

N° d'ordre :

N° de série :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté à

L'Université d'Echahid Mohamed Lakhdar Ammara d'El Oued

Faculté de la Technologie

Département de Génie Electrique

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Présenté par

ADDJIMI Kamilia (Machine Électrique)

BEKKOUCHE Meriem (Machine Électrique)

ZEHRI Omayma (Commande Électrique)

Thème

**Conception et Réalisation D'un Télémètre à
Ultrason en utilisant une Carte Arduino
- Application à un véhicule électrique -**

Soutenu le 16/06/2021. Devant le jury composé de :

Dr. HALEM Noura	Maitre de conférences A	Président
Dr. BESSOUS Noureddine	Maitre de conférences A	Rapporteur
Dr. SERHOUD Hicham	Maitre de conférences B	Examineur

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

C'est à notre Dieu que nous adressons en premier lieu notre Remerciements.

Nous tenons à remercier notre encadreur Dr. BESSOUS Nouredine d'avoir accepté de nous superviser au sujet proposé, et pour son aide, et ses conseils précieux, et ses encouragements incessants durant la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier profondément les membres de jury d'avoir accepté jugé et discuté ce travail afin de le reformuler vers une forme finale et adéquate.

Nous exprimons nos vifs remerciements à tous les enseignants de la Faculté de la technologie et précisément les enseignants du département de génie électrique notamment Dr. BESSOUS Nouredine et Dr. LABBI Yacine.

Nous tenons à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à l'aboutissement de ce travail.

ملحوظة:

نزولا عند رغبة الادارة فقد تم انجاز هذا العمل مع نفس المؤطر: الاستاذ نور الدين بسوس وبنفس العنوان مع الطالبة: زهري اميمة مع تخصص تحكم كهربائي خلال الموسم 2021-2020
علما ان المناقشة كانت مشتركة يوم 2021-06-16

Dédicaces

*Dieu soit loué, je remercie dieu abondamment de m'avoir accordé le succès
et l'aide dans la réalisation de ce travail*

Aux justes martyrs de Palestine.

*Je dédie cet humble travail à mon père, qui ne m'a jamais rien épargné. Et
à ma mère qui m'a donné de la tendresse et de l'amour. Je leur dis: Vous
m'avez donné la vie, l'espoir et l'éducation par la passion du savoir et du
savoir.*

*Ames frères, que Dieu leur accorde la réussite dans leur cheminement
académique.*

*Puis j'exprime mes remerciements et ma gratitude au professeur Dr. "
BASSOUS Nouredine " qui a supervisé les travaux, qui m'a donné beaucoup
de son temps, et pour son générosité, son altesse de caractère et son style
distingué de travail de de suivi et d'assistance.*

*Puis à tous ceux qui m'ont appris une lettre, je suis devenu un narrateur qui
éclaire le chemin devant moi.*

*Pour le compléter, et je demande à Dieu Tout-Puissant de la récompenser
avec la meilleure récompense.*

*A tous ceux qui pensent et recherchent l'avancement de la science partout,
je dédie ce modeste effort.*

A tous ceux qui ont été loyaux...tous mes amis.

OMAYMA ZEHRI

الاهداء

الحمد لله وكفى والصلاة والسلام على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والكفاح والنجاح بفضلته تعالى هذه مهداة إلى نور حياتي وسبب وجودي في الحياة الوالدين الكريمين حفظهما الله لي.

ولكل العائلة الكريمة لدعمها لي وتشجيعهم لي اخوة أخواتي الغاليات وأقاربي جميعهم والى زميلاتي في المشوار اللاتي تقسمننا لحظاته معنا والى صديقاتي

حفظكن الله ورعاكم.

والى كل من مر في حياتي بأثر طيب

والى كل من أحبهم.

بكوش مريم

الاهداء

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها ان تكون، لم يكن العلم قريبا ولا الطريق كان محظوظا
بالتسهيلات لكني فعلتها اليوم.....نعم فعلتها.....
والحمد لله الذي وفقني لتمتين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح
بفضله تعالى مهدات الى والديا العزيزين والكريمين

ابي حبيبي: علي

امي غاليتي: زهرة

حفظهما الله وادامهما نورا لدربي

الى اخوتي الغاليين على قلبي "فاطمة، بشير، صدام، سفيان، ردينة"

والى اختي الغالية "سمية" وزوجها "يوسف"

وابنائهم "سلسبيل، الياس، اسراء، انس، فردوس، اوس، نافع"

والى اختي الطيبة "صفاء" وزوجها "موسى"

وابنائهم "رهف، راسيل، براءة"

والى خطيبي وزوجي الحنون «خير الدين»

والى رفيقاتي اللاتي قاسمني لحظات المشوار وفقهم الله ورعاهم "زينب، فتيحة، وفاء،

ليلي، سارة، خديجة"

والى كل من كان لهم اثر على حياتي، والى كل من أحبهم قلبي

ونسيم قلبي.

عجمي كاميليا

ملخص

لا شك أن علم الإلكترونيات قاد في الآونة الأخيرة إلى اكتشاف آفاق جديدة. وهو ما جعل عديد التطبيقات في الواقع أمرا متاحا خاصة للأكاديميين أو الهواة. ومنذ أن ظهرت لوحة الأردوينو سنة 2005 أضحت مشاريع أجهزة التحكم تستقطب عديد الباحثين. يهدف مشروع نهاية الدراسة هذا إلى تجسيد عمل تطبيقي يهتم باستغلال مستشعر لقياس المسافة. فالنتائج عموما تساعد في تحسين تصميم أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية في كثير من المجالات. علاوة على ذلك، قمنا بتجسيد ذلك العمل في انجاز نموذج يحاكي الواقع يتمثل في سيارة ذاتية القيادة بمستشعر من نوع HC-SR04 الموصول بها لقياس مسافة معينة. ولقد تمت الاستعانة بلوحة ال أردوينو UNO التي تعد المبرمج للعمل، وذلك لسهولة الكشف عن تحديد المدى.

Résumé

Il ne fait aucun doute que dans les dernières années, la science de l'électronique a conduit à la découverte de nouveaux horizons. Cela a rendu de nombreuses applications disponibles, en particulier pour les universitaires ou les amateurs. Depuis l'apparition de la carte Arduino en 2005, les projets de dispositifs de contrôle ont attiré de nombreux chercheurs. Ce projet de fin d'études vise à concrétiser un travail appliqué portant sur l'exploitation d'un capteur pour mesurer la distance. Les résultats aident généralement à améliorer la conception des capteurs à ultrasons dans de nombreux domaines. De plus, nous avons intégré ce travail dans la réalisation d'un modèle simulé d'un véhicule autonome avec un capteur de type HC-SR04 attaché à celle-ci pour mesurer une certaine distance. La carte Arduino UNO, qui prépare le programmeur au travail, a été utilisée pour une détection facile du télémètre.

Abstract

There is no doubt that in the last few years the science of electronics has led to the discovery of new horizons. This has made many applications available, especially for academics or hobbyists. Since the appearance of the Arduino board in 2005, control device projects have attracted many researchers. This end-of-study project aims to materialize applied work on the use of a sensor to measure distance. The results generally help to improve the design of ultrasonic sensors in many areas. In addition, we have integrated this work in the realization of a simulated model of an autonomous vehicle with an HC-SR04 type sensor attached to it to measure a certain distance. The Arduino UNO board, which prepares the programmer for work, was used for easy detection of the range finder.

Liste des symboles

C	Célérité des Ultrasons
f	Fréquence
λ	Longueur d'onde
I	Intensité
L	niveau sonore
V	vitesse de vibration des US
P	puissance de l'onde
T	Période

Liste des abréviations

FM	Fréquence moyenne
DBA	Décibels acoustiques
SONAR	Sound Navigation and Ranging
US	Ultra-sonic
US	Capteur à ultrason
HIFU	High Intensity Focused Ultrasound
AVR	Automatic Voltage Regulator
Hz	Hertz
IDE	Integrated development environment
Gnd	Ground(mass).
VCC	Voltage.
EEPROM	Electrically Erasible programmable Read-Only Memory
PWM	Pulse-width modulation
Radar	Radio Detection And Ranging
RX	Receive / Receiver / Reception
TX	Transmission
TTL	Time To Live
UNO	One (in Italy)
USB	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
I2C	Inter-Integrated Circuit
TTL	Transistor-Transistor Logic
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data Acces
DC	Direct Currant
TTL	Transistor-Transistor logic
DJ01D	Diplom jachting ZADAROM
LCD	Liquid Crystal display
ON	Marche
OFF	Arrêt

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Images pour différents capteurs.	5
Figure I.2	Fonctionnement des capteurs.	6
Figure I.3	Capteur rivière.	6
Figure I.4	Capteur aériens.	7
Figure I.5	Deux types d'ondes.	8
Figure I.6	Un transducteur est un dispositif convertissant un signal physique en un autre.	10
Figure I.5	Son aigu et Son grave.	13
Figure I.8	Onde sonore selon la longueur d'onde et la fréquence.	13
Figure I.9	Schémas simplifié d'une onde sinusoïdale et de ses principales caractéristiques : période, longueur d'onde et amplitude.	14
Figure I.10	L'intensité sonore.	15
Figure I.11	Propagation d'une onde sonore plane.	17
Figure I.12	Les applications des ultrasons.	20
Figure II.1	Capteur à ultrason.	25
Figure II.2	Emission et réception des obstacles.	26
Figure II.3	Illustration du signal TRIGGER et ECHO.	27
Figure II.4	Schéma Globale d'un Illustration du signal.	29
Figure II.5	Carte Arduino UNO.	30
Figure II.6	Présentation des parties principales du logiciel.	34
Figure III.1	Carte arduino.	38
Figure III.2	Driver Moteurs L298N.	38
Figure III.3	Motoréducteur DG01D.	39
Figure III.4	Voiture robot Arduino basée 3.	40
Figure III.5	Capteur à Ultrason HC-SR04.	40
Figure III.6	Nappe de 40 fils mâle femelle.	41
Figure III.7	Nappe de 40 fils femelle femelle.	41
Figure III.8	Nappe de 40 fils male male.	41
Figure III.9	Support pile 9v.	42
Figure III.10	Interrupteur à bascule.	42
Figure III.11	Vérification le programme.	44
Figure III.12	Résultats de vérifications.	44
Figure III.13	Téléchargement du code.	45
Figure III.14	Téléchargement réussi du code.	45
Figure III.15	Eléments principaux d'un véhicule.	46
Figure III.16	Le câblage utilisé.	47
Figure III.17	Mise en place les moteurs et les roues sur le châssis.	47
Figure III.18	Mise en place du L298N.	48
Figure III.19	Mise en place de la carte Arduino.	48
Figure III.20	Mise en place du capteur HC_SR04.	49
Figure III.21	Version finale du véhicule.	49
Figure III.22	Téléchargement du programme.	50

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I.1	Célérité des Ultrasons dans milieu En pratique, tissus mous, C ~1500 m/s (1540 m .s-1).	9
Tableau I.2	Fréquences des ultrasons.	11
Tableau II.1	spécifications d'US.	28
Tableau II.2	ci-dessous récapitule les caractéristiques essentielles d'une carte Arduino UNO .	32

Sommaire

DEDICACES	II
RESUME	V
LISTE DES SYMBOLES	VI
LISTE DES ABREVIATIONS	VII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX	X
SOMMAIRE	XI
INTRODUCTION GENERALE	2
CHAPITRE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES CAPTEURS A ULTRASON	
I.1 Introduction	4
I.2 Historique	4
I.3 Capteurs	4
I.3.1 Définition	4
I.3.2 Principe de fonctionnement des capteurs	5
I.3.3 Type des capteurs	6
I.4 Capteur à ultrason	7
I.4.1 C'est quoi le capteur à ultrason	7
I.4.2 Différents types du capteur à ultrasons	7
I.5 Ondes sonores	8
I.5.1 Définition	8
I.5.2 Types d'ondes	8
I.5.3 Modélisation du son	9
I.5.3.1 Son pur et son complexe	9
I.6 Ultrasons	9
I.6.1 Définition	9
I.6.2 Célérité des Ultrasons	9
I.6.3 Production & réception d'ondes ultrasonores	10
I.7 Caractéristiques ultrasonores et onde sonore	11
I.7.1 Caractéristiques ultrasonores	11
I.7.2 Caractéristique physiques des Ultrasons	12
I.7.3 Caractéristiques physiques d'une onde sonore	12
I.7.3.1 Fréquence, hauteur et période	12
I.7.3.2 Amplitude (intensité sonore) et Niveau sonore (dB)	14
I.8 Propagation des ultrasons	16
I.8.1 Propagation des ondes ultrasonores dans les milieux	16
I.9 Technologies ultrasonores	17
I.10 Techniques ultrasonores	17
I.11 Applications des ultrasons	18
I.11.1 Repérage d'obstacles	18
I.11.2 Ultrasons pour le nettoyage	18
I.11.3 Utilisation industrielle	19
I.11.4 Utilisation des ultrasons en médecine	19
I.11.5 Utilisation parfois controversée	19
I.12 Détection d'obstacle	20
I.12.1 Détecteur ultrason	21

I.13	Avantages du capteur à ultrasons	21
I.14	Inconvénients des capteurs à ultrasons	21
I.15	Pour quoi le choix du capteur à ultrasons ?	22
I.16	Conclusion	23

CHAPITRE II . APERCU SUR LES CONSTITUTIONS DU CAPTEUR A ULTRASON ET LA CARTE ARDUINO

II.1	Introduction	25
II.2	Capteur à ultrason HC-SR04	25
II.2.1	Module du Capteur à ultrason HC-SR04	25
II.2.2	Principe et fonctionnement	25
II.2.3	Caractéristique	27
II.2.4	Paramètre électrique	27
II.2.5	Broches de connections	27
II.2.6	Facteur d'influence	28
II.2.7	Spécification et limites	28
II.2.8	Modélisation du son	28
II.2.8.1	Son pur et son complexe	28
II.3	Télémètre à Ultrasons	28
II.3.1	Qu'est-ce qu'un télémètre à ultrasons ?	28
II.3.2	Principe de mesure	29
II.4	Carte arduino UNO	30
II.5	Plateforme de programmation Arduino	33
II.5.1	IDE Arduino.	33
II.5.2	Structure général du programme (IDE Arduino)	33
II.5.3	Méthode d'enregistrement d'un programme sur la carte	34
II.6	Conclusion	35

CHAPITRE III. REALISATION D'UN CAPTEUR A ULTRASON EN UTILISANT UNE CARTE ARDUINO

III.1	Introduction	37
III.2	Principe de fonctionnement	37
III.3	Etude des composants à utiliser dans la realization	37
III.3.1	Carte arduino Uno	37
III.3.2	Driver Motors (L298N)	38
III.3.3	Arduino robot car based 3 (trios roues)	39
III.3.4	Capteur à ultrason	40
III.3.5	Nappe de fils	40

III.3.6	Support pile 9v	42
III.3.7	Interrupteur à bascule	42
III.4	Partie programmation	43
III.4.1	Code de programme	43
III.5	Description d'un véhicule	46
III.6	Montage.	46
III.7	Mise en place des Composants	47
III.8	Structure finale du robot	49
III.9	Conclusion	51
	CONCLUSION GENERALE	53
	BIBLIOGRAPHIE.	55

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction Générale

Au fil des années, la détection par ultrasons continue de progresser depuis 1915, car elle est devenue presque dans tous les appareils intelligents pour être facile à utiliser et à contrôler, et tout le monde peut effectuer de nombreuses expériences avec l'aide d'appareils d'accompagnement.

Même dans le monde automobile, les détecteurs à ultrasons sont entrés et sont largement utilisés en utilisant la carte Arduino, et nous pouvons programmer une voiture autonome à l'aide du détecteur à ultrasons pour détecter les obstacles sur une distance spécifique.

Vous entendez souvent parler d'accidents ces jours-ci pour de nombreuses raisons, et les problèmes ont incité d'autres moyens d'améliorer la sécurité, D'où ce projet, qui est une étude sur l'importance d'utiliser des capteurs à ultrasons dans les voitures et pourquoi ce ne sont pas des voitures autonomes à l'avenir, comme dans notre projet.

Ce travail est structuré dans trois chapitres comme suit :

Nous présentons dans le premier chapitre les concepts préliminaires sur les capteurs à ultrasons

Le deuxième chapitre traite le principe de fonctionnement du capteur et ses caractéristiques, comme nous nous sommes familiarisés le avec la carte Arduino et ses types les plus importants

Le troisième chapitre fait une description des composants utilisés. En plus, cette partie est dédiée au modèle qui se base sur des étapes bien étudiées. L'objectif est donc de réaliser un véhicule autonome a l'aspect d'un robot intelligent. Il est important d'indiquer à la carte Arduino qui est chargée de tous ordres afin de contrôler ce prototype.

Le but de ce travail est de connaître la précision et le fonctionnement du système de détection en améliorant le niveau de sécurité, contribuer même un petit pourcentage à la réduction des accidents et connaître les résultats obtenus grâce à la voiture utilisé.

Enfin, nous allons finaliser notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I :

Synthèse

bibliographique sur les

capteurs à ultrason

I.1. Introduction :

Le domaine des ultrasons appartient à l'acoustique qui étudie les phénomènes de vibrations élastiques. Ces vibrations ont un support matériel ; elles se différencient nettement de l'électromagnétisme dont les vibrations se propagent dans « l'éther » des anciens, matière ou vide absolu. L'acoustique possède un sens supplémentaire car les vibrations élastiques se transmettant à distance, emportent un message provenant des milieux matériels. Ces vibrations élastiques provoquent des forces de rappel qui ramènent les particules du milieu à leur point d'équilibre.

Donc, dans notre chapitre, nous aborderons les bases les plus importantes des ultrasons.

I.2. Historique :

C'est Lazzaro Spallanzani qui, en 1794, soupçonna le premier l'existence des ultrasons. Ils ont été découverts en 1883 par le physiologiste anglais Francis Galton. A la différence de la lumière qui est une onde électromagnétique et qui, de ce fait, peut se propager dans le vide, le son est une onde mécanique qui va nécessiter un support matériel de propagation. Les ultrasons sont des vibrations mécaniques de la matière à des fréquences inaudibles pour l'oreille humaine (>20 000 Hz).

Les ultrasons se propagent à une vitesse qui sera fonction de la nature du milieu, indépendamment de la fréquence de l'onde.

Pour exemple, la célérité du son dans l'air n'est que de 300 m/s alors qu'elle est de 1500 m/s dans l'eau.

Dans l'organisme humain, les ultrasons vont se propager à une vitesse proche de 1500 m/s selon la nature des organes qu'ils traversent[NOU13].

I.3. Capteurs :

I.3.1. Définition:

Le capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique (Information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (Information sortante: très souvent électrique).

La figure I.1 montre certains des capteurs:



Figure I.1: Images pour différents capteurs.

Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande [KES19].

I.3.2. Principe de fonctionnement des capteurs :

Le capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité ou la déviation d'une aiguille. On fait souvent (à tort) la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Le capteur, lui en est dépourvu. Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine d'instrumentation [BOU16].

Donc la figure I.2 explique le fonctionnement des capteurs et que transformé quelque état:

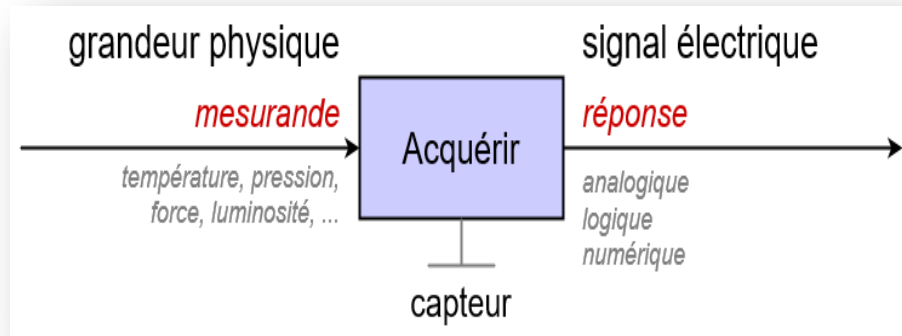


Figure I.2: Fonctionnement des capteurs.

I.3.3. Type des capteurs :

Les plus importants d'entre eux sont les suivants :

*Les Capteurs en Rivières :

-Capteur Bulle à Bulle

-les Flotteurs

-les Nilomètres

La figure I.3 représente sur capteur se type rivière qui plus utilisé dans le sujet de la mesure de la distance :



Figure I.3: Capteur rivière.

*Les Capteurs Aériens :

-les Ultrason

-les Radars

La figure I.4 représente sur capteur se type aériens et il est utilisé dans de nombreux appareils :

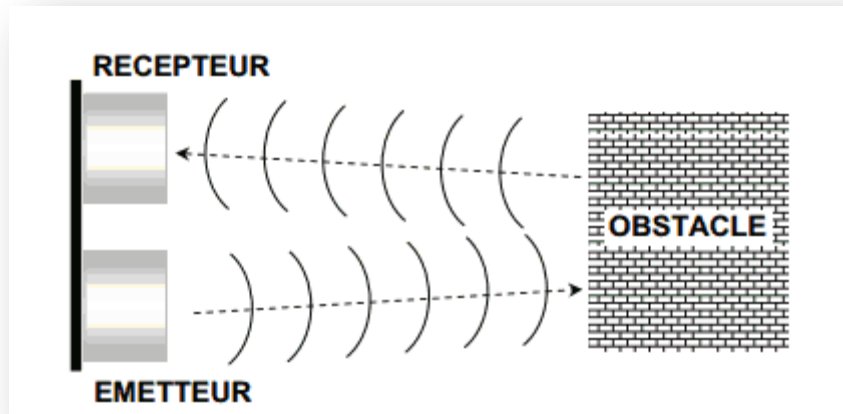


Figure I.4:Capteur aériens.

I.4. Capteur à ultrason :

I.4.1. C'est quoi le capteur à ultrason :

Les capteurs ultrasonores utilisent des ondes de fréquence non perceptible par l'oreille humaine, généralement dans la fourchette 20Khz-200khz. De la même manière que les télémètres laser, ils sont basés sur le principe de la mesure du temps aller-retour lors de la réflexion sur un obstacle. C'est la méthode employée par certains animaux pour percevoir leur environnement, comme les chauves-sous ou les dauphins l'écholocation [EBA19].

I.4.2. Différents types du capteur à ultrasons :

- ☒ Capteur à ultrasons de sortie LIN
- ☒ Capteur à ultrasons de mesure de distance de 2,5 m
- ☒ Capteur à ultrasons pour AGV[Siteweb09].
- ☒ Capteur à ultrason SRF05
- ☒ Capteur à ultrason Makeblock V3:

un module simple pour détecter les obstacles Me capteur ultrason V3 correspond au nouveau modèle de capteur ultrasonique de Makeblock .Il permet de détecter des obstacles situés entre 3 cm et 4 m par rapport au capteur. Une bibliothèque Arduino fournie gratuitement vous permet de disposer directement des mesures effectuées [Siteweb08].

- ☒ Capteur à ultrason HC-SR04: est capable de mesurer la distance des objets situés de 2cm à 400cm du capteur avec une précision de 3mm. Le capteur est composé d'un émetteur d'ultrasons, d'un récepteur et du circuit de commande[Siteweb10].

I.5. Ondes sonores :

I.5.1. Définition :

Onde mécanique se propageant longitudinalement dans un milieu matériel en transportant de l'énergie mais pas de matière

•Onde longitudinale :

Ses états de compression et de dilatation sont successifs et se transmettent de proche en proche, aux molécules voisines

•Milieu matériel :

- Matière, quelle que soit son état (solide, liquide, gaz, plasma)
- Une onde sonore ne se propage pas dans le vide

•Sans transport de matière à distance :

- Mouvements vibratoires des particules de part et d'autre de leur position d'équilibre
- Seule l'énergie est propagée sur une distance donnée

• Propriétés de propagation :

- Élastique (ou inélastique) : sa fréquence reste inchangée au fur et à mesure de sa propagation dans le milieu
- Atténuée (ou permanente) : son amplitude diminue au fur et à mesure de sa propagation dans le milieu[CON14].

I.5.2. Types d'ondes :

Les ondes sont représentées dans le mouvement des directions de chacun de leur genre et comment elles sont transmises par la figure I.5.

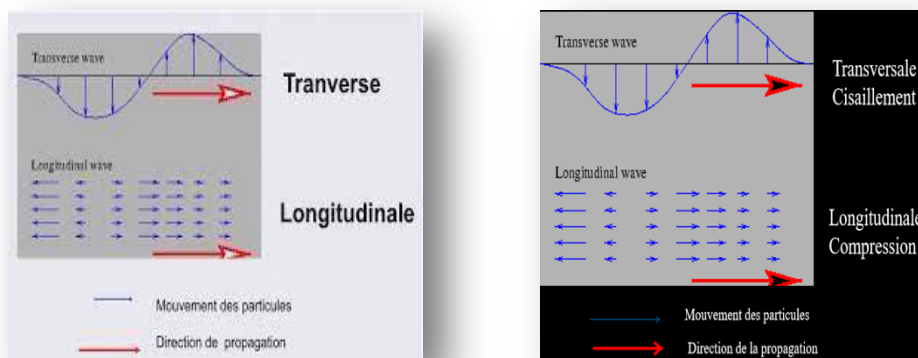


Figure I.5: Deux types d'ondes[ULF01].

I.5.3. Modélisation du son :

I.5.3.1. Son pur et son complexe :

Tout comme une lumière peut être polychromatique et être constituée d'ondes électromagnétiques de différentes fréquences, un son peut aussi être constitué d'ondes sonores de différentes fréquences dans ce cas on dit qu'il est "complexe". Un son constitué d'ondes sonore de même fréquence est quant à lui dit "pur" [Site web05].

I.6. Ultrasons :

I.6.1. Définition :

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques (ou ondes de pression) provoquant des variations de pression dans les milieux traversés. Ils nécessitent un milieu moléculaire pour se propager.

Leur fréquence est située entre 20 kHz et 200 MHz donc au-dessus du seuil audible.

L'onde ultrasonore entraîne des déformations sinusoïdales de l'espace, nécessitant un support matériel (contrairement aux ondes électromagnétiques) mais sans transport de matière [Siteweb06].

I.6.2. Célérité des Ultrasons :

Le tableau I.1 montre les différents milieux sur célérité en pratique comme indiqué ci-dessous :

Tableau I.1: Célérité des Ultrasons dans milieu En pratique, tissus mous, $C \sim 1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1540 m/s) [ULF01].

Milieu	$C \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$
Air	330
Graisse	1450
Eau	1480
Tissus mous (moyenne)	1540
Os	3500

I.6.3. Production & réception d'ondes ultrasonores :

L'onde sonore est produite et reçue par :

- Transducteur : dispositif convertissant un signal physique en un autre
 - ✦ Signal électrique \Rightarrow |Transducteur| \Rightarrow Signal mécanique
 - ✦ Signal lumineux \Rightarrow |Transducteur| \Rightarrow Signal électrique
- Types de transducteurs permettant de générer des ultrasons
 - ✦ Transducteurs électro-ultrasoniques
 - ✓ Piézo-électriques
 - ✓ Electrostrictifs
 - ✦ Transducteurs magnétostrictifs [CON14].

La figure I.6 représente sur transducteur c'est le plus utilisé dans l'énergie électrique c.à.d. transformateur généralement.

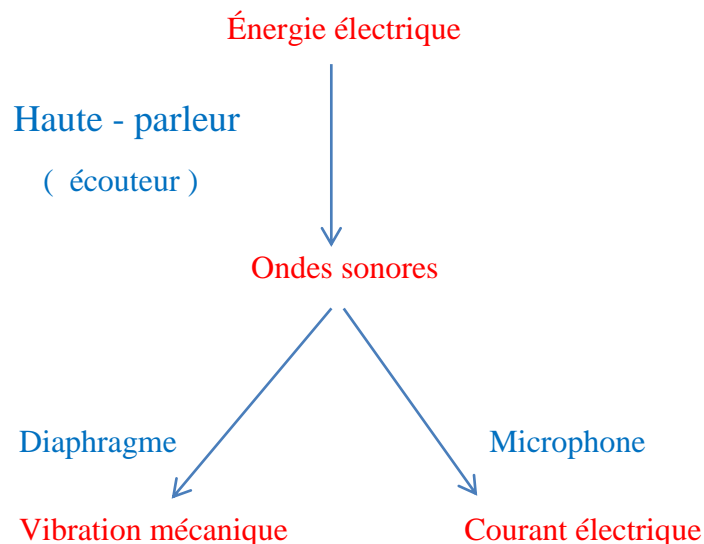


Figure I.6: Un transducteur est un dispositif convertissant un signal physique en un autre

I.7. Caractéristiques ultrasonores et onde sonore :

I.7.1. Caractéristiques ultrasonores :

Les ultrasons se déplacent à des vitesses différentes dans les différents milieux traversés. Ils détiennent les mêmes propriétés générales que les ondes élastiques, c'est-à-dire des ondes vibratoires ou des ondes de pressions dépendant du milieu de propagation.

Comme les sons, les ultrasons sont dus à des mouvements de va et vient très rapides, des vibrations.

Les ultrasons, inaudibles par l'oreille humaine, se différencient des sons par le nombre des vibrations effectués en une seconde, c'est-à-dire fréquence

En échographie les fréquences utilisées vont de 2 à 10 mégahertz car seuls les ultrasons de cette gamme de fréquence se propagent bien dans les milieux liquidiens (organes pleins d'eau ou de sang) du corps humain, sans se disperser et selon une direction bien déterminée[RFF02].

- 1 hertz (Hz) = une vibration par seconde
- 1 mégahertz (MHz) = 1 million de hertz

Les ultrasons se déplacent à des vitesses différentes dans les différents milieux traversés. Ils détiennent les mêmes propriétés générales que les ondes élastiques, c'est-à-dire des ondes vibratoires ou des ondes de pressions dépendant du milieu de propagation.

On peut caractériser une onde ultrasonore par plusieurs éléments bien précis.

□ Tout d'abord sa fréquence que l'on a évoqué un peu plus haut. Il existe en effet quatre types de sons différents suivant une fréquence donnée [Siteweb04].

Le deuxième tableau I.2 représente la relation entre la fréquence et le son, et chacun d'eux détermine la nature du son :

Tableau I.2: Fréquences des ultrasons

Fréquence	Sons
0 à 20 Hz	Infrasons (inaudible pour l'homme)
20 Hz à 20 KHz	Sons audibles par l'homme
20 KHz à 1 GHz	Ultrasons (peu audible pour l'homme)
Supérieure à 1 GHz	Hyper sons (inaudible pour l'homme)

I.7.2. Caractéristiques physiques des Ultrasons [SUA04] :

L'échographie a les propriétés physiques suivantes :

→ Fréquence f (Hz) : 20KHz et 100 MHz
→ Période T (s) : $T = 1 / f = \lambda / c$ (I-1)

→ Longueur d'onde $\lambda(m)$: $\lambda = c / f = c.T$ (I-2)

→ Célérité c (m/s) : $c = f.\lambda = \lambda / T$ (I-3)

→ Intensité I (Watt / cm^2) : Energie Transportée par unité de surface $I = P_c^2 / 2\rho c$ (I-4)

→ Le niveau sonore L (dB) entre deux ondes ultrasonore (I_1 et I_2)
 $L = D = 10\log(I_2 / I_1)$ (I-5)

I.7.3. Caractéristiques physiques d'une onde sonore :

Le son se caractérise principalement par trois paramètres physiques :

I.7.3.1. Fréquence, hauteur et période :

La fréquence est le nombre de périodes en une seule seconde, soit le nombre de fois qu'un phénomène périodique se reproduit par unité de temps. Dans le cas du son, c'est le nombre de fois que l'onde comprime et dilate une couche d'air par seconde. Ce nombre de compression par seconde va définir la hauteur du son : plus ce nombre sera élevé, plus la hauteur du son sera haute et inversement.

La période est un intervalle de temps constant d'un phénomène dit périodique se répétant successivement à l'identique. C'est une grandeur - notée T - et qui s'exprime en seconde.

Fréquence et période sont directement liées par la relation [TSC03]:

$$F = 1 / T \quad (I-6)$$

- Un son est d'autant plus **grave** que sa fréquence est **faible**.

- Un son est d'autant plus **aigu** que sa fréquence est **élevée** [SUA04].

La figure I.7 montre son grave est sinusoïde représentant un son pur de 300 Hz grande longueur d'onde et son aigus est sinusoïde représentant un son pur de 3000 Hz longueur d'onde :

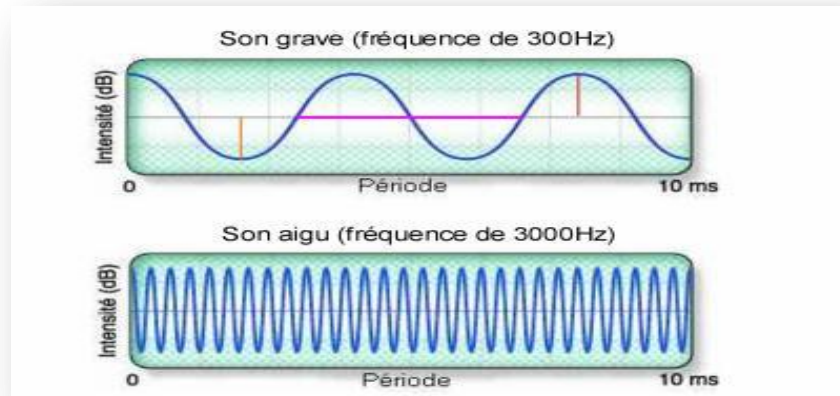


Figure I.5: Son aigu et Son grave

De toutes les ondes acoustiques, seules certaines peuvent être perçues par l'oreille : il s'agit des ondes dont la fréquence est comprise entre 20 Hz et 20 000 Hz :

- **En dessous** de 20 Hz, on parle des infrasons ;
- **Au-dessus** de 20 000 Hz, on parle des ultrasons[SUA04].

λ : longueur d'onde : distance entre deux crêtes. Plus l'onde fait de crête-à-crête par seconde, plus le son est le dessin et l'échelle en Hertz ne sont pas à l'échelle.

La figure I.8 représente la fréquence et la longueur d'onde pour les mouvements de l'onde sonore:

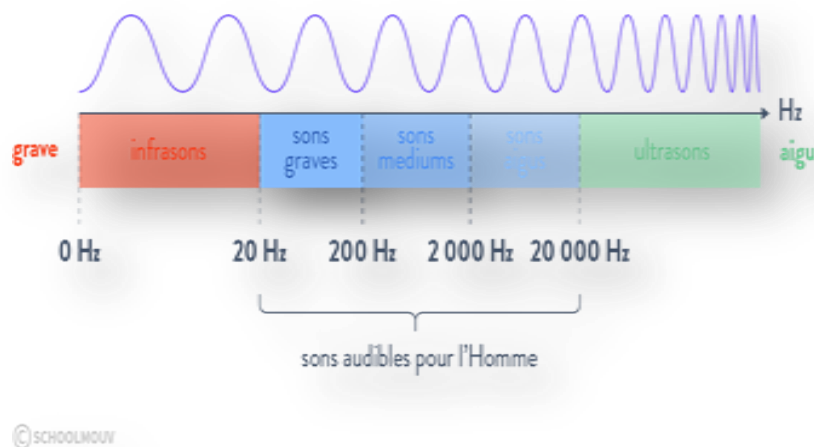


Figure I.8: Onde sonore selon la longueur d'onde et la fréquence

I.7.3.2. Amplitude (intensité sonore) et Niveau sonore (dB) :**a) L'amplitude :**

L'amplitude est un nombre positif caractérisant l'ampleur des variations d'une grandeur. Pour une onde sonore, l'amplitude correspond à la pression acoustique. Cette valeur s'exprime en Pascals (Pa).

On exprime plus fréquemment l'amplitude en décibels dB, celle-ci permettant d'exprimer plus couramment si un son est « faible » ou « fort ». Dans le cas du son, c'est la puissance avec laquelle l'onde va compresser et dilater les couches d'air, c'est-à-dire le niveau de pression des tranches d'air traversées par l'onde sonore. L'amplitude est directement liée au niveau sonore. Plus l'écart entre les deux crêtes est important, plus l'amplitude est grande.

Il existe 4 amplitudes différentes :

- L'amplitude : amplitude maximale positive, appelée aussi valeur maximale.
- L'amplitude moyenne : valeur moyenne arithmétique d'un signal positif.
- L'amplitude efficace : l'amplitude continue équivalente en puissance, appelée aussi valeur efficace
- Amplitude crête à crête : Différence entre la valeur maximale (positive) et la valeur minimale (négative)[TSC03].

Cette schéma qui simplifié une onde sinusoïdale et des différents caractéristique (période, amplitude...) sont illustré par la figure I.9.

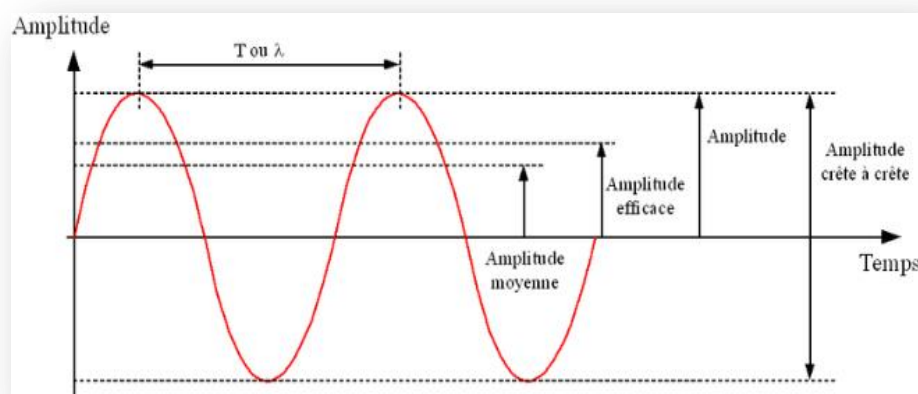


Figure I.9: Schémas simplifié d'une onde sinusoïdale et de ses principales caractéristiques : période, longueur d'onde et amplitude.

b) L'intensité sonore : noté I est alors exprimée en Watt par mètre carré (W/m^2). C'est donc la valeur caractérisant la puissance de l'onde P (W) transférée par l'onde à travers une surface S (m^2). Ainsi il existe la relation suivante :

$$I = P/S \quad (\text{I-7})$$

L'intensité sonore de référence notée I_0 est une valeur de référence intervenant dans la relation permettant de déterminer le niveau sonore L . Cette intensité correspond au seuil d'audition d'un auditeur moyen qui est de l'ordre de 0 décibel pour un son sinusoïdal de fréquence 1000 Hz. On a donc $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ [Siteweb01].

La figure I.10 montre l'intensité sonore avec la relation de puissance surfacique :

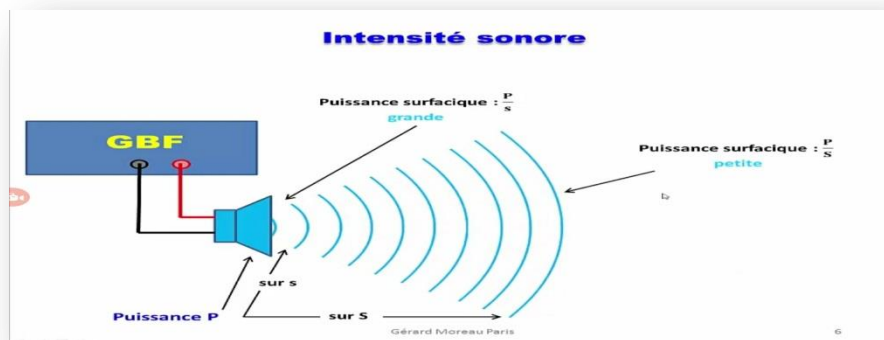


Figure I.10 : L'intensité sonore

Pour le tympan de l'oreille, il existe deux seuils,

- Seuil d'audibilité : $I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$

- Seuil de douleur : $I = 100 \text{ W}/\text{m}^2$

c) Niveau sonore L : (Level en Anglais) se mesure en décibels acoustiques (dBA) à l'aide d'un appareil appelé sonomètre. Il est relié à l'intensité acoustique I par la relation suivante :

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{I-8})$$

I_0 : Intensité de référence (seuil d'audibilité).

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

- Le seuil de douleur correspond à un niveau d'intensité sonore égal à 120 dB
- Le seuil d'audition théorique correspond à un niveau d'intensité sonore égal à 0 dB[SUA04].

les décibels. C'est une valeur de mesure logarithmique de l'amplitude d'un signal égale à $20 \cdot \log(x)$. Le décibel est le dixième du Bel (en hommage à Alexander Graham Bell)

Ils varient entre 0 et 120 dB mais peuvent dépasser 120 dB ce qui correspond à des cas de danger pour l'oreille, supérieur au seuil de douleur[TSC03].

I.8. Propagation des ultrasons :

Propagation en ligne droite dans un milieu homogène, transport d'énergie sans transport de matière

- ✘ Distinguer : vitesse de vibration des US V (m /s) et vitesse de propagation ou célérité C (m /s)
- ✘ C dépend uniquement des caractéristiques du milieu biologique traversé, de sa capacité à transmettre plus ou moins vite les US
- ✘ Onde acoustique : onde longitudinale, mouvements des particules dans la direction de la propagation (mais il existe aussi des ondes transversales, mouvement perpendiculaire mais vite atténué) [ULF01].

I.8.1. Propagation des ondes ultrasonores dans les milieux :

On a vu l'émission et la réflexion de ces ondes ultrasonores mais pour mieux comprendre il faut aussi aborder la propagation des ultrasons, c'est-à-dire comment elles se propagent dans un milieu quelconque, par quels moyens.

Premièrement, pour permettre la propagation des ondes, il faut d'une part que le milieu environnant de la source permette la propagation de l'onde, par exemple les ondes sonores ne se propagent pas dans le vide. D'une autre part, il faut que la source soit dans un état vibratoire.

En effet, les ondes ultrasonores sont émises par une source. A partir de celle-ci, ils sont propagés et se déplacent dans toutes les directions possibles dans un milieu élastique. La propriété du

milieu élastique signifie que la pression varie (d'où les ultrasons sont des ondes de pression) et les ultrasons se déplacent sous forme d'ondes mécaniques. Celles-ci sont caractérisées par une propagation d'énergie et ne peuvent se propager que dans ce milieu élastique[RFF02].

Dans la figure I.11 montre les vagues se propagent les ondes sonore plane , vous trouvez ci-dessous une explication de la manière dont les ondes sonores sont transmises:

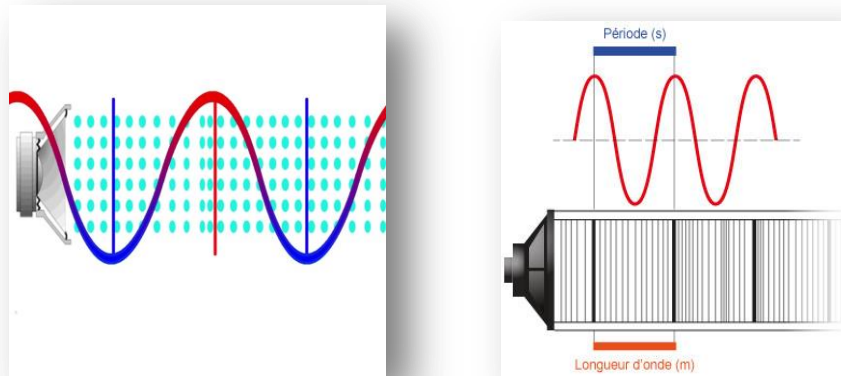


Figure I.11:Propagation d'une onde sonore plane

I.9. Technologies ultrasonores :

Les ultrasonores est passée par plusieurs générations comme suit:

- 1915 : Invention de l'hydrophone puis du SONAR (Sound Navigation And Ranging) par Paul Langevin et Constantin Chilowski.
- 1930 : Détecteur ultrasonique de défauts métalliques.
- 1935 : Dépôt du brevet du RADAR (Radio Détection And Ranging) par Robert Watson-Watt[IUS06].

I.10. Techniques ultrasonores :

Et il est représenté comme suit:

- ◆ Imagerie échographique :
 - Imagerie par balayage mécanique ou électronique
 - Imagerie harmonique, 3D, avec produits de contraste, ...
- ◆ Enregistrement temps-mouvement TM

- ◆ Techniques à effet Doppler :
 - Enregistrement des courbes de vitesse, analyse spectrale des signaux Doppler
- ◆ Visualisation du sang circulant : imagerie Doppler couleur, Doppler puissance, B Flow, ... Ultrasons de puissance[UAM07].

I.11. Applications des ultrasons :

Actuellement on trouve les capteurs ultrasons dans tous les domaines : médicale & vétérinaire, en robotique, métallurgie, avionnerie, marine, pêche, nettoyage, contrôle à distance (porte, obstacle, etc.)[Siteweb04].

La première utilisation des ultrasons fut le repérage de bâtiments sous-marins ennemis. Le principe de cette méthode est simple : les ultrasons se réfléchissent sur un obstacle et reviennent à leur point de départ en produisant un écho : connaissant le temps séparant l'émission de l'onde et la réception de l'écho et la vitesse de l'ultrason dans l'eau de mer (environ 1 500 m/s), il est facile d'en déduire la distance séparant l'émetteur de l'obstacle. Cette méthode n'est plus seulement militaire et a été adaptée à tous types de repérages d'obstacles.

I.11.1. Repérage d'obstacles :

La première utilisation des ultrasons fut le repérage de bâtiments sous-marins ennemis. Le principe de cette méthode est simple : les ultrasons se réfléchissent sur un obstacle et reviennent à leur point de départ en produisant un écho : connaissant le temps séparant l'émission de l'onde et la réception de l'écho et la vitesse de l'ultrason dans l'eau de mer (environ 1 500 m/s), il est facile d'en déduire la distance séparant l'émetteur de l'obstacle. Cette méthode n'est plus seulement militaire et a été adaptée à tous types de repérages d'obstacles[Siteweb03].

I.11.2. Ultrasons pour le nettoyage :

Par exemple, bio Mérieux, acteur mondial dans le domaine du diagnostic in vitro, a fait appel à cette SRC pour trouver une solution de nettoyage efficace et non polluante en zone à atmosphère contrôlée. Le procédé ultrasons développé par SinapTec permet de décrocher les fines particules de manière automatique grâce à la puissance des ultrasons et sans détergent pour garantir l'élimination de toute trace de contaminant. « Le nettoyage est reproductible et respecte sans dérive la méthodologie validée lors des essais, ce qui nous permet d'avoir la certitude d'utiliser des ustensiles propres » précise Franck Fonteneau, Chef de projet validation de bio Mérieux. Le système prend la forme d'un pavé immergeable ultrasons installé dans les bacs de laverie existants sans modification particulière. Les essais de qualification réalisés par bio Mérieux ont montré la performance du nettoyage ultrasons lors d'un cycle de 10 minutes dans un bain d'eau à 40°C sans détergent [ASR11].

I.11.3. Utilisation industrielle :

Les ultrasons ont également des applications industrielles ! Ainsi les ultrasons permettent le dégazage des métaux, la soudure de certains matériaux... Mais pas seulement. Avec les ultrasons, il est possible d'améliorer des émulsions photographiques. Ça vous paraît peut-être bien loin tout ça, mais les effets des ultrasons se retrouvent aussi dans votre vie quotidienne. Par exemple les ultrasons servent à stériliser certains liquides comme le lait que vous buvez le matin avant d'aller au travail. Il existe même des cannes pour aveugles équipées d'un émetteur/récepteur d'ultrasons. Cela permet aux utilisateurs d'éviter les obstacles dans leurs déplacements de tous les jours[Siteweb02].

I.11.4. Utilisation des ultrasons en médecine :

Les ultrasons sont utilisés dans plusieurs domaines, notamment en médecine, en échographie et en thérapie (par exemple, la lithotripsie). Plus récemment, cette technique est utilisée en médecine esthétique, pour lutter contre le vieillissement de la peau et le relâchement cutané. Elle permet d'éviter, dans de nombreux cas, l'utilisation d'une chirurgie invasive. Appelés aussi HIFU (High Intensity Focused Ultrasound), les ultrasons focalisés agissent comme une loupe, qui concentre les rayons du soleil en un point précis. Cette technique crée des impacts à différentes profondeurs du derme, afin d'entraîner un processus de régénération tissulaire, qui donnera lieu à un effet tenseur. Ce procédé médical, a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques[UME09].

I.11.5. Utilisation parfois controversée :

En avril 2008, une polémique est née à la suite de la commercialisation en Europe d'un appareil destiné à éloigner les jeunes de certains endroits, en émettant des fréquences proches de l'ultrason, perceptibles seulement par des individus jeunes, ce qui est vrai en théorie mais pas en pratique. En effet, l'audition humaine perd la faculté d'entendre les sons aigus avec l'âge. Néanmoins, suivant les personnes et surtout suivant l'hygiène de vie acoustique (écouteurs trop forts ou soirées musicales trop fortes endommageant irrémédiablement l'audition), des personnes plus âgées peuvent entendre des sons plus aigus que certains jeunes. Le procédé se heurte à une opposition importante, tant pour des raisons éthiques que médicales et de nombreuses voix s'élèvent pour en demander l'interdiction [Siteweb03].

La figure I.12 reflète l'implication pluridisciplinaire des ultrasons et résume succinctement ces applications :

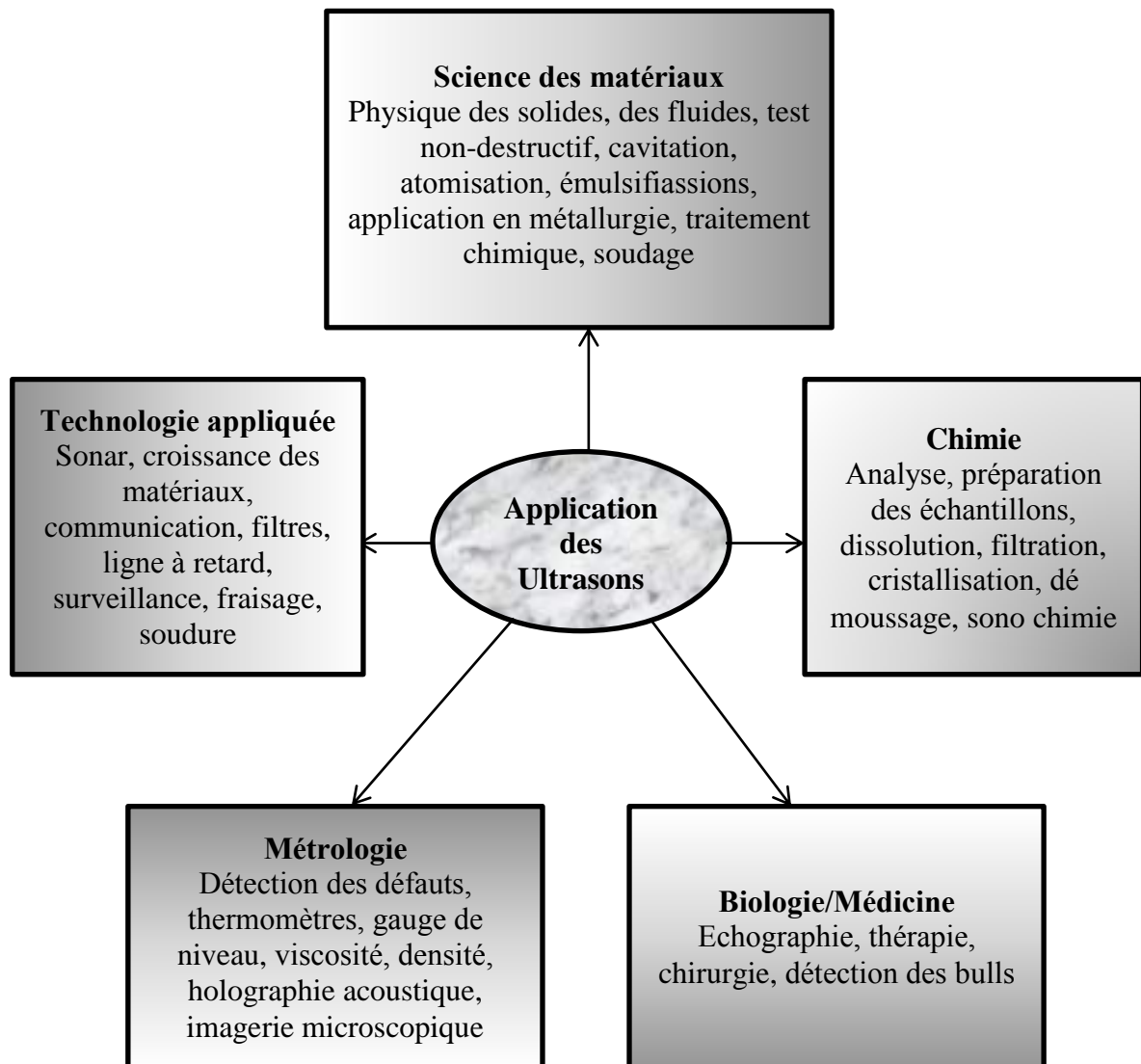


Figure I.12 : Les applications des ultrasons [KAN13]

I.12. Détection d'obstacle :

Les principes de la détection d'obstacles incluent la présence humaine, et d'un autre côté, sur l'utilisation des dispositifs de détection sur des véhicules industriels. Les principes de détection de présence humaine ou d'objets sont nombreux : à base d'ultrason, de détecteurs capacitifs, de détecteurs à infrarouge, de radars micro-ondes, et d'autres. L'utilisation des détecteurs, que ce soit à base d'ultrason ou autres, est présente aussi dans plusieurs domaines ; on peut citer la sécurité, les systèmes antivols ou en robotique .

I.12.1. Détecteur ultrason :

L'ultrason est un son dont la fréquence est supérieure à 20 kHz. Le nom vient du fait que leur fréquence est trop élevée pour être audible pour l'homme. Deux principes physiques sont utilisables pour constituer le capteur : par effet électronique ou par effet piézoélectrique. Ces capteurs utilisent l'air comme milieu de propagation. L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie un train d'ondes qui est réfléchi sur l'objet (ou le travailleur) à détecter et ensuite revient à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. La distance trouvée doit être divisée par deux, car le signal aura franchi le double de la distance pour revenir à l'émetteur. La capacité de détection de ce type de capteur va de quelques centimètres à environ 10 mètres[BEN19].

I.13. Avantages du capteur à ultrasons [JES16] :

Le capteur à ultrasons présente quelques avantages, nous les mentionnons dans ce qui suit:

- Les capteurs à ultrasons sont utilisés dans de nombreuses applications.
- L'une de leurs applications les plus courantes est la robotique.
- C'est parce qu'ils sont faciles à interfacer et à comprendre.
- Les capteurs à ultrasons contiennent des transducteurs à ultrasons.
- Un transducteur peut convertir une forme d'énergie en une autre.
- Le transducteur est la raison pour laquelle un capteur peut émettre une impulsion émise est réfléchi par une entité.
- L'impulsion sonore d'origine et l'écho déterminent la distance qui sépare l'entité du capteur.
- La valeur de la distance est basée sur la quantité de temps que l'impulsion a parcouru à partir du capteur.

I.14. Inconvénients des capteurs à ultrasons :

Les capteurs à ultrasons présentent quelques inconvénients :

- Sensibilité à la température et à la pression.
- La vitesse de propagation des ondes sonores dépend des conditions environnantes.
- Ils sont également sensibles à d'autres capteurs à proximité, et il peut y avoir une interférence entre ces derniers[Sitweb07].

- La raison en est la forme en cône de l'impulsion émise.
- Quelle que soit la taille d'un objet, un écho sera renvoyé en raison de forme de l'impulsion.
- Pour remédier à ce problème, des capteurs multiples ou rotatifs sont utilisés[JES16].

I.15. Pour quoi le choix du capteur à ultrasons ?

En général, la problématique commune à tous les systèmes de détection d'obstacles demeure celle de la réduction des fausses alarmes. Le choix du capteur utilisé est fait après avoir effectué une étude bibliographique sur les dispositifs de détection et leurs utilisations sur les véhicules industriels ou de transport en général. Les avantages majeurs des capteurs à ultrason sont leur faible prix de revient et leur simplicité d'implantation, aussi la détection par ultrason est parfaitement efficace pour de courtes distances [KAF18].

I.16.Conclusion:

D'après ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur les capteurs à ultrason: principe du fonctionnement, types des capteurs, etc. En plus, on a cité les différents domaines d'application des capteurs à ultrasons et le but de la sélection de ce capteur. Ainsi nous avons abordé l'essentiel de notre travail concernant l'étude du capteur à ultrason. Le chapitre suivant sera consacré aux constitutions du capteur à ultrason (CU).

Chapitre II :
Aperçu sur les
constitutions du
capteur à ultrason et
carte arduino

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous définirons le capteur HC-SR04 et comment il fonctionne pour détecter les ondes ultrasonores. Nous aborderons un élément important et fondamental de notre projet qui est la carte Arduino.

Nous allons étudier ses composants, ses caractéristiques et les programmes appropriés en concentrant sur la programmation de la carte Arduino UNO.

II.2. Capteur à ultrason HC-SR04 :

II.2.1. Module du Capteur à ultrason HC-SR04 :

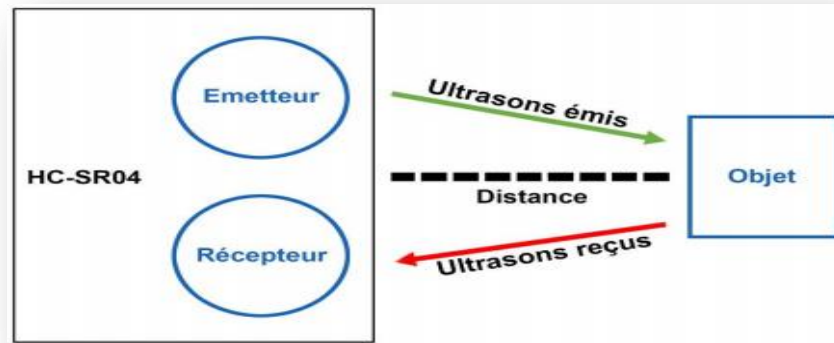
Le détecteur HC-SR04 utilise les ultrasons pour déterminer la distance à laquelle se trouve un objet (la figure II.1). Peu importe l'intensité de la lumière, la température ou le type de matière, le capteur pourra facilement détecter s'il y a un obstacle devant lui. Tout de fois, il peut être contraint sur certains types de couleurs tel que le noir (contraste), ou encore sur la matière comme le textile. Son champ de vision est de 90° environ selon l'environnement. Si une impulsion de plus de 10 μ S et détecter, alors le capteur envoie une série de 8 impulsions à ultrason de 40kHz et attends le réfléchissement du signal. Ensuite, en ayant en tête la vitesse du son, il effectue un rapide calcul pour déterminer la distance[KES19].



Figure II.1: Capteur à ultrason.

II.2.2. Principe et fonctionnement:

Les capteurs de distance à ultrasons utilisent le principe de l'écho pour déterminer la distance à laquelle se trouve un objet (figure II.2) :



FigureII.2 :Emission et réception des obstacles.

Le principe de fonctionnement du capteur est entièrement basé sur la vitesse du son, voilà comment se déroule une prise de mesure :

1. Nous envoyons une impulsion HIGH de $10\mu\text{s}$ sur la broche TRIGGER du capteur.
2. Le capteur envoie alors une série de 8 impulsions ultrasoniques à 40KHz (inaudible pour l'être humain).
3. Les ultrasons se propagent dans l'air jusqu'à toucher un obstacle et retourne dans l'autre sens vers le capteur.
4. Le capteur détecte l'écho et clôture la prise de mesure.

Le signal sur la broche ECHO du capteur reste à HIGH durant les étapes 3 et 4, ce qui permet de mesurer la durée de l'aller-retour des ultrasons et donc de déterminer la distance.

Remarque : Il y a toujours un silence de durée fixe après l'émission des ultrasons pour éviter de recevoir prématurément un écho en provenance directement du capteur[KES19].

- **Diagramme temporels :**

Le diagramme temporel est affiché ci-dessous. Il faut fournir un signal à l'état haut pendant $10\mu\text{s}$ à l'entrée de l'émetteur pour déclencher la salve d'ultrasons. Le module envoie ensuite 8 cycles d'ultrasons à 40 kHz et attend le signal reçu. Le récepteur reçoit un signal à l'état haut dont la durée est proportionnelle à la distance de l'objet perçu figure II.3 . Le calcul de la distance peut se faire grâce au temps mesuré entre le signal émis et le signal reçu (voir formule dans les caractéristiques). Nous vous suggérons de laisser au moins 60ms entre chaque mesure pour laisser le temps au signal reflété par l'objet d'atteindre le récepteur du capteur[Siteweb12].

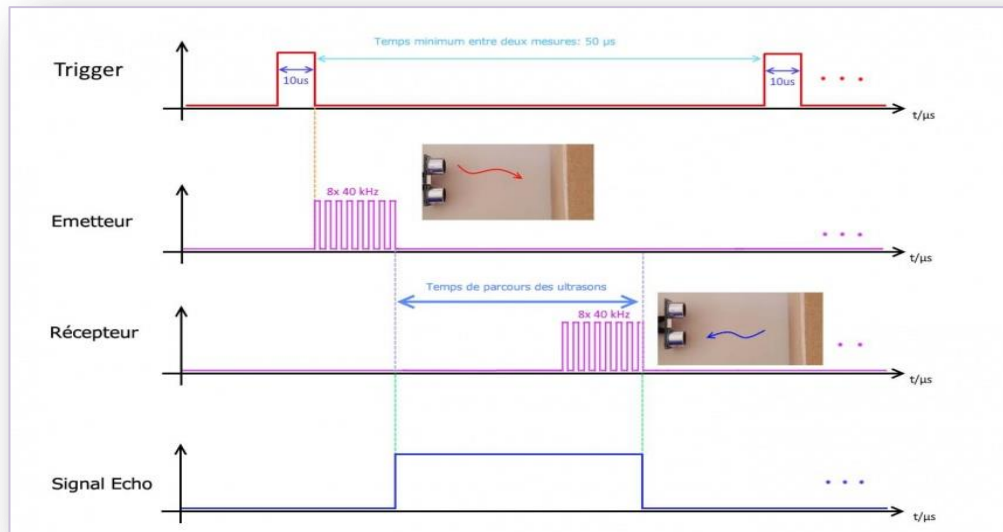


Figure II.3: Illustration du signal TRIGGER et ECHO.

II.2.3. Caractéristique :

Le capteur à ultrasons HC-SR04 est capable de mesurer la distance des objets situés de 2cm à 400cm du capteur avec une précision de 3mm. Le capteur est composé d'un émetteur d'ultrasons, d'un récepteur et du circuit de commande[Siteweb12].

II.2.4. Paramètre électrique :

Les paramètres pour le capteur à ultrasons cités comme suit:

- ✚ Alimentation : 5v.
- ✚ Consommation en utilisation : 15 mA.
- ✚ Gamme de distance : 2 cm à 5 m.
- ✚ Résolution : 0.3 cm.
- ✚ Précision : 1 cm
- ✚ Angle de mesure : < 15°[Siteweb11].

II .2.5. Broches de connections :

De même que les broches de connections pour le modèle HC-SR04 on peut cité :

- Vcc = Alimentation +5 V DC.
- Trig = Entrée de déclenchement de la mesure (Trigger input).
- Echo = Sortie de mesure donnée en écho (Echo output).
- GND = Masse de l'alimentation[HMD22].

II.2.6. Facteur d'influence :

Le capteur ultrasonique comporte certains inconvénients :

- ✚ Il est très vite inopérant lorsqu'il y a présence d'échos parasites, en présence de poussière ou encore lorsque le niveau mesuré se trouve dans un endroit trop étroit.
- ✚ Aucun fonctionnement possible dans le vide.
- ✚ Il y a une zone que l'on appelle zone morte et qui correspond à la distance minimum que doit avoir le niveau à détecter par rapport au capteur pour que celui-ci fonctionne correctement[KES19].

II.2.7. Spécification et limites :

- Ces spécifications et limitations sont le facteur de base pour la manipulation du capteur à ultrasons HC-SR04 qui doivent être respectées et apparaissent dans le tableau suivant[HMD22]:

TableauII.1: spécifications d'US.

Paramètre	Min	Type	Max	Unité
Tension d'alimentation	4.5	5.0	5.5	V
Courant de repos	1.5	2.0	2.5	mA
Courant de fonctionnement	10	15	20	mA
Fréquence de ultrasons	-	40	-	KHz

Remarque : la borne GND doit être connectée en premier, avant l'alimentation sur Vcc.

II.2.8. Modélisation du son :

II.2.8.1. Son pur et son complexe :

Tout comme une lumière peut être polychromatique et être constituée d'ondes électromagnétiques de différentes fréquences, un son peut aussi être constitué d'ondes sonores de différentes fréquences dans ce cas on dit qu'il est "complexe". Un son constitué d'ondes sonore de même fréquence est quant à lui dit "pur"[Siteweb05].

II.3. Télémètre à Ultrasons

II.3.1. Qu'est-ce qu'un télémètre à ultrasons ?

Un télémètre à ultrasons sert à mesurer une distance. Le principe, inspiré de la chauve-souris, est d'envoyer une salve d'ultrasons vers un objet les réfléchissant, tel qu'un mur ou une vitre, et de capter l'écho renvoyé par cet objet. On accède à la distance séparant le télémètre de cet objet en mesurant le temps que met l'écho pour revenir au télémètre. Connaissant la vitesse du son, on

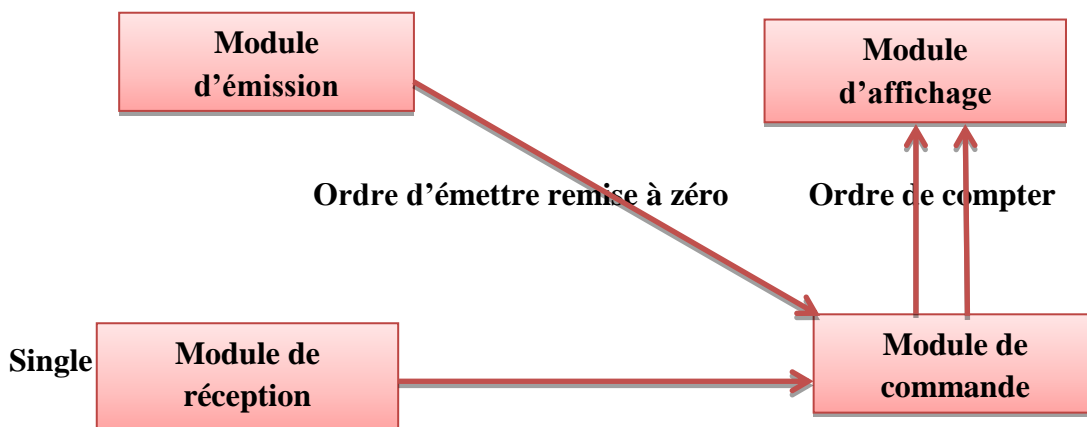
déduit la distance cherchée. Les avantages d'un tel moyen de mesure sont multiples. On n'est plus obligé de disposer d'un objet de référence tel qu'un mètre, la mesure est rapide même sur plusieurs mètres, et on peut, sans risque, mesurer des distances difficiles d'accès. Par exemple, on peut facilement relever la hauteur d'un plafond. Avant de commencer tout travail, il convient de se fixer un cahier des charges afin de cerner précisément les objectifs, dont voici la liste :

- Mesurer une distance de l'ordre de quelques mètres.
- Réaliser un télémètre portatif alimenté par une pile 9V.
- Afficher directement cette distance, en cm, sur trois chiffres[TUE25].

II.3.2. Principe de mesure :

Il est basé sur la mesure du temps écoulé entre l'émission et le retour de l'écho. Le système de contrôle remet le chronomètre à zéro puis commence l'émission ultrasonique. L'onde ultrasonore se propage à la vitesse du son dans l'air environnant, soit 342 m/sec. Dès qu'un obstacle est rencontré, l'écho revient vers le transducteur qui stop le chronomètre dès réception du signal.

Le résultat sortant du chronomètre ne subit aucune modification avant affichage comme cette schéma en la figure III.4 :



FigureII.4 : schéma Globale d'un Illustration du signal.

Remarque :

Le son à une vitesse de 343 m/s à 20 C° et de 331 m/s à 0 C°, ceci influence la mesure de manière significative. Il faut pour pallier au problème de variation de vitesse, étalonner le télémètre à la température où on envisage de l'utiliser[Siteweb13].

- La distance mesurée est égale à [DUC24]:

(Durée totale (aller-retour ultrasons) * La vitesse du son (0.034 cm/ μ s)) / 2 (Aller-retour des ultrasons)

II.4. Carte arduino UNO :

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C[SLI18].

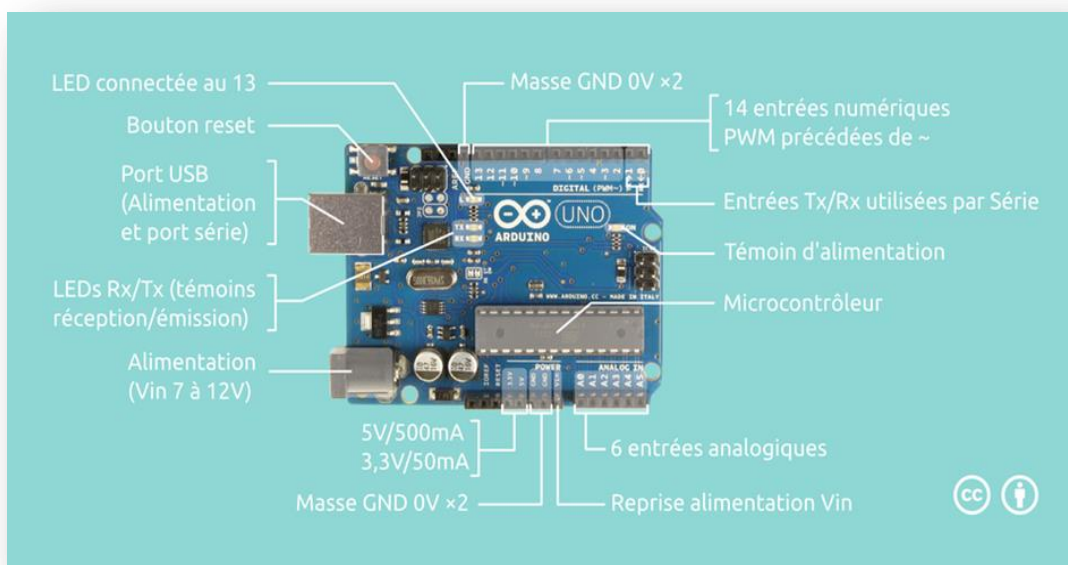


Figure II.5 : Carte Arduino UNO.

A- Alimentations :

La carte Arduino Uno peut être alimentée soit par une alimentation interne via la connexion USB ou par une alimentation externe (non-USB), cette dernière peut provenir d'un adaptateur secteur ou d'une batterie. La source d'alimentation est automatiquement sélectionnée par la carte.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- ◆ **VIN :** la tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5 V de la connexion USB ou autre source (5 V) régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.

- ◆ **5 v** : la tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (Pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le (5 V) régulé fourni par cette broche peut[BEN19].

B- Entrées/Sorties :

Certaines broches ont des fonctions spécialisées:

- ✚ **Pins 0 (RX) et 1 (TX)** sont utilisés pour la réception (RX) et d'émission (TX) des données en série TTL. Ceux - ci sont connectés aux broches correspondantes du port USB-TTL du processeur ATmega16U2 ou la puces FT232RL.
- ✚ **Pins 2 et 3** : peuvent être configurés comme déclencheurs pour des événements externes, tels que la détection d'un front montant ou descendant d'un signal d'entrée.
- ✚ **Pins 4, 5, 6, 9, 10 et 11:** peuvent être configurés via le logiciel avec la fonction `analogWrite ()` pour générer des signaux PWM avec une résolution de 8 bits en l'utilisant comme CAN. On peut grâce à un simple filtre RC obtenir des tensions continues de valeur variable.
- ✚ **Pins 10, 11, 12, 13** : peuvent être programmés pour réaliser une communication SPI , SPI utilise une bibliothèque spéciale.
- ✚ **Pin 13** : est relié à une diode interne à la carte, utile pour les messages de diagnostic. Lorsque le niveau de la broche est HAUT, le voyant est allumé, quand le niveau de la broche est faible, il est éteint[DJA16].

C-Bronches Analogiques :

La carte possède 6 broches analogiques numérotées de A0 à A5. Par défaut, elles mesurent le voltage de 0 à 5 V. Toutefois, il est possible de changer cette limite supérieure en utilisant la broche AREF et la fonction analogue Référence.

Ces broches sont associées à des convertisseurs analogiques/numériques intégrés de 10 bits qui donnent une valeur comprise entre 0 et 1023.

De même que les broches numériques, certaines ont des fonctions spécialisées :

- ✚ les broches A4 (SDA) et A5 (SCL) sont utilisées pour communiquer en utilisant la Bibliothèque Wire. Elles constituent le bus I2C (Integrated Integrated Circuit)[BEL19].

D-Microcontrôleur AT Meg328 :

L'ATmega328 est aussi un microcontrôleur de 8 bits qui est plus puissant que l'ATMEGA128, ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- Fréquence d'horloge va à 20 MHz.
- Taille de mémoire de programme (flash) : 32 KB.
- Taille de la SRAM de données : 2 KB.
- Tension d'alimentation de fonctionnement de 1,8 V à 5,5 V.
- Convertisseur analogique numérique de 10 bits (6 canaux)
- Température de fonctionnement allons de -40°C à +85°C.
- Nombre d'entrées/sorties 23.

Ce microcontrôleur est aussi très intéressant comme unité de traitement pour un nœud capteur, il contient une grande capacité mémoire, et n'est pas figé en termes de communication et de programmation, il peut fonctionner en très grande vitesse, de plus il est dédié au circuit faible consommation. C'est le microcontrôleur choisi comme unité de traitement pour les nœuds capteurs[ALI17].

E-Communication :

Arduino a un certain nombre de moyens pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou autres microcontrôleurs. L'ATmega328 fournit UART TTL (5V) en communication série, disponible sur les broches numériques 0 (RX) et 1 (TX)[AMW18].

F- Caractéristique :

Ces caractéristiques, nous avons appris à connaître les éléments les plus importants de la carte Arduino UNO, qui diffèrent d'un type à l'autre, qui doivent être pris en compte lors de la connexion, et tout cela est montré dans le tableau suivant[RIA19]:

Tableau II.2 : ci-dessous récapitule les caractéristiques essentielles d'une carte Arduino UNO.

Microcontrôleur	ATMega328
Tension de fonctionnement	5 V
Tension d'alimentation-entrée- (recommandée)	7-12 V
Tension d'alimentation -entrée- (limite)	6-20 V
Entrées/Sorties numériques	14 (dont 6 peuvent être utilisées en sortie PWM)

Entrées analogiques	6
Courant DC nécessaire pour les broches entrée/sortie	40 Ma
Mémoire FLASH	32 KB (dont 0.5 KB utilisé par le boot loader)
Mémoire SRAM	2 KB
Mémoire EEPROM	1Kb
Fréquence d'horloge	16 Mhz
Longueur	68.6 mm
Largeur	53.4 mm

II.5. Plateforme de programmation Arduino :

II.5.1. IDE Arduino :

C'est un logiciel de programmation par code, code qui contient une cinquantaine de commandes différentes. A l'ouverture, l'interface visuelle du logiciel ressemble à ceci : des boutons de commande en haut, une page blanche vierge, une bande noire en bas[CPF28].

II.5.2. Structure général du programme (IDE Arduino) :

Comme n'importe quel langage de programmation, une interface souple et simple est exécutable sur n'importe quel système d'exploitation Arduino basé sur la programmation en C, comme cette figure [KGC15].

La figure II.6 représenté des parties principales du logiciel et il y a trois cadres :

- **Le cadre numéro 1:** ce sont les options de configuration du logiciel
- **Le cadre numéro 2 :**il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes
- **Le cadre numéro 3 :** ce bloc va contenir le programme que nous allons créer
- **Le cadre numéro 4 :** celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme [ACK29].

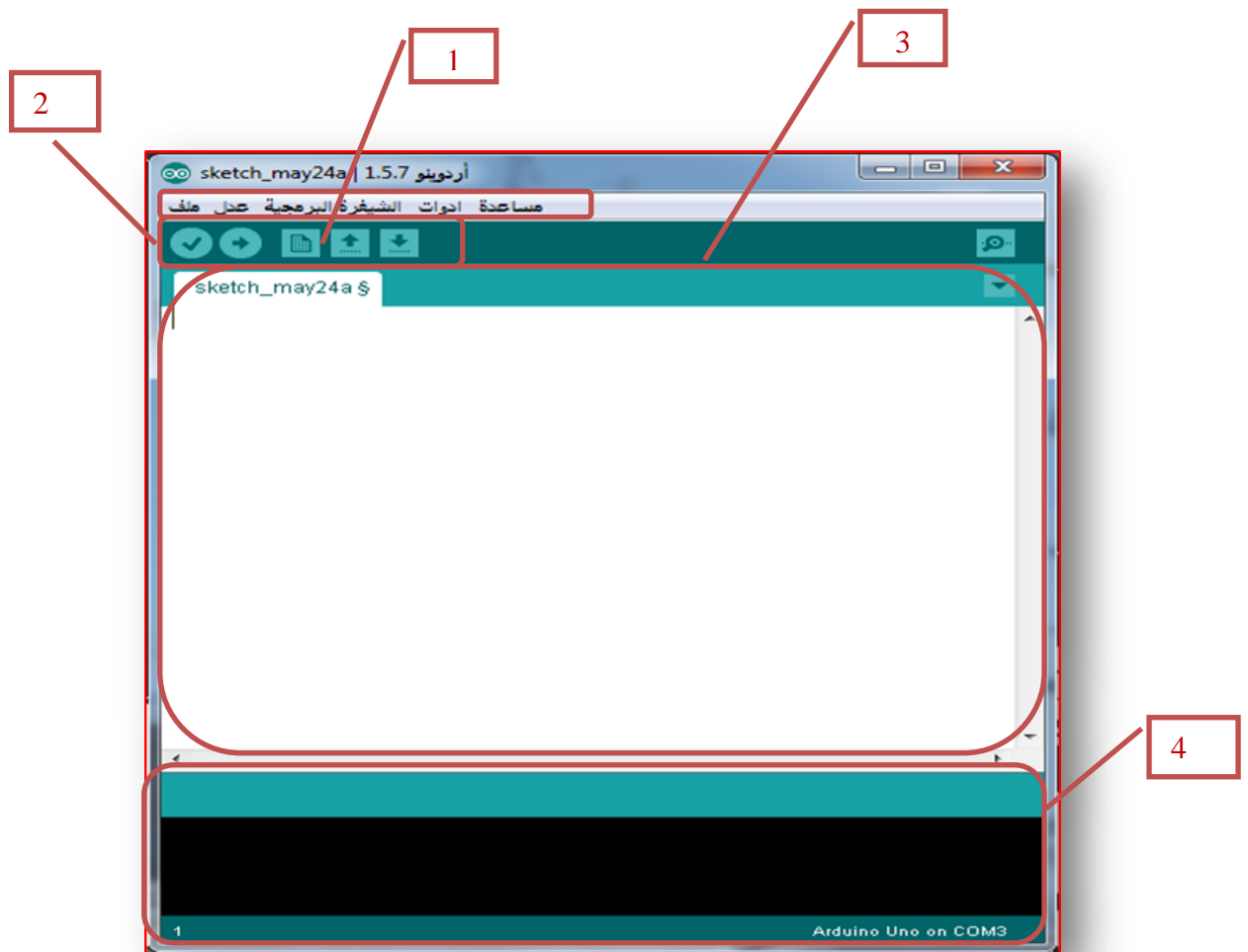


Figure II.6 :Présentation des parties principales du logiciel.

II.5.3. Méthode d'enregistrement d'un programme sur la carte :

Mise en œuvre de l'environnement Arduino :

- On conçoit d'abord un programme avec le logiciel Arduino -On vérifie ce programme avec le logiciel (compilation)
- Des messages d'erreur apparaissent éventuellement...on corrige puis vérifie à nouveau...
- On enlève le précédent programme sur la carte Arduino (Bouton réinitialisation)
- On envoie ce programme sur la carte Arduino dans les 5 secondes qui suivent l'initialisation
- L'exécution du programme sur la carte est automatique quelques secondes plus tard ou à ses prochains branchements sur une alimentation électrique (Alim 9/12V ou port USB) [Siteweb19].

II.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fait une description des différents éléments, où nous avons découvert les composants du capteur HC-SR04 et la carte Arduino UNO. On a présenté ce qu'elle contient la carte Arduino et le programme utilisé pour programmer celle-ci.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons les travaux pratiques qui consistent à vérifier la structure organisationnelle du capteur à ultrasons et la carte Arduino UNO tout dédié à un petit véhicule.

Chapitre III :
Réalisation d'un
capteur à ultrason en
utilisant une carte
Arduino

III.1. Introduction :

Avec le développement de la technologie, le microcontrôleur est devenu un système qui ressemble à un ordinateur, et cela, grâce à ses caractéristiques, tels que: une mémoire, un processeur et aussi des interfaces qui sont configurés pour contacter le monde extérieur. Les microcontrôleurs ont des performances réduites, mais sont de faible taille et ils présentent une faible consommation d'énergie, les rend indispensables dans toute solution d'électronique embarquée, tels que: la voiture, une porte de garage et un système robotique. La carte Arduino n'est pas le microcontrôleur le plus puissant, mais son architecture a été publiée en open-source, et toute sa philosophie s'appuie sur le monde du libre, au sens large.

Dans ce chapitre, nous présenterons les matériaux nécessaires à la mise en œuvre de notre projet. Toutes les connaissances sur la carte Arduino et des périphériques appropriés vont exploiter pour la réalisation d'un véhicule électrique.

III.2. Principe de fonctionnement :

Capteur à ultrason est un système de détection d'objet qui utilise des ondes ultrasoniques déterminer la distance spécifiée jusqu'à l'obstacle. Le capteur à ultrason transmet des impulsions d'ondes ultrasoniques qui rebondissent sur tout objet sur leur chemin. L'objet renvoie une partie de l'onde reçue par le récepteur qui est en ligne de vue avec l'émetteur.

III.3. Etude des composants à utiliser dans la réalisation :

III.3.1. Carte arduino Uno :

L'Arduino Uno est un microcontrôleur programmable qui permet, de contrôler des éléments mécaniques : systèmes, lumières, moteurs, etc. La figure (III.1) représente une carte électronique permet l'utilisateur de la programmer facilement des choses et de créer des mécanismes automatisés, sans avoir de connaissances particulières en programmation. Il est un outil pensé et destiné aux inventeurs, artistes ou amateurs qui souhaitent créer leur propre système automatique en le codant de toute pièce [AIF31].

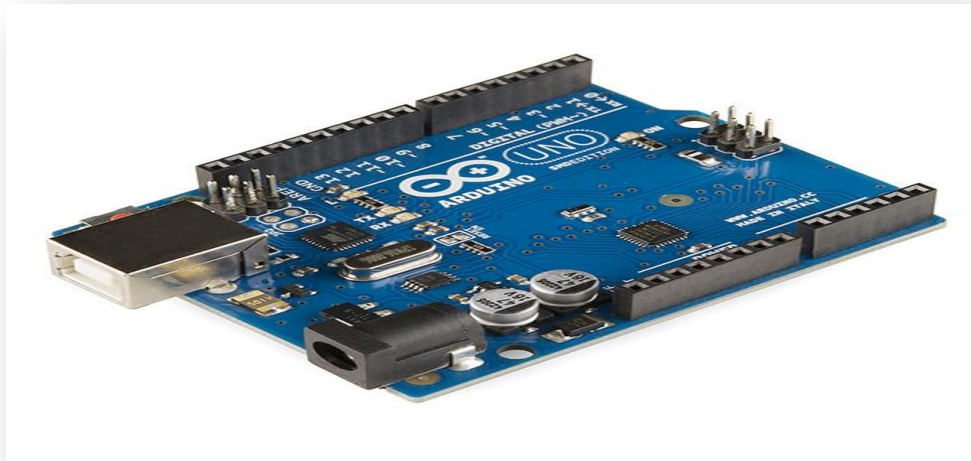


Figure III.1: Carte arduino.

III.3.2. Driver Motors (L298N) :

La carte Arduino ne peut pas contrôler directement un moteur. La partie délicate est d'être en mesure de faire fonctionner le moteur de manière sélective vers l'avant ou vers l'arrière, ce qui nécessite l'échange des entrées d'alimentation et de masse dans le moteur. On utilise dans ce cas dans notre projet le driver moteur L298N qui est le plus utilisé dans les projets, et très facile à mettre en œuvre . Le module L298N en (figure III.2) permet de commander séparément 2 moteurs à courant continu DC de 3 à 30 V, ou un moteur pas à pas bipolaire (2 phase step motor). Il fonctionne avec une interface de commande TTL 5V (donc compatible avec Arduino ou avec de nombreux autres microcontrôleurs en basse tension) [PFR33].

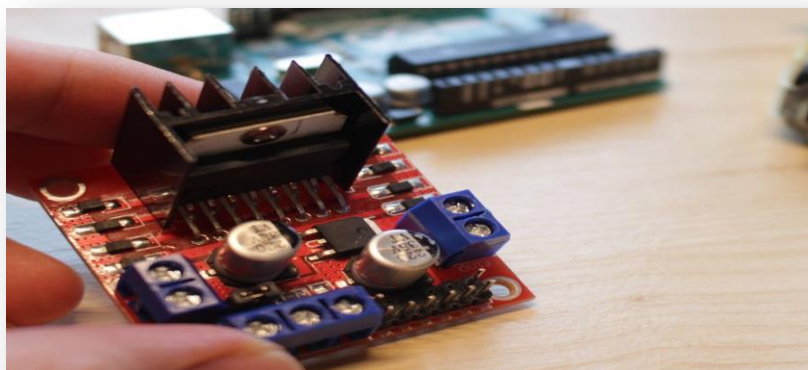


Figure III.2: Driver Moteurs L298N.

III.3.3. Arduino robot car based 3 (trois roues):

Les motoréducteurs :

Les moteurs utilisés dans ce travail (voir Figure III.3) dont la référence est DG01D, sont des motoréducteurs très populaires en robotique mobile. Ce type de moteur est caractérisé comme suit :

- Tension d'alimentation recommandée : 4.5V DC.
- Vitesse sans charge : 90 ± 10 rpm.
- Courant sans charge : 190 mA (250mA MAX).
- Couple maximum permet 800g.cm.
- Rapport de réduction de vitesse 48:1.



FigureIII.3: Motoréducteur DG01D.

A chacun de ces moteurs on attache une roue avec pneu gomme de diamètre 65mm. Les emplacements des moteurs et des roues sur le châssis sont représentés sur la Figure III.4:



Figure III.4: Voiture robot Arduino basée 3.

III.3.4. Capteur à ultrason:

Le capteur HC-SR04 est un capteur à ultrason low cost. La figure III.5 est capteur fonctionne avec une tension d'alimentation de 5 volts, dispose d'un angle de mesure de 15° environ et permet de faire des mesures de distance entre 2 centimètres et 4 mètres avec une précision de 3mm (en théorie dans la pratique ce n'est pas tout à fait exact)[HCR32].

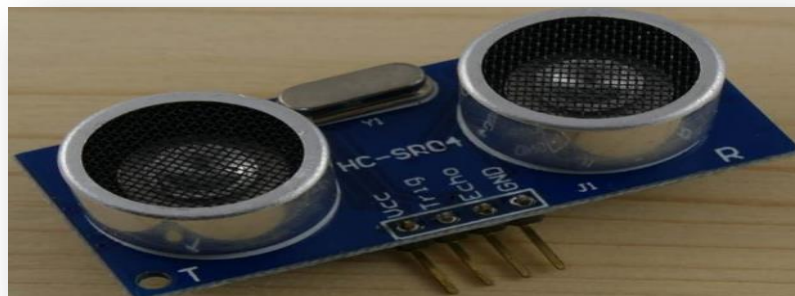


Figure III.5: Capteur à Ultrason HC-SR04.

III.3.5. Nappe de fils:

Ce genre de fil est un accessoire indispensable pour faciliter les câblages avec vos breadboard et différentes cartes électroniques ou autre montages. Il permet de relier facilement un connecteur mâle à un connecteur femelle sans soudure.

Très pratique pour relier votre carte Arduino ou votre breadboard à une cartes électronique disposant de connecteurs mâles.

40 fils de 10 couleurs différentes suivant l'ordre : marron rouge orange jaune vert bleu violet gris blanc noir [Siteweb20].

Longueurs disponibles :

- 10cm

- 20cm

On a il y a trois (03) type de fils (Figure III.6.7.8) :



Figure III.6: Nappe de 40 fils mâle femelle.



Figure III.7: Nappe de 40 fils femelle femelle.



Figure III.8: Nappe de 40 fils male male.

III.2.6. Support pile 9v:

Ce support pour pile de 9 volts en (figure III.9) est prévu pour alimenter tous nos produits alimentés en 9 volts uniquement. Il est pourvu d'une fiche d'alimentation mâle.

Il est constitué d'une coque en plastique noir dans laquelle un compartiment est prévu pour y loger votre pile. Vous disposerez d'un commutateur ON / OFF de courant afin de pouvoir couper l'alimentation sans avoir à démonter l'ensemble [Siteweb17].



Figure III.9: Support pile 9v.

III.3.7. Interrupteur à bascule:

En général, les interrupteurs à bascule (figure III.10) au mercure consistent en de petits tubes au bout desquels est fixé un contact électrique [Siteweb16].



Figure III.10 : Interrupteur à bascule.

III.4. Partie programmation :

III.4.1. Code de programme :

```
int trigPin = 9;
int echoPin = 10;
int revright = 4; // Mouvement inversé du moteur droit
int fwdleft = 7;
int revleft = 6;
int fwdright = 5; // Mouvement ForWarD du moteur droit
int c = 0;

void setup() {
  //Serial.begin(9600);
  pinMode (5, SORTIE);
  pinMode (6, SORTIE);
  pinMode (4, SORTIE);
  pinMode (7, SORTIE);
  pinMode (trigPin, OUTPUT);
  pinMode (echoPin, INPUT);
  // mettez votre code de configuration ici, à exécuter une fois:
}

boucle void () {
  longue durée, distance;
  digitalWrite (trigPin, HIGH);
  delayMicrosecondes (1000);
  digitalWrite (trigPin, LOW);
  durée = pulseIn (echoPin, HIGH);
  distance = (durée / 2) /29,1;
  //Serial.print(distance);
  //Serial.println("CM ");
  retard (10);

  si ((distance> 20))
  {
    digitalWrite (5, HIGH); // Si vous n'obtenez pas les mouvements corrects de votre rob
    digitalWrite (4, FAIBLE); // puis modifiez les numéros de broches
    digitalWrite (6, FAIBLE); //
    digitalWrite (7, HIGH); //
  }

  sinon si (distance <20)
  {
    digitalWrite (5, HIGH);
    digitalWrite (4, FAIBLE);
    digitalWrite (6, HIGH); //HAUTE
    digitalWrite (7, FAIBLE);
  }
}
```

Premier état :

A ce stade, le code logiciel est placé dans un programme, on vérifie (Figure III.11) sa validité, et le résultat est annoncé de deux manières :

- ✓ Si le code est correct, une écriture blanche apparaîtra en bas de la barre (Figure III.12).
- ✓ Si le code est une erreur, une écriture rouge apparaît sur la bande, qui indique quelle erreur.

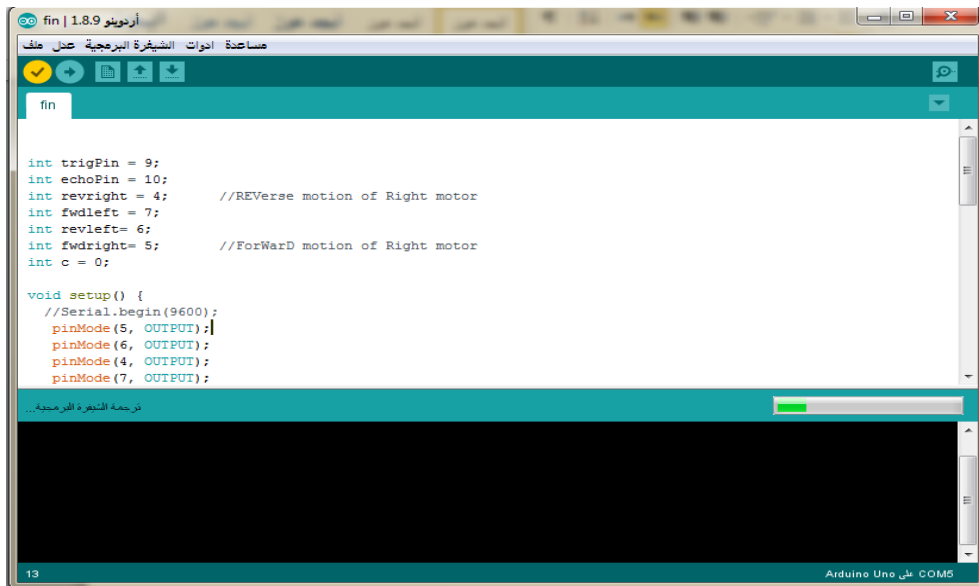


Figure III.11: Vérification le programme.

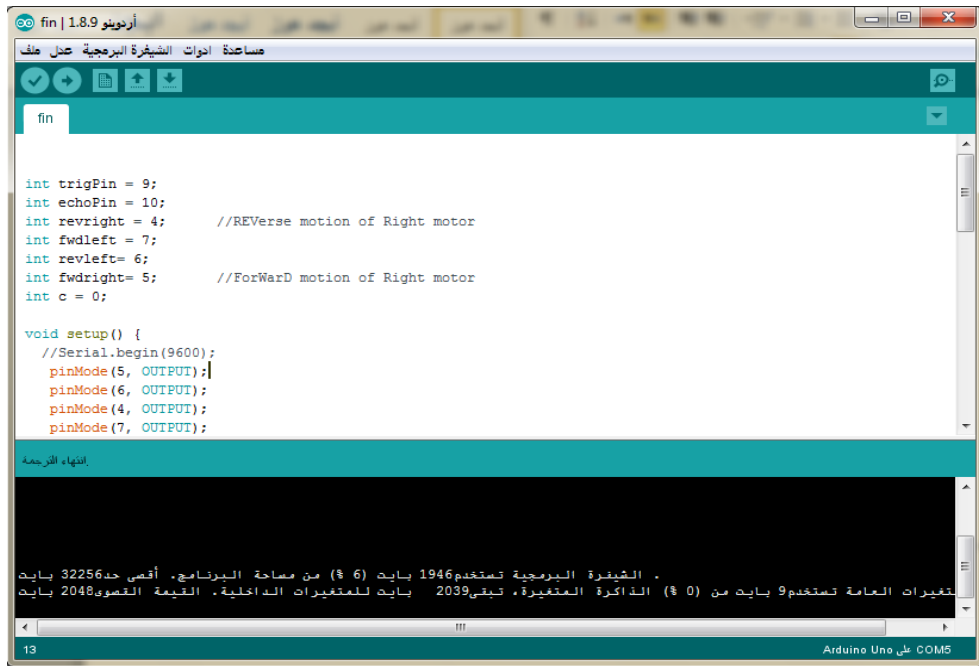


Figure III.12: Résultats de vérifications.

Deuxième état :

Ici, nous avons effectué le processus de transfert et de téléchargement du code du programme vers la carte Arduino (Figure III.13) où il est traduit et transféré avec succès sans erreur ni problème de transfert(FigureIII.14).

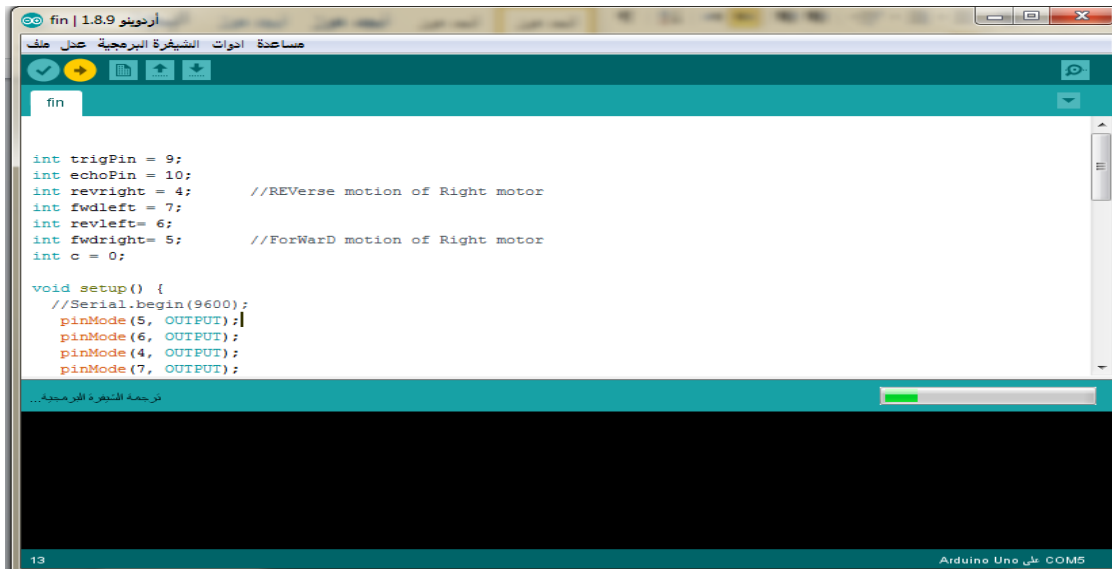


Figure III.13: Téléchargement du code.

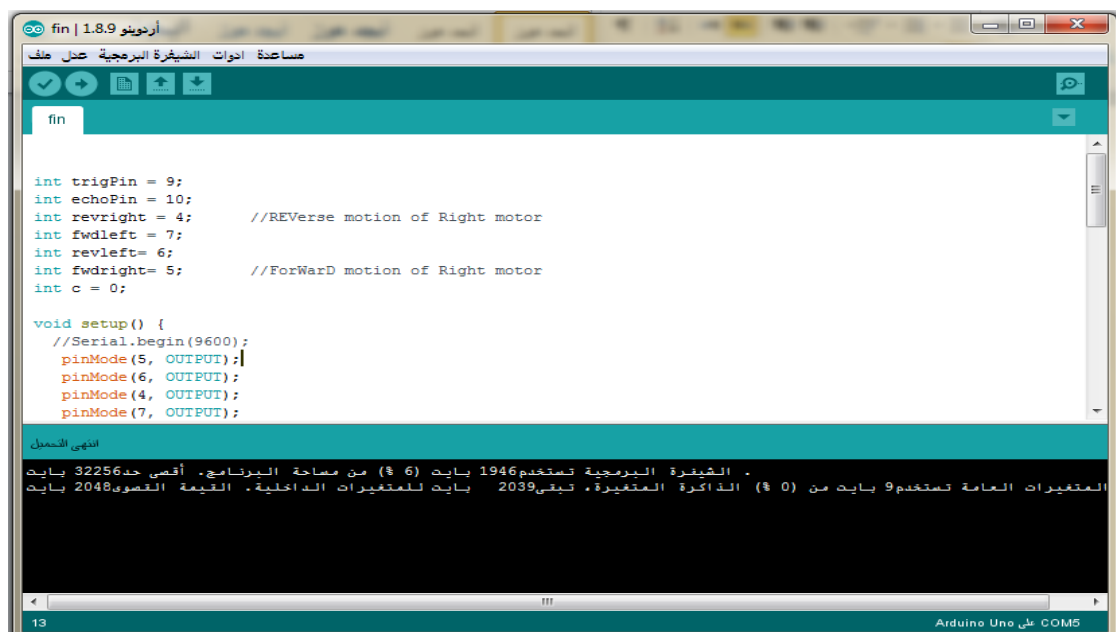


Figure III.14: Téléchargement réussi du code.

III.5. Description d'un véhicule:

Notre robot (figure III.15) est véhicule constitué d'une seule carte de commande, cette carte fait au même temps le contrôle et la commande du robot, ce qui montre la puissance de la carte qui nous a permis de bien exploiter le robot avec un minimum de composants, nous avons réussi à commander le robot, à lui associer des capteurs. Il est aussi équipé au minimum de 3roues, 2 moteurs de propulsion, tous les éléments sont fixés sur un châssis.

Voici un véhicule et ses éléments principaux :

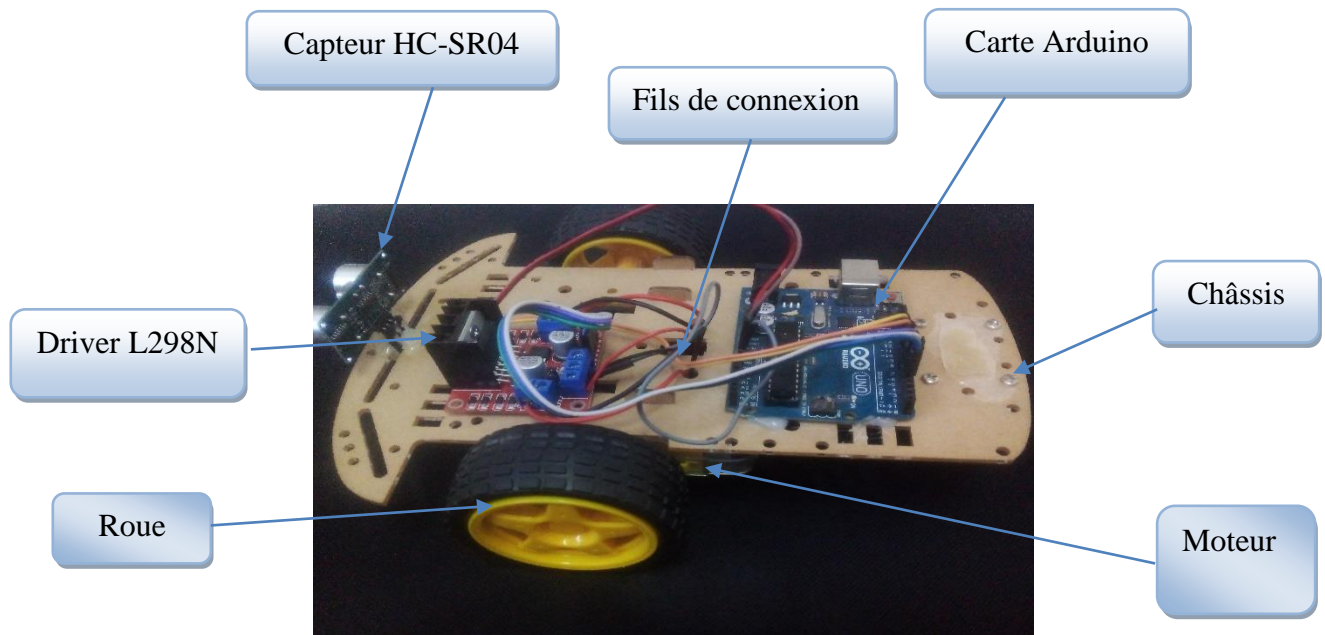


Figure III.15: Eléments principaux d'un véhicule.

III.6. Montage :

La (figure III.16) suivante illustre le câblage des composants utilisé dans notre projet :

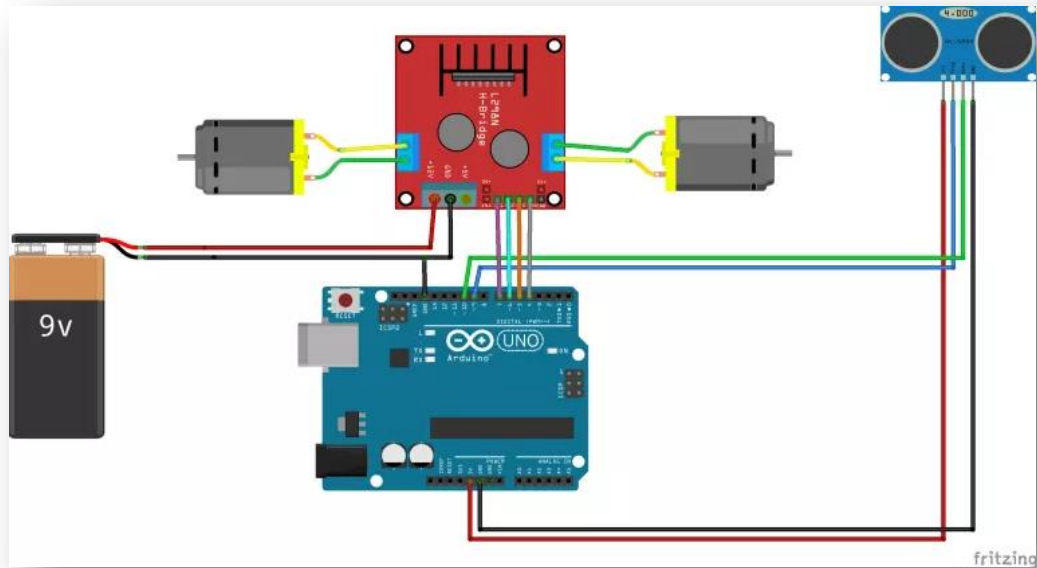


Figure III.16: Le câblage utilisé.

III.7. Mise en place des Composants :

Nous avons choisi deux moteurs à courant continu standards pour actionner les roués du robot, la (figure III.17) suivante montre la position des moteurs sur le châssis.

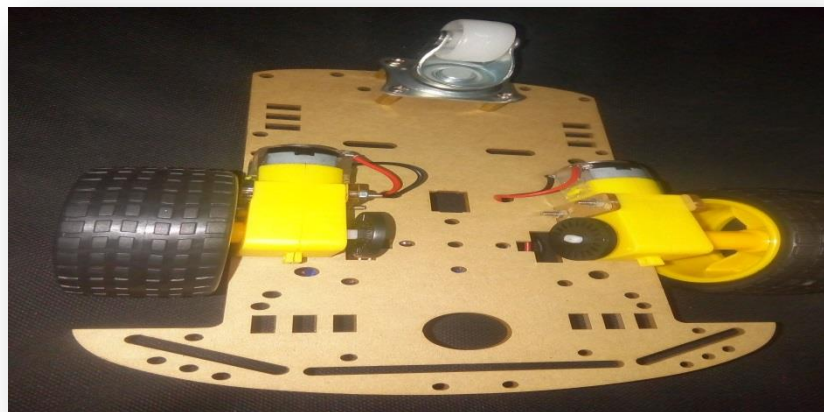


Figure III.17 : Mise en place les moteurs et les roues sur le châssis.

Nous avons ajouté un driver L298N (figure III.18) pour commander les moteurs.

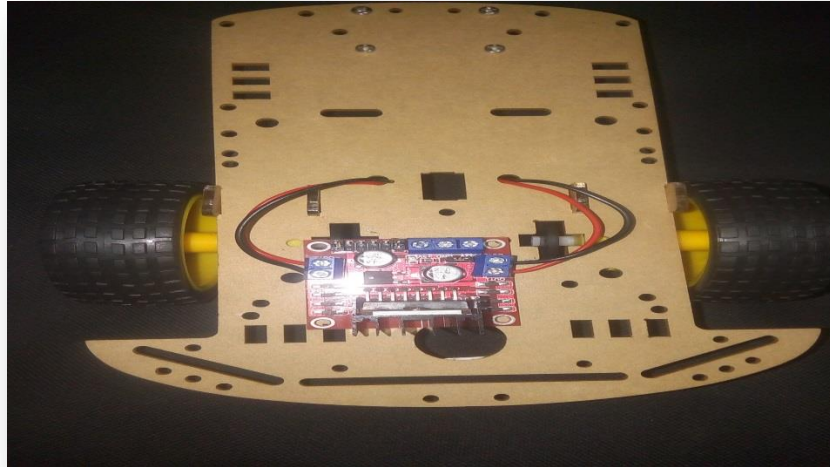


Figure III.18: Mise en place du L298N.

La carte Arduino (figure III.19) est fixé ensuite sur le châssis.

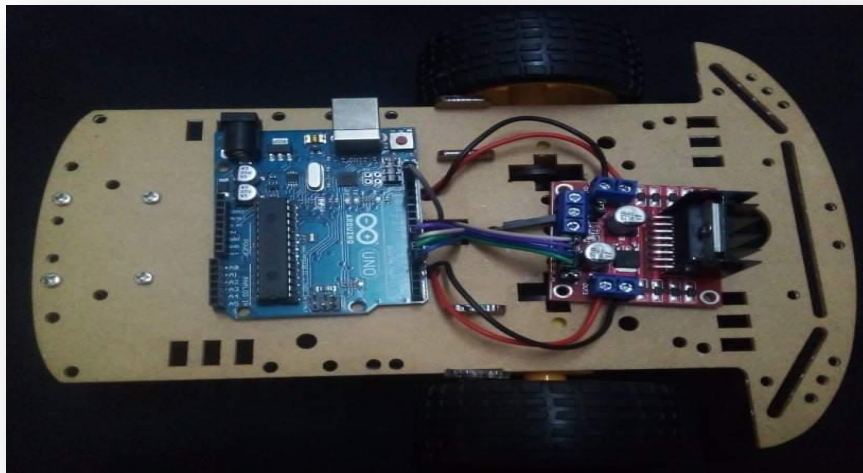


Figure III.19 : Mise en place de la carte Arduino.

Nous fixons ensuite le capteur à ultras et c'est aussi sur la (figure III.20)



Figure III.20 : Mise en place du capteur HC_SR04.

III.8. Structure finale du véhicule :

La figure III.21 représenté le prototype final.

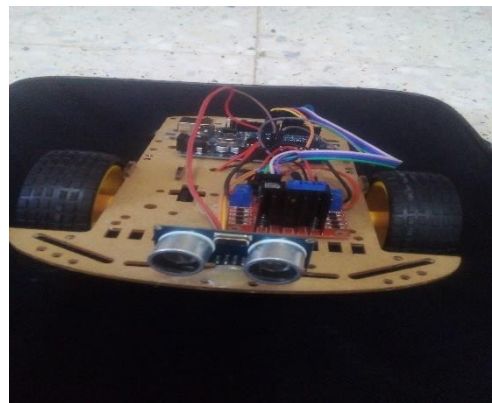
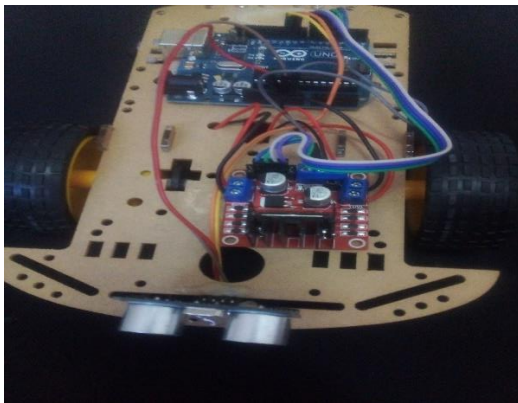


Figure III.21 : Version final du véhicule.

La dernière étape pour la (figure III.22) est le téléchargement du programme vers la carte programmable :



Figure III.22: Téléchargement du programme.

Notre projet est un télémètre, qui est un appareil qui mesure la distance au moyen de la télémétrie. La détermination de la distance est un processus (technique) de calcul ou de mesure de la distance par rapport à un objet éloigné à l'aide d'éléments optiques, acoustiques ou radio (comme un télémètre laser). Nous l'avons développé et intégré dans les fonctions de mesure de distance et de suivi d'obstacles. Chaque obstacle est à 20 cm et change de direction.

III.9. Conclusion :

Ce chapitre a été dédié à la réalisation de notre projet qui est un véhicule électrique. L'étude des différents éléments et matériels utilisés dans cette réalisation jusqu'à la connexion des différents blocs ont été bien expliqués. Nous avons également vu l'algorithme de programmation des parties essentielles du projet. Le bon fonctionnement de notre prototype est assuré par un véhicule miniature. Le test a été effectué avec la mesure de la distance et de détecter des obstacles.

Conclusion
Générale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons fabriqué ou construit une voiture qui détecte les obstacles à une distance de 20 cm à l'aide d'un capteur à ultrasons HC-SR04. Ce projet est programmé à l'aide d'une carte Arduino Uno.

Dans la première partie, nous avons traité des concepts élémentaires les plus importants sur le principe d'action des capteurs à ultrasons et les types de capteurs à en définissant l'onde sonore et comment la produire.

Dans la deuxième partie nous avons bien expliqué le principe de fonctionnement du capteur à ultrasons HC-SR04, ses caractéristiques les plus importantes, comment il détecte les obstacles et comment il calcul la distance requise par rapport à celui-ci. En plus, ce chapitre a été présenté et mentionné le composant le plus important du projet qui est la carte Arduino Uno : sa définition, ses entrées, sorties et fonctionnalités les plus importantes.

Le dernier chapitre a été bien identifié les composants les plus importants du projet. Nous avons aussi liés les uns aux autres en ajoutant les programmes dans une carte Arduino IDE. Afin de réaliser notre projet et d'avoir une voiture programmée et capable de capturer des les distances, il est important de bien choisir les codes à intégrer.

Parmi les recommandations les plus importantes proposées pour le futur est d'améliorer le projet dans les points suivants :

- Association d'un panneau solaire afin d'assurer une alimentation en dehors de la batterie.
- Association des capteurs de température ou d'humidité ou des batteries chargées électriquement.
- Nous espérons qu'on peut ajouter au prototype quelques d'autres idées afin d'avoir des performances adéquates.

Bibliographie

Bibliographie

[NOU13]:**NOUADRI Ilyess et BOUNAB Kamareddine**, « Etude et réalisation d'un télémètre à ultrasons », Mémoire de Master, Université de LARBI BEN M'HIDI DE OUM EL BOUAGHI-2013.

[BOU16]:**Boucherifi-aoulDjalal-eddine et Kwangaya Ibrahim IDD**, « Etude et réalisation d'un capteur de température basé sur le Ds18B20 », Mémoire de Master, Université Aboubekr Belkaïd - Tlemcen 2016.

[BEN19]:**EBATA-ATIPO Hugor et BENTOUNSI Mohamed**, « Réalisation et commande d'un Robot détecteur d'obstacle », Mémoire de MASTER, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem 2019.

[KES19]:**KESSARI Amel et DJAFER KHODJA Ibtissem**, « Etude et réalisation d'un robot mobile à trajectoire programmée avec éviter d'obstacles », Mémoire de fin d'Etude MASTER, Université AKLI MOHAND OULHADJE-BOUIRA 2019.

[ULF01]: Corinne Gautier Service des EFCV - Hôpital Cardiologique CHRU Lille _centre hospitalier régional Universitaire de Lille _ faculté de médecine.

[RFF02]: Représentation du fœtus de la femme enceinte TPE Kahina Djellel / Xénia Moreno / Lynda Oumalloul / Mathilde Yassin.

[TSC03]: TPE de 1ère Scientifique concernant l'acoustique, l'audition et la cymatique.

[SUA04]: Chapitre 8 : Sons et Ultrasons Applications - échographie et Doppler Dr. A. Ouchtati.

[Siteweb01]: http://tpepersonstlouis.overblog.fr/pages/31_Les_caracteristiques_physique_dune_ond_e_sonore-4775946.html, date de visite 13/03/2021 à 21 :30h.

[IUS06]: Imagerie ultrasonore Sonia Dahdouh T'el'ecom ParisTech - CNRS LTCI - WHIST Lab Octobre 2013.

[UAM07]: LES ULTRASONS -APPLICATIONS MEDICALES Léandre Pourcelot INSERM U 316 CHRU Bretonneau, Tours.

[Siteweb02]: www.prsfrance.com/les-ultrasons-dans-lindustrie-sonde-echographique. date de visite le 15/03/2021 à 12 :30h.

[UME09]: Mon relâchement cutané Les ultrasons en médecine esthétique.

[Siteweb03]: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ultrason> .
date de visite le 10/03/2021 à 06 :00h.

[ASR11]: Les ultrasons : exemples d'applications -Les membres de l'ASRC.

[Siteweb04]: <http://kamali.e-monsite.com/pages/caracteristiques-des-ondes-ultrason.html>, date de visite le 11/03/2021 à 00 :33h.

[KAN13]:KANOUNI Lahcène,<< Conditionnement D'un Capteur à Ultrasons L'aide D'un Fpaa>>,Mémoire De Magister, Université Hadj Lakhdar Batna2013.

[CON14]:COURS D'ONDES ET MILIEUX BIOLOGIQUES – SORBONNE UNIVERSITÉ PARIS, France 05/04/2019.

[Siteweb05]:<http://webphysique.fr/onde-sonore/>, date de visit le 28/03/2021à14 :20h.

[JES16]:Jessie Wong << Publié Dans Ultrasonic Technology >> Université Beijing, 101107 China.

[KAF18]:Kafi Mohammed et Mustafa Houamed Abdelhak,<< Radar de recule à ultrason>>,Mémoire de Master professionnel, Université Kasdi Marbah Ourgla 2018.

[BEN19]:BENIKHLEF Meriem et BENOTMANE Ikram,<< Conception et réalisation d'un système d'acquisition de données d'un capteur ultrasons HC-SR04 en utilisant un algorithme de filtre de Kalman>>,MEMOIRE de MASTER, Université Abou bakrBelkaïd de Tlemcen 2019.

[Siteweb06]:<https://d.20-bal.com/buhgalteriya/3623/index.html>.date de visite le 11/03/2021à17 :04h.

[Siteweb07]:<https://www.eeca.eu/capteur-ultrason-une-technologie-de-pointe/>. date de visite le11/03/2021à9 :22h.

[Siteweb08]:<https://www.generationrobots.com/fr/403563-me-capteur-ultrason-v3.html>.date de visite le 07/03/2021à16 :15h.

[Siteweb09]:https://www.google.com/aclk?sa=L&ai=DChcSEwjZpKTugvHvAhUO00KHQW5Ag4YABAAGgJkZw&ae=2&sig=AOD64_0V_jWUu5QmL7g1gohnCvaw7RzoXg&q&adurl&ved=2ahUKEwi_y5zugvHvAhXtzIUKHfVxDPMQ0Qx6BAgDEAE . date de visite le 07/03/2021à23 :50h.

[Siteweb10]:<http://www.robot-maker.com/shop/capteurs/13-telemetre-a-ultrasons-hc-sr04.html> . date de visite le 08/03/2021à00.55h.

[RAI17]:**RIAHI Ilham**, « Etude, simulation et réalisation De mini-générateurs BF et d'un mini-voltmètre AC-DC piloté par une carte Arduino Uno R3 », Mémoire MASTER, Université Abou bakrBelkaïd de Tlemcen2017.

[HAC17]:**HACHEMI khaoula**, « Étude et réalisation d'un système d'alarme à base d'une carte Arduino » ,Mémoire De Fin d' Etudes MASTER, Université Larbi Ben M'hidi-Oum EI Bouaghi 2017.

[SLI18]:**SLIMANI Juba et SAID OUAMER Aghiles**, « Etude et réalisation d'un radar détections à base de la carte Arduino », Mémoire de MASTER ,Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou 2018.

[BEN19]:**EBATA-ATIPO Hugor et BENTOUNSI Mohamed**, « Réalisation et commande d'un Robot détecteur d'obstacle », Mémoire de MASTER, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem 2019.

[BEL19]:**BELLILI Sanaa**,« Conception et Réalisation d'un Robot d'Inspection des Pipelines à base de Carte Arduino Uno », Mémoire de MASTER, Université Mohamed Khider de Biskra 2019.

[ALI17]:**AIIALounes et GhERSAElyes**, « Réalisation d'un parking intelligent », Mémoire de MASTER PROFESSIONNEL, Université A/Mirade Béjaia 2017.

[BEN19]:**BENIKHLEF Meriem et BENOTMANE Ikram**,« Conception et réalisation d'un système d'acquisition de données d'un capteur ultrasons HC-SR04 en utilisant un algorithme de filtre de Kalman », MEMOIRE de MASTER, Université Abou bakr Belkaïd de Tlemcen 2019.

[AMW18]:**AIT MOHAMMED WALID**, « Conception et Réalisation d'un Radar de Recul Automobile à base d'Arduino et Processing », Mémoire De Fin d'Etudes DE MASTER PROFESSIONNEL, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou 2018.

[CDU20]:Capteur de distance à ultrasons **Par cfaury** · publié 15 janvier 2016 · mis à jour 24 avril 2018.

[Siteweb11]:http://tpil.projet.free.fr/TP_Arduino/07-Ultrason.html . date de visite le 25/03/2021 à 21 :25h.

[HMD22]:HC-SR04 - Module de détection aux ultrasons - Utilisation avec Picaxe

[Siteweb12]:<http://www.robot-maker.com/shop/capteurs/13-telemetre-a-ultrasons-hc-sr04.html> .date de visite le 22/03/2021 à 13 :09h.

[DUC24]:Guide d'utilisation des capteurs de distance à ultrasons HC-SR04 avec un microcontrôleur compatible Uno®.

[TUE25]:Télémetre à ultrasons Projet de TE Du 5 au 9 janvier 2004 LANTY Gaëtan PIERRE Mathieu SONGWA NANA Onésime.

[Siteweb13]:http://l.lefevre.free.fr/tele/tele_01.html . date de visite le 29/03/2021 à 21 :37h.

[KGC15]:**KRAMA Abdel basset GOUGUI Abdelmoumen**,« Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde », Mémoire de MASTER ACADEMIQUE, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA 2015.

[CPF28]:Cours et explications **carte Arduino** Uno PDF

[ACK29]:Arduino pour bien commencer en électronique et en **programmation** Par Astalaseven, Eskimon et olyte.

[Siteweb19]:Atelier Arduino Centre de Ressources Art Sensitif <http://www.craslab.org>

<http://www.artsens.org> Initiation à la mise en œuvre matérielle et logicielle de l'Arduino date de visite le 01/04/2021 à 05 :45h .

[AIF31]: Arduino Uno : Avantages, inconvénients, utilisation et fonctionnement

[HCR32]: Mesurer une distance avec un capteur à ultrason HC-SR04 et une carte Arduino / Genuino Haaa les tests en extérieur.

[PFR33]: Projet Fin D'étude En vue d'obtention du Diplôme de Master , réalisation et implémentation d'un robot mobile dans un environnement de travail Spécialité : Ingénierie des systèmes Réalisé par : BOUSIF Fares.

[Siteweb16]: <https://fr.glosbe.com/fr/fr/interrupteur%20C3%A0%20bascule>. date de visite le 19/04/2021 à 15 :15h.

[Siteweb17]: <https://www.secutech.fr/support-pile-9vs.html>. date de visite le 23/04/2021 à 01 :33h.

[Siteweb20]: <https://www.robot-maker.com/shop/composants/44-nappe-de-40-fils-male-femelle-44.html>