

Ondes et signaux : Ondes mécaniques
Type de ressources : Papier (documents) et informatiques au format .py
Notions et contenus : Célérité d'une onde.
Capacités exigibles : 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.
Compétences travaillées ou évaluées : - Voir tableau joint.
Nature de l'activité : Activité expérimentale
<u>Résumé</u> : Il s'agit de mesurer une distance à l'aide d'un module émetteur/récepteur à ultrasons HCSR04 et d'un microcontrôleur microbit commandé par un programme python. Le capteur est placé au dessus d'une cuve contenant de l'eau. L'objectif étant ensuite de déterminer le volume de liquide restant.
Mots clefs : Ultrasons, distance, python, microcontrôleur, incertitude
Prérequis :
Académie où a été produite la ressource : NANTES

(1 ^{ère} spé PC)	Comment mesurer le volume restant de fuel dans une cuve avec des US et le microcontrôleur Microbit	
---------------------------	--	--

Objectif : - Déterminer une distance à l'aide d'un microcontrôleur

Contexte :

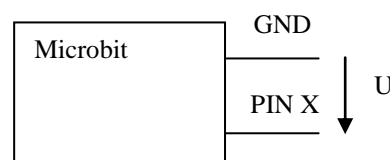
Le père d'Axelle aimerait bien savoir ce qu'il reste comme fuel dans sa cuve afin de suivre précisément sa consommation. Hélène, élève de 1^{ère} spé PC sait qu'on peut mesurer une distance avec des US... et peut-être une hauteur de liquide. Elle dit à son père qu'elle allait y réfléchir ...

Problème : Comment Axelle doit-elle procéder pour évaluer le volume de fuel restant dans une cuve en utilisant des ultrasons et un microcontrôleur ?



Document 1 : Principe simplifié d'utilisation du microcontrôleur microbit dans la séance

Le microcontrôleur microbit possède des bornes appelées PIN contrôlables avec un programme python.



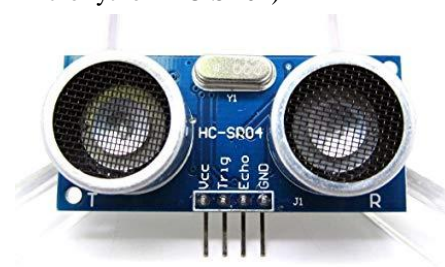
A l'aide de commandes python on peut :

- * imposer au microcontrôleur de maintenir une tension U électrique entre une PIN X et la masse.
 $U = 3,3 \text{ V}$ si la ligne de commande envoie le chiffre 1 (PIN X se comporte comme le pôle + et GND comme le pôle - d'un générateur de 3,3 V)
 $U = 0 \text{ V}$ si la ligne de commande envoie le chiffre 0.
- * ou lire la tension électrique U . La ligne de commande retournera au programme la valeur 0 si la tension mesurée U vaut 0 V et 1 si la tension mesurée vaut 3,3 V.

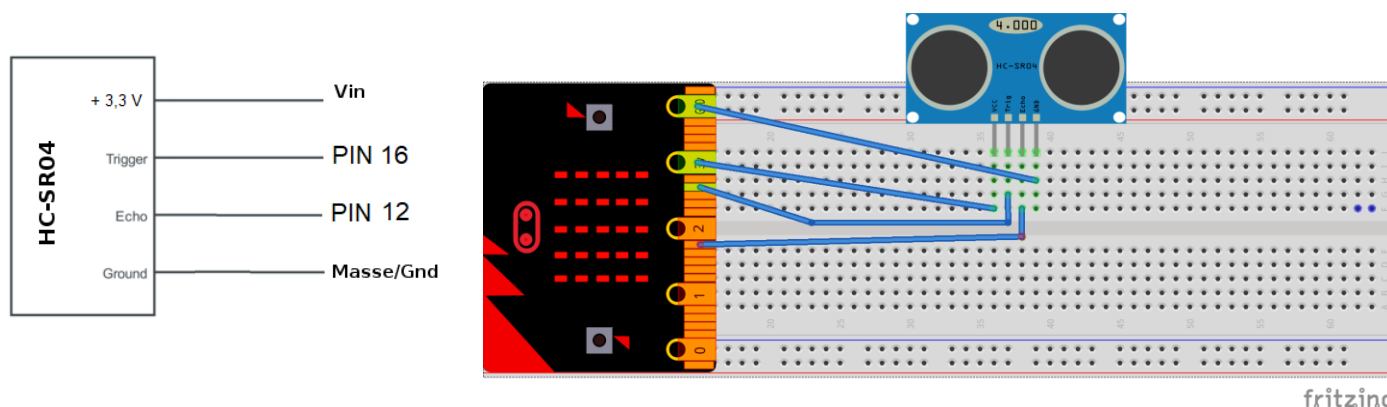
Document 2 : Le module HCSR04 (source <https://wiki.mchobby.be/index.php?title=MicroPython-HC-SR04>)

Ce dispositif contient :

- un émetteur à ultrasons commandé par la broche **TRIG** que l'on branchera sur la pin **16** du microcontrôleur Microbit
- un récepteur à ultrasons relié à la broche **ECHO** que l'on branchera sur la pin **12** du microcontrôleur Microbit
- et des composants électroniques permettant de créer des signaux de fréquence 40 kHz ; il faut pour cela alimenter le module en branchant la borne **Vcc** à la pin **3** et la borne **GND** à la pin **GND** du microcontrôleur Microbit

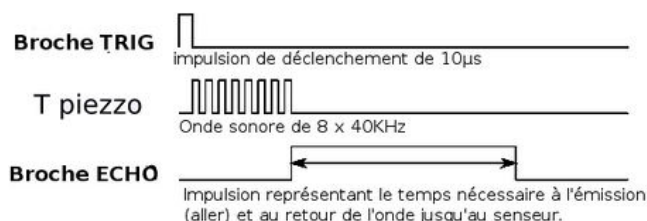


Document 3 : Le montage avec la microbit



Document 4 : Le principe de fonctionnement du capteur et son interaction avec le programme python

- On déclenche l'émission d'ultrasons en maintenant une tension de +3,3 V entre la **pin 3** (ou **TRIG**) et la masse **GND** **pendant 10 µs** ; cette action sera commandée par le programme Python en envoyant le code « 1 » sur la **pin 16** (état **HAUT**).
- Un train d'onde de fréquences 40 kHz est émis ...
- Le module HCSR04 fournit alors une tension de 3,3 V entre la broche **ECHO** (ou la **pin 12**) et la masse **GND** ; le programme python lira alors l'information « 1 » sur la **pin 12** (état **HAUT**)
- Dès la réception du signal retour le module HCSR04 fournit alors une tension de 0 V entre la broche **ECHO** (ou **pin 12**) et la masse **GND** ; le programme python lira alors l'information « 0 » sur la **pin 12** (état **BAS**)



Document 5 : Les commandes à utiliser

`pinX.write_digital(a)` place la pin X à l'état bas (si a=0) ou à l'état haut (si a=1)

`pinX.read_digital()` lit l'état de la pin X (ce qui renvoie soit 0 soit 1 au programme)

`sleep(X)` attendre X millisecondes ;

`t = time_pulse_us(pinX, a)` crée la grandeur (par exemple t) qui correspond à la durée en µs qui s'écoule lorsque la pin X est dans un état « a » (a = 0 ou 1)

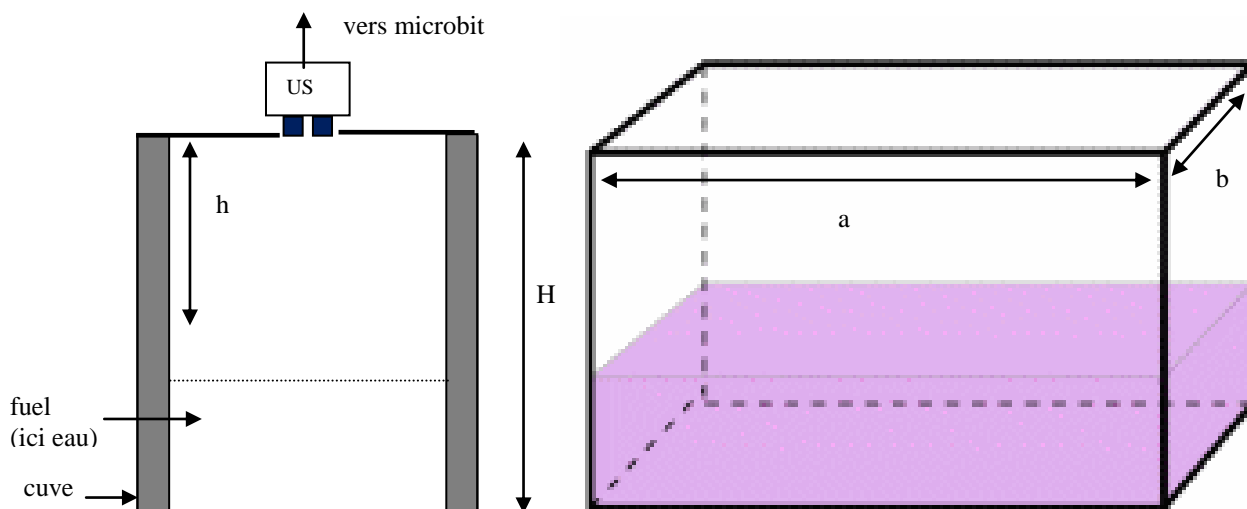
`round(X,a)` arrondit le nombre X avec a chiffres après la virgule

Document 6 : Vitesse V_{US} de propagation des ondes ultrasonores dans l'air en fonction de la température T

$$V_{US} = 0,625 \times T + 327,5 \quad T \text{ en } ^\circ \text{C}$$

* Incertitude estimée sur la mesure de la vitesse des US dans l'air $U(V_{US}) = 4 \text{ m.s}^{-1}$

On considère que la cuve du père d'Axelle est un parallélépipède. Les dimensions intérieures de la cuve (a,b et H) sont connues et facilement mesurables. Par commodité nous travaillerons sur un modèle réduit disponible sur la paillasse avec : a = 24,8 cm b = 15 cm et H = 16,6 cm



S'APPROPRIER




- 1) Parmi les grandeurs des schémas ci-dessus, quelle est celle qui varie lorsque le volume de fuel varie dans la cuve ?
- 2) Représenter, sur le schéma précédent, le trajet des ondes ultrasonores sachant que les US sont réfléchis à la surface d'un liquide.
Nommer les grandeurs que l'on doit mesurer dans cette expérience et les calculs qu'il faudra effectuer pour déterminer la grandeur proposée en 1).

ANALYSER

- 3) Proposer une stratégie permettant d'afficher à l'écran la grandeur citée en 1) à l'aide d'un ensemble émetteur/récepteur à US HCSR04 et du microcontrôleur microbit sachant que les US sont réfléchis à la surface d'un liquide. Pour cela découper puis ordonner les étapes proposées en annexe.

APPEL n° 1	Appeler le professeur pour lui montrer la stratégie ou en cas de difficultés	
------------	--	--

REALISER/VALIDER

- 4) Connecter la carte microbit à l'ordinateur grâce au câble joint puis ouvrir le logiciel « **uPyCraft** ». Cliquer sur l'onglet  (le logiciel recherche la carte et le port utilisé automatiquement ; les trois chevrons >>> doivent apparaître en bas de l'écran). Ouvrir le fichier python « cuve.py » qui contient déjà les lignes de commandes des bibliothèques à utiliser. Compléter ce programme, en utilisant les commandes spécifiques du document 5 et toutes commandes usuelles de python, pour afficher à l'écran la mesure de la grandeur du 1) en cm (on utilisera la stratégie du 3)). Tester le programme : lancer le programme avec la touche . La commande  permet de l'arrêter.

APPEL n° 2	Appeler le professeur pour lui montrer le résultat à l'écran ou en cas de difficultés	
------------	---	--

- 5) Exprimer le volume V de fuel (ici de l'eau) restant dans la cuve en fonction des grandeurs indiquées sur le schéma.
- 6) Ajouter des lignes de commandes permettant de calculer et d'afficher le volume de fuel (ici de l'eau) V en L restant dans la cuve.
- 7) Ajouter des lignes de commandes permettant de calculer et d'afficher l'incertitude U(V) (que l'on notera UV dans le programme) sur la mesure de V.

* Incertitude estimée sur la mesure d'une durée t avec le module HCSR04 : $U(t) = 0,2 \times 10^{-6} \text{ s}$.

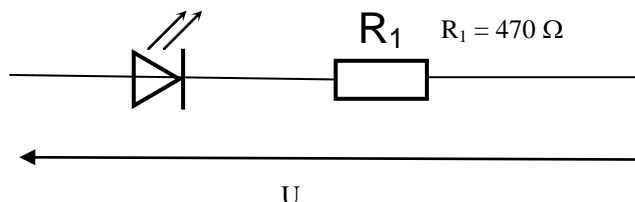
* loi de composition des incertitudes simplifiée : $\left(\frac{U(V)}{V}\right)^2 = \left(\frac{U(t)}{t}\right)^2 + \left(\frac{U(V_{US})}{V_{US}}\right)^2$

APPEL n° 3	Appeler le professeur pour lui montrer le résultat à l'écran ou en cas de difficultés	
------------	---	--

8) Pour aller plus loin :

* Modifier le montage et le programme qui allumera une diode rouge si le volume est inférieur à une valeur limite que l'on précisera et une diode verte dans le cas contraire. On utilisera les sorties 0 et 1 du microcontrôleur microbit.

Aide :



Si $U = 0 \text{ V}$ la diode est éteinte

Si $U = 3,3 \text{ V}$ la diode est allumée

Annexe :

crée la grandeur t qui correspond à la durée en μs qui s'écoule lorsque la pin X est dans un état « a » ($a = 0$ ou 1)

Attendre $10 \mu s$

Mettre la pin 16 et donc la broche TRIGG à l'état bas

Afficher la valeur de la distance d entre l'émetteur et le récepteur

Calculer la valeur de la distance entre l'émetteur et le récepteur en m

Mettre la pin 16 et donc la broche TRIGG à l'état haut

Grille d'évaluation

NOMS :

Prénoms :

Comment mesurer le volume restant de fuel dans une cuve
avec des US et le microcontrôleur Microbit ?

Compétences	Réponses attendues pour un niveau A	Niveau				Coefficient	Points
		A	B	C	D		
S'APPROPRIER - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.	1) Il faut mesurer h 2) Schéma des ultrasons					0,5	
Analyser - Proposer une stratégie de résolution. - Procéder à des analogies.	2) * Mesurer la durée t entre l'émission et la réception des ultrasons * mesurer la température T pour déterminer la vitesse V_{US} de propagation des ultrasons * calculer h : $h = \frac{V_{US} \times t}{2}$ 3) <div>Mettre la pin 16 et donc la broche TRIGG à l'état haut</div> <div>Attendre 10 μs</div> <div>Mettre la pin 16 et donc la broche TRIGG à l'état bas</div> <div>crée la grandeur t qui correspond à la durée en μs qui s'écoule lorsque la pin X est dans un état « a » (a = 0 ou 1)</div> <div>Calculer la valeur de la distance entre l'émetteur et le récepteur en m</div> <div>Afficher la valeur de la distance d entre l'émetteur et le récepteur</div>					2	
Réaliser - Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.	4) T mesurée = 20 °c soit $V_{US} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ from microbit import * from machine import time_pulse_us pin12.read_digital() pin16.write_digital(1) sleep(0.010) pin16.write_digital(0) t = time_pulse_us(pin12, 1) h=round((340*t*1e-6/2)*100,1) print("Hauteur:",h,"cm") 5) $V = a \times b \times (H-h)$ 6) $V = \text{round}(24.8 \times 15 \times (16.6-h)/1000,2)$ print ("le volume de fuel restant est :", V, "L") - pas d'aide : A - une solution partielle : B - 2 ou 3 solutions partielles : C - ne sait pas faire ou plus de 3 solutions partielles : D					2	
Valider - Estimer l'incertitude d'une mesure	7) $UV = \text{round}(V * (((0.1/t)**2 + (4/340)**2)**0.5),2)$ print("l'incertitude sur le volume de fuel restant :",UV,"L") calcul de U(V)					0,5	

A : 3/3

B : 2/3

C : 1/3

D : 0

Notes

/ 10

```

from microbit import *
from machine import time_pulse_us
pin12.read_digital()
pin16.write_digital(1)
sleep(0.010)
pin16.write_digital(0)
t = time_pulse_us(pin12, 1)
h=round((340*t*1e-6/2)*100,1)
print("Hauteur:",h,"cm")
V=round(24.8*15*(16.6-h)/1000,2)
print ("le volume de fuel restant est :", V, "L")
UV=round(V*(((0.1/t)**2+(4/340)**2)**0.5),2)
print("l'incertitude sur le volume de fuel restant :",UV,"L")

```

Prolongements possibles

Allumer une diode rouge sur pin 1 / diode verte sur pin 2

```

from microbit import *
from machine import time_pulse_us
pin12.read_digital()
pin16.write_digital(1)
sleep(0.010)
pin16.write_digital(0)
t = time_pulse_us(pin12, 1)
h=round((340*t*1e-6/2)*100,1)
print("Hauteur:",h,"cm")
V=round(24.8*15*(16.6-h)/1000,2)
print ("le volume de fuel restant est :", V, "L")
if V<2 :
    pin1.write_digital(1)
Else :
    pin2.write_digital(1)

```

Effectuer 10 mesures de distances à la suite pour faire une étude statistique

```

from microbit import *
from machine import time_pulse_us
pin12.read_digital()
for i in range (10 ):
    pin16.write_digital(1)
    sleep(0.010)
    pin16.write_digital(0)
    t = time_pulse_us(pin12, 1)
    h=round((340*t*1e-6/2)*100,1)
    print("Hauteur:",h,"cm")

```