug'Uino et le PC
16                         // à 9600 bps
17
18 }
19 void loop() // Boucle principale
20 {
21     float distance = 0.3; // Valeur de la distance entre l'émetteur-récepteur et l'obstacle en mètre
22     float duree = 0; // initialise la variable duree à 0
23     for(int i = 1; i<=N; i++) // démarre une boucle de N mesures
24     {
25         pinMode(BrocheConnexion, OUTPUT); // Les lignes 25 à 28
26         digitalWrite(BrocheConnexion, HIGH); // génèrent une salve d'ultrasons
27         delayMicroseconds(5); //
28         digitalWrite(BrocheConnexion, LOW); //
29         pinMode(BrocheConnexion, INPUT); //
30         duree = duree + pulseIn(BrocheConnexion,HIGH); // mesure la durée d'aller-retour de la salve et
31                                     // l'ajoute aux mesures précédentes
32         delay(200); // Attend 200 ms avant de renvoyer une salve (évite les échos parasites)
33     }
34     float dureemoyenne = duree*1e-6/N; // calcule la durée moyenne d'aller-retour, convertie en s
35     float vitesse = distance*2/dureemoyenne; // Calcule la vitesse qui correspond au rapport de la
36                                     // distance parcourue par l'onde (soit le double de la distance
37                                     // entre le module émetteur-récepteur et l'obstacle)
38                                     // par la durée moyenne d'aller-retour
39     Serial.print("La vitesse moyenne est de "); // Affiche la phrase entre guillemets
40     Serial.print(vitesse); // Affiche la vitesse
41     Serial.println(" m/s"); // Affiche l'unité, et passe à la ligne
42     delay(250); // Attend 250 ms avant de recommencer
43 }

```

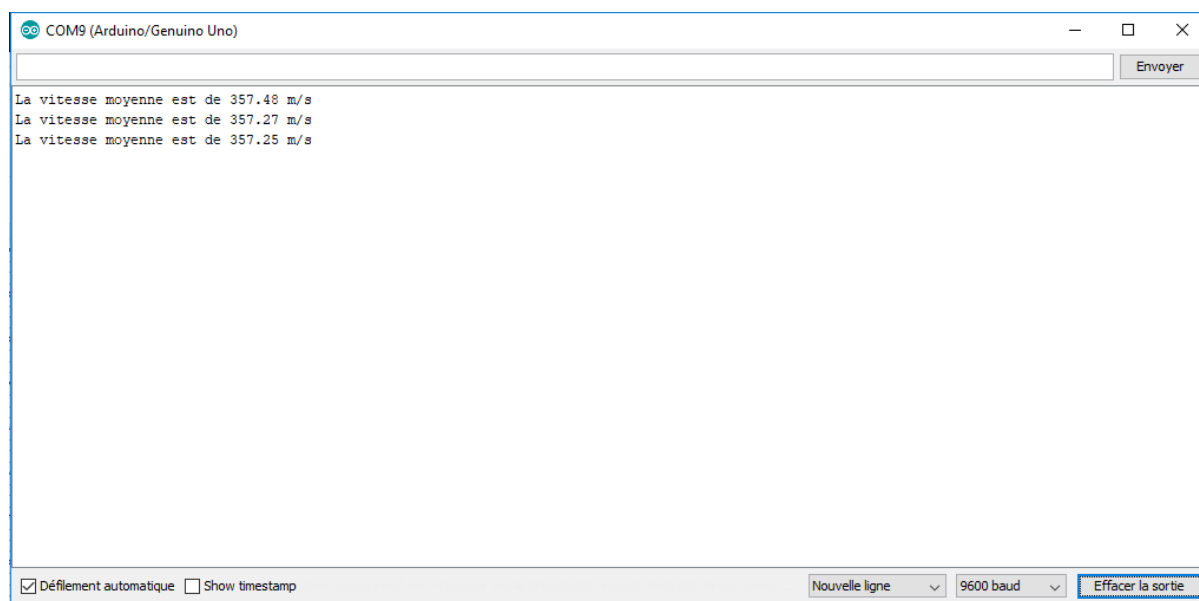
6. Résultats obtenus

Pour une distance de 30,0 cm entre le module émetteur-récepteur et l'obstacle, à une température de $\theta = 22,3^{\circ}\text{C}$, on obtient les mesures suivantes, pour des séries de 100 mesures :

$357,48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $357,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $357,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La valeur théorique de la vitesse est $c_{\text{air}} = 20,05\sqrt{\theta}$

Avec $\theta = 22,3^{\circ}\text{C}$ on obtient $c_{\text{air}} = 345 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



7. Exploitation

7.1. Programmation

En fonction des capacités des différents élèves on peut leur demander diverses choses :

- à un niveau **d'initiation**, on peut enlever certains commentaires du programme et demander aux élèves à quoi correspond cette ligne ;
- à un niveau **plus avancé**, on peut effacer certaines lignes et demander aux élèves de programmer eux-mêmes ces lignes (par exemple, la ligne 35) ;
- à un niveau **expert** on peut demander aux élèves de programmer le microcontrôleur en rentrant cette fois-ci la vitesse obtenue comme donnée, et en lui faisant calculer la distance parcourue par l'onde (fonction télémètre).

7.2. Résultats des mesures

On peut discuter avec les élèves de la variabilité de la mesure de la grandeur physique, en faisant :

- varier le nombre de mesures par série (faire des séries de 5 mesures ou des séries de 100 mesures) ;
- calculer l'écart-type ;
- calculer l'incertitude-type et discuter de son évolution en fonction du nombre de mesures prises ;
- écrire le résultat sous la forme
- discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.

8. Pistes d'exploration possible

On peut faire varier le milieu en mettant par exemple une plaque chauffante sous le trajet des ondes, ou bien un sèche-cheveux envoyant de l'air chaud, afin de voir l'influence de la température sur la vitesse de propagation des ondes ultrasonores.

On peut modifier le programme de façon à ce qu'il envoie sur le port série les données brutes de mesures d'aller-retour, et traiter ces dernières dans un tableur-grapheur : calcul de la vitesse, valeurs moyennes, écart-type, incertitude-type, représentation des données sous forme d'histogramme.