

STEMKIT

4SCHOOLS

MESURE DE LA VITESSE DU SON

Plan de leçon 1

Cofinancé par le
programme Erasmus+
de l'Union européenne



Ce projet a été financé avec le soutien de la Commission européenne.
Cette communication ne reflète que le point de vue de l'auteur et la Commission ne peut être tenue responsable de
l'usage qui pourrait être fait des informations qui y sont contenues.

Table des matières

1	Mesure de la vitesse du son.....	2
1.1	Informations générales.....	2
1.1.1	Brève description	2
1.1.2	Objectifs d'apprentissage	2
1.1.3	Liens avec le curriculum.....	2
1.1.4	Matériel requis	3
1.1.5	Durée.....	3
1.2	Plan de leçon	4
1.2.1	Introduction	4
1.2.2	Préparation	5
1.2.3	Investigation.....	8
1.2.4	Conclusion	9
1.2.5	Exercice de suivi (facultatif).....	9
1.3	References or Resources.....	10

1 Mesure de la vitesse du son

1.1 Informations générales

1.1.1 Brève description

Dans ce plan de leçon, nous allons mener une expérience scientifique pour mesurer la vitesse du son. Pour cela, nous fabriquerons un appareil expérimental à l'aide de notre STEMKIT et le ferons fonctionner par un programme approprié. Ensuite, nous collecterons des données et les analyserons pour mesurer la vitesse du son. Tout comme le font les vrais scientifiques et chercheurs!

1.1.2 Objectifs d'apprentissage

Les principaux objectifs d'apprentissage de ce plan de cours sont:

- compréhension du concept et du contenu de ce qu'est le son, des ondes sonores, de la propagation des ondes, de la vitesse
- concevoir et réaliser une expérience ou une investigation scientifique avec collecte de données, analyse et présentation des résultats
- se familiariser avec les circuits et programmes pour interagir avec les broches GPIO de Raspberry Pi
- comprendre les structures de base du langage de programmation Python (à savoir, utiliser dans le programme la syntaxe, le but et la fonction de la boucle while, les instructions if, la définition de la fonction, etc.
- en utilisant une feuille de calcul (sous forme papier ou logiciel) pour l'enregistrement des données et le traitement des statistiques de base

1.1.3 Liens avec le curriculum

Les domaines, sous-domaines, sujets / sujets auxquels ce plan de cours peut être lié sont:

- Physique: mouvement, oscillation, ondes, types d'ondes, caractéristiques des ondes, propagation des ondes, son, vitesse des ondes sonores, spectre des ondes sonores
- Science (Physique / Chimie / Biologie / Géologie): méthode scientifique, investigation, expérimentation, analyse et interprétation des résultats
- Informatique / Informatique: unité de traitement et périphériques, interfaces, langage de programmation et structures principales, codage
- Technologie: électronique, matériel et logiciel open source, capteurs, signal numérique, circuits, ordinateurs monocarte

- Maths / Statistiques: tableurs et statistiques de base

1.1.4 Matériel requis

Pour ce plan de cours (et pour chaque groupe d'étudiants) en plus de la console STEMKIT et de son Raspberry Pi, nous aurons besoin de:

- 8 x fils de raccordement mâle-femelle
- 1 x planche à pain
- 1 x capteur de distance à ultrasons HC-SR04
- 1 x bouton poussoir
- 4 x résistances (entre 300 et 1K Ohm). Nous aurons besoin de 3x 1K Ohms pour le capteur de distance et d'une résistance de 300 à 1K Ohm pour le bouton poussoir
- Une règle ou un ruban à mesurer
- Une petite boîte ou un objet pour faire un obstacle

1.1.5 Durée

La durée de ce plan de cours est estimée à environ 45 à 60 minutes, soit une heure de classe.

1.2 Plan de leçon

Le plan de leçon est divisé en quatre phases, qui sont l'introduction, la préparation, l'investigation et la conclusion. En guise de suivi, il y a aussi un exercice facultatif à la fin.

1.2.1 Introduction

Le son est une vibration qui se propage sous forme d'onde de pression audible, à travers un milieu de transmission tel qu'un gaz, un liquide ou un solide. Les humains ne peuvent entendre les ondes sonores que sous forme de hauteurs distinctes lorsque la fréquence se situe entre environ 20 Hz et 20 kHz. Les ondes sonores supérieures à 20 kHz sont appelées ultrasons et ne sont pas perceptibles par les humains. Les ondes sonores inférieures à 20 Hz sont appelées infrasons. Différentes espèces animales ont des plages d'audition variables.

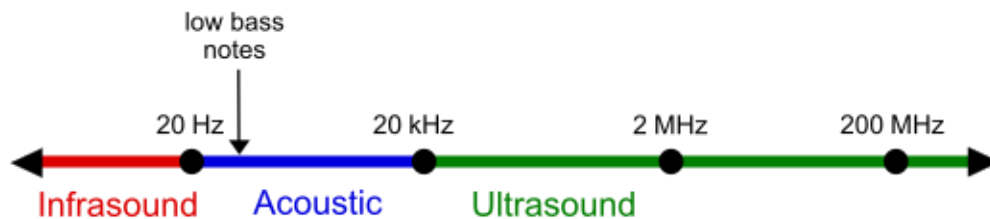


IMAGE 1. PLAGES DE FRÉQUENCES CORRESPONDANT AUX INFRASONS, AU SON HUMAIN ET AUX ULTRASONS

Source: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>

Les ondes sonores sont souvent simplifiées à une description en termes d'ondes sinusoïdales, qui sont caractérisées par: la fréquence, ou sa longueur d'onde inverse; amplitude, pression ou intensité sonore; vitesse du son; direction. Dans ce plan de cours, nous mesurerons nous-mêmes la vitesse du son à l'aide du STEMKIT et d'un capteur.

Comme déjà dit, le son perceptible par les humains a des fréquences d'environ 20 Hz à 20 000 Hz. Dans l'air à température et pression normales, les longueurs d'onde correspondantes des ondes sonores vont de 17 m à 17 mm.

La vitesse du son est la distance parcourue par unité de temps par une onde sonore lorsqu'elle se propage à travers un milieu élastique. À 20 ° C, la vitesse du son dans l'air est d'environ 343 mètres par seconde (ou 1235 km / h), soit un kilomètre en 2,9 secondes. Il dépend fortement de la température, mais varie également de plusieurs mètres par seconde, en fonction des gaz présents dans le milieu à travers lequel se propage une onde sonore.

Dans le langage courant de tous les jours, la vitesse du son fait référence à la vitesse des ondes sonores dans l'air. Cependant, la vitesse du son varie d'une substance à l'autre: le son se déplace le plus lentement dans les gaz; il voyage plus vite dans les liquides; et encore plus rapide dans les solides. Par exemple, le son se déplace à 343 m / s dans l'air;

il se déplace à 1480 m / s dans l'eau (soit 4,3 fois plus vite que dans l'air); et à 5120 m / s dans le fer (c'est-à-dire environ 15 fois plus vite que dans l'air).

Dans notre cas, nous mesurerons la vitesse du son dans l'air à l'aide d'un appareil, à savoir un capteur de distance à ultrasons HC-SR04, qui émet et reçoit / détecte des ultrasons. Les ultrasons sont des ondes sonores dont les fréquences sont supérieures à 20 000 Hz (ou 20 kHz). L'échographie n'est pas différente du son «normal» (audible) dans ses propriétés physiques, sauf en ce que les humains ne peuvent pas l'entendre. Ainsi, lors de nos expériences et mesures, nous n'entendrons rien! Les appareils à ultrasons fonctionnent avec des fréquences de 20 kHz à plusieurs gigahertz.

Le capteur de distance à ultrasons HC-SR04 se compose de deux transducteurs à ultrasons. L'un agit comme un émetteur qui convertit le signal électrique en impulsions sonores ultrasoniques de 40 KHz. Le récepteur écoute les impulsions transmises. S'il les reçoit, il produit une impulsion de sortie dont la largeur peut être utilisée pour déterminer la distance parcourue par l'impulsion. Le principe de fonctionnement est décrit ci-dessous.

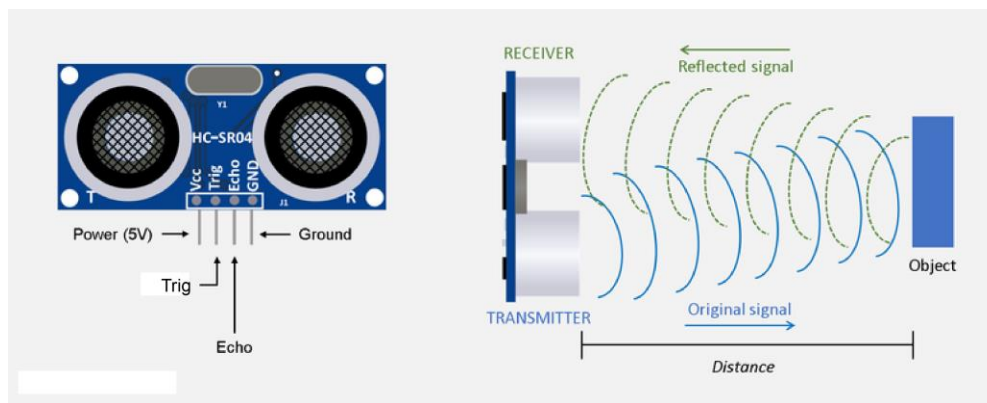


IMAGE 2. PRINCIPLE OF OPERATION OF THE HC-SR04 ULTRASONIC SENSOR

Source: <http://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>

Ainsi, nous pouvons déterminer la vitesse du son si nous pouvons placer un objet à une distance connue du capteur et enregistrer le temps nécessaire à l'impulsion ultrasonique pour parcourir cette distance deux fois. Notez que deux fois, car il se déplace de l'émetteur à l'objet obstacle, puis est réfléchi et retourne vers le récepteur pour être détecté.

Maintenant que nous avons acquis la compréhension de base, allons de l'avant et commençons à préparer notre propre enquête scientifique.

1.2.2 Préparation

La première chose à faire est de créer un circuit et de connecter notre capteur aux broches GPIO de notre Raspberry Pi. Avant de continuer, nous éteignons notre Raspberry Pi et le débranchons. Pour notre circuit, nous aurons besoin de notre capteur, d'une maquette, de résistances, de fils de liaison et d'un bouton poussoir. Le circuit complet est dans le diagramme schématique qui suit.

Le capteur de distance à ultrasons HC-SR04 est livré avec 4 broches: alimentation (VCC), déclenchement (TRIG), écho (ECHO) et masse (GND). La broche d'alimentation sera connectée à la broche 5V du Raspberry Pi, le déclencheur sera assigné à une broche GPIO comme sortie (broche 4), l'écho sera assigné à une broche GPIO comme entrée (broche 18) et la masse sera connectée à une broche de masse sur le Raspberry Pi.

Nous connectons également un bouton poussoir à la broche GPIO 24 que nous configurons comme entrée. L'autre extrémité du bouton doit être connectée à la broche de tension 3,3 V du Raspberry Pi via une résistance. Ainsi, lorsque nous appuyons sur le bouton, la broche GPIO 24 sera à l'état HAUT, c'est-à-dire en 3,3V. Nous avons alors besoin d'un programme pour fonctionner de manière à ce que chaque fois que nous appuyons sur le bouton, le capteur émette une impulsion ultrasonore et le programme chronomètre combien de temps il faut pour recevoir l'écho en retour (c'est-à-dire combien de temps s'est écoulé pendant que les ondes sonores étaient émises, a heurté l'objet devant le capteur, a rebondi et est revenu vers le capteur).

Lorsque nous avons terminé notre circuit, nous pouvons allumer le Raspberry Pi et démarrer notre programme en Python dans le fichier `leçon_plan_speed_of_sound.py`.

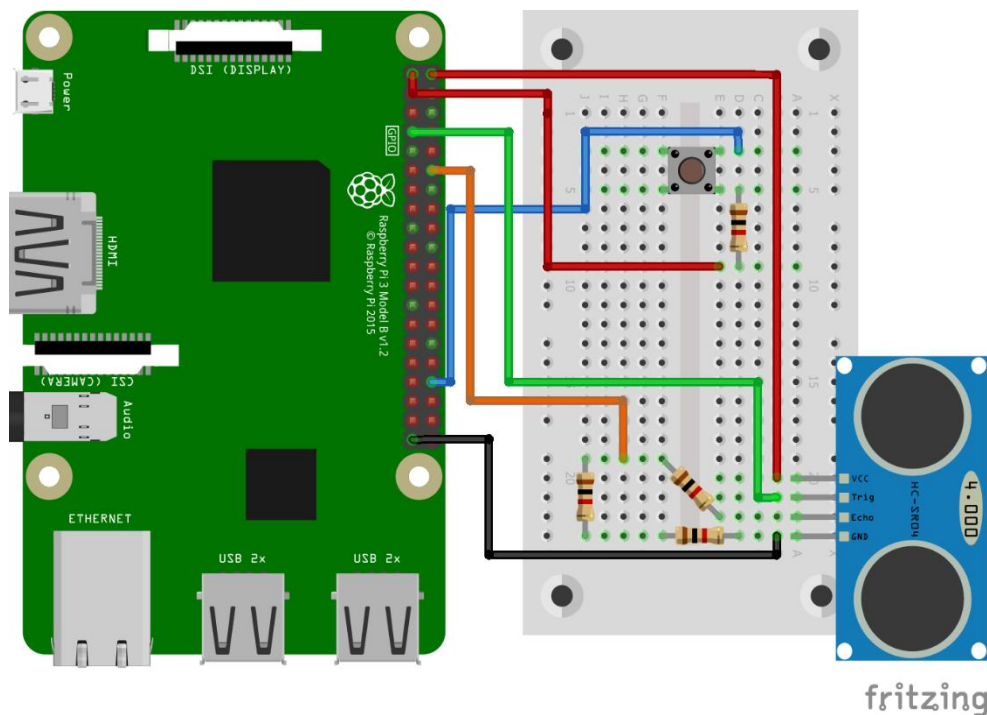


IMAGE 3. SCHÉMA DU CIRCUIT AVEC CAPTEUR DE DISTANCE ET BOUTON POUSSOIR CONNECTÉS AUX BROCHES GPIO

Source: *STEMKIT4Schools project*

Avant de commencer notre enquête, examinons le programme afin de mieux comprendre son fonctionnement.

En bref, dans notre programme, nous importons d'abord les modules Python dont nous avons besoin, puis nous configurons les broches GPIO pour le bouton et le capteur comme sortie ou / et entrée en conséquence. Ensuite, nous mettons la plupart du code pour interagir avec le capteur dans la fonction `get_time ()`. Là, nous émettons d'abord une rafale d'ultrasons du capteur. Après cela, nous émettons un signal, puis nous mesurons l'intervalle de temps. Lorsque nous obtenons enfin une heure d'entrée, nous pouvons soustraire l'heure de fin de l'heure de début et calculer la valeur du temps écoulé.

Nous appelons cette fonction dans une boucle `while` qui s'exécute indéfiniment.

À la fin, nous commençons une boucle `while` qui s'exécute indéfiniment. Dans la boucle, nous vérifions si la broche d'entrée connectée au bouton est à l'état haut. Si oui, cela signifie que le bouton est enfoncé et que nous voulons donc appeler le `get_time ()` et imprimer à l'écran la valeur de temps que nous obtenons du capteur. Notez également que nous devons mettre un certain temps de sommeil entre chaque appel de la fonction, sinon le capteur risque de ne pas se comporter normalement.

Une fois que nous avons terminé avec l'ensemble des mesures, nous pouvons arrêter le programme et la boucle `while` infinie en appuyant sur `Ctrl-C`.

```
#####  
# first import libraries and set gpio numbering mode  
import RPi.GPIO as GPIO GPIO  
import time  
GPIO.setwarnings(False)  
# doing this first, since we're using a while True.  
GPIO.cleanup()  
GPIO.setmode(GPIO.BCM)  
  
# pin for push button  
pin_button = 24  
GPIO.setup(pin_button, GPIO.IN)  
  
# define TRIG and ECHO pins and set them up as output and input  
TRIG = 4  
ECHO = 18  
GPIO.setup(TRIG, GPIO.OUT)  
GPIO.setup(ECHO, GPIO.IN)  
# function to get distance value  
def get_time():  
    # emit a burst of ultrasound  
    GPIO.output(TRIG, True)  
    time.sleep(0.00001)  
    GPIO.output(TRIG, False)  
    # measure time interval  
    while GPIO.input(ECHO) == False:  
        tstart = time.time()  
    while GPIO.input(ECHO) == True:  
        tend = time.time()
```



```
sig_time = tend-tstart
#print("time(sec):", sig_time)
return sig_time

# do this loop forever! Press Ctrl-C to stop it
# When button is pressed then measure time
while
    if GPIO.input(pin_button) == GPIO.HIGH:
        #print("button pushed")
        value = get_time()
        time.sleep(0.05)
        print("time(sec):", value)
        time.sleep(5.)
    else:
        #do nothing
#####
```

1.2.3 Investigation

Maintenant que nous nous sommes familiarisés avec notre appareil expérimental, nous pouvons commencer à prendre des mesures.

Collecte de données

Nous plaçons l'objet obstacle devant le capteur et avec une règle ou un ruban à mesurer, nous mesurons la distance selon le tableau suivant. Nous appuyons sur le bouton et enregistrons dans le tableau la mesure du temps affichée à l'écran. Nous répétons pour la même distance ou des distances différentes.

TABLE 1 TABLEAU DU JOURNAL DE DONNÉES

Index	Distance de l'objet (cm)	Temps mesuré (sec)	Vitesse = 2 * Distance / Temps mesuré (cm / sec)
1	5		
2	5		
3	10		
4	10		
5	20		
6	20		
7	30		
...
...
...
...
...
...
			Moyenne

Analyse de données

Une fois que le tableau est rempli avec nos mesures de distance et de temps, nous pouvons les transférer dans une feuille de calcul Excel ou Open / Libre pour déterminer la vitesse du son qui correspond à chaque paire de mesures. Ou bien nous continuons avec la feuille de calcul / tableau papier. À la fin, nous calculons la valeur moyenne et l'exprimons en cm / sec, en m / sec et en km / h.

Présentation des résultats

Nous présentons notre résultat et le comparons avec ce que d'autres groupes d'étudiants ont trouvé. Nous comparons également nos résultats avec les valeurs de référence de la vitesse du son de la bibliographie (par exemple, à 20 ° C, la vitesse du son dans l'air est d'environ 343 mètres par seconde ou 1235 km / h). Sommes-nous proches de cette valeur de référence? Si non, quelle pourrait en être la cause? Avons-nous besoin de répéter la procédure expérimentale?

1.2.4 Conclusion

Nous avons réussi nous-mêmes à mesurer la vitesse du son! Dans cette phase, nous récapitulons ce que nous avons fait et comment, qui étaient les principales étapes, discuter des difficultés rencontrées.

1.2.5 Exercice de suivi (facultatif)

Pour donner suite à ce plan de leçon, nous pouvons procéder à l'exercice suivant. Maintenant que nous avons mesuré et que nous connaissons la valeur de la vitesse du son, revoyons le code de programme que nous avons utilisé. Quelles modifications pouvons-nous y apporter pour pouvoir utiliser notre appareil pour mesurer directement la distance d'un objet?

1.3 References or Resources

Voici quelques références utiles et ressources supplémentaires liées à ce plan de cours.

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound
- <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>
- <http://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>
- <https://lastminuteengineers.com/arduino-sr04-ultrasonic-sensor-tutorial/>