

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date: .....

## Voiture autonome: comment fabriquer un radar de recul ?

<input checked="" type="checkbox"/> Objectifs	Classe
<input type="checkbox"/> Onde mécanique progressive. Grandeurs physiques associées. Célérité d'une onde. Retard. Ondes mécaniques périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. <input type="checkbox"/> Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde.	1 <sup>ère</sup> Spé
	Durée
	2 h

« Sans les mains ! C'est de cette manière que vous pourrez peut-être bientôt conduire votre prochaine voiture... » Cette phrase évoque ici la voiture autonome dont la commercialisation sera lancée aux alentours de 2020. Cette voiture se conduira seule car elle aura une perception globale de son environnement grâce à la contribution de plusieurs capteurs : télémètre laser à balayage, caméra, capteurs à infrarouge, radars, capteurs laser, capteurs à ultrason.<sup>1</sup>

**Votre mission: construire un radar de recul prévenant de l'approche imminente d'un obstacle.**

### Document 1: Lidar, radar et sonar

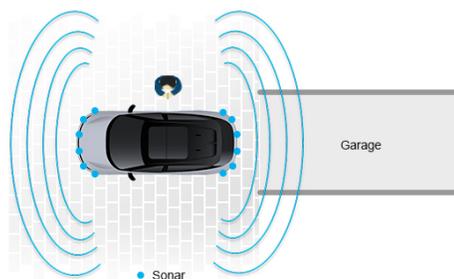
Le **lidar** et le **radar** utilisent des ondes électromagnétiques. Ils sont adaptés pour la détection d'obstacles à grande distance ou lors d'un déplacement du véhicule à vitesse élevée.

Le **sonar** utilise des ondes sonores et utilise, comme le radar et le lidar, la réflexion d'ondes sur des obstacles.

### Sur la paillasse

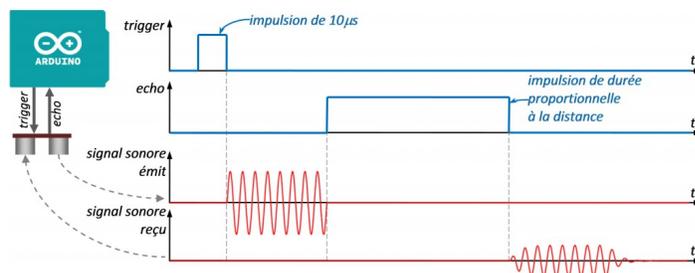
- Microcontrôleur Arduino et son câble de connexion,
- Capteur à ultrasons HC-SR04,
- LED rouge, LED verte, et LED orange.
- 3 résistances de 1 k $\Omega$ ,
- Plaque d'essais/protoboard,
- 6 fils de connexion (mâle-mâle),
- Un ruban à mesurer.

### Document 2: Sonars de recul à ultrasons l'arrière d'une voiture<sup>2</sup>



### Document 3: Principe du capteur à ultrasons

Un capteur unique (émetteur et récepteur) génère des salves ultrasonores avec une périodicité déterminée par l'utilisateur. Le capteur fonctionne en récepteur quand l'émetteur est inactif. La branche "echo" génère un signal "HIGH" tant que la salve n'a pas été détectée après son aller-retour. C'est ce qu'on mesure en pratique et qui est proportionnel à la distance.



<sup>1</sup>Ce TP est basé sur le travail de M. Briant du lycée français de Buenos Aires.

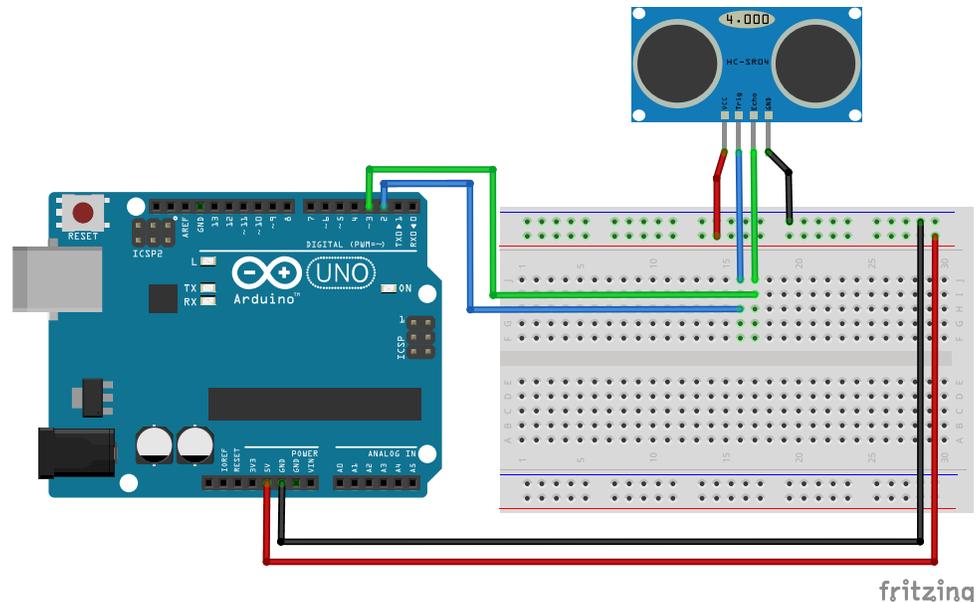
<sup>2</sup>D'après Nissan Global <https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/pprp.html>

#### Document 4: Brancher le capteur ultrasonique

On utilise le capteur de distance *HC-SR04*. Afin de mesurer une distance, le capteur envoie une salve ultrasonore et mesure le temps que met la salve à effectuer l'aller-retour entre le capteur et l'objet dont on veut connaître la distance.

Il fonctionne avec une tension d'alimentation de 5V, d'un angle de mesure de  $15^\circ$  et permet d'effectuer des mesures entre 2 cm et 4 m. Pour connecter le capteur à la carte, réaliser les branchements suivants en respectant le schéma ci-contre:

- L'alimentation 5V de la carte sur la broche VCC
- La masse GND sur la broche GND
- La sortie digital 2 de la carte sur la broche Trig
- La sortie digital 3 de la carte sur la broche Echo



fritzing

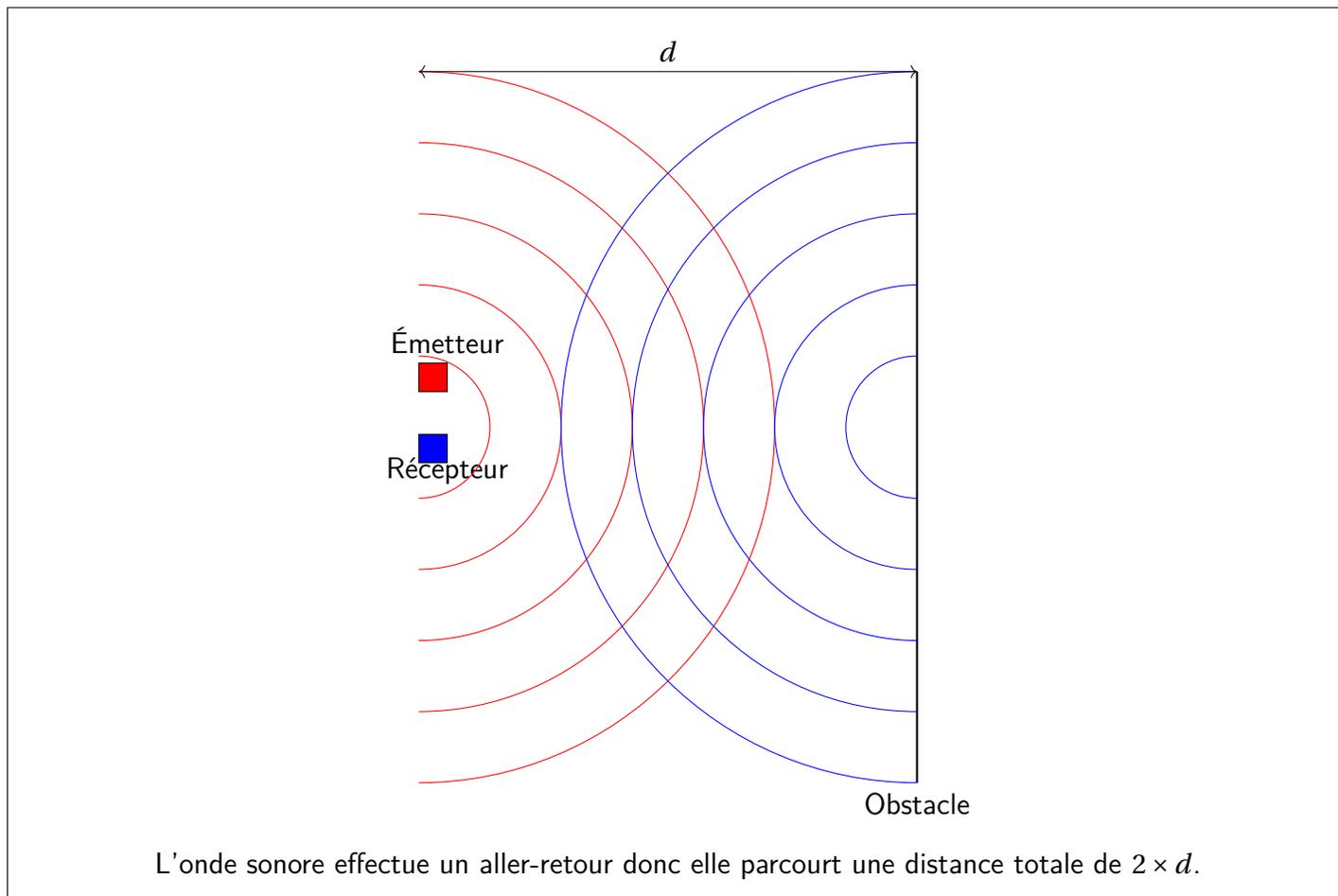
#### Document 5: Fabriquer le radar de recul

Un microcontrôleur est une carte électronique qui comporte un processeur, en bref un mini-ordinateur, qui va permettre de récupérer les mesures réalisées par un capteur et de contrôler la mise en fonctionnement de composants électroniques. Pour fabriquer le radar de recul, nous allons utiliser un microcontrôleur, un émetteur-récepteur d'ondes ultrasonores et une LED. Nous mesurerons dans un premier temps une distance grâce au capteur, puis nous appliquerons un test afin d'avertir le conducteur à l'aide d'une LED si la distance mesurée est trop faible.

## 1 Calcul de la distance

1. Réaliser un schéma du radar de recul en faisant apparaître l'émetteur, le récepteur, l'obstacle et le trajet de l'onde sonore. Quelle distance parcourt l'onde sonore au total entre l'émetteur et le récepteur ?

**Solution:**



2. Réaliser les branchements pour faire fonctionner le capteur à ultrasons et appeler le professeur pour vérifier votre montage avant de relier la carte à l'ordinateur.

### 👋 Appel 1

Appeler le professeur pour lui présenter le montage expérimental.

3. Récupérer le programme « mesurerUneDistance » et le tester (cliquer sur téléverser). Pour voir le résultat: Outils - Moniteur série. Observer les valeurs de distance. Que peut-on en déduire ?



**Solution:** Le programme est incomplet car il affiche 0 en permanence.

4. Ce programme ne fonctionne pas, il faut le modifier.
- (a) Renseigner la vitesse du son en  $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$  à la ligne 15. Attention aux unités!
- ```
const float vitesse_son = 0.343 ; // À modifier !!! vitesse du son en
      mm par microseconde
```
- (b) Renseigner le calcul de la distance à partir de la durée et de la vitesse du son dans l'air ligne 35. Attention aux unités!

```
float distance = vitesse_son*duree/2; // À modifier !!! Calcule la
distance à l'obstacle
```

(c) Renseigner l'unité de la distance calculée précédemment à la ligne 40.

```
Serial.println("mm"); // À modifier !!!
```

5. Placer le capteur à 2 m d'un obstacle (qui peut être le mur de la salle). Vérifier en observant les indications du moniteur série. Est-ce cohérent ?

**Solution:** On mesure  $d = 1935,62 \text{ mm}$  ce qui est cohérent.

## 2 Étude statistique

6. Effectuer un nombre de mesure "n" (10 est un bon commencement) et remplir le tableau suivant:

| Mesure                      | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distance mesurée $d_i$ (mm) | 1994,95 | 1935,62 | 1932,22 | 1936,13 | 1995,46 | 2003,79 | 1957,55 | 1970,64 | 1963,33 | 2004,13 |
| $d_i - \bar{d}$ (mm)        | 25,59   | 33,76   | 37,16   | 33,25   | 26,08   | 34,41   | 11,83   | 1,26    | 6,05    | 34,75   |

Pour remplir la dernière ligne, il faut avoir calculé la moyenne des distances au préalable.

7. Remplir le tableau suivant, soit en utilisant le mode statistique de votre calculatrice, soit en effectuant les calculs à la main:

| Nombre de mesure<br>$n$ | Moyenne $\bar{d}$ des<br>distances mesurées | Écart-type $\sigma$ des<br>distances mesurées | Incertitude sur la<br>moyenne $\Delta\bar{d}$ | Résultat final                  |
|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|
| 10                      | 1969,38 mm                                  | 27,34 mm                                      | 8,646 mm                                      | $d = 1968,9 \pm 8,6 \text{ mm}$ |

On rappelle les formules suivantes:

$$\text{Valeur moyenne: } \bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (1)$$

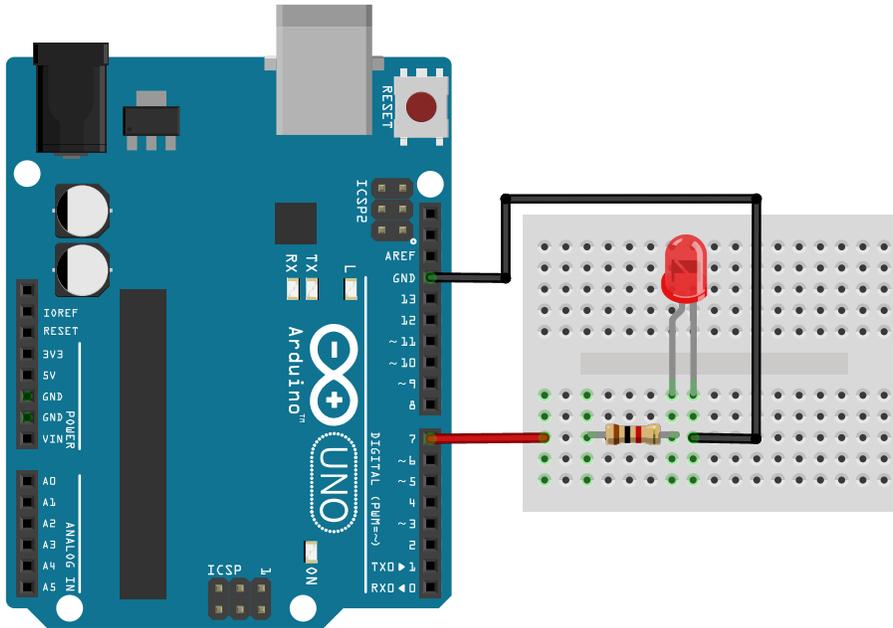
$$\text{Écart-type: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n |d_i - \bar{d}|^2} \quad (2)$$

Finalement,

$$\text{Incertitude sur la moyenne: } \Delta\bar{d} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

### 3 Pour les plus avancés

8. Connecter une lampe LED selon le schéma de connexion suivant (sans débrancher ce qui a été fait précédemment !):



9. Modifier le programme pour faire clignoter la led si une distance minimale est franchie; pour cela vous veillerez à:
- Définir un entier "int" au nom de "pinLED" et de valeur 7,
  - Définir le PIN 7 comme un "output",
  - Dans la condition "if", allumer et éteindre la LED pendant 300 ms et 3 fois de suite grâce aux fonctions "digitalWrite" et "delay".

fritzing

10. Installer les trois leds (rouge, orange, verte) et faire clignoter la verte lors que l'obstacle est loin, l'orange lorsque l'obstacle est à une distance modérée et en rouge lorsque l'obstacle est proche.