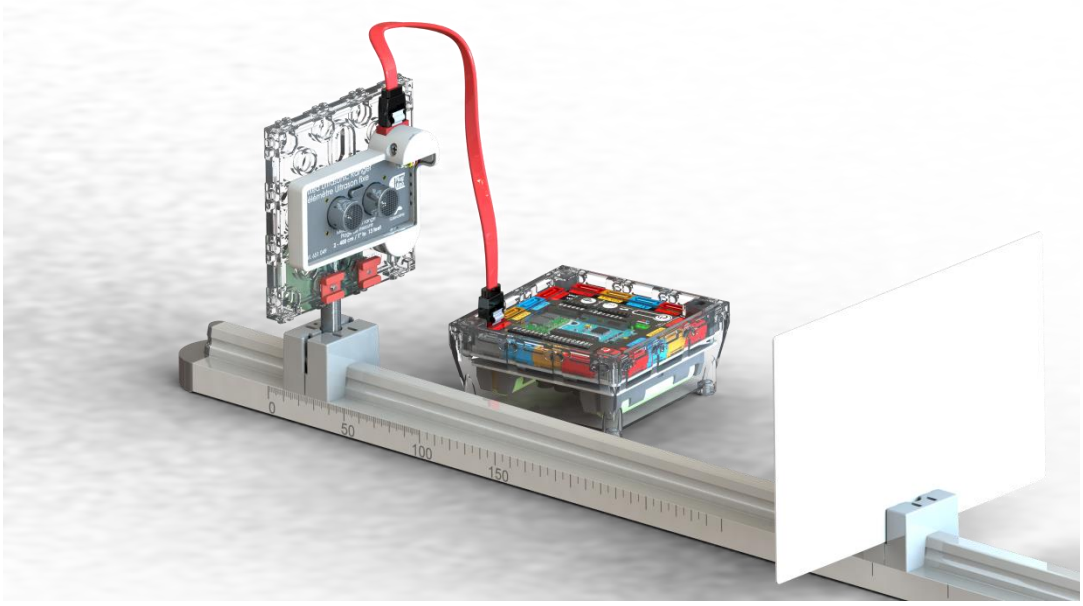
Niveau : première Spécialité	Ondes et signaux partie 1 : Ondes mécaniques
Célérité d'une onde. Retard.	Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité. *Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde.*
Capacités expérimentales.	Mesurer et traiter un signal au moyen d'une interface de mesure ou d'un microcontrôleur.

Dossier TP Plug'Uino® :

Mesure d'une distance à l'aide de la propagation d'ondes sonores

Programmation en langage Arduino



1. Résumé de l'activité

Cette activité expérimentale a pour but de mesurer une distance, basée sur la connaissance de la vitesse d'un signal sonore, à l'aide d'un microcontrôleur.

2. Thème du programme abordé

Niveau : première Spécialité	Ondes et signaux partie 1 : Ondes mécaniques
Célérité d'une onde. Retard.	Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité. *Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde.*
Capacités expérimentales.	Mesurer et traiter un signal au moyen d'une interface de mesure ou d'un microcontrôleur.

Note : la mesure de la célérité de l'onde est abordée dans le TP Plug'Uino® de seconde « Vitesse de propagation d'un signal sonore).

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.

Un thermomètre ;

4. Présentation de l'expérience réalisée

À l'aide d'un microcontrôleur, on mesure la durée d'aller-retour d'une salve ultrasonore. Le programme calcule la vitesse théorique de l'onde sonore en fonction de la température, puis il déduit de ces données la distance qui sépare l'émetteur-récepteur de l'obstacle.

5. Programme Arduino

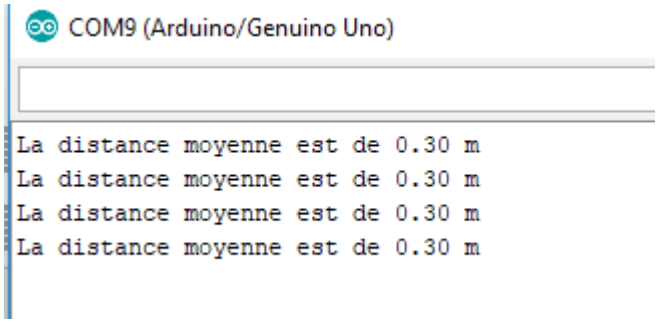
Le programme Arduino fonctionnel, permettant de mesurer la distance moyenne sur 5 mesures est donné ci-après. Avant de lancer une série de mesures, on veille à rentrer dans le programme en ligne 11 la valeur de la température mesurée dans la salle lors de l'expérience.

1ereTelemetreUS

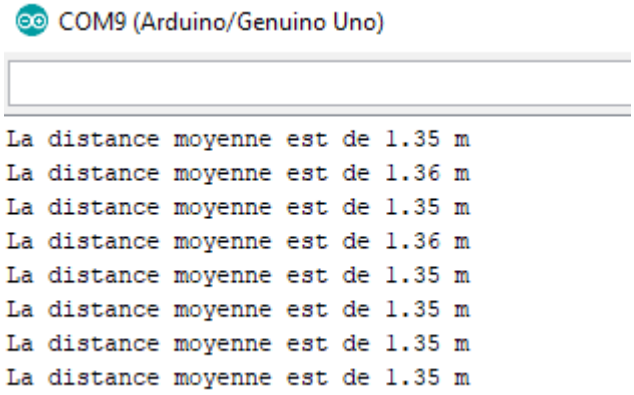
```
1  //
2  //      Sciencéthic
3  //
4  //      Télémètre à Ultrasons
5  //
6
7  #define BrocheConnexion 7 // Définit la broche de connexion du module émetteur-récepteur ultrasons
8                            // Ici ce dernier doit être connecté sur la broche D7
9                            // Vous pouvez changer ce nombre par exemple 2 pour connecté le module
10                           // sur la broche D2
11 float temperature = 19.5 ;  // on entre ici la valeur de la température en °C mesurée pour calculer
12                           // la célérité théorique des ultrasons, ici la temperature est de 19,5 °C
13
14 void setup()               // Initialisation du programme
15 {
16     Serial.begin(9600);    // Initialise la vitesse de communication entre la carte Plug'Uino et le PC
17                            // à 9600 bps
18     }
19 void loop()                // Boucle principale
20 {
21   float duree = 0;         // initialise la variable duree à 0
22   for(int i = 1; i<=5; i++) // démarre une boucle de 5 mesures
23   {
24     pinMode(BrocheConnexion, OUTPUT);     // Les lignes 24 à 27
25     digitalWrite(BrocheConnexion, HIGH);  // génèrent une salve d'ultrasons
26     delayMicroseconds(5);                 //
27     digitalWrite(BrocheConnexion,LOW);    //
28     pinMode(BrocheConnexion,INPUT);       //
29     duree = duree + pulseIn(BrocheConnexion,HIGH); // mesure la durée d'aller-retour de la salve et
30                                                    // l'ajoute aux mesures précédentes
31     delay(200);                            // Attend 200 ms avant de renvoyer une salve (évite les échos parasites)
32   }
33   float dureemoyenne = duree*1e-6/5 ;         // calcule la durée moyenne d'aller-retour, convertie en s
34   float vitesse_son = 20.05*sqrt(temperature+273.15); // calcule la vitesse du son en fonction de la température
35   float distance = vitesse_son*dureemoyenne/2 ; // Calcule la distance qui correspond au produit de la
36                                                 // vitesse par la moitié de la durée moyenne d'aller-retour
37   Serial.print("La distance moyenne est de "); // Affiche la phrase entre guillements
38   Serial.print(distance);                      // Affiche la distance
39   Serial.println(" m");                       // Affiche l'unité, et passe à la ligne
40   delay(250);                                  // Attend 250 ms avant de recommencer
41 }
```

6. Résultats obtenus

Pour une distance de 30,0 cm entre le module émetteur-récepteur et l'obstacle, à une température de $\theta = 19{,}5°C$,on obtient une mesure affichée de 0,30 m :



Pour une distance de 1,36 m, on obtient les mesures suivantes :



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, les lignes 33 et 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 l'influence de l'instrument de mesure et du protocole ;

— de la précision des mesures en fonction de la distance parcourue par les ondes ;

— trouver les distances minimale et maximale au-delà desquelles le protocole ne fonctionne plus correctement.

8. Pistes d'exploration possible

On peut modifier le programme en lui faisant mesurer lui-même la température du laboratoire à l'aide d'une sonde de température, et s'adapter ainsi automatiquement, à l'aide d'une sonde de température CTN Plug'Uino®.

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.