

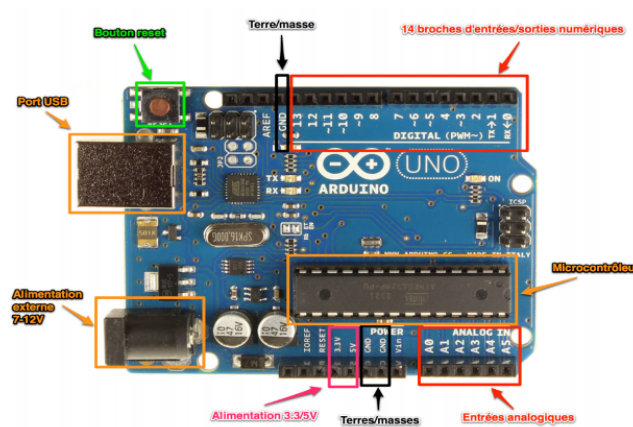
Mesure de la vitesse du son

1) Objectifs du TP

L'objectif de ce TP est de déterminer La vitesse de propagation du son dans l'air à l'aide d'un microcontrôleur Arduino. En fait nous allons travailler non pas avec une onde sonore mais une onde ultrasonore dont la vitesse de propagation dans l'air est identique.

2) Présentation de la carte Arduino

Le projet "Arduino" a été initié en 2004-2005 par un groupe d'enseignants, notamment Massimo Banzi, d'une école de design italienne (Interaction Design Institute), dans le but de permettre aux étudiants de pouvoir disposer d'une plateforme valant le prix d'une pizza pour réaliser des projets interactifs.



Le microcontrôleur est le cerveau de notre carte. Il va recevoir le programme que nous allons créer afin de l'exécuter ensuite de manière autonome (c'est-à-dire qu'il n'a plus besoin d'être connecté à l'ordinateur pour fonctionner, il faudra simplement alimenter la carte avec une alimentation externe, par exemple une pile de 9V).

La carte dispose d'entrées numériques ou analogiques (sur lesquelles on branche généralement des capteurs : de température, de pression...) et de sorties numériques (sur lesquelles on peut brancher une led, un écran, un buzzer, des actionneurs pour actionner un robot...). Les possibilités sont quasiment illimitées!

Le logiciel Arduino IDE (interface de développement intégré) est multiplateforme (fonctionne sous Mac, Windows, Linux). Il est téléchargeable à l'adresse suivante : <http://arduino.cc>. C'est grâce à lui que nous allons créer et tester les programmes avant de les implémenter sur la carte Arduino.

3) Dispositif expérimental

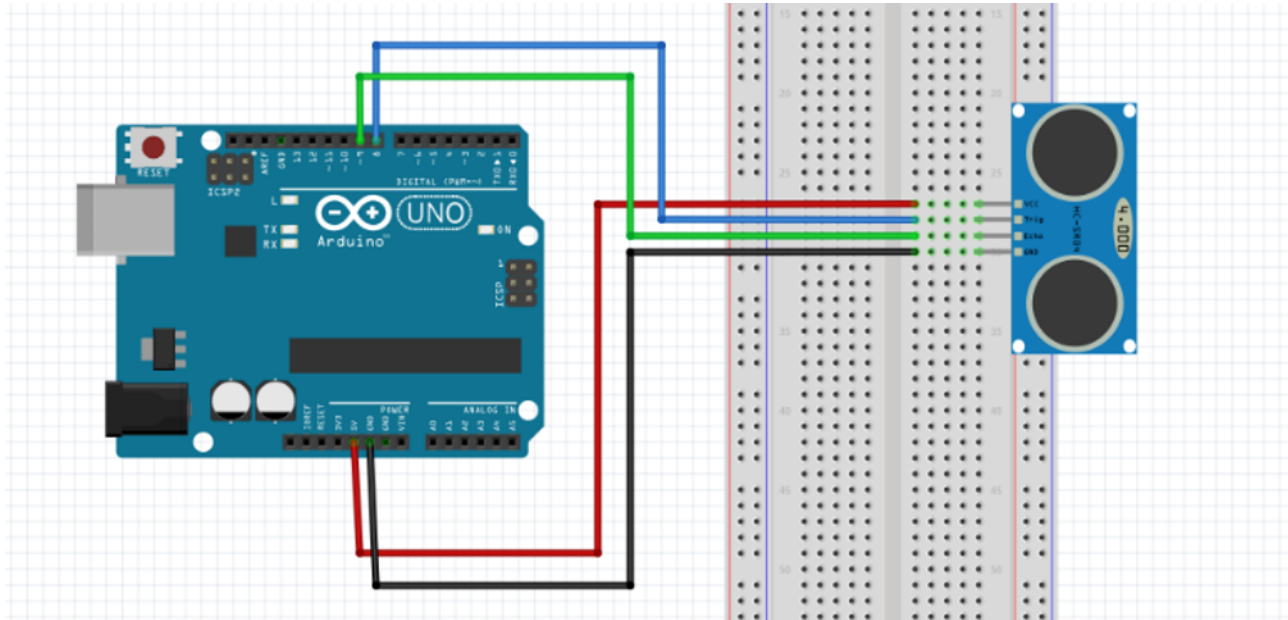
Nous allons utiliser un module à ultrasons HC-SR04. Ce module est capable d'émettre une onde ultrasonore très brève (impulsion) et de mesurer la durée qui s'écoule entre l'émission et la réception de cette onde.

Ce module émetteur-récepteur est alimenté par la carte Arduino en 5V (la masse GND du module à ultrasons et son entrée VCC sont reliées respectivement aux bornes GND et 5V de la carte Arduino).

La borne trig du module à ultrasons reçoit la commande d'envoi d'une onde ultrasonore lorsqu'elle se trouve dans un état haut (5V), noté HIGH dans le programme et d'arrêt lorsqu'elle se trouve dans un état bas (0V) noté LOW. Cette borne est reliée à l'entrée/sortie numérique n°8 de la carte Arduino.

La borne echo du module à ultrasons permet notamment de renvoyer la durée écoulée entre l'émission et la réception de l'onde ultrasonore. Cette borne est reliée à l'entrée/sortie numérique n°9 de la carte Arduino.

1. Réaliser le montage ci-dessous et positionner le module HC-SR04 à la distance $d = 20$ cm d'un obstacle.



4] Le programme arduino

2. Se rendre à l'adresse ci-dessous puis télécharger le logiciel Arduino pour windows (windows 10 and newer 64 bits)
<https://www.arduino.cc/en/software>
3. Lancer le logiciel Arduino
4. Indiquer le type de carte Arduino utilisée : menu Outils/Type de carte et sélectionner la carte "Arduino/Genuino Uno"
5. Sélectionner le port utilisé par la carte : menu Outils/Port et sélectionner le port "COM(arduino/Genuino Uno)"
6. Effectuer un copier/coller à partir du fichier se trouvant sur l'ENT (moodle -> physique/Chimie seconde-> C7) du code suivant.

```
//on affecte à la variable de type integer nommée trig le numéro de l'entrée/sortie reliée à trig du module HC-SR04
int trig=8;
//on affecte à la variable de type integer nommée echo le numéro de l'entrée-sortie reliée à echo du module HC-SR04
int echo=9;

unsigned long temps;           // variable utilisée pour la durée

void setup() {
  pinMode(trig,OUTPUT);        // on définit trig en sortie
  digitalWrite (trig,LOW);     // trig est mise à l'état bas (le module HC-SR04) n'émet aucun ultrason
  pinMode(echo, INPUT);        // on défini echo en entrée
  Serial.begin(9600);          // on démarre le port série à 9600 baud sur lequel transiteront les données
}
```

```

}

void loop() {
    // boucle infinie
    digitalWrite (trig,HIGH); // trig est mise à l'état haut (le module HC-SR04) émet une onde ultrasonore ...

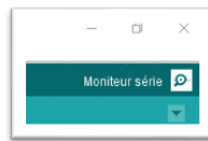
    delayMicroseconds(10); // Le programme se met en attente pendant 10 µs
    digitalWrite (trig,LOW); // au delà des 10 µs, trig est mise à l'état bas et met fin à l'émission de l'onde.
    temps = pulseIn(echo, HIGH); // pulseIn retourne la durée qui s'est écoulée depuis l'émission de l'onde jusqu'à sa réception
    Serial.println(temps); // la valeur de la durée est envoyée sur le port série
    delay(1000); // 1 délai de 1000ms = 1s s'écoule avant de réitérer la boucle
}

```

5. Téléverser le programme sur la carte Arduino :



6. Pour visualiser les données qui transitent sur le port série, ouvrir le moniteur série :



7. Effectuer une capture d'écran du moniteur série.

5] Calcul de la vitesse du son

- Expliquer comment (à partir de la connaissance de la distance d et des mesures de durée Δt entre l'émission et la réception de l'onde ultrasonore) on peut calculer la vitesse du son. Vous pourrez réaliser un schéma.
- Effectuer une application numérique avec une valeur de Δt envoyée sur le port série.

6] Étude statistique des résultats

Nous venons de constater que d'une mesure à l'autre, les valeurs de Δt fluctuent légèrement d'une mesure à l'autre. Lorsque nous allons calculer v_{son} les résultats vont donc également fluctuer. Il est donc intéressant d'effectuer une étude statistique.

Rappel : Pour une série de n mesures indépendantes :

- la valeur retenue comme valeur mesurée est la moyenne $\overline{v_{son}}$ de toutes les valeurs mesurées ;
- L'incertitude-type (de l'anglais "uncertainty") de v_{son} est donnée par : $u(v_{son}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ où σ_{n-1} est l'écart-type de la série des mesures, donné par les fonctions statistiques d'une calculatrice, d'un tableur ou du logiciel python. (sur la calculatrice Numworks il est nommé "écart type échantillon", sur Excel la fonction écart-type est nommée "ECARTYPE()")

L'incertitude type est toujours arrondie par excès en ne conservant qu'un seul chiffre significatif.

- A partir de la capture d'écran du moniteur série, rentrer les 10 premières valeurs de Δt dans le tableau suivant. Calculer ensuite la vitesse du son en gardant 1 chiffre après la virgule.

Δt (µs)										
v_{son} (m.s ⁻¹)										

11. Rentrer les valeurs de v_{son} dans le tableur Excel.
12. Calculer la valeur moyenne.
13. Calculer l'écart-type σ .
14. Calculer l'incertitude-type $u(v_{son})$.
15. Comment pourrait-on réduire cette incertitude-type ?