

Télémétrie

1. Introduction

Lorsque l'on veut mesurer des distances, on utilise en général une règle ou un ruban mètre. Mais comment faire pour avoir une distance numérique en temps réel ?

Une réponse : utiliser la technologie des ultrasons pour réaliser un **télémètre**.

Bien que peu précis à l'échelle des centimètres, ces derniers sont relativement fiables à l'échelle de la dizaine de centimètres. Les ultrasons étant des ondes sonores se propageant sous la forme d'un cône (ils sont peu directifs), ils font de très bons détecteurs d'obstacles.

2. Rappel sur les ultrasons

Un ultrason est une onde sonore à haute fréquence. Par haute fréquence j'entends toutes les fréquences sonores inaudibles pour l'oreille humaine, soit celles au-delà de 20 kHz. Elles sont l'opposé des infrasons qui sont les ondes sonores dont la fréquence est inférieure à la plus faible audible pour l'Homme et qui est de 20 Hz.

2.1. Une onde sonore c'est quoi ?

Une onde sonore est un phénomène physique de compression et décompression. Lorsqu'une vibration est produite (par n'importe quel objet qui vibre), l'air subit alors une onde de choc qui se traduit en mouvement des atomes. Il y a alors ce phénomène de compression et décompression (des "trous" dans l'air) que des récepteurs dans nos oreilles convertissent en bruit.

Plus les compressions sont proches et plus la fréquence est élevée. On parle alors de son aigu. Au contraire, plus les compressions sont éloignées et plus la fréquence est faible, on parle d'un son grave. Une fréquence s'exprime en Hertz et traduit la répétition d'un motif d'un phénomène durant une seconde. Par exemple si je cligne des yeux trois fois par seconde, on peut dire que je cligne des yeux à 3 Hz.

Dans le cas des ultrasons, les compressions/décompressions sont très courtes. En effet, le motif se répète plus de 20 000 fois par seconde, donc à plus de 20 kHz. En général, en électronique on utilise un transducteur piézo pour générer cela. C'est une sorte de petit buzzer capable de vibrer très vite. Très souvent, les télémètres à ultrasons vibrent à une fréquence de 40 kHz.

Une dernière caractéristique des ondes sonores est leur capacité à être réfléchiée par les obstacles. En effet, les ondes sonores ont tendance à "rebondir" sur les obstacles. On entend alors l'onde de départ et un peu plus tard la même avec un retard et une plus faible intensité. C'est exactement le même phénomène qu'un écho dans une pièce vide ou en montagne. L'onde sonore se déplace, rebondit sur les murs lisses et revient à votre oreille avec un retard entre le moment où vous avez parlé et celui où vous l'entendez (et une puissance sonore plus faible). En général, dans le domaine de l'acoustique et de la musique, on cherche à supprimer cette caractéristique en recouvrant les murs de matériaux spéciaux. Cependant, dans le cas d'une mesure de distance, on va exploiter cet effet.

2.2. Principe de la mesure

Comme dit précédemment, on va tirer parti du fait que l'onde sonore rebondit sur les obstacles et revient souvent vers l'émetteur. On va aussi exploiter une autre chose connue, sa vitesse !

En effet, la vitesse de déplacement d'une onde sonore dans l'air est connue depuis longtemps. Elle est d'environ 340 mètres par seconde à 25 degrés Celsius (plutôt lent comparé à la lumière et ses 300 000 km/s). À partir de là, si on sait quand l'onde est partie et quand on la reçoit de nouveau (après le rebond), on est en mesure de calculer un temps de vol de l'onde. On a alors une durée, une vitesse, et on peut en déduire une distance !

Comme l'onde fait un aller-retour (le voyage depuis l'émission de l'onde, le rebond, puis le retour sur le récepteur), il faudra diviser le temps de vol par deux pour ne considérer qu'un trajet (l'aller ou le retour). Le calcul sera alors simple. Une vitesse s'exprime par une distance divisée par un temps $v = d / t$ donc la distance sera la vitesse multipliée par le temps $d = v \times t$.

3. Mise en œuvre du télémètre

3.1. Le capteur Ultrasonic Ranger

Ce télémètre à ultrasons est un outil de mesure précis et efficace utilisant la technologie du transducteur à ultrasons.

Ce module intègre un télémètre ultrason capable de détecter des distances par rapport à un obstacle. Le module (délivrant un signal PWM) sera destiné à être raccordé sur un des ports d'entrée tout-ou-rien du microcontrôleur de ces platines (laquelle devra pouvoir être assez rapide pour pouvoir mesurer des largeurs d'impulsions).

Ce composant possède plusieurs petites choses. Tout d'abord, sur la face avant on peut voir l'émetteur US et son récepteur. Ce sont des petites cellules piézo-électriques qui vont soit vibrer lorsqu'une tension est appliquée (émetteur), soit au contraire produire une tension lorsque une vibration est reçue (récepteur).

Sur la face arrière on trouve plusieurs petits circuits permettant la génération du signal et le traitement de ce dernier. Ainsi, un composant va générer une onde de 40 kHz lors d'un "top départ" et la partie restante s'occupera de la mise en forme de la réception (amplification et filtrage) et de mettre en forme cela proprement sur une broche de sortie. Parlons d'ailleurs des broches. On en trouve 4.

Les premières sont comme toujours VCC et GND qui vont accueillir l'alimentation (respectivement 5V et masse). On trouve ensuite la broche "echo" sur laquelle sera présent le signal de sortie. Enfin, une broche nommée "Trig". Cela signifie "Trigger" soit "déclencheur" ou "gâchette". En mettant cette broche à l'état haut pendant 10µs vous allez déclencher le *ping* pour la mesure. Un "ping" représente le lancement d'une onde ultrason. Pour reprendre l'exemple de l'écho dans la pièce vide, le ping correspondrait au moment où vous émettez un son en parlant.

Le signal de sortie est assez simple à exploiter. Il est initialement à 0, puis passe à 1 lorsque le *ping* est envoyé. Il repasse ensuite à 0 quand l'écho est revenu au récepteur OU s'il n'y a pas de retour durant les 30ms après l'envoi (l'onde est alors considérée perdue).

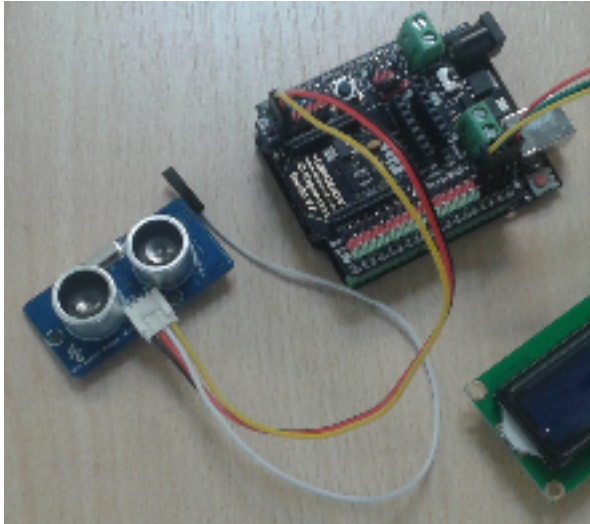
3.2. Spécifications techniques du télémètre

- Module compatible Grove (Base Shield ou Mega Shield)
- Alimentation : 5Vcc
- Consommation : 15 mA
- Fréquence : 40 kHz
- Led rouge si détection de ligne noire
- Portée de détection : 3cm – 4m
- Résolution : 1cm
- Dimensions : 43x25x15mm

3.3. Branchement

Les branchements sont eux-même assez simples. Il suffira de relier 5V et GND à leurs broches respectives sur Arduino et mettre "Trig" et "Echo" sur des I/O numériques (7 et 8 par exemple).

1. Connecter le capteur selon le montage ci-dessous :



2. Modifier le programme pour que la LED s'allume lorsque la distance à un obstacle est inférieure à 20 cm.

```
/*
  Télémétrie par ultrason avec librairie ultrasonic
*/

#include <Ultrasonic.h>    // https://github.com/Seeed-Studio/Grove_Ultrasonic_Ranger

...;           // broche 8 pour la LED
...;           // broche 7 pour capteur US

Ultrasonic ultrasonic(capteur);    // initialisation capteur US

/* Routine d'initialisation */
void setup()
{
  Serial.begin(9600);              // Initialisation port COM

  pinMode(...);                   // LED en sortie
}

void loop()
{
  long distance = ultrasonic.MeasureInCentimeters();

  // affichage distance sur terminal série
  Serial.print("Distance : ");
  Serial.print(distance, DEC);
  Serial.println(" cm");

  if ( distance ... )              // seuil de distance minimale
    ...;                           // led allumée
  else
    ...;                           // led éteinte

  delay(50);
}
```