

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la recherche Scientifique

Université Abderrahmane MIRA – Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Génie électrique

## *Projet de fin d'étude*

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En: Télécommunications

Spécialité: Réseaux et Télécommunications

### *Thème :*

# Etude de la radio navigation maritime Avec application

Présenté par :

M<sup>elle</sup> Khiredine Radia

M<sup>elle</sup> Kessai Imene

Encadré par :

Mr Berrah Smail

Mr Ikhelef Azzedine

Devant les membres de jury :

Président : Mr Khiredine Abdelkrim

Examinatrice : M<sup>me</sup> Hamzaoui Dahbia

Promotion  
2019/2020

## *Remerciements*

*Avant tout nous tenons tout d'abord à remercier notre dieu tout puissant de nous avoir donné, la force et le courage, et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*On tient à remercier tout particulièrement nos parents pour Leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien durant toutes les années d'études.*

*A la suite nous tenons à remercier Mr S.BERRAH pour avoir accepté de nous encadrer, et pour ses précieuses orientations, son aide et sa participation au cheminement de ce travail.*

*Nos remerciements vont également aux membres du jury Mr A. KHIRDINE et Mm D.HAMZAOUI pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions*

*On tient à remercier et à exprimer notre gratitude à notre Co-encadreur Mr A.IKHLEF et à Mr MAZHOUD pour leurs contributions à la réalisation de ce mémoire et leurs hospitalités.*

*Enfin, on remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers **parents** en témoignage de leur amour, en qui je porte un grand respect et une profonde et éternelle gratitude. Ainsi, j'exprime ma reconnaissance pour leur soutien, leurs sacrifices et leurs encouragements tout au long de mes études.*

*Je dédie aussi ce travail à ma petite sœur **AIDA**.*

*Que ce modeste travail soit le fruit de vos innombrables sacrifices.*

*Je dédie ce travail à toute ma famille ainsi qu'à mes ami(e)s, spécialement*

*«Groupe princesse »*

*A ma chère binôme et meilleure amie '**Imene**'.*

*A tous ceux que j'aime.*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*A toutes personnes qui m'ont encouragé et aidé tout au long de mes études.*

***RADIA***



## *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail pour mes chers parents pour leur encouragement, amour, soutien et sacrifices tout le long de mon parcours et que ce travail soit un faible témoignage pour leur exprimer ma gratitude.

A ma sœur Lyna, et mon frère Mohamed redha.

Et à tous mes proches, cousins et cousines spécialement Lydia et Hanane.

A ma chère binôme Radia et à toute sa famille.

A tout mes ami(e)s en particulier groupe « Princesses ».

A toute la promotion réseau télécommunication 2019/2020.

Enfin pour toute personnes qui m'ont encouragé que ce soit de prêt ou de loin.

*Imene*



# *Table de matière*

Table de matière.....	I
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des sigles.....	IX
Introduction générale.....	1

## **Chapitre I : Initiation à la radiocommunication maritime et l’AIS**

I.1 Introduction.....	3
-----------------------	---

### **Partie I : La radiocommunication maritime**

I.2 Définition.....	3
I.2.1 La radiocommunication.....	3
I-2.2 La radiocommunication maritime.....	3
I.3 Composition d’un système de radiocommunication.....	3
I.4 Les systèmes d’information relatifs à la gestion du mouvement des navires.....	4
I.4.1 Les VTS .....	5
I.4.2 Les VTMI.....	5

### **Partie II : Système d’identification automatique AIS**

I.1 Définition d’AIS.....	6
I.1.2 Règlement pour le transport d’AIS.....	6
I.1.2.1 Convention SOLAS.....	6
I.1.2.2 Les navires ayant obligation de posséder le système AIS.....	7

# Table de matière

---

I.1.3 Utilisation de L'AIS.....	7
I.2 Informations transmises par AIS.....	7
I.3 Type d'AIS.....	8
I.4 Fonctionnement de l'AIS et ces caractéristiques techniques.....	9
I.4.1 Fonctionnement.....	9
I.4.2 Récepteur AIS et logiciel utilisés à la capitainerie.....	11
I.4.3 Caractéristique technique de l'AIS..... ;.....	12
I.4.3.1 Systèmes d'accès AIS TDMA.....	13
I.5 Topologie du système AIS.....	15
I.6 Les couche OSI d'une station AIS.....	15
I.6.1 Couche physique.....	16
I.6.2 Couche liaison de donnée.....	16
I.6.3 Couche réseau.....	17
I.6.4 Couche transport.....	17
I-7 AIS par satellite (S-AIS).....	18
I.8 Avantages et limites techniques.....	18
I.9 Conclusion.....	19

# Table de matière

---

## Chapitre II : La VHF et Radar naval

II.1 Introduction.....	20
II.2 La radio VHF.....	20
II.2.1 Fréquences et Canaux VHF maritime.....	20
II.2.2 Type d'équipement.....	21
II.2.3 Procédure d'utilisation.....	22
II.2.3.1 Procédure d'urgence.....	23
II.2.4 Antennes VHF.....	23
II.2.5 la propagation VHF.....	24
II.3 Identité du service mobile maritime(MMSI).....	25
II.4 Radar naval.....	25
II.4.1 Définition.....	25
II.4.2 Principe de fonctionnement.....	25
II.4.3 Equipements du rada.....	26
II.4.4 Fréquences utilisées par les radars marins.....	28
II.4.5 Applications du radar naval.....	28
II.4.6 Type de radar utilisé dans le domaine maritime.....	28
II.4.6.1 Radar primaire.....	28
II.4.6.2 Radar primaire à impulsion.....	28
II.4.7 Propagation des ondes Radar.....	29
II.4.8 Caractéristiques du radar maritime.....	29
II.4.9 Mesures de distance et de direction.....	30

# Table de matière

---

II.5 Comparaison entre AIS et radar.....	31
II.6 Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM).....	31
II.6.1 Principe du système.....	31
II.7 Conclusion.....	34

## **Chapitre III      Présentation et réalisation du radar à détection d'obstacle**

III.1 Introduction.....	35
-------------------------	----

### Partie I: Description du matériel et logiciel

III.2 Description du matériel.....	35
III.2.1 Description de la carte Arduino Mega2560.....	35
III.2.1.1 Caractéristiques de l'Arduino Mega2560.....	36
III.2.2 Capteur ultrason HC-SR04.....	36
III.2.2.1 Fonctionnement du capteur Ultrasons HC-SR04.....	37
III.2.3 Servomoteur.....	39
III.2.3.1 Fonctionnement.....	39
III.2.4 Afficheur LCD.....	40
III.2.5 Potentiomètre.....	41
III.2.6 Buzzer (bipeur).....	41
III.3 Etude de la partie logicielle.....	42
III.3.1 Définition du logiciel Arduino .....	42
III.3.1.1 Interface de commande de logiciel.....	42

# Table de matière

---

III.3.1.2 Logiciel Processing.....	43
III.3.1.3 Logiciel Trinkercard.....	43
III.3.1.4 Communication entre les deux logiciel Arduino et Processing.....	45
<b>Partie II: Réalisaion du projet</b>	
III.1 Matériels utilisés pour la réalisation.....	45
III.1.1Description du Schéma synoptique du radar.....	46
III.2 Interface graphique sur Trinkercard.....	46
III.2.1 Branchement des pins.....	46
III.3 Programmation de l'Arduino et Processing.....	47
III.3.1 Les étapes de programmation du microcontrôleur.....	47
III.3.2 Dessiner le radar on utilisant plusieurs commandes dans Processing .....	48
III.4 Fonctionnement global du circuit.....	50
III.4.1 Interprétations des résultats trouvés.....	52
III.5 Code Arduino.....	52
III.6 Conclusion.....	56
Conclusion générale.....	57
Référence bibliographie.....	58
Annexe A.....	61
Annexe B.....	68

## *Liste de figures*

<b>Figure I.1 :</b> Synoptique d'une chaîne de transmission.....	3
<b>Figure I.2 :</b> Dispositifs mise en œuvre pour la surveillance de trafic maritime.....	4
<b>Figure I.3:</b> Déroulement de la communication par AIS.....	6
<b>Figure I.4 :</b> Informations d'un navire en navigation affiché sur le logiciel AIS utilisé à la capitainerie.....	8
<b>Figure I.5 :</b> Différents équipements du système AIS.....	9
<b>Figure I.6:</b> Schéma du fonctionnement de L'AIS.....	10
<b>Figure I.7:</b> Le récepteur AIS.....	12
<b>Figure I.8:</b> Bloc d'alimentation.....	12
<b>Figure I.9 :</b> Affichage de l'AIS existant à la capitainerie sur le logiciel MaxSea.....	12
<b>Figure I.10:</b> Différentes techniques d'accès de L'AIS basé sur la TDMA.....	13
<b>Figure I.11 :</b> les échanges entre différentes stations par voie VHF.....	15
<b>Figure II.1 :</b> VHF fixe.....	21
<b>Figure II.2 :</b> VHF portable.....	22
<b>Figure II.3 :</b> Antenne VHF.....	24
<b>Figure II.4 :</b> Porté optique de la VHF entre 2 navire.....	24
<b>Figure II.5 :</b> Principe de fonctionnement d'un radar naval.....	25
<b>Figure II.6 :</b> Schéma bloc du système radar.....	26

<b>Figure II.7</b> : Radar poutre.....	27
<b>Figure II.8</b> : Ecran d'affichage radar.....	27
<b>Figure II.9</b> : Zone optique d'un Radar.....	29
<b>Figure II.10</b> : Couverture des zones maritime selon différents équipements.....	33
<b>Figure III.1</b> : Carte Arduino méga 2560.....	35
<b>Figure III.2</b> : Capteur Sonar à Ultrasons HC-SR04.....	36
<b>Figure III.3</b> : Signal d'entrée et sortie du capteur HC-SR04.....	38
<b>Figure III.4</b> : servomoteur et ses câbles de commande.....	40
<b>Figure III.5</b> : LCD16*2.000.....	40
<b>Figure III.6</b> : Potentiomètre.....	41
<b>Figure III.7</b> : Buzzer.....	41
<b>Figure III.8</b> : Interface de commande de logiciel Arduino.....	42
<b>Figure III.9</b> : Interface du logiciel Trinkercard.....	44
<b>Figure III.10</b> : Communication entre la carte Arduino et Processing.....	44
<b>Figure III.11</b> : Schéma synoptique du Radar.....	45
<b>Figure III.12</b> : Schéma de Circuit global des connexions de notre réalisation.....	46
<b>Figure III.13</b> : Fonction draw radar .....	48
<b>Figure III.14</b> : Fonction draw line.....	48
<b>Figure III.15</b> : Fonction draw objets.....	49
<b>Figure III.16</b> : Interface du Processing avec détection.....	49
<b>Figure III.17</b> : Image de notre réalisation .....	50

*Liste des tableaux*

**Tableau II.1** : Quelques fréquences et canaux VHF maritime.....20

**Tableau III.1** : Branchement des pins du circuit.....47

**Tableau III.2** : Résultats des différents objets détectés.....51

**Tableau III.3** : Distance et L'angle obtenu pour détection de la cible mobile.....51

# *Liste des sigles*

- **AIS** : Automatic identification system.
- **ASN** : Appel Sélectif Numérique.
- **AtoN** : Aids to Navigation.
- **BITT** : Built-in-Integrity-test.
- **COG** : Course Over Ground.
- **CSTDMA** : Carrier Sense Time Division Multiple Access.
- **CROSS** : Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage.
- **DSC** : Digital Selective calling
- **DGPS** : Differential GPS.
- **DLS** : Data Link Service.
- **ECDIS** : Electronic Charts Display Information System.
- **EDI** : environnement de développement intégré.
- **EEPROM**: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory.
- **EPIRB**. Emergency position-indicating radio beacon.
- **FATDMA** : Fixed Access Time Division Multiple Access.
- **GMDSS** : Maritime Distress and Safety System.
- **GMSK** : Gaussien minimum shift keying.
- **GND** : Ground.
- **GNSS** : Global Navigation Satellite System.
- **GPS** : Global Positioning system.
- **HF** : High Frequency.
- **ITDMA** : Incremental Time Division Multiple Access.
- **LCD** : Liquid Crystal Display.
- **LME** : link management entity.
- **MAC** : Media Access Control
- **MF** : Medium Frequency.
- **MIS** : Managment And Informations Services.
- **MKD** : Minimum Keyboard and Display.
- **MMSI** : Mobile Maritime Service Identity.

## Liste des sigles

---

- **MSI** : Maritime Safety Information.
- **NAVTEX** : NAvigational TEXt message.
- **NRZI** : No Return To zero.
- **OMI** : Organisation maritime internationale.
- **OSI** : Open Systems Interconnexion.
- **PATDMA** : Modified SOTDMA – Modified Self Organised Time Division Multiple Access.
- **Radar** : Radio Detection And Ranging.
- **RATDMA** : Random Access Time Division Multiple Access.
- **S-AIS** : Satellite-AIS.
- **SIA** : Système d'identification automatique.
- **SMDSM** : système mondial de détresse et de sécurité en mer.
- **SOG** : Speed Over Grounds.
- **SOLAS** : Safety of life at sea.
- **SOTDMA** : Self Organised Time Division Multiple Access.
- **SRAM** : Static Random Access Memory.
- **TDMA** : Time Division Multiple Access.
- **TRIG** : Trigger.
- **UHF** : Ultra High Frequency.
- **VCC** : voltage at the common collector.
- **VDL** : Very High Frequency Data Link.
- **VHF** : Very High Frequency.
- **VRM** : Variable Range Marker.
- **VTMIS** : Vessel Traffic Management and Information Services.
- **VTS** : Vessel Traffic Services.

# **Introduction**

## **Générale**

# Introduction générale

---

## Introduction générale :

Depuis la fin du 19ème siècle, les télécommunications ont connu des développements considérables et cela dans plusieurs domaines civils, maritimes, militaires. Plus de 90% des échanges commerciaux mondiaux sont effectués par voies maritime ; un navire peut effectuer de longs trajets alors il peut se trouver en mer pour des longues durées, donc il va subir plusieurs changements tel que la destination que parfois plusieurs navires peuvent se retrouver sur le même chemin. Ceci entraîne une circulation maritime désordonnée. Ajouter à cela les contraintes de sécurité que ça soit de piratage ou bien des changements climatiques brusques. Alors quelles sont les mesures prises par les autorités chargées de la sûreté maritime afin d'éviter tout danger ou collision en mer ?

Récemment la possibilité de gérer les navires en mer par des stations terrestres est de plus en plus efficace, ce qui permet l'envoi et la réception des messages de sécurité et de détresse, de recherche et de sauvetages grâce à l'utilisation des radars, à bord comme à terre, la fourniture de services de radionavigation par satellite, et le système d'aide à la navigation AIS qui permet l'échange des informations automatiquement, des informations liées à l'identité de navire, sa route sa cargaison et d'autres informations relatives au navire et qui nécessitent uniquement une petite intervention du personnel à bord, ainsi l'utilisation des divers instruments permettant de garder la bonne navigation le long de tout le trajet, notamment le radar et la VHF.

L'objectif de notre travail, vise à faire une étude sur l'une des techniques utilisées pour la surveillance de trafic maritime et garantir un certain niveau de sécurité et de sûreté maritime qui est le système d'identification automatique dit AIS, et une étude sur les deux équipements La VHF et le Radar suivi d'une réalisation pratique basée sur une carte Arduino Mega 2560 associée à d'autres modules électroniques.

Ce travail est réparti en trois chapitres :

- Chapitre1 : Ce chapitre est divisé à son tour en 2 parties, une petite introduction à la radiocommunication maritime ensuite une étude de la technique AIS, sa définition, ses différentes applications, son fonctionnement et certains avantages et limites techniques.
- Chapitre2 : Dans ce chapitre, nous allons étudier les deux équipements les plus nécessaires en mer parmi tous les équipements utilisés qui sont le Radar et la VHF.

# Introduction générale

---

- Chapitre3 : Ce chapitre est consacré à la réalisation d'une application RADAR « Pouvoir détecter un danger autour d'un navire », en utilisant la carte arduino, et d'autres modules (servomoteur, capteur ultrason), ce chapitre est divisé en deux parties :
  - Partie1 : Est dédié à la description du matériel et du logiciel utilisés.
  - Partie2 : Est dédiée à la réalisation de l'application et son explication.

# Chapitre I

## I.1 Introduction

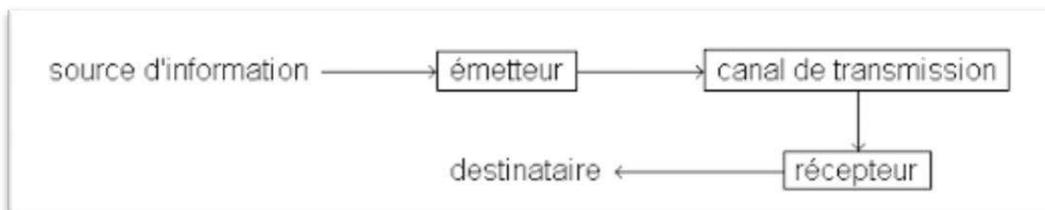
Depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, les évolutions dans le domaine des télécommunications n'ont pas cessé d'évoluer afin d'améliorer les performances et offrir une meilleure qualité de service et de sécurité ; qui sont des exigences dans le côté maritime pour les différentes communications, tout en gardant la sécurité et l'efficacité de la navigation et la bonne gestion du trafic maritime.

Dans ce chapitre, nous allons aborder comme premier point une introduction à la radiocommunication maritime ensuite à l'une de ses techniques évoluées, qui est le système d'identification automatique (AIS).

## Partie I : La radiocommunication maritime

### I.2 Définition

**I.2.1 La radiocommunication** : est une télécommunication qui s'effectue dans l'espace au moyen des transmissions radio, c'est la transmission de l'information d'un emplacement à un autre au moyen des ondes électromagnétiques.



**Figure I.1** : Synoptique d'une chaîne de transmission.

**I-2.2 La radiocommunication maritime** : C'est l'ensemble des moyens radioélectriques exploités en mer pour faciliter la communication entre les navires ou bien de navire à la station côtière, afin de garantir la sécurité, la bonne gestion des flottes, navires, ou pour les communications personnelles.

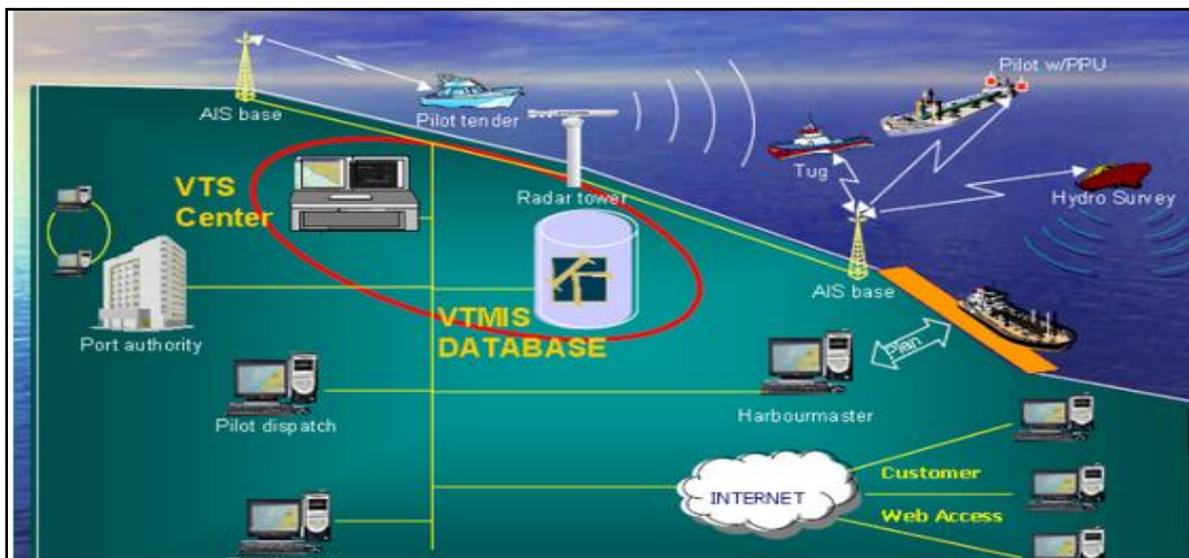
### I.3 Composition d'un système de radiocommunication [1]

Un système de radiocommunication est composé de : Un émetteur et antenne d'émission, un récepteur et antenne de réception, et un canal qui est l'espace.

- l'émetteur: son rôle est la transformation de l'information en énergie électromagnétique pour permettre sa transmission au destinataire (modulation, codage, amplification, filtrage ...etc.).
- le récepteur: son rôle est la transformation de l'énergie électromagnétique de la source afin de restituer l'information sous forme initiale (démodulation, décodage, amplification, filtrage...etc.).
- Rôle des antennes: Conversion du signal électrique en onde radio à l'émission et inversement à la réception.
- milieu de Propagation des ondes: atmosphère.

#### I.4 Les systèmes d'information relatifs à la gestion du mouvement des navires [2]

Il existe deux type de système d'information qui permettent la gestion du mouvement des navires en mer afin d'éviter les collisions ce sont : Les VTS (Vessel Traffic Services) et les VTMISS (Vessel Traffic Management and Information Services).



**Figure I.2 :** Dispositif mis en œuvre pour la surveillance du trafic maritime.

### **I.4.1 Les VTS**

Le VTS est un service conçu pour améliorer la sécurité et l'efficacité du trafic maritime et pour protéger l'environnement. Le service devrait avoir la capacité d'interagir avec le trafic et de réagir aux situations de trafic se développant dans la zone VTS.

Les services de trafic maritime comprennent principalement des dispositifs de collecte et de transmission d'informations maritimes ; Ces informations sont ensuite transmises à divers navires dans une zone VTS donnée. Cela aide les capitaines des navires à prendre de meilleures décisions en matière de navigation et à décider de leurs itinéraires.

### **I.4.2 Les VTMIS**

Un VTMIS va au-delà des composants d'un VTS avec l'ajout d'un élément MIS (Management Information System). VTMIS traite les données des équipements VTS et les rend disponibles pour toutes Les autorités portuaires, la marine, le département de la Garde côtière, ...etc.

## Partie II : Système d'identification automatique AIS

### I.1 Définition d'AIS [3]

Le système d'identification automatique (SIA) ou bien en anglais Automatic identification system (AIS) ; est un système d'échange efficace et automatique d'information de navigation entre navires ou entre navire et stations côtières par radio VHF, qui permet de connaître l'identité, le statut, la position et la route des navires se situant dans la zone de navigation, il joue un rôle important dans la sécurité de la navigation.



Figure I.3: Déroulement de la communication par AIS.

### I.1.2 Règlement pour le transport d'AIS [4]

#### I.1.2.1 Convention SOLAS

La Safety of life at sea abrégée en SOLAS est une convention internationale publiée par l'organisation maritime internationale (OMI) visant à définir diverses normes relatives à la sécurité, la sûreté et l'exploitation des navires. Elle a vu le jour en 1914 après le célèbre naufrage du Titanic en 1912. La deuxième en 1929, la troisième en 1948, la quatrième SOLAS en 1960 et la cinquième et dernière SOLAS en 1974, cette convention contient 14 chapitres.

### I.1.2.2 Les navires ayant obligation de posséder le système AIS

D'après la convention SOLAS, les navires ayant obligation de posséder le système AIS (en émission et réception) à bord sont :

- Les bateaux d'au moins 300 tonneaux effectuant des navigations internationales.
- Les cargos d'au moins 500 tonneaux indépendamment de leur zone de navigation.
- Les navires à passagers indépendamment de leur taille.

### I.1.3 Utilisation de l'AIS [5]

Il est utilisé principalement pour la surveillance et la sécurité de la navigation, dans le cadre d'applications navire-navire, compte rendu de navire et contrôle du trafic maritime.

- Autoriser une connexion navire ↔ navire afin d'éviter les collisions.
- Pouvoir obtenir de l'information sur les navires et leurs cargaisons.
- Comme un outil VTS (Vessel Traffic System) navire ↔ côte pour la gestion de trafic maritime.

-Il est utilisé parfois pour les communications mais à condition de ne pas perturber ses fonctions principales.

-Il est utilisé pour les opérations de recherche et de sauvetage.

-Le système doit transmettre sur demande des renseignements supplémentaires relatifs à la sécurité.

-Le système doit fonctionner en continu que le navire soit en route ou au mouillage.

## I.2 Les informations transmises par AIS

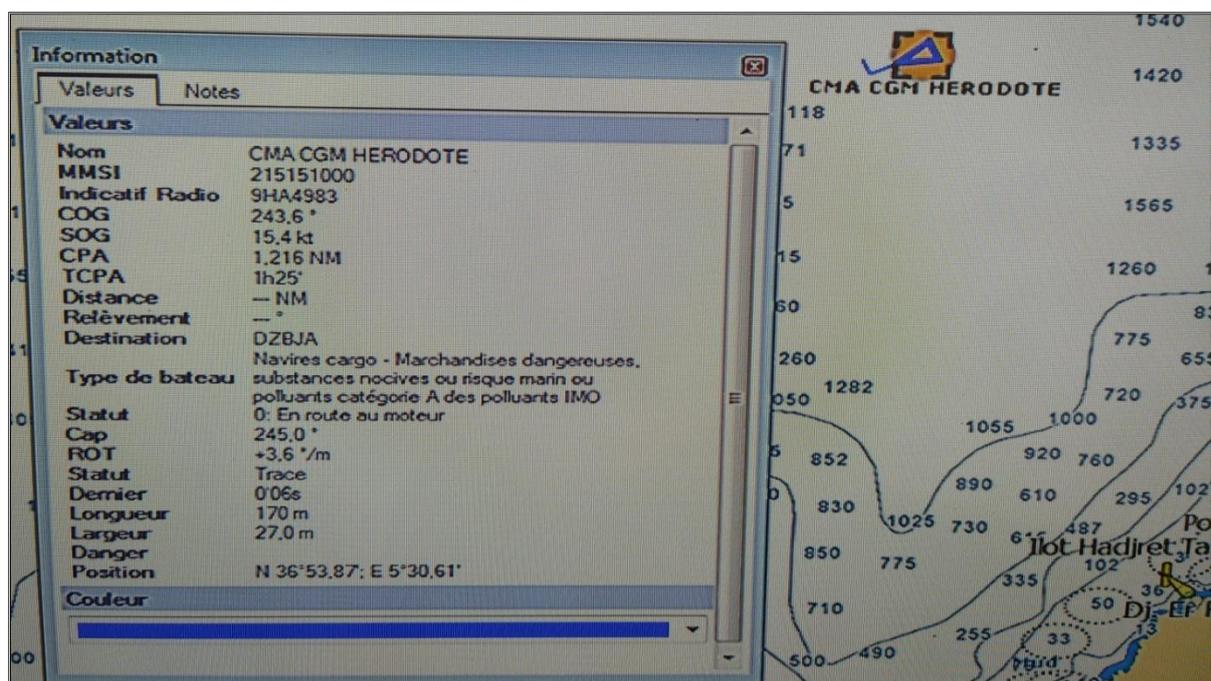
Le système AIS permet la transmission de 4 types d'informations qui sont :

**-Informations statiques (information d'identification) :** Elles sont délivrées toutes les 6 min à la demande, telles que : Le nom du navire, le type de navire, numéro MMSI, numéro IMO.....

-**Informations dynamiques** : Elles sont délivrées en fonction de la vitesse et des changements de route, on trouve principalement : la position de navire, la vitesse fond SOG, Route fond COG....

-**Information liée au voyage** : Elles sont délivrées toutes les 6 min sur demande lorsque des données ont été modifiées comme : Port de départ et port de destination, nature de la cargaison....

-**Message court concernant la sécurité** : délivré selon la nécessité, il contient des avertissements de navigation ou météorologique importants.



**Figure I.4:** Informations d'un navire en navigation affiché sur le logiciel AIS

Utilisé à la capitainerie.

### I.3 Type d'AIS [4]

Il existe deux principaux types de l'AIS

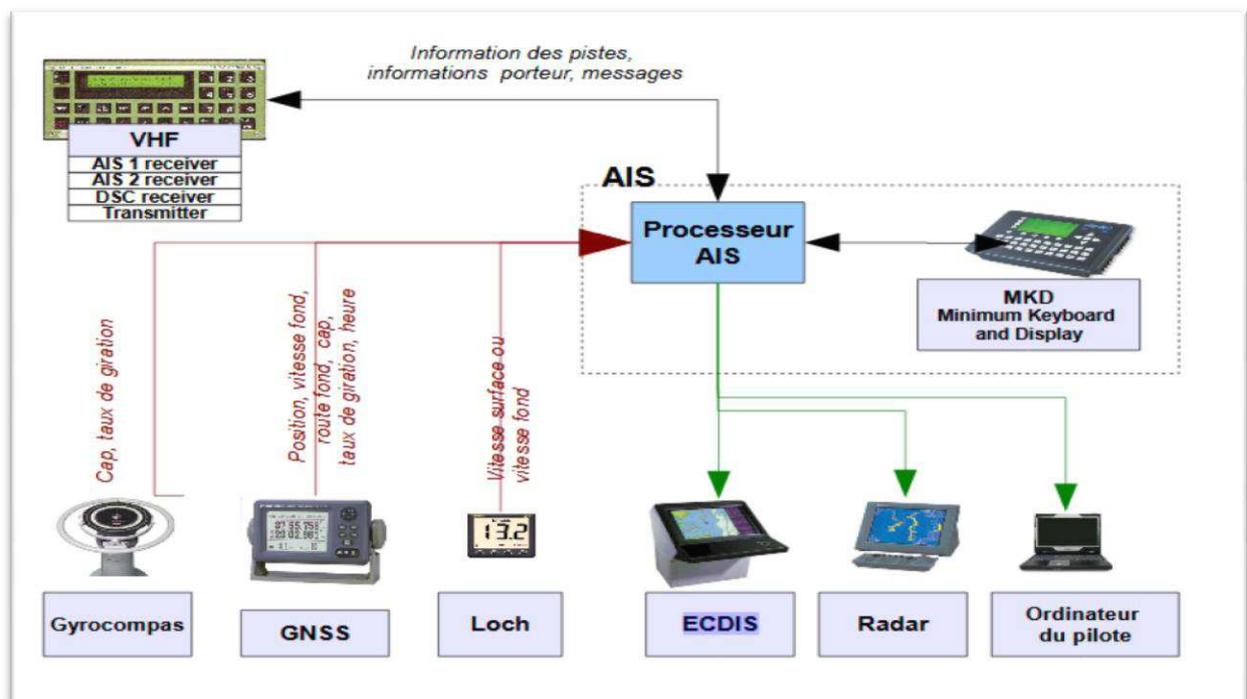
-**L'AIS de classe A** : utilisé généralement par les professionnels, il a une portée de 20mille nautique ; Les stations de classe A émettent d'une façon autonome toutes les 6 secondes lorsque le bateau est en mouvement et toutes les 3 minutes lorsque le bateau est au

mouillage, alors que les informations statiques de voyage de navire sont délivrées toutes les 6min. Elles sont capables aussi de transmettre des informations liées à la sécurité.

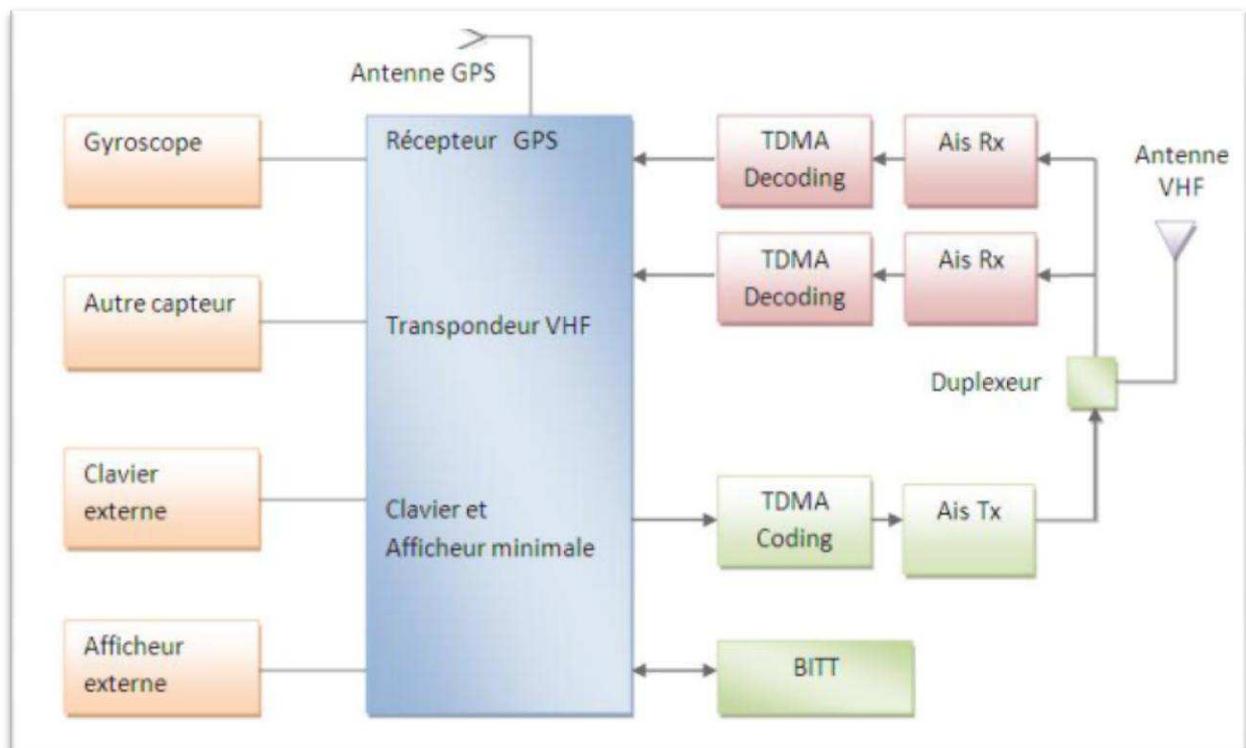
-**L'AIS de classe B** : concerne essentiellement le navire pêcheur et le plaisancier il a une portée de 5 à 10 mille nautiques, il signale toutes les 3 min quand le navire est au mouillage, les données statiques toutes les 6min mais aucune information liée au voyage, ils peuvent recevoir les messages de sécurité et de l'application mais ne peuvent pas les transmettre.

## I.4 Fonctionnement de l'AIS et ses caractéristiques techniques [6]

### I.4.1 Fonctionnement



**Figure I.5:** les différents équipements du système AIS.



**Figure I.6 :** Schéma du fonctionnement de L'AIS.

Le premier équipement composant un terminal AIS consiste en un récepteur GPS qui fournit une référence temporelle au système AIS.), l'autre équipement consiste en un transpondeur VHF (Very High Frequency) qui est composé d'un émetteur et de deux récepteurs fonctionnant dans un mode d'accès TDMA, le transpondeur émet et reçoit les ondes électromagnétiques sur le canal radio VDL (Very High Frequency Data Link) qui relie les différentes stations AIS. Chaque intervalle de temps occupé par une station dure 26.66ms. Afin d'assurer cette contrainte temporelle, le transpondeur VHF doit avoir un temps de basculement en mode transmission ou en mode de réception inférieur à 1ms. L'AIS dispose d'un microprocesseur qui effectue la majorité des traitements numériques des données reçues et transmises. Le microprocesseur permet aussi la modulation et la démodulation ainsi que la gestion et le contrôle des autres périphériques du transpondeur, d'un MKD (minimum Keyboard and Display); le clavier alphanumérique minimal permet d'entrer les informations relatives au voyage telles que le nombre de personnes à bord du navire ou sa destination ou autre type d'informations, l'afficheur peut se composer au minimum de trois lignes de données indiquant le relèvement, la portée et le nom du navire interfacé avec les instruments du navire (compas gyroscopique, GNSS, loch...).

\***GNSS** : est système de positionnement par satellites permet de fournir à un utilisateur sa position 3D, sa vitesse 3D et l'heure.

\***Gyrocompas**: est un instrument de navigation indiquant les points cardinaux (nord, est ouest, sud).

\***Loch** : est un instrument de navigation maritime qui permet d'estimer la vitesse de déplacement d'un navire sur l'eau.

\***ECDIS** : apportent des informations de lieu ou d'environnement, par exemple la profondeur de la mer permet de visualiser la position d'un mobile sur la représentation d'une carte à l'écran.

\***Le BITT « Built-in-Integrity-test »** : est un système qui contrôle de façon continue les problèmes potentiels dus à un mauvais fonctionnement.

#### **I.4.2 Récepteur AIS et logiciel utilisés à la capitainerie**

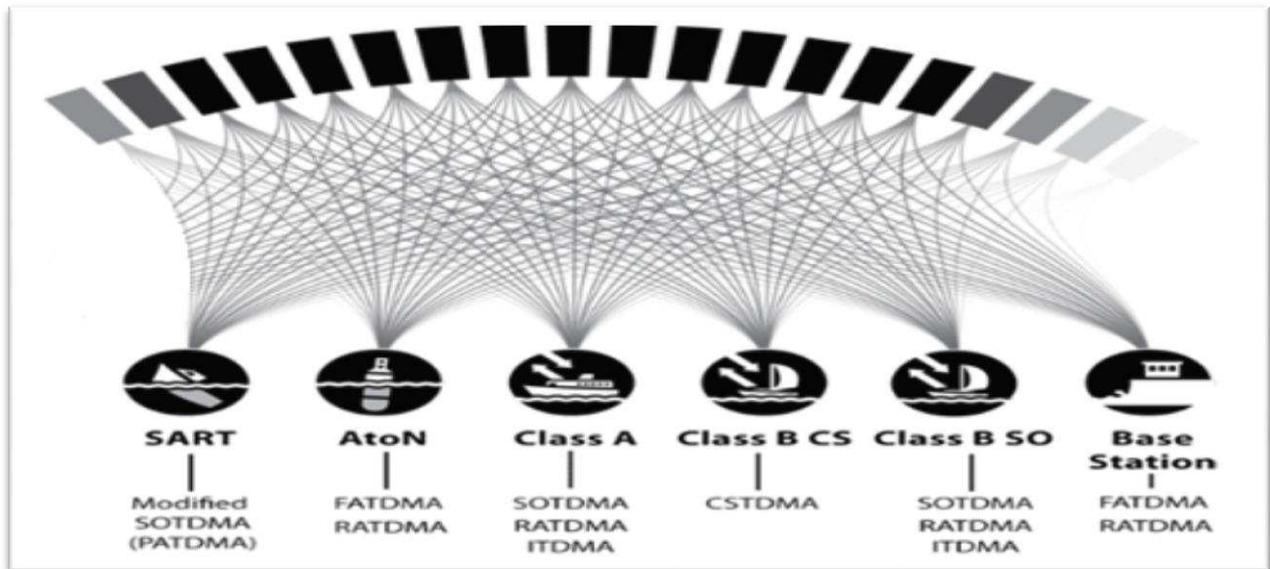
Le récepteur AIS utilisé à la capitainerie est de dimension (L\*H) environ 167mm\*54mm, il a 4 port de connexion :

- Port USB relié au PC.
- Un port pour le bloc d'alimentation DC 12-24V.
- Un port de l'antenne GPS.
- Un port de l'antenne VHF.



temps TDMA (Time Division Multiple Access) pour assurer la transmission des informations fiables d'un navire à l'autre.

#### I.4.3.1 Systèmes d'accès AIS TDMA [7]



**Figure I.10 :** Différentes techniques d'accès de L'AIS basé sur la TDMA.

AIS partage la bande passante radio allouée à l'opération AIS à l'aide des techniques d'accès multiple à répartition dans le temps (TDMA). Il fonctionne généralement sur deux canaux de radiofréquence VHF Marine et chaque canal est partagé à temps entre plusieurs utilisateurs en divisant l'accès au canal en 2250 times slot par minute ce qui donne 4500 times slot (AIS1 et AIS2).

Chaque navire en mer émet en moyenne 1 fois toutes les 6 seconde c'est-à-dire 10 fois par minute, un système parfait pourrait couvrir  $2250 \times 2 / 10 = 450$  stations dans une zone donnée ( le coefficient 2 introduit dans le calcul tient compte de l'utilisation des 2 voies AIS1 et AIS2).

Donc on peut constater que le système aurait théoriquement la capacité de couvrir 450 stations de navires dans une zone donnée.

Une gamme de schéma d'accès TDMA a été développée pour les différentes catégories d'appareils AIS à savoir:

- ✓ **L'accès multiple par répartition dans le temps auto-organisé (SOTDMA)**

Est conçu pour les unités de classe A qui réservent leur espace dans la carte des emplacements AIS.

✓ **L'accès aléatoire par répartition dans le temps (RATDMA)**

Est utilisé par Les AtoN qui doivent rechercher un espace disponible sur la carte des créneaux AIS. Il est également utilisé par les unités de classe pour «l'entrée réseau» lorsqu'un périphérique est allumé pour la première fois et n'a pas annoncé auparavant sa propre allocation à l'aide de SOTDMA.

✓ **L'accès multiple par répartition incrémentielle dans le temps (ITDMA)**

Est utilisé dans des situations spécifiques pour annoncer à l'avance les intervalles de transmission, par les appareils AIS qui sélectionne au hasard un emplacement qui n'est pas actuellement utilisé.

✓ **L'accès multiple par répartition dans le temps d'accès fixe (FTDMA)**

FATDMA est utilisé uniquement pour les stations de base AIS et les stations AIS AtoN.

Conçu pour collecter et transmettre des données relatives à la mer et aux conditions météorologiques.

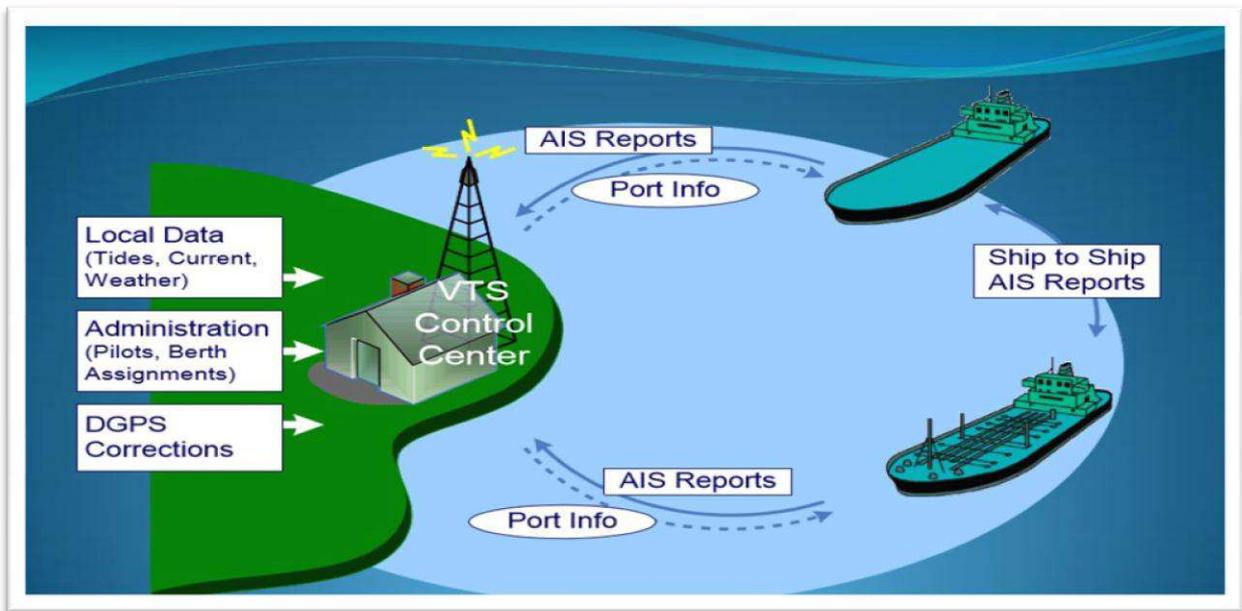
✓ **L'accès multiple par répartition dans le temps de détection de porteuse (CSTDMA)**

Est conçu pour les unités de classe B qui recherchent l'espace disponible dans la carte des emplacements AIS.

✓ **TDMA pré-annoncé(PATDMA)**

Il a une application spécifique dans les balises d'urgence telles que les émetteurs-récepteurs de recherche et de sauvetage AIS (SART).

## I.5 Topologie du système AIS



**Figure I.11 :** Les échanges entre différentes stations par voie VHF.

- **Communication navire-navire**

Tous les navires équipés d'un système AIS, se trouvant à une certaine portée permettent la réception et la transmission de données en permanence telle que ; la position, la vitesse et le cap de navire, ainsi que d'autres informations pertinentes. Les équipements AIS sont de plus en plus fréquents sur n'importe quel type de navire afin d'améliorer la sécurité lors de la navigation.

- **Communication « Navire-Station de base »**

L'acheminement des données des navires vers les stations côtières offre la possibilité de connaître l'état d'un navire, de sa cargaison, de surveiller sa route, et de coordonner d'éventuelles opérations de recherche et sauvetage. D'autre part, la transmission des messages AIS à partir d'une station de base vers les navires est tout à fait possible. En effet, les stations côtières AIS peuvent être utilisées pour l'émission des informations de sécurité critiques.

## I.6 Les couche OSI d'une station AIS [9]

Le système AIS couvre principalement les 4 premières couches du modèle OSI :

- La couche physique.

- La couche liaison de donnée.
- La couche réseau.
- La couche transport.

### **I.6.1 Couche physique**

Elle assure le transfert du flux de données de sortie depuis la source jusqu'à la liaison de données.

Le système AIS fonctionne sur 2 voies une voie de 25KHz utilisées dans les hautes mers et une voie de 12.5 KHz utilisés dans les eaux territoriales ; il utilise la modulation GMSK (Gaussien minimum shift keying), et un codage suivant le code NRZI avec un débit binaire d'ordre de 9 600 bit/s.

### **I.6.2 Couche liaison de donnée**

La couche Liaison de données spécifie l'organisation des données pour pouvoir appliquer une détection et correction d'erreur au transfert de données. Divisée en 3 sous couches :

- ❖ Sous-couche 1: Contrôle d'accès au support de transmission

La sous-couche MAC (medium access control) définit une méthode d'accès au support de transfert des données, en utilisant la technique TDMA.

- ❖ Sous-couche 2: Service de liaison de données :

La sous-couche2 utilise la sous-couche 1 pour le monitoring, l'activation ou la libération de la liaison de données.

- ❖ Sous-couche 3 - Entité de gestion de la liaison(LME) :

Le protocole à utiliser sera déterminé par l'application et par le mode de fonctionnement. Elle gère le fonctionnement des sous couche MAC et DLS et la couche physique. On trouve 3 modes de fonctionnement :

- Mode autonome :

Une station fonctionnant en mode autonome programmera la transmission de sa position. La station résoudra automatiquement les conflits de programmation avec les autres stations.

- Mode attribution :

Une station fonctionnant en mode attribution utilisera le programme de transmission qui lui aura été attribué par une station de base ou une station réceptrice de l'autorité compétente.

- Mode interrogation :

Une station fonctionnant en mode interrogation répondra aux interrogations d'un navire ou de l'autorité compétente.

### **I.6.3 Couche réseau**

Elle assure l'établissement et le maintien des connexions des voies par répartition des paquets de transmission entre les voies.

Pour éviter l'encombrement et les conflits entre les messages reçus, on trouve 4 niveaux de priorité des messages à recevoir selon l'ordre suivant :

- Priorité 1 : messages contenant des comptes rendus de position pour assurer la fiabilité de la liaison.
- Priorité 2 : messages relatif à la sécurité.
- Priorité 3 : réponses à des messages d'interrogation.
- Priorité 4 : tous les autres messages.

### **I.6.4 Couche transport**

Elle assure la conversion des données en paquets de transmission de taille correcte, si la longueur de données nécessite une transmission dépassant 5 intervalles de temps, le système AIS ne transmettra pas les données et répond par une accusée de réception négative. On trouve 2 modes :

- ❖ Mode d'adressage sélectif

En mode d'adressage sélectif, la station source prévoira un message d'accusé de réception, si aucun accusé de réception n'est reçu la station ressaiera la transmission, un délai de 4 s est laissé entre les tentatives successives.

- ❖ Mode diffusion générale

En mode diffusion générale, le paquet n'a pas d'identificateur de destinataire. Par conséquent, les stations de réception n'ont pas à accuser réception des paquets diffusés.

### **I-7 AIS par satellite (S-AIS) [10]**

Depuis 2005, diverses entités expérimentent la détection des transmissions AIS à l'aide de récepteurs par des petits satellites, depuis 2008, des sociétés telle que exactEarth, a déployé des récepteurs AIS sur les satellites.

Ces petits satellites ont un point d'observation d'environ 650 kilomètres au-dessus de la surface de la Terre, qui est considérée comme une orbite terrestre basse. Ils ont un champ de vision énorme, d'environ 5000 kilomètres de diamètre. L'orbite basse des microsatsellites leur permet de détecter les transmissions d'équipements de faible puissance qui se trouvent au sol ou en mer.

Le S-AIS va permettre aux utilisateurs de s'affranchir des limites de la couverture terrestre et offrir un service de suivi global capable de couvrir les anciennes zones blanches principalement situées en haute mer.

De nombreux sites spécialisés collectent les milliers de signaux AIS émis chaque jour en combinant à la fois les réseaux de stations AIS terrestres et systèmes AIS par satellites (S-AIS). Ces sites, tels que MarineTraffic ou VesselFinder permettent aux utilisateurs de visualiser ces données en temps réel.

### **I.8 Avantages et limites techniques**

#### **➤ Avantages**

L'AIS a pour objet de renforcer :

- Sauvegarde de la vie humaine sur mer.
- Sécurité et l'efficacité de la navigation.
- Données précises en temps réel sur la position des navires, permettant une gestion plus efficace du trafic.
- Amélioration des capacités d'intervention en cas d'accident ou d'incident, surtout en présence de cargaisons dangereuses.

#### **➤ Limites techniques**

- Le système est vulnérable car les caractéristiques techniques sont publiques, notamment dans les zones de fort trafic.

- Les liaisons VHF peuvent se dégrader dans certaines conditions et selon la position et l'altitude de l'antenne d'émission sur le navire.
- Ils peuvent tomber en panne ou être défectueux et donner des fausses indications.
- le système est de plus en plus fréquemment utilisé par les pirates, afin de localiser leurs cibles potentielles.

### **I.9 Conclusion**

Dans ce chapitre, on a étudié l'AIS l'un des systèmes maritimes qui assure la sécurité à bord et la sûreté pour les navires en mer, il est devenu en peu de temps un outil opérationnel exploité par de nombreux acteurs. En effet, il fournit de précieux renseignements, aussi bien aux équipages, qu'aux organes de régulation à terre, voire même à des particuliers ou des chercheurs.

# Chapitre II

## II.1 Introduction

La plupart des navires sont équipés d'un appareil VHF et d'un radar qui leurs permettent de se diriger en mer et d'éviter les obstacles lors de la navigation.

Dans ce chapitre nous allons définir ces deux derniers équipements nécessaires en mer, pour garantir un niveau de sécurité maritime et d'éviter les collisions.

## II.2 La radio VHF [11]

La radio VHF marine est un système mondial d'émetteurs-récepteurs qui permet de communiquer grâce à des ondes radio hertziennes utilisées pour la communication vocale bidirectionnelle de navire à navire, de navire à terre. L'équipement radio VHF marin est installé sur tous les grands navires et la plupart des petites embarcations de mer, pour le contrôle du trafic, la convocation des services de sauvetage et la communication avec les ports.

### II.2.1 Fréquences et canaux VHF maritimes [11]

La gamme de fréquences VHF varie de 30 à 300 MHz, alors que le service maritime utilise la bande qui s'étend de 156.025 à 162.050 MHz, en mode simplex, chaque fréquence est attribuée à un canal pour un usage particulier. Ces canaux sont numérotés de 1 à 28 et de 60 à 88 avec un espace entre eux de 25 KHz.

-On cite quelques canaux les plus utilisés dans la navigation maritime :

canal	Fréquence émission/Réception(MHz)	Affectation
6	156.300	Communication navire-navire Opération de secours (SAR)
8	156.400	Communication navire-navire
9	156.450	Port de plaisance
13	156.650	Communication sécurité maritime, CROSS et autorités portuaires
15	156.750	Surveillance des plages
16	156.800	Appel de détresse, sécurité
70	156.525	Détresse ASN (appel sélectif numérique)
72	156.625	Communication navire-navire
77	156.875	Communication navire-navire

**Tableau II.1:** Quelques fréquences et canaux VHF maritime.

## II.2.2 Type d'équipement [11]

Il existe 2 types de VHF marine :

- **VHF fixe**

Elle est devenue obligatoire à partir du 1er janvier 2017 pour les bateaux naviguant en zone semi hauturière et hauturière, elle possède en moyenne une puissance maximale de 25W avec une portée à peu près de 30 à 50 milles, mais peut varier en fonction des conditions atmosphériques et des obstacles alentours.

La VHF fixe est maintenant équipée du système ASN (Appel Sélectif Numérique), les VHF ASN permettent d'envoyer un message de secours au CROSS ou au bateau équipé de ce système, ce message comporte l'identifiant du bateau, la position et nature du sinistre.



**Figure II.1** : VHF fixe.

- **VHF portable**

La VHF possède en moyenne une puissance maximale de 5 à 6 Watt ce qui correspond à une portée jusqu'à 9 milles (16 km) en fonction du relief. Elles sont compactes, et faciles à transporter, avec une autonomie de 6 à 8 heures.



**Figure II.2 :** VHF portable.

### II.2.3 Procédure d'utilisation [11]

La radio VHF marine fixe ou portable reste le moyen incontournable pour assurer la sécurité à bord, elle permet :

- En cas de détresse en mer elle diffuse l'information à tous les navires sur zone, plaisanciers ou professionnels.
- De prendre connaissance d'une demande d'assistance d'un autre navigateur, qui peut être très proche et de communiquer avec les autres bateaux. C'est le premier support de la solidarité des gens de mer.
- Etablir toutes sortes de communication privées ou personnelles avec les personnes concernées avec lesquelles on a convenus à l'avance, ou d'un canal de veille ; sinon on peut passer par le canal 16 pour prendre contact et choisir un canal de dégagement.
- La communication doit être le plus brièvement possible.

### II.2.3.1 Procédure d'urgence

Le respect des procédures est essentiel pour la sécurité de la navigation.

- **PANPAN PANPAN PANPAN**  
Message d'urgence : concernant la sécurité du navire ou des personnes à bord.
- **MAYDAY MAYDAY MAYDAY**  
Message de détresse : danger grave et imminent indiquant un péril pour le navire et tous ses occupants, demande d'assistance immédiate.

Ces messages doivent également préciser :

- le nom du navire répété 3 fois
- la position du navire
- la cause de l'appel
- les secours demandés et les intentions des passagers

### II.2.4 Antennes VHF [12]

L'antenne VHF est conçue pour recevoir et transmettre des signaux à des fréquences spécifiques.

Elle est un élément fondamental dans un système radioélectrique, elle se caractérise par son rendement, son gain et son rayonnement, il est très important de la placer dans un endroit dégagé et en hauteur, elle est reliée à l'appareil VHF par l'intermédiaire d'un câble coaxial.

Les antennes VHF marines sont sous forme de fouet et utilisent généralement des longueurs d'onde de  $\lambda/2$ , elles sont souples ou rigides; certaines d'entre elles, permettent la réception d'autres signaux (AIS). Leurs dimensions sont directement liées à la longueur d'onde du signal à transmettre.



**Figure II.3 :** Antenne VHF.

### II.2.5 Propagation VHF [12]

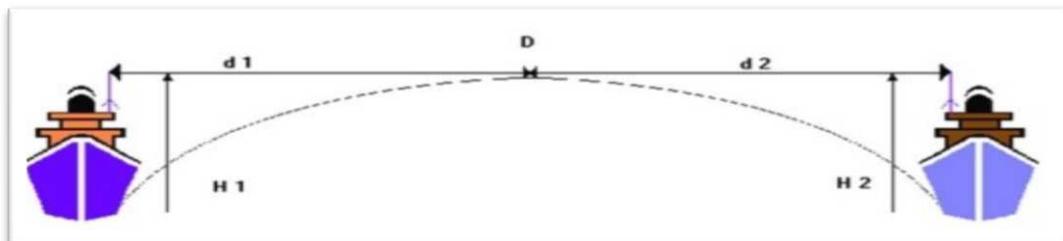
Avec la puissance de 25 watts maximum autorisée pour les stations de navires.

- En absence d'obstacles, la portée radio est fonction de la courbure de la terre et de la hauteur des antennes d'émission et de réception en VHF selon la formule:

$$D = d1 + d2 = \frac{\sqrt{2.R.k.H1}}{1852} + \frac{\sqrt{2.R.k.H2}}{1852} \quad (\text{II.1})$$

$$D = 2.2(\sqrt{H1} + \sqrt{H2}) \quad (\text{II.2})$$

- D est la distance en milles nautiques. (1mille=1852m)
- H1 est la hauteur de l'antenne émettrice. (m)
- H2 la hauteur de l'antenne réceptrice. (m)
- k : Décrit l'effet de réfraction atmosphérique (k= 4/3).



**Figure II.4 :** Porté optique de la VHF entre 2 navires.

### II.3 Identité du service mobile maritime(MMSI) [11]

Le MMSI (Mobile Maritime Service Identity) est une série de neuf chiffres qui constitue le passeport radio d'un navire. Un MMSI est attribué à un navire et permet d'enregistrer les équipements qui utilisent la technique ASN (VHF), les balises de détresse (EPIRB), et l'émetteur-récepteur AIS.

L'encodage MMSI et le couplage avec le GPS sont obligatoires depuis le 1er mai 2015 si le navire est équipé d'une VHF ASN.

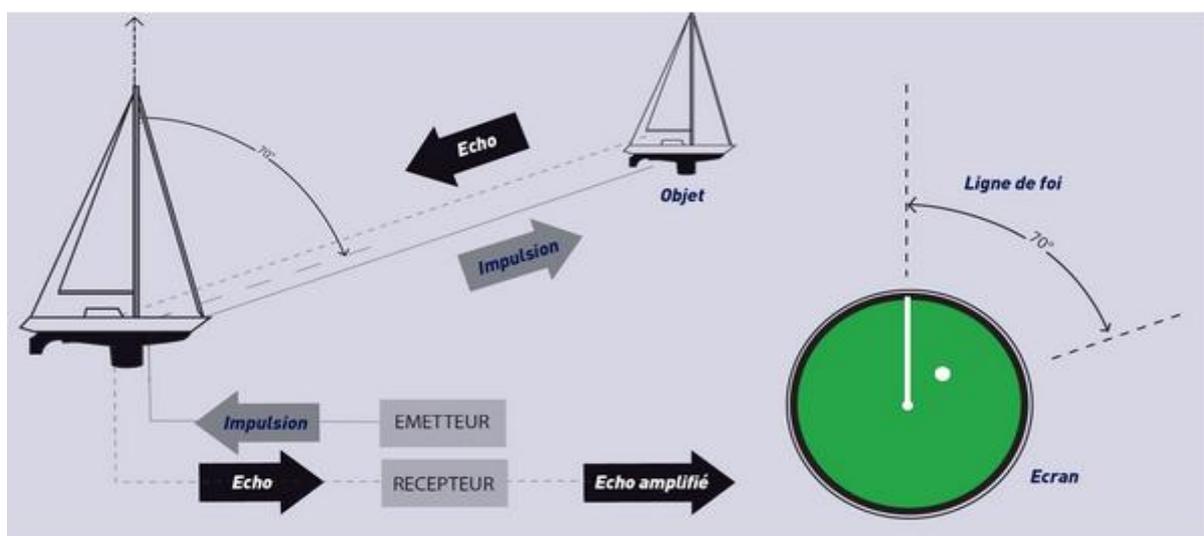
### II.4 Radar naval

#### II.4.1 Définition [13]

Le Radar est l'acronyme de **R**adio **D**etection **A**nd **R**anging est un système de télédétection par émission d'ondes électromagnétiques pour déterminer la position et la vitesse d'un objet détecté autour du bateau.

Le radar est utile pour connaître les éléments environnant fixes ou mobiles (bouées, falaise, bateaux...) et ainsi éviter les collisions, Il s'avère très pratique de jour comme de nuit.

#### II.4.2 Principe de fonctionnement [13]



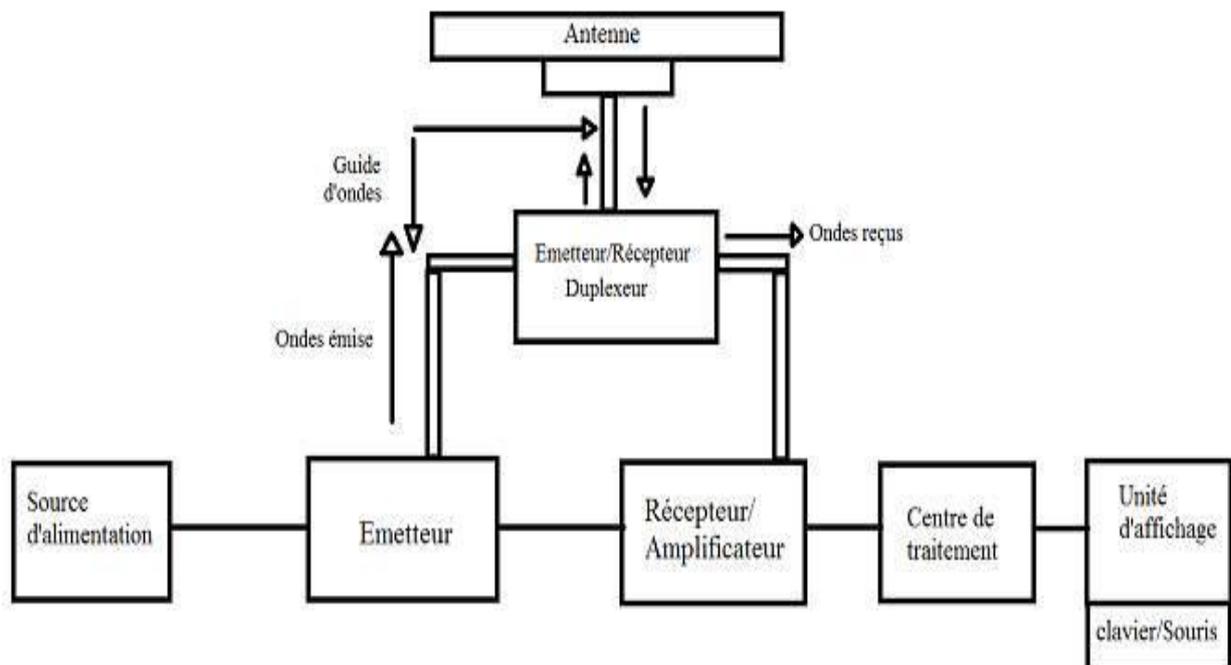
**Figure II.5 :** Principe de fonctionnement d'un radar naval.

L'émetteur RADAR envoie des impulsions d'onde radio qui se réfléchissent sur l'objet, ensuite l'onde réfléchie est captée par le récepteur RADAR qui détermine, en fonction de cette onde réfléchie, la position et/ou la vitesse de l'objet détecté. La position est estimée grâce au temps de retour du signal qui indique la distance, et la position angulaire de l'antenne. La vitesse est mesurée à partir du changement de fréquence du signal. L'onde réfléchie est captée par le récepteur, puis amplifiée, de façon à obtenir l'image radar de l'objet sur l'écran de contrôle.

### II.4.3 Equipements du radar [14]

Un système radar est composé généralement de 4 composants :

- Emetteur.
- Récepteur.
- Afficheur.
- Antenne.



**Figure II.6 :** Schéma bloc du système radar.

**-Emetteur:** L'émetteur génère une onde électromagnétique dans la gamme des radiofréquences destinée à être diffusée par l'antenne.

**-Récepteur :** Le récepteur amplifie le signal capté par l'antenne et le fait émerger des bruits.

**-Duplexeur :** Le duplexeur permet l'utilisation d'une seule antenne pour émettre et recevoir, en transmettant le signal d'émission à l'antenne et le signal capté au récepteur.

**-Afficheur :** Plusieurs modes d'affichage sont utilisés pour visualiser le signal écho capté par l'antenne, appelé couramment vidéo radar.

**-Antenne :** L'antenne permet d'émettre le signal électromagnétique dans une direction donnée, elle est rotative et permet de surveiller une zone à 360°.

- ✓ **Le radar à poutre :** utilise une antenne à fente avec une longueur de  $\lambda/2$ , utilisée en général pour des fréquences variant de 300 MHz à 25 GHz. Elles sont courantes pour les radars de navigation maritime sous forme d'une section de guide d'ondes percé de fentes.



**Figure II.7 :** Radar poutre.



**Figure II.8 :** Ecran d'affichage radar.

#### II.4.4 Fréquences utilisées par les radars marins [15]

Les radars marins sont des radars en bande S[2.9-3.1 GHz], C[5 GHz] ,X[9.2-9.5 GHz ] sur les navires, utilisés pour détecter d'autres navires et obstacles, Ce sont des instruments de navigation électroniques qui utilisent une antenne rotative pour balayer un faisceau étroit de micro-ondes autour de la surface de l'eau entourant le navire jusqu'à l'horizon, détectant les cibles par les micro-ondes réfléchies.

#### II.4.5 Applications du radar naval

•**Domaine civil** : Le radar équipant un bateau permet d'assurer la fonction d'évitement d'obstacles de nuit comme de jour et dans la brume. Ces obstacles sont soit la côte, soit d'autres navires, soit des objets dérivants comme des icebergs.

•**Domaine étatique** : La surveillance maritime est l'ensemble des activités généralement dévolues aux garde-côtes et à la police maritime. La patrouille maritime est essentiellement une activité militaire.

#### II.4.6 Type de radar utilisé dans le domaine maritime [16]

Parmi les radars les plus utilisés en mer est le radar poutre qui est de type primaire à impulsion.

##### II.4.6.1 Radar primaire

Un Radar primaire transmet des signaux haute fréquence vers les cibles. Les impulsions transmises sont réfléchies par la cible et reçues par le même Radar. L'énergie réfléchie ou les échos sont en outre traités pour extraire des informations utiles.

##### II.4.6.2 Radar primaire à impulsion

Le radar à impulsions émet des impulsions de signal hyperfréquence à forte puissance, où chaque impulsion est suivie d'un temps de silence durant lequel les échos de cette impulsion peuvent être reçus avant qu'une nouvelle impulsion ne soit émise ce qui permet de détecter ; la distance, la direction et la vitesse de la cible.

### II.4.7 Propagation des ondes Radar [20]

La présence du sol et de l'atmosphère modifie les performances du Radar, donc la portée pratique est en relation avec la courbure de la terre, ou elle est limitée à la zone optique. La distance maximale vaut :

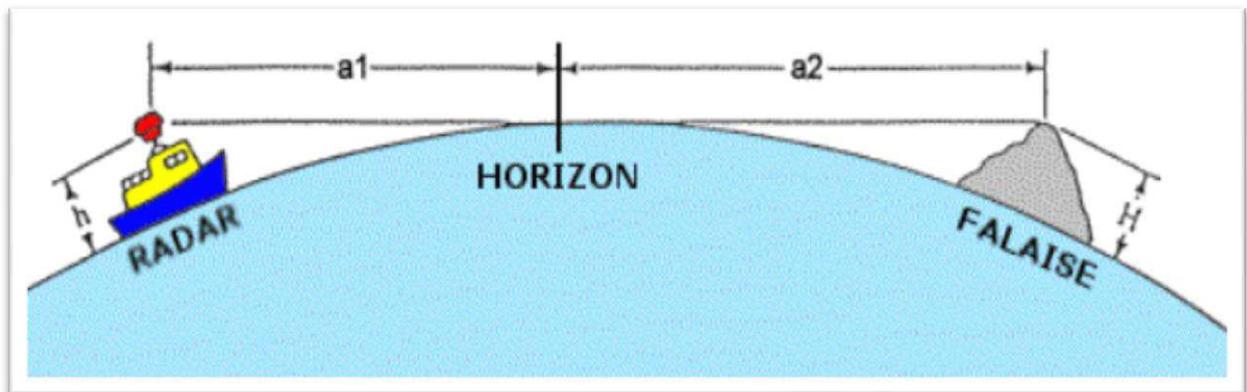
$$d_{\max} = \sqrt{2 \cdot k \cdot R \cdot h} + \sqrt{2 \cdot k \cdot R \cdot H} \quad (\text{II.3})$$

H: Hauteur de l'objet vu par le Radar.

h : Hauteur du Radar.

k: Décrit l'effet de réfraction atmosphérique ( $k= 4/3$ ).

R : Rayon de la terre égale à 6366 Km.



**Figure II.9** : Zone optique d'un Radar.

### II.4.8 Caractéristiques du radar maritime [17]

- **La puissance**

L'antenne tourne environ à 24 t/mn ou 48 t/mn avec une puissance qui peut aller jusqu'à 24 kW selon le type de radar utilisé pour couvrir 360° autour du bateau, le signal est envoyé sous forme d'impulsions avec des faisceaux étroits en azimut (1° à 5°) et larges en site (20° à 30°).

- **La portée**

Les portées sont différentes selon le modèle utilisé, elles peuvent atteindre les 92 milles nautiques.

- **L'installation**

En pratique, pour limiter les interférences dues à la gîte et aux mouvements du bateau, l'optimum est d'installer l'antenne à 3 ou 5 mètres au-dessus du pont.

#### II.4.9 Mesures de distance et de direction [14]

En mode d'utilisation normal, le bateau est au centre de l'écran, le cap suivi par le bateau est en haut de l'écran. Pour mesurer le cap et la distance d'une cible par rapport au bateau, on utilise le VRM (cercle variable) et l'EBL (alidade mobile).

**-Mesure de distance :** la mesure du temps de propagation des ondes en tenant compte du trajet aller-retour, à la vitesse de la lumière, permet d'en déduire la distance  $D$  séparant la cible du radar par la relation :

$$D = \frac{C \cdot \Delta T}{2} \quad (\text{II.4})$$

$D$ : la distance séparant la cible du radar [m].

$\Delta T$  : le temps ( $\Delta T = T_2 - T_1$ ).

$C$ : la vitesse de lumière ( $C = 3 \cdot 10^8$  m/s).

**-Mesure de la direction :** La façon qui permet de connaître la direction d'une cible est basée sur un calcul d'angle entre la direction du nord et celle de la cible (azimut).

On positionne le cercle VRM et l'EBL sur la cible (bateau, côte, rocher...). Le VRM indique avec précision la distance de la cible par rapport à notre bateau et l'EBL la direction avec une incertitude d'environ  $5^\circ$ .

## II.5 Comparaison entre AIS et radar

- L'AIS ne permet pas de détecter les objets ou bateaux non équipés d'un transpondeur AIS contrairement au radar.
- L'AIS permet d'avoir des infos précises sur un navire ce qui n'est pas possible avec le radar.
- Avec un radar installé à bord on détecte tous les bateaux et obstacles environnants qui ne sont pas sur les cartes.
- Le système AIS complète le radar de sorte que l'utilisation conjointe de ces deux équipements contribue largement à améliorer la prise de conscience de la situation marine.

## II.6 Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) [18]

### II.6.1 Principe du système

Le système mondial de détresse et de sécurité en mer SMDSM ou en anglais Global Maritime Distress and Safety System GMDSS est mise en œuvre le 1 février 1999, son principe majeur est que tout navire navigant dans n'importe quelle mer soit en mesure par tous les moyens de communication d'alerter immédiatement les stations côtières et les RCC (Rescue Coordination Center) pour une distribution éventuelle des signaux de détresse et les informations de sécurité maritime pour coordonner les efforts nécessaires pour la recherche et les opérations de sauvetage en mer et la préventions des accidents maritime.

Tous les navires concernés par la convention du GMDSS doivent assurer et maintenir une veille permanente, ils doivent avoir leurs émetteurs-récepteurs SMDSM en service 24h/24 en mer et l'alerte doit pouvoir être donnée en conformité avec la zone où le navire navigue.

- Les zones sont définies comme suit

**-Zone A1 (zone côtière) :** zones maritime A1 dont la couverture radiotéléphonique d'au moins une station côtière VHF travaillant (20 à 50 Miles) assurant la permanence d'alerte DSC (ASN).

- Minimum équipements requis dans la zone A1:

-VHF avec DSC.

-Navtex.

-Epirb.

-Additionnement, les équipements utilisés dans le radeau de sauvetage : 2 ou 3 portables GMDSS VHF (300/500 t) et 1 ou 2 SART (300/500 t).

**-Zone A2 (zone large) :** zone maritime A2, à l'intérieur de la zone de couverture radiotéléphonique d'au moins une station côtière MF (environ 250 à 400 Miles) assurant la permanence d'alerte DSC.

- Minimum équipements requis dans la zone A2:

-VHF avec DSC.

-MF avec DSC.

-Navtex.

-Epirb.

-Additionnements, les équipements utilisés dans le radeau de sauvetage : 2 ou 3 portables GMDSS VHF (300/500 t) et 1 ou 2 SART (300/500 t)

**-Zone A3 (zone grand large) :** zone maritime A3 sous couverture d'un satellite géostationnaire d'Inmarsat hors zone A1 et A2, assurant la fonction d'alerte permanente

- Minimum équipements requis dans zone A3:

-VHF avec DSC.

-MF avec DSC.

-Navtex.

-Epirb.

-Inmarsat.

-Additionnements, les équipements utilisés dans le radeau de sauvetage : portable GMDSS VHF (300/500 t) et SART.

-**Zone A4 (zones polaires)** : zone maritime couverte par la HF avec l'ASN, hors zones A1, A2, A3 autour des zones polaires.

- Minimum équipements requis dans zone A4:

-VHF avec DSC

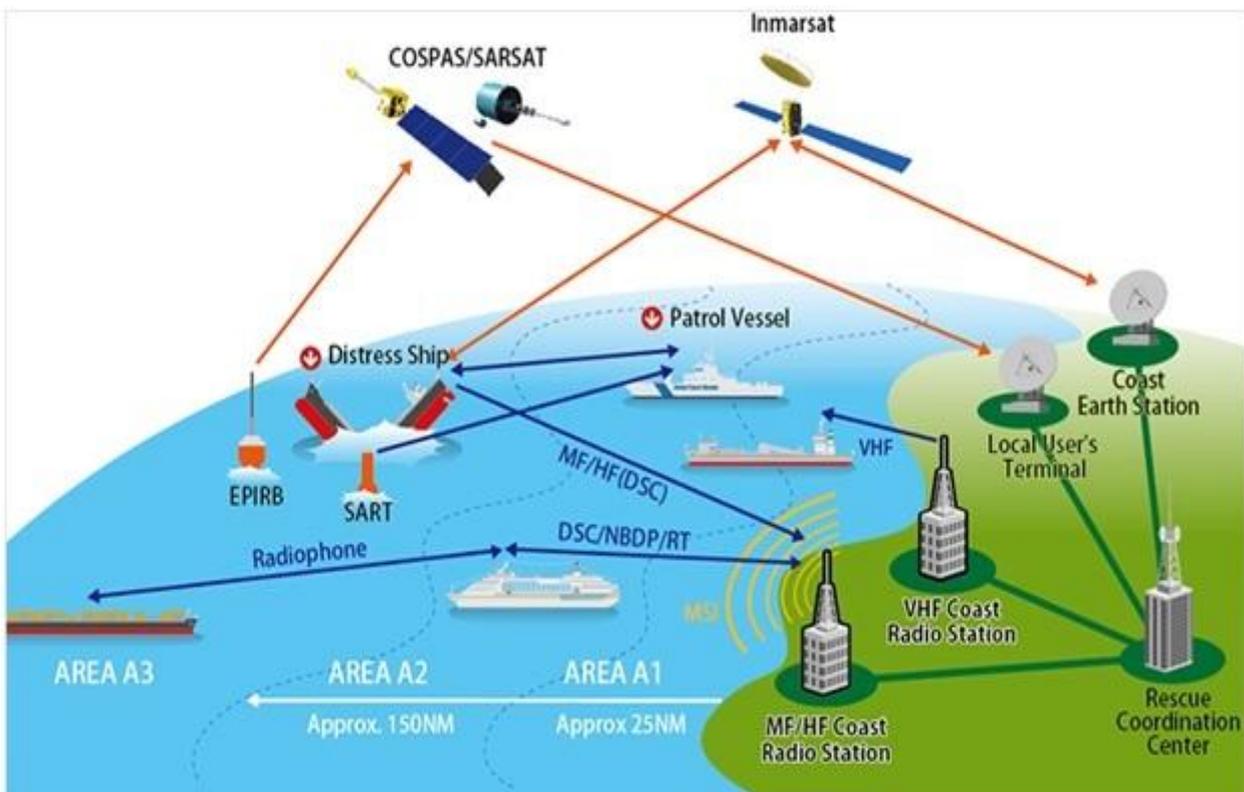
-MF/HF avec DSC.

-Navtex.

-Epirb.

-Radio télex.

-Additionnement, les équipements utilisés dans le radeau de sauvetage : portable GMDSS VHF et SART.



**Figure II.10** : Couverture des zones maritimes selon différents équipements.

### **II.7 Conclusion**

Dans ce chapitre on a fait une présentation du réseau de radionavigation maritime, ainsi une étude sur les différents équipements qui combinent leurs fonctions pour assurer une bonne gestion de la circulation maritime sous le respect des réglementations du système mondial de détresse et de sécurité en mer SMDSM.

# Chapitre III

### III.1 Introduction

Notre objectif dans ce chapitre est de présenter les composants matériels et logiciels utilisés pour la conception et la mise en œuvre du radar de détection d'objets en se basant sur la carte Arduino, le capteur de distance HC-SR04 et d'autres composants électroniques.

## Partie I : Description du matériel et logiciel

### III.2 Description du matériel

#### III.2.1 Description de la carte Arduino Mega2560 [19]

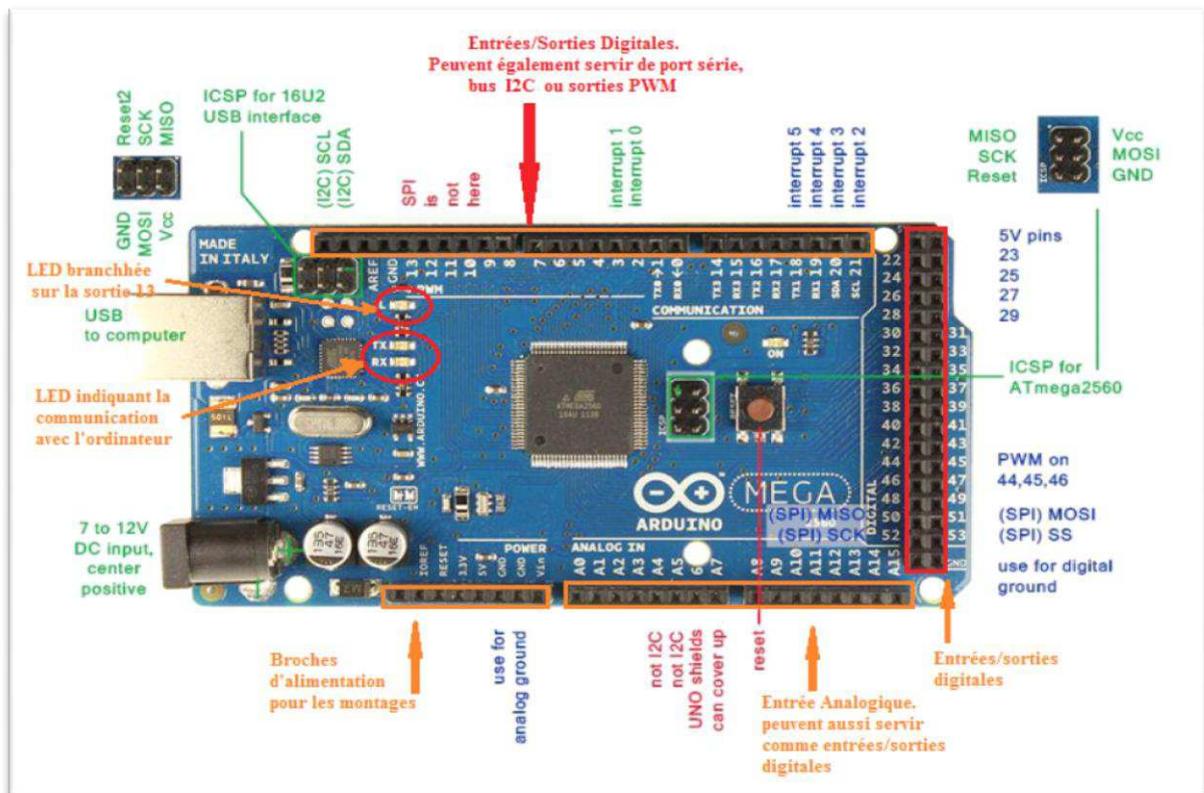


Figure III.1 : Carte Arduino méga 2560.

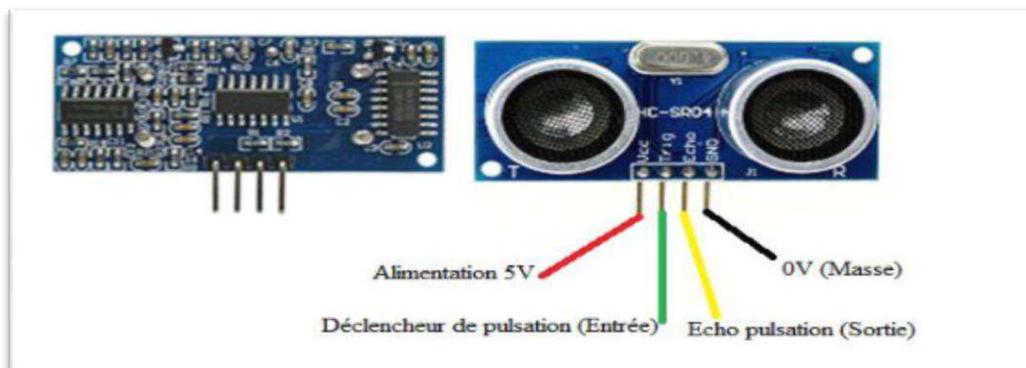
C'est une carte de microcontrôleur basée sur le ATmega2560, on la considère comme une plateforme open source, l'Arduino nous permet d'utiliser l'électronique d'une manière très simple; au lieu d'utiliser plusieurs composants électroniques, elle peut se comporter comme étant un mini ordinateur, elle possède plusieurs broches d'entrées/sorties.

### III.2.1.1 Caractéristiques de l'Arduino Mega2560

Elle est idéale pour des applications exigeantes des caractéristiques plus complexes que l'UNO. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une série de modules complémentaires.

- Microprocesseur: ATmega2560,
- 54 broches d'E/S dont 14 PWM,
- 16 entrées analogiques,
- Différentes alimentations (prise jack power, USB),
- Intensité par E/S: 40mA,
- Fonctionne en 5V,
- Mémoire flash: 256 ko,
- Mémoire SRAM: 8 ko,
- Mémoire EEPROM: 4 ko,
- Oscillateur a quartz : 16 MHz,
- Fiche USB (B),
- Dimensions:[10.16cm, 5.3cm, 37g].

### III.2.2 Capteur ultrason HC-SR04 [20]



**Figure III.2** : Capteur Sonar à Ultrasons HC-SR04.

Est un capteur de distance à ultrason utilise le même principe qu'un capteur laser, mais en utilisant des ondes sonores au lieu d'un faisceau de lumière, Il offre une excellente plage de détection avec des mesures stables, Le sonar HC-SR04 comprend un émetteur ultrasons, un récepteur ultrasons ainsi qu'un circuit de contrôle.

➤ **Ces caractéristiques**

- Tension d'alimentation 5V,
- Courant de fonctionnement 15mA,
- Angle de mesure 15°,
- Fonctionnalité de mesure 2cm a 4m,
- Fréquence d'opération 40Hz,
- Précision 3mm,
- Poids : 9g,
- Dimensions : 45mm x 20mm x 18mm.

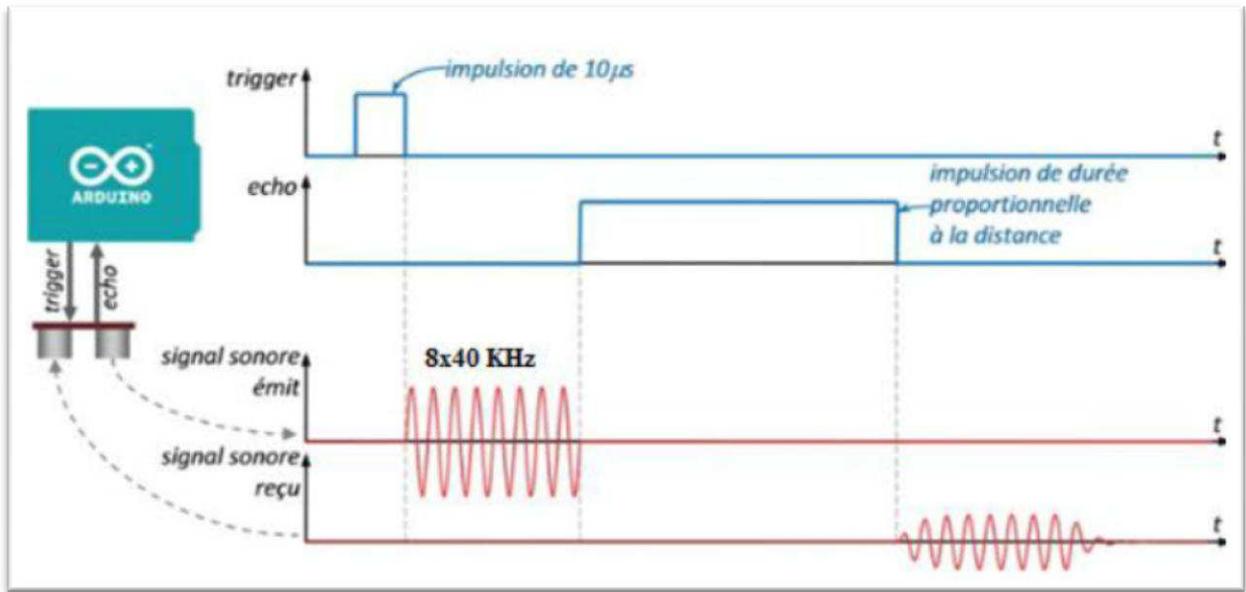
**-Il a 4 broches**

- VCC : Broche d'alimentation +5 V DC ;
- TIG (trigger) : Broche d'entrée pour initialiser la mesure,
- Echo : Broche de sortie,
- GND (Ground) : masse d'alimentation.

### III.2.2.1 Fonctionnement du capteur Ultrasons HC-SR04

Le principe de fonctionnement consiste à :

- 1) Envoyer une impulsion "High" (5 V) d'au moins 10  $\mu$ s sur l'entrée "Trig".
- 2) Le capteur envoie automatiquement 8 impulsions d'ultrasons à 40 kHz et détecte les signaux qui reviennent sur la sortie "Echo".
- 3) Si le signal revient, la durée de l'état haut du signal reçu correspond au temps entre l'émission des ultrasons et leur réception.



**Figure III.3** : Signal d'entrée et sortie du capteur HC-SR04.

#### ❖ Distance de la cible

La distance parcourue par un son se calcule en multipliant la vitesse du son, environ 340 m/s (ou 34'000 cm/1'000'000 µs) par le temps de propagation, soit :

d: distance en mètre; v: vitesse de son mètre par seconde; t: temps en seconde.

$$D = v \cdot t$$

On sait aussi que le son fait un aller-retour. La distance vaut donc la moitié.

$$d = \left( \frac{34000}{1000000} \cdot \text{Valeur} \right) \cdot \frac{1}{2} \quad [cm] \quad (I.1)$$

En simplifiant :

$$d = \frac{34000}{2000000} \cdot \text{Valeur} \quad [cm] \quad (I.2)$$

Finalement :

$$d = \frac{17}{1000} \cdot \text{Valeur} \quad [cm] \quad (I.3)$$

$$d = \frac{\text{durée}}{58} \quad [cm] \text{ (I.4)}$$

### III.2.3 Servomoteur [21]

Le servomoteur est un actionneur (produit une action). C'est un système motorisé capable d'atteindre des positions prédéterminées et qui peut tourner avec une liberté et garder de manière précise l'angle de rotation que l'on souhaite obtenir, il est utilisé dans le modélisme grâce à sa petite taille pour des modèles qui nécessitent un encombrement réduit, pour le contrôle des systèmes mécaniques, dans la robotique (faire des mini robot) et pour les actions rotatifs.

#### ❖ Un servomoteur est composé de

- Un moteur à courant continu.
- Un axe de rotation et potentiomètre.
- Une carte électronique pour le contrôle de la position de l'axe et le pilotage du moteur.

#### ➤ Caractéristique

- Alimentation: 5V,
- Vitesse : 0.17sec /60°,
- Dimensions: Longueur 42mm, Largeur 20.5mm et Hauteur 39.5mm,
- Angle de rotation: 180 degrés,
- poids : 9g.

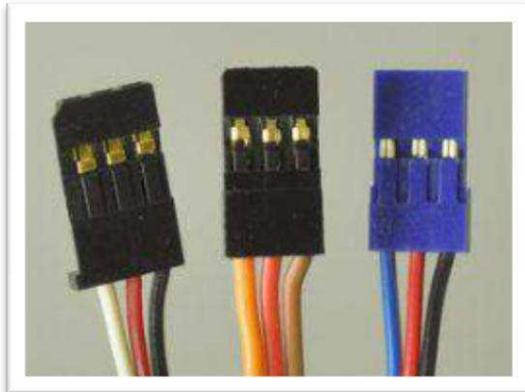
#### III.2.3.1 Fonctionnement

Le servomoteur est commandé par l'intermédiaire d'un câble électrique à 3 fils, qui permettent d'alimenter le moteur et de lui transmettre des ordres de positions sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion plus communément appelés PWM (Pulse Width Modulation ou Modulation de Largeur d'Impulsion).

**❖ Connecteur du servomoteur**

Un câble de 3 fils permet à la fois de l'alimenter et de lui transmettre des consignes de position par le fil de signal :

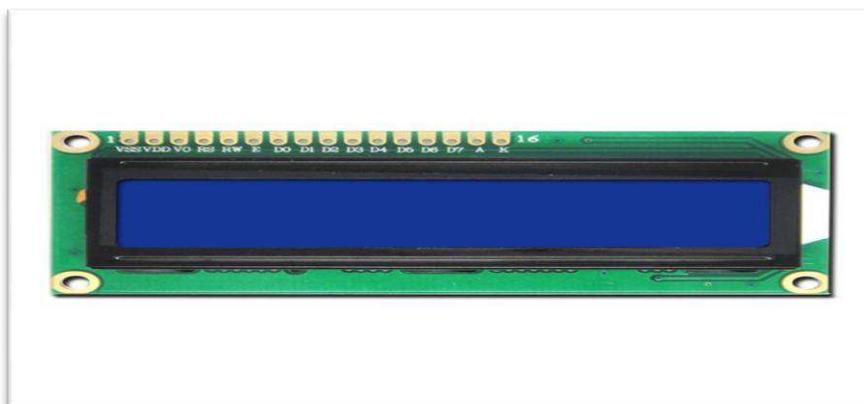
- Le noir ou marron : La masse,
- Le rouge : La tension d'alimentation continue (+),
- Le jaune, orange, blanc ou bleu : Le signal de commande PWM,



**Figure III.4 :** Servomoteur et ses câbles de commande.

**III.2.4 Afficheur LCD [22]**

Un des éléments permettant d'afficher des informations les plus utilisés dans le monde Arduino est l'écran à cristaux liquide (Liquid Crystal Display) LCD 16×2. Lorsque l'on fabrique un système électronique, il peut être intéressant que celui-ci nous donne quelques informations sur son état sans avoir à le brancher à un ordinateur ou à le connecter à un autre système comme un Smartphone. L'écran LCD 16×02 est fourni avec un grand nombre de kit Arduino et est très suffisant pour un grand nombre d'applications.



**Figure III.5 :** LCD 16\*2.

### III.2.5 Potentiomètre

Un potentiomètre est un type de résistance variable que l'on peut régler manuellement ou avec un tournevis. C'est un élément résistif possédant trois bornes.



**Figure III.6 :** Potentiomètre.

### III.2.6 Buzzer (bipeur)

Un bipeur est un élément électromécanique qui produit un son caractéristique quand on lui applique une tension.



**Figure III.7 :** Buzzer.

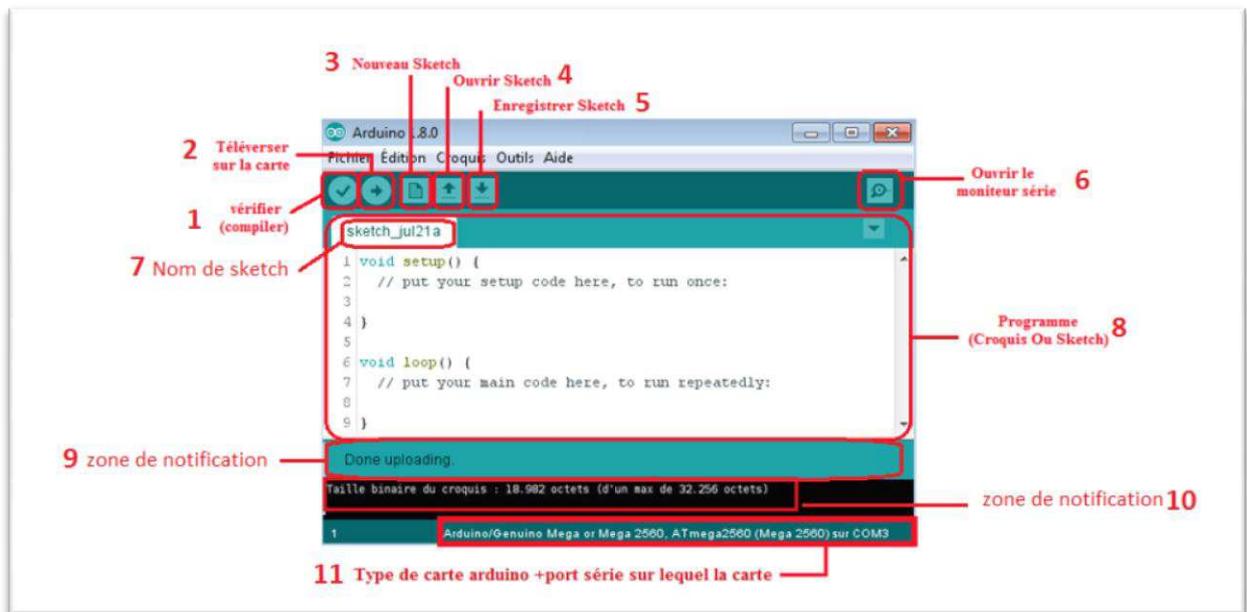
## III.3 Etude de la partie logicielle

### III.3.1 Définition du logiciel Arduino [23]

Le langage de programmation est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++, le Java et le Processing liés à la bibliothèque de développement

Arduino EDI, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino.

### III.3.1.1 Interface de commande de logiciel



**Figure III.8 :** L'interface de commande de logiciel Arduino.

**1/Compiler (vérifier) :** Cette partie consiste à vérifier le programme rédigé et à détecter les erreurs de syntaxe, réalisées par un compilateur.

**2/Téléverser sur la carte :** Dans cette partie le code est envoyé vers la carte Arduino s'il est bien transmis les LED de TX et RX vont clignoter et le message "téléversement terminé" s'affichera sur la zone de notification.

**3/ Nouveau sketch :** Un nouveau code, ouverture d'une fenêtre d'édition vide.

**4/Ouvrir sketch :** Ouvrir la liste de tout les programme créer auparavant et enregistrer dans le livre de programmes. En cliquant sur un programme choisi il s'ouvre dans la fenêtre courante.

**5/Enregistrer sketch :** Enregistrer le programme du code rédigé.

**6/Ouvrir le moniteur série :** Ouvrir la fenêtre de terminal série, utiliser la communication série entre le PC et la carte Arduino connecté à travers le fils USB. C'est un outil

indispensable dans les tests de programme puisque il permet un retour de données ainsi que l'amélioration de dysfonctionnement de nos programmes.

**7/le nom de sketch :** Le nom sur lequel est écrit le travail fait actuellement.

**8/Programme :** La zone de programmation contient 2 codes :

- ✓ void setup : dans cette partie on définit chaque PIN comme étant une entrée ou bien une sortie
- ✓ void loop : c'est la partie du code qu'on veut faire répéter (boucle).

**9/Zone de notification :** Elle indique s'il y'avait un problème dans le code.

**10/Zone de notification :** Elle affiche le message d'erreurs envoyé lors de l'exécution.

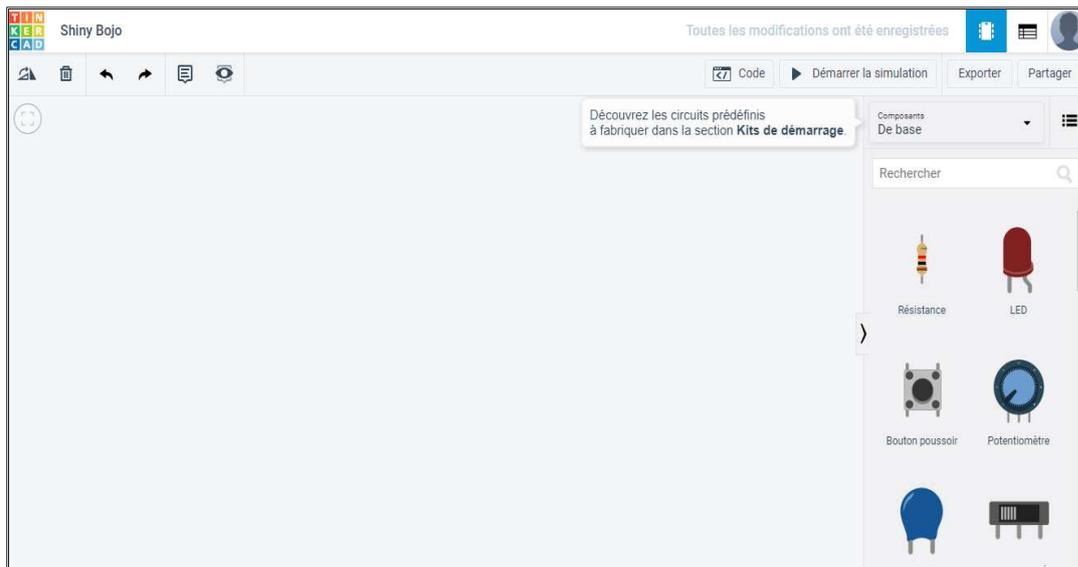
**11/** Type de la carte Arduino utilisée et le port série.

### III.3.1.2 Logiciel Processing [24]

Est un logiciel flexible et un langage de code dans le contexte d'art visuels, il est téléchargeable gratuitement et c'est une plateforme open source ; utilisé dans le Windows, Linux, Mac OSX, Android, L'IDE de Processing est une excellente source de création de graphiques, plus de 100 bibliothèque dans le logiciel de base.

### III.3.1.3 Logiciel Trinkercard

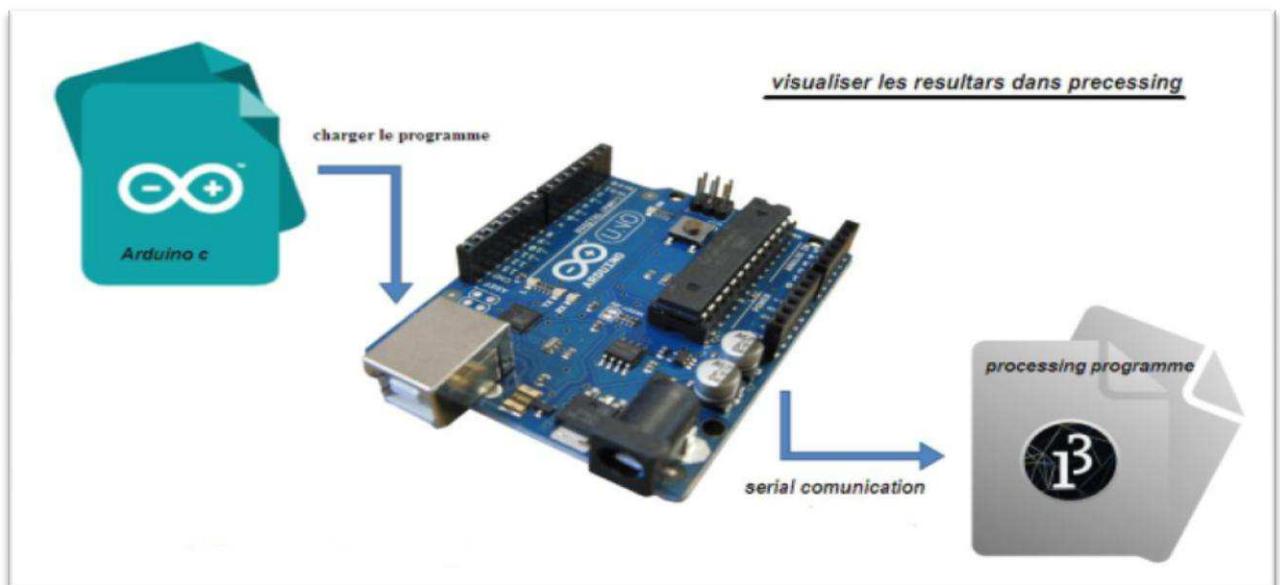
Est un programme de modélisation 3D et de conception de circuit en ligne gratuit qui s'exécute dans un navigateur Web, connu pour sa simplicité et sa facilité d'utilisation.



**Figure III.9 :** L'interface du logiciel Trinkercard.

#### III.3.1.4 Communication entre les deux logiciel Arduino et Processing

Le déroulement de la communication entre le logiciel Arduino IDE et Processing, se fait à travers une liaison série half duplex, les données sont téléversés vers la carte Arduino où se passe le traitement, ensuite les résultats de traitement seront transférés vers le logiciel Processing sous la même liaison.



**Figure III.10 :** Communication entre la carte Arduino et Processing.

## Partie II :Réalisation du projet

### III.1 Matériel utilisé pour la réalisation

- Une carte arduino mega,
- LCD 2\*16,
- Un Servomoteur,
- 3 Résistances (330 ohms),
- Un Potentiomètre variable,
- Un Capteur sonar à Ultrasons HC-SR04,
- Un Bipeur.

#### III.1.1 Description du Schéma synoptique du radar

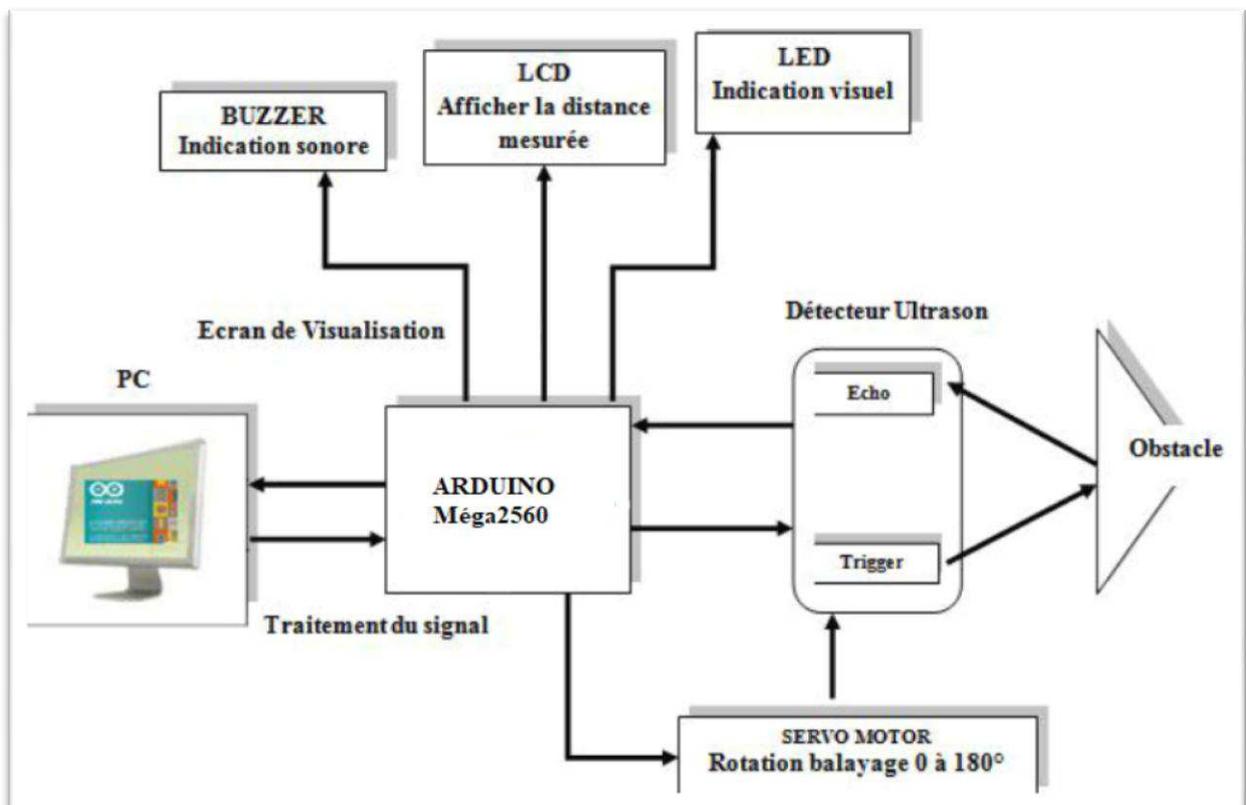
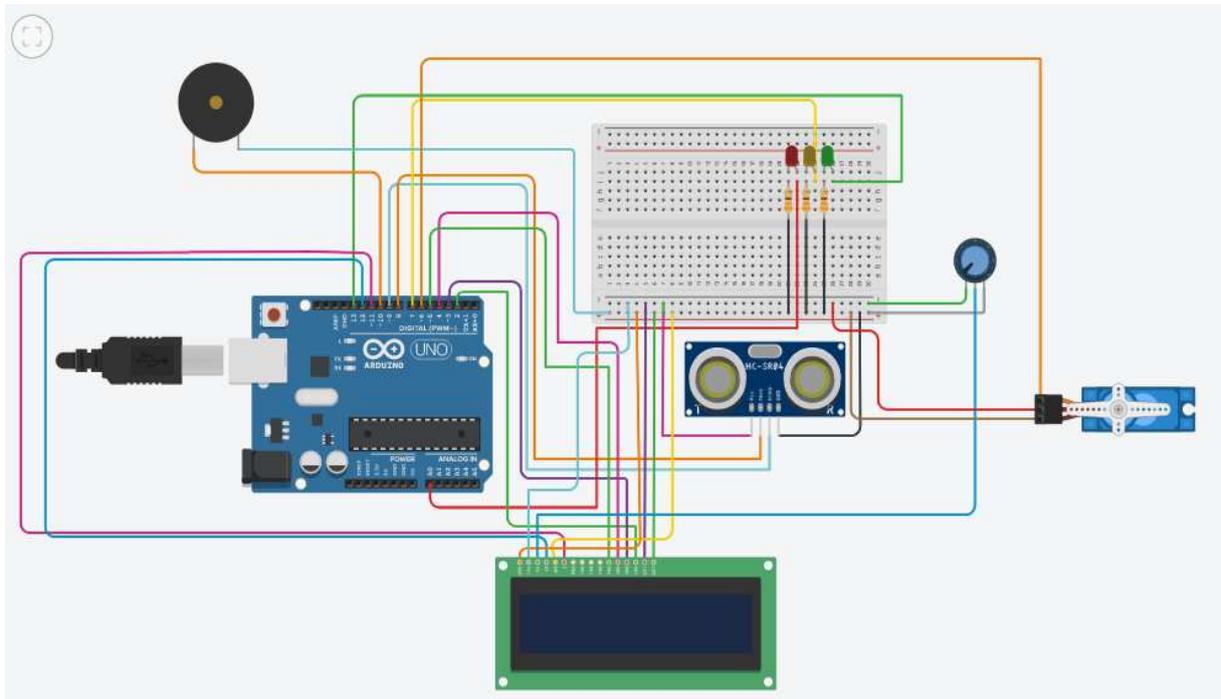


Figure III.11: Schéma synoptique du Radar.

Le radar est composé : d'une carte Arduino méga pour le traitement des données, d'un servomoteur permettant la rotation du capteur de distance sur la zone de détection, d'un afficheur LCD dont le rôle est l'affichage de la distance et l'angle de la cible, d'un capteur de distance, d'un buzzer qui délivre un signal sonore dont la fréquence dépend de la distance de la cible et d'un ensemble de LEDs qui s'allument en fonction de la distance

### III.2 Interface graphique sur Trinkercard



**Figure III.12** : Schéma de Circuit global des connexions de notre réalisation.

#### III.2.1 Branchement des pins

composant	pin de composant	pin d'Arduino
Capteur à ultrason	VCC	+5V
	Trigger	8
	Echo	9
	GND	GND
Servomoteur	Marron	GND

	Rouge	+5V
	Orange	6
Afficheur LCD	RS pin	12
	Enable pin	11
	D4	5
	D5	4
	D6	3
	D7	2
	R/W	GND
	VSS pin	GND
	VCC	+5V
	Led verte	pin+
pin-		GND
Led jaune	pin +	7
	pin -	GND
Led rouge	pin +	A0
	pin-	GND
bipper	pin+	10
	pin -	GND

**Tableau III.1** : Branchement des pins du circuit.

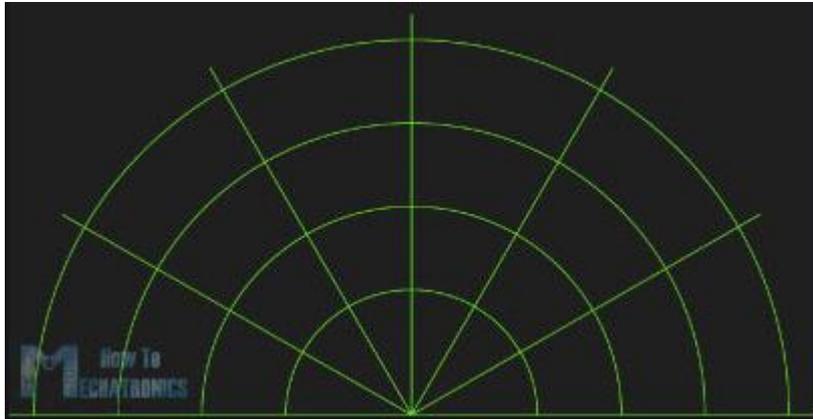
### III.3 Programmation de l'Arduino et Processing

#### III.3.1 Les étapes de programmation du microcontrôleur sont

- La création d'un projet.
- L'écriture du programme ensuite enregistrement.
- La vérification de la syntaxe et correction d'éventuelles erreurs.
- Le téléversement vers le microcontrôleur.

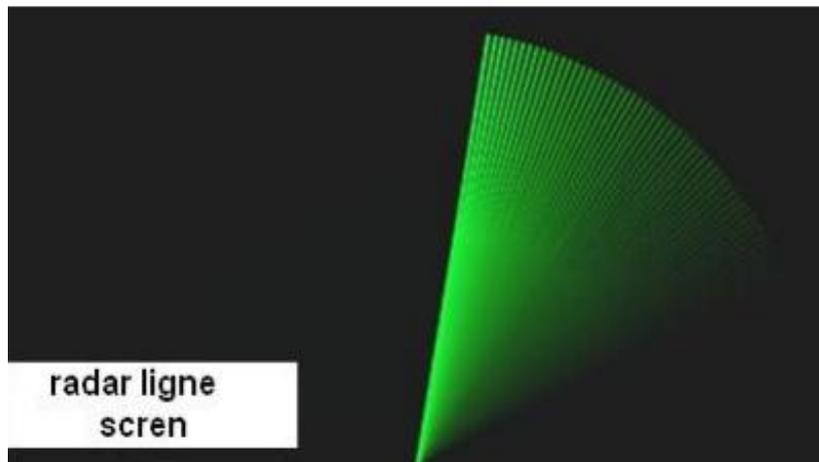
### III.3.2 Dessiner le radar on utilisant plusieurs commandes dans Processing

- ❖ On utilise la fonction **drawRadar ()** pour dessiner le radar qui consiste en arc () et en ligne ()



**Figure III.13 :** fonction draw radar.

- ❖ Pour dessiner la ligne qui se déplace le long du radar, on utilise la fonction **drawLine()** . Son centre de rotation est configuré avec la fonction **translate ()**.



**Figure III.14 :** Fonction draw line.

- ❖ Pour dessiner les objets détectés, on utilise la fonction **drawObject ()**. Il obtient la distance du capteur HC-SR04 la transforme en pixels, et en combinaison avec l'angle du capteur, dessine l'objet sur le radar.

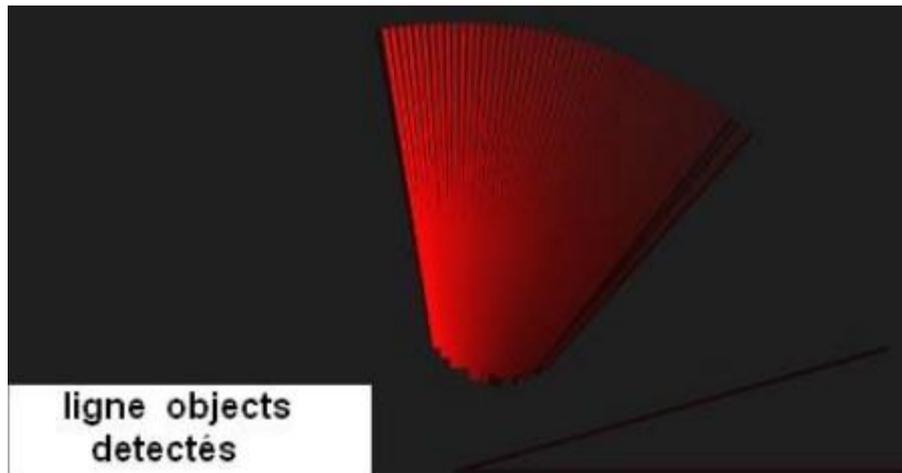
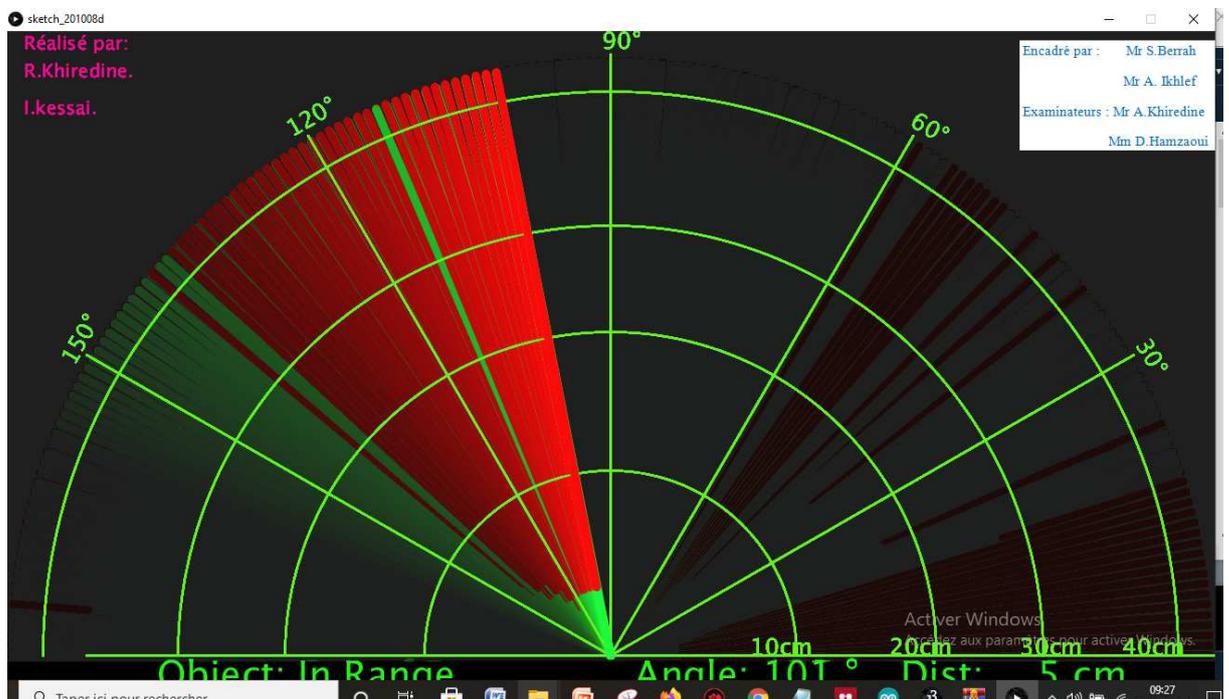


Figure III.15 : Fonction draw objets.

- ❖ Pour écrire un texte sur l'écran, on utilise la fonction **drawText ()** qui dessine des textes sur des emplacements particuliers.
- ❖ L'interface finale de radar

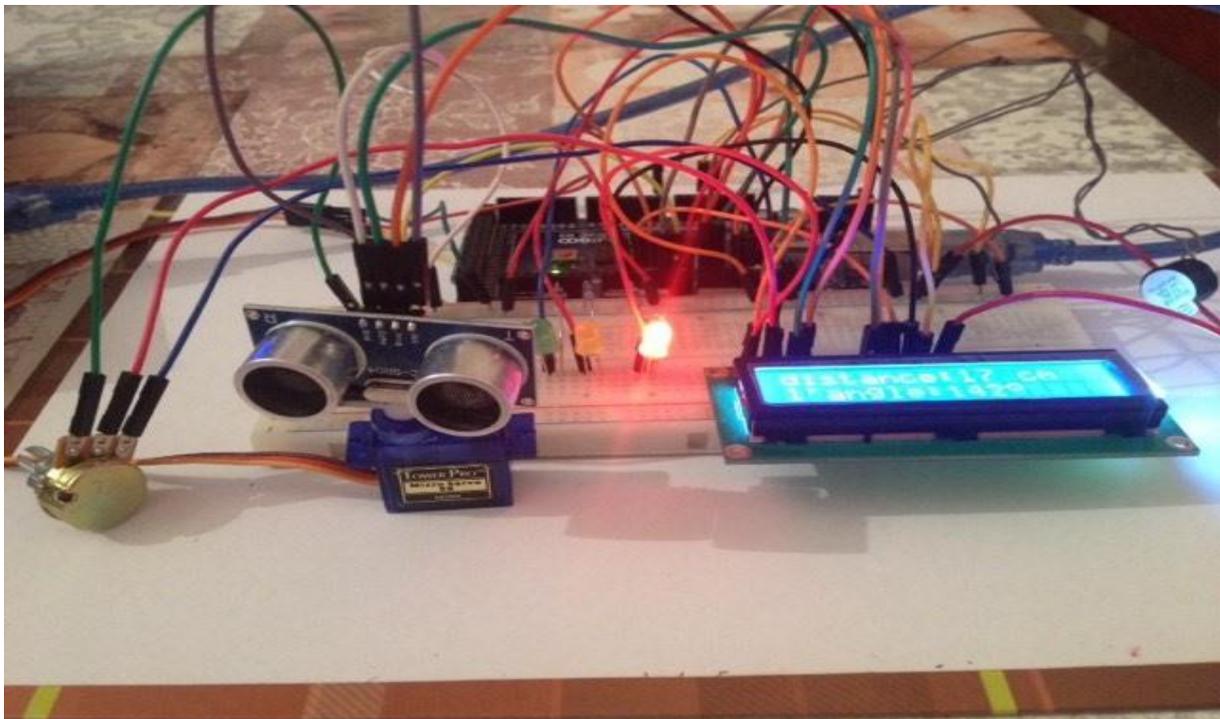


Figures III.16 : Interface du Processing avec détection.

### III.4 Fonctionnement global du circuit

Le programme implémenté sur la carte Arduino (+5V) est chargé de piloter tous les composants du circuit, il offre l'action rotationnelle au capteur par le biais du Servomoteur pour détecter les objets mobiles se situant dans la zone de balayage de 180°. La carte envoie une impulsion HIGH de largeur (10 $\mu$ s) sur la broche TRIGGER du capteur pour régénérer une série de (08) ondes ultrasonores de fréquence de 40 KHz dans l'air provenant de l'émetteur (Inaudible pour l'être humain). Les ultrasons se propagent dans l'air jusqu'à toucher un obstacle et retournent dans l'autre sens vers le capteur qui sont détectées par la broche ECHO, Le capteur détecte la largeur de l'impulsion pour calculer la distance. Le signal sur la broche ECHO du capteur reste à HIGH pendant l'envoi et la réception, ce qui permet de mesurer la durée de l'aller-retour des ultrasons et donc de déterminer la distance.

- Lorsque le servomoteur fait un balayage, le capteur ultrason émet des impulsions par l'émetteur, en absence de cible le buzzer et les LEDs sont éteints. En présence de cible la distance et l'angle seront affichées par l'afficheur LCD, le bipleur se déclenche, et les Trois LEDs déterminent la zone dont laquelle l'objet est situé (Zone proche, moyenne, ou lointaine).



**Figure III.17 :** Image de notre réalisation.

## ❖ Détection de 4 cibles fixe

cible	Numéro de détection	Distance (cm)	Angle (°)
Cible 1	1	15	45
	2	16	47
	3	15	46
	4	17	48
Cible 2	1	35	100
	2	37	102
	3	34	104
Cible 3	1	28	145
	2	28	145
	3	30	147
Cible 4	1	4	17
	2	3	19
	3	5	20
	4	4	18

**Tableau III.2** : Résultats des différents objets détectés.

## ❖ Détection d'une cible mobile

Numéro de détection	Distance (cm)	Angle (°)
1	27	54
2	27	55
3	28	55
4	29	56
5	26	57
6	28	58
7	26	59
8	29	60
9	30	61
10	26	61
11	27	63

**Tableau III.3** : Distance et angle obtenu pour détection de la cible mobile.

### III.4.1 Interprétations des résultats trouvés

On remarque dans **Tableau III.2** que les distances et les directions sont proches les une des autres qui indique la présence d'un seul objet, ainsi que le déclenchement du bipeur et des LEDs avec différentes tonalités et couleurs « rouge <20 cm, jaune entre 20 et 30 cm, vert entre 30 et 40 cm ».

Pour la détection de la cible mobile présenté dans le **Tableau III.3**, on a fait tourner l'objet suivant la direction du mouvement de servomoteur, On remarque que les valeurs de la distance sont proches, presque constantes pendant le balayage des directions du servomoteur, on constate que la cible est en mouvement synchronisée avec les rotations du Servomoteur.

## III.5 Code Arduino

```
#include "Servo.h"
#include "LiquidCrystal.h"
Servo motor;
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);
const int buzzer = 10 ;
const int pingPin = 8;
const int echoPin = 9;
const int rouge = A0;
const int vert = 13;
const int jaune = 7;
int echo;
char ping;
int ping0;
byte deg[]={ 14,17,17,14,0,0,0,0} ;
void setup()
{
  Serial.begin (9600); //initialisation connexion serie
  lcd.begin(16, 2); // Initialisation de l'écran (2 lignes 16 )
  pinMode(pingPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
```

```
pinMode(buzzer, OUTPUT);
pinMode(rouge, OUTPUT);
pinMode(vert, OUTPUT);
pinMode(jaune, OUTPUT);
motor.attach(6);
lcd.createChar(1,deg); // une fonction pour créer le caractère
}
void loop() {
int duration, d;
int i ;
for (i=0;i<=180;i++) {

motor.write(i);
digitalWrite(pingPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(pingPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pingPin, LOW); //trigger low = 0v
duration = pulseIn(echoPin,HIGH);
d=duration/58;
echo=analogRead(echoPin);
// Serial.println(echo);
if((d<40) && (d>30) ) {
tone(buzzer, 300);
digitalWrite(vert, HIGH);
digitalWrite(rouge, LOW);
digitalWrite(jaune,LOW);
}
if((d<30) && (d>20) ) {
tone(buzzer, 1500);
digitalWrite(jaune, HIGH);
digitalWrite(rouge, LOW);
digitalWrite(vert, LOW);
}
}
```

```
if(d<20) {
tone(buzzer, 3000) ;
digitalWrite(rouge, HIGH);
digitalWrite(jaune, LOW);
digitalWrite(vert, LOW);
}
if (d>40){
noTone(buzzer);
digitalWrite(rouge, LOW);
digitalWrite(jaune, LOW);
digitalWrite(vert, LOW);
}
Serial.print(i);
Serial.print(",");
Serial.print(d);
Serial.print(".");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("distance:");lcd.print(d);lcd.print(" cm");lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("l'angle:");lcd.print(i);lcd.write(byte(1));lcd.print(" ");
delay(50);
}
for (i=180;i>=0;i--)
{
motor.write(i);
digitalWrite(pingPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(pingPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);// il reste 5v pendant 10 micro sec
digitalWrite(pingPin, LOW); //trigger low = 0v
duration = pulseIn(echoPin,HIGH);
d=duration/58;
echo=analogRead(echoPin);
// Serial.println(echo);
```

```
if((d<40) && (d>30) ) {
  tone(buzzer, 300);
  digitalWrite(vert, HIGH);
  digitalWrite(rouge, LOW);
  digitalWrite(jaune, LOW); }
if((d<30) && (d>20) ) {
  tone(buzzer, 1500);
  digitalWrite(jaune, HIGH);
  digitalWrite(rouge, LOW);
  digitalWrite(vert, LOW);
}

if(d<20) {
  tone(buzzer, 3000);
  digitalWrite(rouge, HIGH);
  digitalWrite(jaune, LOW);
  digitalWrite(vert, LOW);
}
if (d>40){
  noTone(buzzer);
  digitalWrite(rouge, LOW);
  digitalWrite(jaune, LOW);
  digitalWrite(vert, LOW);
}
Serial.print(i);
Serial.print(",");
Serial.print(d);
Serial.print(".");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("distance:");lcd.print(d);lcd.print(" cm");lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("l'angle:");lcd.print(i);lcd.write(byte(1));lcd.print(" ");
delay(50);
}}
```

### III.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté et réalisés un Radar de détection à l'aide de la carte électronique Arduino méga, afin de mesurer la distance et la direction des objets à travers un capteur à ultrason et dans les directions de 0 à 180° à l'aide du servomoteur.

# **Conclusion Générale**

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Notre projet s'inscrit dans le contexte du système radionavigation bateau, ce travail comporte une partie théorique accompagnée d'une réalisation, dans le but d'avoir un aperçu général sur les équipements utilisés en maritime pour permettre une navigation sécurisée.

On a vu dans le premier chapitre, L'AIS qui est devenu en peu de temps un outil opérationnel exploité par de nombreux acteurs, utilisé pour la sécurité des navires en mer.

Dans le deuxième, chapitre nous avons présenté la VHF le moyen le plus sûr de se faire entendre en cas d'urgence, et le radar naval qui s'avère très pratique de jour comme de nuit.

On a passé à la réalisation du radar Arduino qui a été conçu dans ce projet pour but de détecter les objets; ce qui aide à éviter les collisions par ondes sonores comme utilisés en mer par le sonar ou le radar naval pour détecter les obstacles.

La conception de ce système radar est passée par deux étapes principales qui sont: l'interconnexion des différents composants utilisés et la programmation de la carte Arduino. Après réalisation le système radar fonctionne en rotation sur une gamme de 180 degrés et calcule la distance avec l'angle de l'objet sur une portée de 40 cm. Le radar conçu est commandé par un programme implémenté sur la carte Arduino. En outre l'utilisation du logiciel Processing permettra la visualisation d'obstacles détectés sur ordinateur.

Quelques tests ont été effectués avec radar réalisé, pour vérifier le bon fonctionnement du système.

Comme perspectives de ce travail, des améliorations sur le système radar peuvent être réalisées tel que l'utilisation d'un capteur de distance plus performant pour la détection d'objets sur une plus grande portée. L'utilisation d'un matériel plus performant donnera des résultats plus fiables et plus précis.

# **Références**

# **Bibliographiques**

## Références bibliographique

---

[1] Alleau, C. (2017). Transmettre et stocker l'information. Éditions universitaires européennes.

[2] EL BOUDAMOSSI. M, (2012), système d'information portuaire logistique et navire. [Http://fr.slideshare.net/MohamedElBoudamoussi/systme-dinformation-portuaire-logistique-et-navire](http://fr.slideshare.net/MohamedElBoudamoussi/systme-dinformation-portuaire-logistique-et-navire), consulté le 25/7/2020.

[3] Ronan Kerbirou, Arnaud Serry. (15-17 novembre 2017). le système d'identification automatique (AIS) : une source de données pour étudier la circulation maritime. « Construire la ville portuaire de demain en Afrique atlantique » (17p). Kribi (Cameroun): l'Union Européenne avec le Fonds Européen de Développement Régional et par le conseil régional de Normandie.

[4] l'organisation maritime internationale . (2006). système d'identification automatique. 4 Albert Embankment, london SE1 7SR: Royaume-Uni par ashford Press Ltd.

[5] Pernelle ADJRAHOUA, « La régulation du trafic maritime par le VTS: cas du port d'Abidjan », Capitaine au long cours de la marine marchande 2010, Académie régionale des sciences et techniques de la mer (ARSTM) d'Abidjan.

[6] Wikipédia l'encyclopédie libre. Système d'identification automatique : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me\\_d%27identification\\_automatique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d%27identification_automatique).

[7] Recommendation ITU-R M.1371-4 (04/2010) - Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band.

[9] Recommendation UIT-R M.1371\*. (1998). caractéristiques techniques d'un système d'identification automatique universel de bord pour navire, utilisant l'accès multiple par répartition dans le temps et fonctionnant dans la bande attribuée aux services mobiles maritimes en ondes métriques.

[10] BALLI, H. (2013). Satellite AIS For Dummies®, Special Edition. Elizabeth McCurdy.

## Références bibliographique

---

[11] USHIP tout pour naviguer. (2018). Consulté le aout 3, 2020, sur Uship: <https://www.uship.fr/default/blog/post/comment-fonctionne-une-vhf>.

[12] TESTU, O. (MARS 2013). Guide d'installation d'une antenne VHF marine.(44p). F4CLS / SNS 075 .

[13] les radars. Consulté le juillet 27, 2020, sur orangemarine: <https://www.orange-marine.com/content/52-les-radars>.

[14] MANGINI, G. (Le 8 Mars 2013). Etude d'un radar cohérent fonctionnant en mode pulsé: application à la surveillance maritime, mémoire de thèse en électronique L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER 2, 133P.

[15] BOLE, A. G., WALL, A. D., & NORRIS, A. (2013). Radar and ARPA Manual: Radar, AIS and Target Tracking for Marine Radar Users. Butterworth-Heinemann.

[16] Annick PLAGELLAT-PENARIER. Introduction aux RADARS.2015-2016. Master2, Département EEA, Institut d'électronique, Université de MONTPELLIER.

[17] Radar, Plus fort que vos yeux !. Consulté le AOUT 12, 2020, sur accastillage diffusion : <https://www.accastillage-diffusion.com/conseil/radar.html>.

[18] Bréhaut, D. (2013). GMDSS: A user's handbook. A&C Black.

[19] MOUSSAOUI Amira, «Conception et réalisation d'un bras manipulateur commandé par l'Arduino Méga 2560», mémoire de master 2 en Modélisation et Simulation en Mécanique, université M'hamed Bougara de Boumerdes. Promotion 2016/2017.

[20] Lucien Bachelard. HC-SR04 -Module de détection aux ultrasons -Utilisation avec Picaxe.(3p).

[21] MCHobby-Wiki. Servo-Moteur: [https://wiki.mchobby.be/index.php?title=Servo-Moteur&mobileaction=toggle\\_view\\_desktop](https://wiki.mchobby.be/index.php?title=Servo-Moteur&mobileaction=toggle_view_desktop).

## Références bibliographique

---

[22] zeste de savoir. Les écrans LCD: [https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/748\\_laffichage-une-autre-manieredinteragir/3443\\_les-ecrans-lcd/](https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/748_laffichage-une-autre-manieredinteragir/3443_les-ecrans-lcd/).

[23] BENRABAH Youcef Islam & BOUHINI Mouhammed Yacine, « Étude et réalisation d'un Radar électronique « Radar à ultrason», mémoire de master 2 en Télécommunications, Université Djilali Bounaama Khemis Miliana. Algérie. Promotion 2016/2017.

[24] Reas and Ben Fry. Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists (Second Edition). December 2014, The MIT Press.

# **ANNEXE A**

Présentation de l'entreprise  
D'accueil

## I.1 Introduction

Dans ce chapitre, on a fait une brève présentation de l'entreprise portuaire de Bejaia ses activités, ses différentes directions notamment la capitainerie comme lieu de stage et langage marin utilisé.

## Partie 1 : port

### I.2 Port



**Figure a.1** : Port de Bejaia un port multiservices.

Le port de Bejaia est un port algérien, classé le 2ème port en marchandises générales et 3ème port pétrolier, donc consacré aux commerce international et hydrocarbure, il joue un rôle très important dans les transactions international vu sa place et sa position géographique, il est également le 1<sup>er</sup> port en Algérie certifié ISO 9001.2000 pour l'ensemble de ses prestations, et avoir ainsi installé un système de management QHSE.

A l'image de tous les ports du monde, le port de Bejaia est une plaque tournante du transit des marchandises et donc un point névralgique.

Le port de Bejaia s'étale sur une superficie totale de 79 hectares. Sa surface d'emmagasinage s'étale sur 422.000 m<sup>2</sup> dont 17.500 m<sup>2</sup> couverts. Il dispose d'environ 3235 m

## ANNEXE A

---

de quai, répartis entre 16 postes à quai pour navires de marchandises générales, 03 postes à quai pour navires pétroliers, 02 postes RO/RO et 01 poste gazier.

### I.3 Situation géographique



**Figure a.2** : Situation géographique du port.

Le port de Bejaia est situé sur la cote de l'Algérie le long de la baie de Bejaia, il a une position géographique ;

Latitude : 36°45'24" Nord et une longitude de : 05°05'50" Est.

Il est protégé des forts vents et de la houle par les chaines de montagne de Gouraya et des babour.

Délimité :

- Au Nord par la route nationale N°9.
- Au Sud par les jetées de fermeture et du large sur une largeur 2750m.
- A l'Est par la jetée Est.
- A l'Ouest par la zone industrielle de Bejaia.

### I.4 Entreprise portuaire de Bejaia (EPB)

L'entreprise portuaire de Bejaia a été créée par décret n°82-285 du 14 Août 1982 ; Elle a le statut d'entreprise socialiste, conformément aux principes de la charte de l'organisation des entreprises, aux dispositions de l'ordonnance n° 71-74 du 16 Novembre 1971 relative à la gestion socialiste des entreprises et les textes pris pour son application à l'endroit des ports maritimes.

L'EPB est transformée en une entreprise Publique Economique, Société par Actions (EPE-SPA) depuis le 15 Février 1989.

#### ➤ objectifs de l'entreprise

- participer au développement socio-économique.
- Mettre en place un bon climat d'affaires pour attirer le partenariat.
- optimiser la compétitivité de la chaîne logistique.
- maintenir le Port de Bejaïa au rang de port performant, catalyseur de la compétitivité de l'économie nationale.

#### I.4.1 Organigramme générale

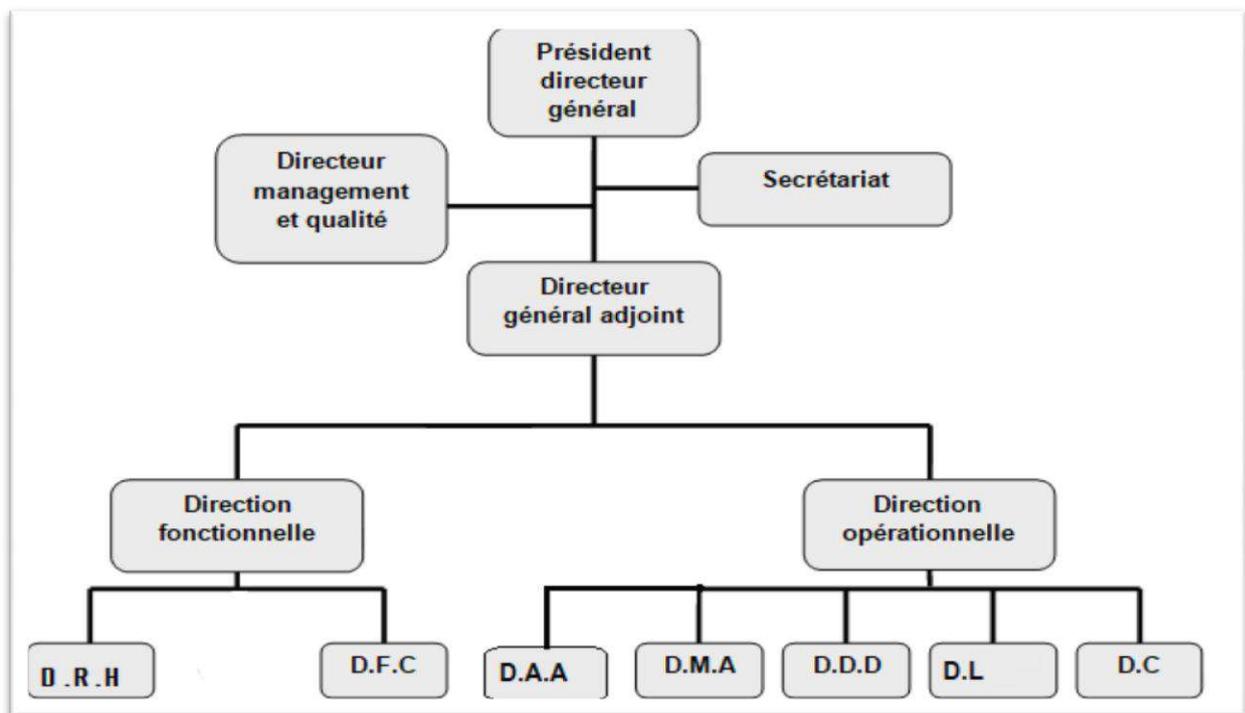


Figure a.3: Organigramme organisationnel de l'E.B.P.

L'organigramme actuel de l'entreprise portuaire de Bejaia est structuré en deux staffs de direction, l'une dite directions opérationnelles, l'autre fonctionnelles, a leur tête un président directeur général « PDG », secondé par un directeur général adjoint.

1/Les Directions Fonctionnelles :

- La Direction Des Ressources Humaines.
- La Direction Finances et Comptabilités.

2/Les Directions Opérationnelles :

- La Direction Manutention et Acconage.
- La Direction Domaine et Développement.
- La Direction achats et approvisionnement.
- LA Direction Logistique.
- La Direction Capitainerie (Direction lieu de stage) :

La capitainerie est en quelques sortes le chef d'orchestre de l'accueil des navires dans le port, c'est elle qui en est le premier point de contact, ces vocations majeurs sont les sécurités des navires, la sûreté, l'hygiène, et le bon ordre dans l'enceinte portuaire, aussi bien du coté mer tel les bassins, la rade.

La direction de la capitainerie est subdivisée en 4 départements :

- Le Département Police et Sécurité.
- Le Département Aide à la Navigation.
- Département armement remorquage.
- Département commercial.

### I.5 Différents types de Navires



**Figure a.4** : Différents types de navires.

Le port de Bejaia est un port multiservice (Port pétrolier, Port de commerce, Port de pêche, port de plaisance), il accueille différents types de navires transportant différents types de marchandises provenant des quatre coins du monde. La plupart des navires viennent décharger, et l'export se réduit au hydrocarbure, sucre, produit dans des conteneurs : dattes, sucre liège.

1-Navire de commerce tel que : GPL, Pétrolier, chimiquier, les vraquiers (sucre, céréale), Porte-conteneurs, RO/RO.

2-Navire de services tel que : cable-layers, Tugboats, Barges, les navires scientifiques, navire pilote.

3-Navire passagers : les navires de croisière et de plaisance (Yacht et voiliers).

4-Navire de pêche : les navires de traitement de poisson, chalutiers.

## Partie 2 : communication maritime

### I Langage maritime

Les communications entre le navire et les stations terrestres, entre les navires ou entre les membres d'équipage à bord des navires doivent être précises, simples et sans ambiguïté. Les problèmes de communication peuvent entraîner des malentendus qui mettent en danger le navire, les personnes à bord et l'environnement donc un langage standardisé est très important dans la sûreté et la sécurité de la navigation.

- **Épellation**

Les gens de mer doivent avoir l'aptitude à utiliser et comprendre le SMCP (standard marine communication phrases) de l'IMO ont été adoptés en novembre 2001

Épellation des chiffres et lettres Lorsqu'il est nécessaire d'épeler un mot ou de prononcer un chiffre, seuls les tableaux d'épellation ci-après devraient être utilisés :

Lettre	Code	Lettre	Code	Chiffre	Épellation	Prononciation
A	<u>A</u> lfa	N	<u>N</u> ovember	0	Zero	<b>ZEERO</b>
B	<u>B</u> ravo	O	<u>O</u> scar	1	One	<b>WUN</b>
C	<u>C</u> harlie	P	<u>P</u> apa	2	Two	<b>TOO</b>
D	<u>D</u> elta	Q	<u>Q</u> uebec	3	three	<b>TREE</b>
E	<u>E</u> cho	R	<u>R</u> omeo	4	Four	<b>FOWER</b>
F	<u>F</u> oxtrot	S	<u>S</u> ierra	5	Five	<b>FIFE</b>
G	<u>G</u> olf	T	<u>T</u> ango	6	Six	<b>SIX</b>
H	<u>H</u> otel	U	<u>U</u> niform	7	seven	<b>SEVEN</b>
I	<u>I</u> ndia	V	<u>V</u> ictor	8	eight	<b>AIT</b>
J	<u>J</u> uliet	W	<u>W</u> hisky	9	Nine	<b>NINER</b>
K	<u>K</u> ilo	X	<u>X</u> -ray	1000	thousand	<b>TOUSAND</b>
L	<u>L</u> ima	Y	<u>Y</u> ankee			
M	<u>M</u> ike	Z	<u>Z</u> ulu			

**Figure a.5** : Epellation utilisée pour la prononciation d'un mot ou d'un chiffre.

### **II Conclusion**

Ce chapitre nous a permis d'avoir un aperçu sur le port, ses différentes activités et le langage standardisé utilisé pour éviter les malentendus et de savoir que derrière tous ces succès on trouve un nombre important de personnes que grâce à leurs compétences cette entreprise est aujourd'hui un important moteur commercial pour la région.

# **ANNEXE B**

## *Programme processing*

```
import processing.serial.*;

import java.awt.event.KeyEvent;

import java.io.IOException;

Serial myPort; // defines Object Serial

// defubes variables

String angle="";

String dist="";

String data="";

String noObject;

float pixsDistance;

int iAngle, iDistance;

int index1=0;

int index2=0;

PImage radar1;

void setup() {

    size (1300, 730);

    smooth();

    radar1=loadImage("radar1.PNG");

    myPort = new Serial(this,"COM4", 9600);

    myPort.bufferUntil('.');

}
```

## ANNEXE B

---

```
void draw() {  
  noStroke();  
  fill(0,4);  
  rect(0, 0, width, height-height*0.065);  
  image(radar1,1090,10);  
  
  fill(98,245,31);  
  drawRadar();  
  drawLine();  
  drawObject();  
  drawText();  
}  
  
void serialEvent (Serial myPort) {  
  data = myPort.readStringUntil('.');  
  data = data.substring(0,data.length()-1);  
  
  index1 = data.indexOf(",");  
  angle= data.substring(0, index1);  
  dist= data.substring(index1+1, data.length());  
  iAngle = int(angle);  
  iDistance = int(dist);  
}  
  
void drawRadar() {  
  pushMatrix();  
  translate(width/2,height-height*0.074);  
  strokeWeight(2);  
  stroke(98,245,31);
```

## ANNEXE B

---

```
arc(0,0,400,400,PI,TWO_PI);

arc(0,0,700,700,PI,TWO_PI);

arc(0,0,930,930,PI,TWO_PI);

arc(0,0,1220,1220,PI,TWO_PI);

line(0,0,(-width/2)*cos(radians(30)),(-width/2)*sin(radians(30)));
line(0,0,(-width/2)*cos(radians(60)),(-width/2)*sin(radians(60)));
line(0,0,(-width/2)*cos(radians(90)),(-width/2)*sin(radians(90)));
line(0,0,(-width/2)*cos(radians(120)),(-width/2)*sin(radians(120)));
line(0,0,(-width/2)*cos(radians(150)),(-width/2)*sin(radians(150)));
line((-width/2)*cos(radians(30)),0,width/2,0);

popMatrix();
}

void drawObject() {
  pushMatrix();

  translate(width/2,height-height*0.074);

  strokeWeight(9);

  stroke(255,10,10); // red color

  pixsDistance = iDistance*((height-height*0.1666)*0.025);

  if(iDistance<40){

    line(pixsDistance*cos(radians(iAngle)),-pixsDistance*sin(radians(iAngle)),(width-
width*0.505)*cos(radians(iAngle)),-(width-width*0.505)*sin(radians(iAngle)));

  }

  popMatrix();
}

void drawLine() {
```

## ANNEXE B

---

```
pushMatrix();

strokeWeight(9);

stroke(30,250,60);

translate(width/2,height-height*0.074);

line(0,0,(height-height*0.12)*cos(radians(iAngle)),-(height-height*0.12)*sin(radians(iAngle)));
popMatrix();

}

void drawText() {

pushMatrix();

if(iDistance>40) {

noObject = "Out of Range";

}

else {

noObject = "In Range";

}

fill(0,0,0);

noStroke();

rect(0, height-height*0.0648, width, height);

fill(98,245,31);

textSize(25);

text("10cm",800,675);

text("20cm",950,675);

text("30cm",1090,675);

text("40cm",1200,675);

textSize(20);

fill(#F50792);
```

## ANNEXE B

---

```
text("Réalisé par:",20,20);
text("R.Khiredine.",20,50);
text("I.kessai.",20,90);

textSize(40);
fill(#24F516);
text("Object: " + noObject, width-width*0.875, height-height*0.0277);
text("Angle: " + iAngle + " °", width-width*0.48, height-height*0.0277);
text("Dist: ",width-width*0.26, height-height*0.0277);
if(iDistance<40) {
text("    " + iDistance + " cm", width-width*0.225, height-height*0.0277);
}
textSize(25);
fill(98,245,60);
translate((width-width*0.4994)+width/2*cos(radians(30)),(height-height*0.0907)-
width/2*sin(radians(30)));
rotate(-radians(-60));
text("30°",0,0);
resetMatrix();
translate((width-width*0.503)+width/2*cos(radians(60)),(height-height*0.0888)-
width/2*sin(radians(60)));
rotate(-radians(-30));
text("60°",0,0);
resetMatrix();
translate((width-width*0.507)+width/2*cos(radians(90)),(height-height*0.0833)-
width/2*sin(radians(90)));
rotate(radians(0));
text("90°",0,0);
resetMatrix();
```

## ANNEXE B

---

```
    translate(width-width*0.513+width/2*cos(radians(120)),(height-height*0.07129)-  
width/2*sin(radians(120)));  
  
    rotate(radians(-30));  
  
    text("120°",0,0);  
  
    resetMatrix();  
  
    translate((width-width*0.5104)+width/2*cos(radians(150)),(height-height*0.0574)-  
width/2*sin(radians(150)));  
  
    rotate(radians(-60));  
  
    text("150°",0,0);  
  
    popMatrix();  
  
}
```

# Résumé

## Résumé

Ce projet a pour but de présenter et d'étudier quelques systèmes et technologies utilisés en mer afin de limiter au maximum les collisions et d'éviter les obstacles pour garantir une navigation sécurisée comme les VHF, Radar, AIS, qui sont des équipements indispensables sur les navires.

Il comporte aussi une réalisation d'un prototype de système Radar à ultrason programmé qui permet de détecter les cibles et mesurer la distance. Notre radar basé sur un capteur ultrason et une carte Arduino, ainsi qu'un servomoteur pour couvrir une zone de 180 degrés.

**Mots clés :** Navire, AIS, Radar naval, VHF, Arduino, ultrason.

## Abstract

This project aims to present and study some systems and technologies used at sea in order to minimize collisions and avoid obstacles to guarantee safe navigation such as VHF, Radar, AIS, which are essential equipment on the boats.

It also includes a realization of a prototype programmed ultrasonic radar system that can detect targets and measure distance. Our radar based on an ultrasonic sensor and an Arduino board, as well as a servo motor to cover an area of 180 degrees.

**Keywords:** Ship, AIS, Naval radar, VHF, Arduino, ultrasound.