

# **Page de garde**

# Dédicace



Je dédie ce projet :

**A ma chère mère**

**A mon cher père**

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler

pour que je puisse atteindre mes objectifs.

**A mes chers frères**

**A ma chère sœur**

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

**A ma chère binôme**

Pour sa entente et sa sympathie.

**A mon cher fiancé**

Pour ses conseils



**Messai Ameni**

# Dédicace



J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail,

**A ma très chère mère**, qui me donne toujours

l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

**A mon très cher père**, pour ses encouragements, son

soutien, surtout pour son amour et son sacrifice

afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

**A mon cher frère et ma sœur**

**A mes meilleurs amis**

et tout qui m'aide et compulse ce modeste travail.

Enfin, je remercie **mon binôme** qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.



**Issaoui Wejden**

# Remerciement

Nous profitons de cette occasion pour s'adresser nos vifs remerciements à notre encadreur **MS.SAMI ZEMMEL** pour ses efforts, sa disponibilité et ses précieux conseils qui nous ont été d'un grand apport tout au long de notre travail.

Le monde de la navigation nous serait encore inconnu sans l'initiative de monsieur **DARGHOUTHI NAJEH**, notre encadreur industrielle à l'Aéroport international Gafsa, qui nous a encouragé à découvrir ce domaine. Nous tenons à lui adresser notre profonde gratitude

pour nous avoir incité et encouragé à progresser dans l'étude de ce domaine et à dépasser nos idées préconçues.

Nous réservons nos mercis les plus profonds à nos parents qui nous ont permis d'arriver jusque là, qui ont toujours cru en nous, qui nous ont encouragé et nous ont donné la force d'aller jusqu'au bout.

Nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# **Table des matières**

<b>Dédicace</b>	<b>1</b>
<b>Remerciments</b>	<b>2</b>
<b>Listes des figures</b>	<b>3</b>
<b>Listes des tableaux</b>	<b>4</b>
<b>Listes d'abréviation</b>	<b>5</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>6</b>
<b>CHAPITRE I : cadre de projet</b>	<b>7</b>
<b>I-1 Introduction</b>	<b>8</b>
<b>I-2 Présentation de la société d'accueil</b>	<b>9</b>
<b>I-2-1 OACA</b>	<b>10</b>
<b>I-3 Aéroport international Gafsa ksar AIGK</b>	<b>11</b>
<b>I-3-1 Unité de maintenance</b>	<b>12</b>
<b>I-3-2 Position hiérarchique de l'unité de maintenance des équipements aériennes</b>	<b>13</b>
<b>I-4 Présentation du sujet</b>	<b>14</b>
<b>I-5 Contexte de sujet</b>	<b>15</b>
<b>I-5-1 Station d'aide à la navigation</b>	<b>16</b>
<b>I-5-2 Equipement VOR</b>	<b>17</b>
<b>I-5-3 Principe de système DME</b>	<b>18</b>
<b>I-5-4 Fonction d'alimentation</b>	<b>19</b>
<b>I-5-5 Présence des climatiseurs</b>	<b>20</b>
<b>I-6 Problématique</b>	<b>21</b>
<b>I-7 Solution proposée PFE</b>	<b>22</b>

<b>I-8 Objectif attendue du projet</b>	<b>21</b>
<b>I-9 schémas synoptiques</b>	<b>22</b>
<b>I-10 Conclusion</b>	
<b>CHAPITREII: Etude et Analyse globale de projet</b>	<b>23</b>
<b>II- 1 Introduction</b>	<b>24</b>
<b>II-2 Concept général du système de commande et contrôle</b>	<b>25</b>
<b>II-2- 1 La transmission numérique via les ondes hertzienne</b>	<b>26</b>
<b>II-2-2 Le support de transmission Radio</b>	<b>27</b>
<b>II-2-3 Les obstacles</b>	<b>28</b>
<b>II-3 Analyses fonctionnelle</b>	<b>29</b>
<b>II-3 - 1 Les ondes et Les antennes</b>	<b>30</b>
<b>II-3- 1-1 Les ondes électromagnétiques</b>	<b>31</b>
<b>II-3- 1-2 les ondes radio électriques</b>	<b>32</b>
<b>II-3- 1-3 LANTEENNE</b>	<b>33</b>
<b>II-3-2 Modulation FSK</b>	<b>34</b>
<b>II-3-3 Emetteur</b>	<b>35</b>
<b>II-3-3- 1 La Modulation</b>	<b>36</b>
<b>II-3-3-2 Le Filtrage</b>	<b>37</b>
<b>II-3-3-3 Codage</b>	<b>38</b>
<b>II-3-3-4 Conversion analogique/numérique</b>	<b>39</b>

<b>II-3-4 Récepteur</b>	<b>40</b>
<b>II-3-4-1 Réception</b>	<b>41</b>
<b>II-3-4-2 Démodulation</b>	<b>42</b>
<b>II-3-4-3 Décodage</b>	<b>43</b>
<b>II-3-4-4 Mixeur</b>	<b>44</b>
<b>II-3-4-5 Amplificateur HF</b>	<b>45</b>
<b>II-4 Conception de système</b>	<b>46</b>
<b>II-4-1 Carte Arduino</b>	<b>47</b>
<b>II-4-1-1 Présentation de la Carte ARDUINO</b>	<b>48</b>
<b>II-4-1-2 Caractéristique d'un Arduino Uno</b>	<b>49</b>
<b>II-4-2 Présentation de la carte Lorabee</b>	<b>50</b>
<b>II-4-2-1 Les avantages lorabee</b>	<b>51</b>
<b>II-4-2-2 Protocole z-wave :</b>	<b>52</b>
<b>II-4-2-3 Protocole zigbee</b>	<b>53</b>
<b>II-4-2-4 Zigbee VS Z-Wave</b>	<b>54</b>
<b>II-5 Conclusion</b>	<b>55</b>
<b>CHAPITRE III: conception et réalisation de système</b>	<b>56</b>
<b>III-1 Introduction</b>	<b>57</b>
<b>III-2 Méthodologie</b>	<b>58</b>
<b>III-3 Logiciel et plate forme utilisé</b>	<b>59</b>
<b>III-3-1 Interface graphique</b>	<b>60</b>

<b>III-3-2 La plate forme Processing</b>	<b>61</b>
<b>III-3-2-1 Séquence d'un programme Processing</b>	<b>62</b>
<b>III-3-3 Gestion de communication et des entrées /sorties</b>	<b>63</b>
<b>III-4 Configuration programme Arduino</b>	<b>64</b>
<b>III-4-1 Communication Processing Arduino</b>	<b>65</b>
<b>III-4-1-1 Communication Arduino ← processing (Arduino reçoit)</b>	<b>66</b>
<b>III-4-1-2 Communication Processing → Arduino (processing envoi)</b>	<b>67</b>
<b>III-4-1-3 Processing écoute</b>	<b>68</b>
<b>III-4-2 Configuration Lorabee pour communiquer de donnée</b>	<b>69</b>
<b>III-4-2-1 Communication avec un autre Arduino (émission)</b>	<b>70</b>
<b>III-4-2-2 Communication avec un autre arduino (réception)</b>	<b>71</b>
<b>III-5- Interfaçage arduino avec les équipements de la station de navigation</b>	<b>72</b>
<b>III-6 boiter de commande</b>	<b>73</b>
<b>III-6-1 branchement de boiter de commande</b>	<b>74</b>
<b>III-7 Algorithme d'une séquence de commande</b>	<b>75</b>
<b>III-8 Algorithme d'une séquence d'un signal d'alarme</b>	<b>76</b>
<b>III-9 Description de fonctionnement</b>	<b>77</b>
<b>III-10 Simulation</b>	<b>78</b>
<b>III-11 Conclusion</b>	<b>79</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>80</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>81</b>

## **Liste des figures**

Figure 1 : Aéroport Gafsa Ksar

Figure 2 : Position de l'unité de maintenance

Figure 3 : Station VOR de Sidi Ali Ben Aoun

Figure 4 : Schéma globale d'une station d'aide a la navigation aérienne

Figure 5 : Station DME

Figure 6 : Boîte d'alimentation

Figure 7 : Climatiseur

Figure 8 : Schéma synoptique de commande et contrôle d'une station

Figure 9 : Schéma d'une onde électromagnétique

Figure 10 : Antenne Yagi

Figure 11 : Modulation FSK

Figure 12 : Schéma d'un émetteur radio

Figure 13 : Exemple d'une modulation

Figure 14 : Principe de Filtrage

Figure 15 : Exemple de codage MANCHESTER et codage NRZ

Figure 16 : Schéma d'un convertisseur analogique numérique

Figure 17 : Schéma d'un récepteur radio

Figure 18 : Démodulation

Figure 19 : Schéma d'un mixeur

Figure 20 : Schéma d'un amplificateur simplifié

Figure 21 : Exemples des cartes Arduino

Figure 22 : Photo descriptif de la carte Arduino Uno

Figure 23 : Photo de carte Lorabee

Figure 24 : Méthodologie adoptée

Figure 25 : Interface de processing

Figure 26 : Interface de futur système

Figure 27 : Séquence de communication entre Processing et Arduino

Figure 28 : Module lorabee

Figure 29 : CTU Interface pour tester zigbee

Figure 30 : Test de résultat sur PC

Figure 31 : schéma fonctionnel de système

Figure 32 : synoptique de connexion

Figure 33 : Algorithme d'une séquence de commande

Figure 34 : séquence d'un signal d'alarme

Figure 35 : circuit de mode de fonctionnement

Figure 36 : teste d'émission et réception

Figure 37 : teste de commande

## **Liste des tableaux**

Tableaux 1 : Description de l'aéroport de Gafsa

Tableaux2 : Différents catégories de la fréquence

Tableau 3 : *Caractéristique d'un Arduino Uno*

Tableau4 : Gain d'une antenne filaire

Tableau5 : Caractéristique d'une carte Arduino Uno

## **Liste d'abréviation**

**OACA** = Aéroport international de Gafsa-Ksar

**AIGK** = Aéroport international Gafsa ksar

**VOR** = VHF Omnidirectionnel Range

**DME** = Dispositif de mesure de distance

## Résumé:

Notre présent PFE s'articule autour de concept de l'internet des objets (IOT) appliqué dans le domaine industriel de commande et de contrôle à distance.

Suite à l'étude des systèmes existants concernant l'environnement de la station VOR au point de vue sécurité, commande et contrôle des équipements , gestion alimentation et intervention en temps réel, nous avons proposé une solution de contrôle et de commande qui répond aux objectifs, basée sur des technologies open- hardware (Arduino, protocole zigbee et leur environnement).Afin de contrôler et commander le système à distance par le biais d'une interface graphique (qu'on a développé sous le plateforme Processing) via onde hertzienne, ainsi le déploiement d'un programme Arduino, un programme Processing et les tests de différentes fonctions de système proposé qui nous a été inévitable.

**Mots clés :** VOR, DME, Arduino, lorabee, onde hertzienne, protocole zigbee, interface graphique, processing, Z -wave

## Summary

Our present PFE revolves around the concept of the Internet of Things (IOT) applied in the industrial field of remote control and monitoring.

Following the study of existing systems concerning the environment of the VOR station from the point of view of security, command and control of equipment, power supply management and real-time intervention, we have proposed a control and command solution that meets the objectives, based on open-hardware technologies (Arduino, zigbee protocol and their environment). Thus the deployment of an Arduino program, a Processing program and the tests of various functions of the proposed system which was inevitable for us.



Dans un mode actif et continuellement éducatif la motivation d'avoir des moyens performants et efficace d'échanges d'information et la prise en main de contrôle des différents équipements distant devient un objectif fondamental à mettre en œuvre pour l'industrie. Cette motivation donne naissance a une révolution favorisant lances a distance pour effectuer les taches de maintenance préventive et parfois corrective et surveiller des équipements distants sous la combinai sondes, système électronique, informatique et connexion internet.

De nos jours ces systèmes électronique et informatique isolés tendent à disparaître, donc on fait un mélange entre ces deux systèmes avec des terminaux et des capteurs. Pour obtenir un système de télé contrôle et de télémaintenance capable d'informer les utilisateurs en temps réel de l'évolution de leurs environnements via l'accès à des contrôles et des commandes, on à recourir à combiné des systèmes électroniques et informatiques dans le but de mettre en évidence le contrôle et la télémaintenance d'une station d'aide a la navigation distant, c'est l'objet de notre PFE.

Pour atteindre cet objectif, on a choisi de réaliser ce projet. Afin de mettre en évidence un ensemble de taches pour maîtriser les différents fonctionnalités de notre système télé contrôle et télémaintenance d'une station d'aide à la navigation ou il est installé l'équipement VOR.

# **Chapitre I :**

# **Cadre de projet**



Dans ce chapitre, nous allons présenter l'entreprise d'accueil, Office de l'aviation civile et des aéroport "OACA" "« Aéroport international de Gafsa-Ksar», où on a achevé notre stage de fin d'étude, aussi nous allons critiquer la domotique industrielle, l'état actuel existant ainsi que la problématique qui a amené à l'élaboration de notre travail. Enfin nous allons définir la conception de la solution proposée pour avoir un système de contrôle et de commande d'une station d'aide à la navigation

## **I-2 Présentation de la société d'accueil OACA:**

### **I-2-1 OACA**

L'OACA c'est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la Personnalité civile, militaire et de l'autonomie financière. Il est sous tutelle du Ministère du Transport et chargé de gérer, développer et d'exploiter les aéroports de notre pays. Ainsi que contrôle régional et local de la navigation aérienne en Tunisie et des services de la navigabilité.

Sur le plan de l'aviation civile :

L'exploitation, l'aménagement et le développement des aéroports ainsi que l'accomplissement de toutes les opérations et services nécessaires aux voyageurs, au public, aux aéronefs, au fret et au courrier aérien dans les aéroports.

Le contrôle régional et local de la navigation aérienne et la participation à l'exécution des plans de recherches et de sauvegarde.

Les opérations de délivrance et de renouvellement des titres du personnel civil naviguant et des documents d'aéronefs.

L'application des exigences réglementaires dans le domaine de la navigabilité des aéronefs.

### I-3 Aéroport international Gafsa ksar AIGK:

L'aéroport de Gafsa ksar et inauguré en 1999, situé a 5km de l'est de Gafsa, il englobe plusieurs unités techniques pour accomplir les services aéronautiques rendu, parmi ses unités on trouve l'unité de maintenance des équipements de la navigation aérienne ou on a effectué notre projet de fin d'étude.



Figure 1 : Aéroport Gafsa Ksar

Le tableau suivant donne une description de l'aéroport:

Tableau 1 : Description de l'aéroport de Gafsa

<b>Nom de l'Aéroport :</b>	Aéroport International de Gafsa- Ksar
<b>Date de construction :</b>	30 / 10 / 1998
<b>Date de la mise en exploitation :</b>	1999

<b>Emplacement géographique :</b>	3Km Nord Est de la ville de Gafsa
<b>Adresse :</b>	Aéroport International de Gafsa- Ksar 2151Gafsa
<b>N° de téléphone :</b>	Lignes groupées : +21676217200 / +21676217700
<b>N° de fax :</b>	+ 216 76 217 800
<b>E-mail :</b>	oaca.aigk@planet.tn
<b>Effectif de l'OACA :</b>	81 personnes
<b>Superficie de l'Aéroport :</b>	50 Ha

### **I-3-1 Unité de maintenance :**

L'unité de maintenance des équipements de la navigation aérienne sert à assurer le bon fonctionnement des installations placées sous sa responsabilité dans le cadre de garantir la continuité des systèmes des communications aéronautiques et des aides à la navigation implantée dans l'aéroport.

### **I-3-2 Position hiérarchique de l'unité de maintenance des équipements aériennes**

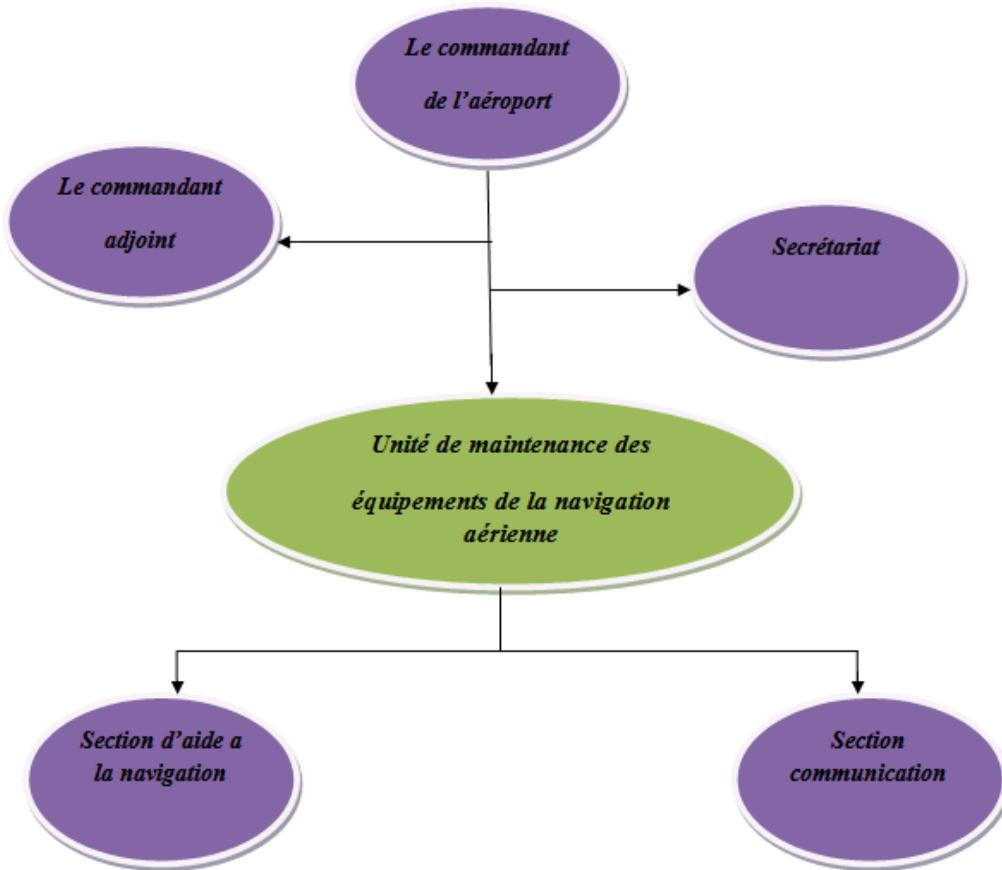


Figure -2- Position de l'unité de maintenance

#### I-4 Présentation du sujet :

Prendre en considération de l'emplacement des stations d'aide à la navigation qui sont généralement loin ce qui impose le déplacement en place pour une intervention de maintenance préventive et de contrôle. Selon l'exigence de l'OACI cette intervention doit être rapide que possible et en temps réel pour garantir un service redoutable efficace répond aux exigences de sécurité de navigation aérienne en premier lieu, et en deuxième lieu il faut être sécurisé.

Notre projet sera réalisé dans le but de répondre à un ensemble des besoins qui spécifient précisément les services demandés et attendus par la direction des équipements de la navigation aérienne. Ces services concernent principalement la maintenance préventive, le contrôle des batteries, la sécurité (détection du fumée et de la chaleur), la surveillance à distance en récupérant à tout instant l'état de la station asservie

et la commande des équipements installés dans la station.

### **I-5 Contexte de sujet:**

#### **I-5-1 Station d'aide à la navigation :**

La station d'aide à la navigation c'est une station où on peut mettre les équipements d'aide à la navigation VOR, DME, elles sont équipées par des systèmes d'alimentations de secours, des systèmes de refroidissement.

Cette station doit être surveillée à distance (mise hors ou sous tension des équipements).



Figure -3- Station VOR de sidi Ali ben Aoun

### **I-5-2 Equipement VOR :**

#### **Principe de fonctionnement de station VOR :**

**VOR** (VHF Omnidirectionnel Range) est un système de positionnement à courte et moyenne distance utilisé en navigation aérienne et fonctionnant dans la plage des fréquences VHF.

La station VOR nécessite les commandes ON/OFF et renvoi 3 états : état warning, état normal (ON), état hors service

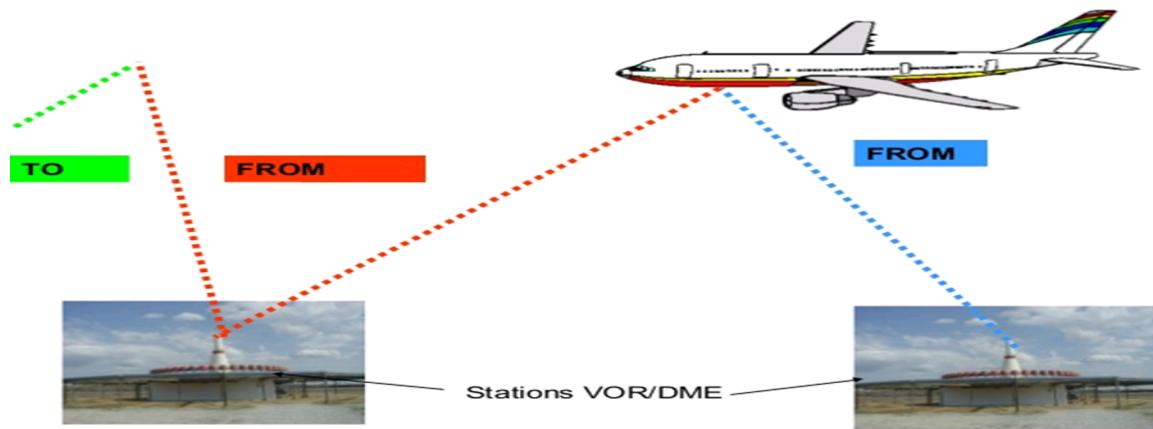


Figure -4- Schéma globale d'une station d'aide a la navigation aérienne

### I-5-3 Principe de système DME :

**DME** (dispositif de mesure de distance) est un radio-transpondeur qui permet de connaître la distance qui sépare un avion d'une station au sol en mesurant le temps que met une impulsion radioélectrique UHF (Ultra Haute Fréquence) pour faire un aller-retour.

Le Principe est simple, même si sa réalisation est complexe : l'avion envoie un message codé à la station au sol. La station le lui renvoie. Le récepteur dans l'avion mesure le temps aller-et-retour mis par le message. Il en déduit par calcul la distance entre l'avion et la balise.

Le DME nécessite les commandes ON/OFF et les contrôles : Etat warning, état normal, état hors service

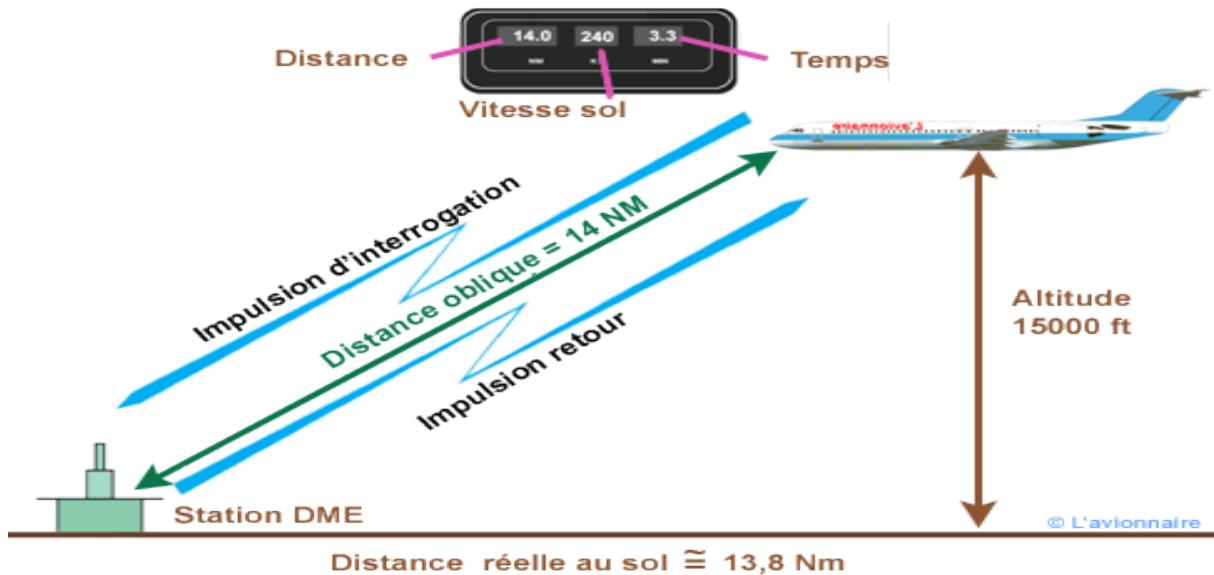


Figure -5- Station DME

#### I-5-4 Fonction d'alimentation :

L'alimentation électrique est l'ensemble des équipements électriques qui assure le transfert du courant électrique d'un réseau électrique pour le fournir, sous les paramètres appropriés (puissance, tension) de façon stable et constante à un ou plusieurs consommateurs, ce dans des conditions de sécurité généralement réglementée .

L'alimentation nécessite les commandes ON/OFF et le contrôle la valeur de tension actuel



Figure -6- boite d'alimentation

### I-5-5 Présence des climatiseurs :

Le refroidissement est assuré par deux climatiseurs qui contrôlent la température, la fonction des climatiseurs est alternée.



Figure -7- climatiseur

### I-6 Problématique :

Tenant compte de l'état existant nous pouvons tirer les problèmes et les difficultés rencontrés au cours de contrôle et de commande la station d'aide à la navigation et qu'ils peuvent toucher soit la sécurité, ou bien la continuité de service rendu.

\*Au point de vue sécurité:

- Pas d'alerte en cas d'incendie, ou en cas de coupure de courant électrique, ou en cas d'entrée non autorisée.

- pas de contrôle de l'état de température

\*Au point de vue la continuité de service rendu.

Le cas actuel, et en cas de coupure d'alimentation STEG, le système VOR est secouru par un bloc de batteries de 48V, celui-ci est protégé par un circuit de décharge (seuil minimale 43V) qui provoque le déclenchement de disjoncteur de protection d'où la station VOR est hors service. L'enclenchement de disjoncteur se fait manuellement et après le Ré-établissement de l'alimentation STEG, donc taux de disponibilité diminué.

## **I-7 Solution proposée PFE :**

### **Description en bref de fonctionnement de la solution proposée**

Avec le développement des équipements électroniques et électriques installées dans les stations d'aide à la navigation ce qui exige le confort et la sécurité et la fiabilité de communication, la présence d'un système communicant permettent de piloter de façon simple et confortable l'ensemble de ces équipements notamment l'éclairage, les climatiseurs, les ouvrants, le système alarme devient critique.

C'est dans ce contexte que se déroule notre projet de fin d'étude « Commande et contrôle d'une station d'aide à la navigation aérienne » qui consiste à mettre en place une plateforme de commande des équipements électriques à distance en utilisant un module Lorabee arduino pour l'envoi et la réception des commandes et des contrôles à partir d'une interface graphique installée sur un poste de travail dans la salle technique de l'unité de maintenance des équipements de la navigation aérienne .

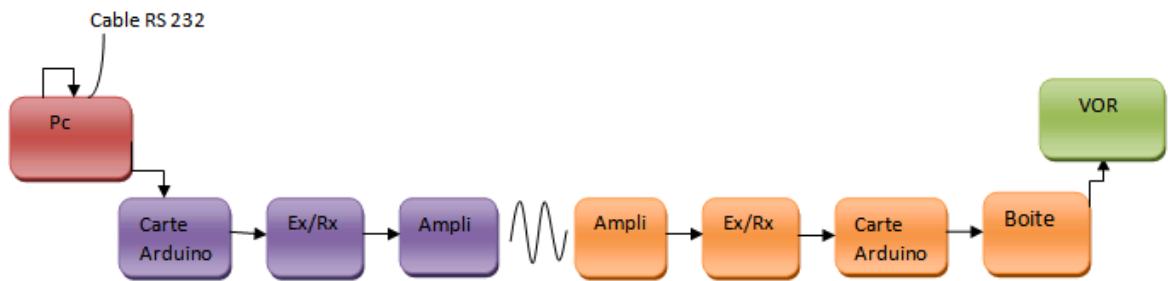
En effet, le système doit permettre à l'utilisateur la commande et le contrôle des équipements à distance, et la récupération à tout instant de l'état de son système via une interface graphique sur PC.

## **I-8 Objectif attendue du projet :**

Notre projet a pour but de créer un système basé sur l'environnement de l'arduino et module lorabee capable de convaincre les difficultés mentionnées dans le volet problématique et répond aux exigences élaborées dans le cahier de charge ci-dessous.

- Commande et contrôle des équipements via onde hertzienne.

## **I-9 Schéma synoptiques :**



Fig

## I-10 Conclusion:

Tout au long de ce chapitre, nous avons pu situer le cadre général de notre projet de fin d'études, à savoir la présentation de la société d'accueil, l'état réelle existant, les différentes difficultés rencontrées, ainsi la solution proposée par notre travail.

Finalement on a illustré une synoptique de ce système pour éclaircir les objectifs attendus du notre projet.

# **Chapitre 2 :**

# **Etudes et analyse**

# **globale de projet**

## **II-1 Introduction:**

Dans ce chapitre on va traiter un partie théorique de transmission de donnée, conception de

notre émetteur /récepteur et le critère de choix des équipements matériels et logiciels.

## **II-2 Concept général du système de commande et de contrôle:**

### **II-2-1 La transmission numérique via les ondes hertziennes:**

La transmission de données numériques via onde hertzienne implique l'envoi d'information sous forme des signaux électromagnétiques à travers l'air. Les données sont converties en signaux numériques binaires, qui sont ensuite modulés en signaux analogiques à haute fréquence, appelés ondes hertziennes. Ces ondes sont émises par une antenne de transmission et se propagent à travers l'air jusqu'à l'antenne de réception, où elles sont modulées et converties de nouveau en signaux numériques binaires.

Les composants qui sont utilisés dans la transmission de données via ondes hertziennes incluent :

- **La source de données** : c'est l'appareil qui génère les données à transmettre. Cela peut être un ordinateur, un téléphone portable ou tout autre équipement électronique capable de produire des données numériques.

- **Le modulateur** : c'est l'élément qui convertit les signaux numériques binaires produits par la source de données en signaux analogiques à haute fréquence.

- **L'antenne de transmission** : c'est l'élément qui émet les ondes hertziennes contenant les données modulées. L'antenne de transmission est généralement placée sur un émetteur ou un satellite.

- **Le canal de transmission** : c'est le support physique qui transporte les ondes hertziennes à travers l'espace jusqu'à l'antenne de réception.

- **L'antenne de réception** : c'est l'élément qui capte les ondes hertziennes émises par l'antenne de transmission.

- **Le démodulateur** : c'est l'élément qui convertit les signaux analogiques reçus par l'antenne de réception en signaux numériques binaires compréhensibles par l'équipement de réception.

## **II-2-2 Le support de transmission Radio :**

Un support de transmission radio est une structure conçue pour soutenir les antennes et les équipements nécessaires pour la transmission et la réception de signaux radio.

Ils sont utilisés dans des nombreuses applications, notamment les réseaux de diffusion radio et de télévision, les réseaux de télécommunications mobiles ...

## **II-2-3 Les obstacles :**

Il existe plusieurs obstacles qui peuvent affecter la transmission numérique via onde radio, notamment :

- **Atténuation du signal :** Le signal radio peut être affaibli ou atténué à mesure qu'il se déplace dans l'air. Cela peut être dû à des obstacles physiques tels que des bâtiments, des arbres.
- **Interférence électromagnétique :** Il peut y avoir d'autres signaux électromagnétiques dans l'environnement qui peuvent interférer avec la transmission du signal radio, tels que les signaux de télévision, les signaux de radio.
- **Bruit :** Le bruit électrique peut également affecter la qualité de la transmission. Le bruit peut être causé par des sources externes telles que les éclairs, le vent, ou par des sources internes telles que les appareils électroniques à proximité.

Ces obstacles peuvent être atténués ou évités en utilisant des techniques de transmission numérique avancées.

## **II-3 Analyses fonctionnelle :**

### **II-3-1 Les ondes et Les antennes :**

#### **II-3-1-1 Les ondes électromagnétiques**

- Les ondes électromagnétiques correspondent à la propagation d'un champ électrique et d'un champ magnétique ondulatoires perpendiculaires l'un à l'autre et dont les ondulations sont perpendiculaires à la direction de propagation.

Le schéma suivant représente une onde électromagnétique, avec en bleu  $\vec{B}$  la composante magnétique et en rouge  $\vec{E}$  le champ électrique.

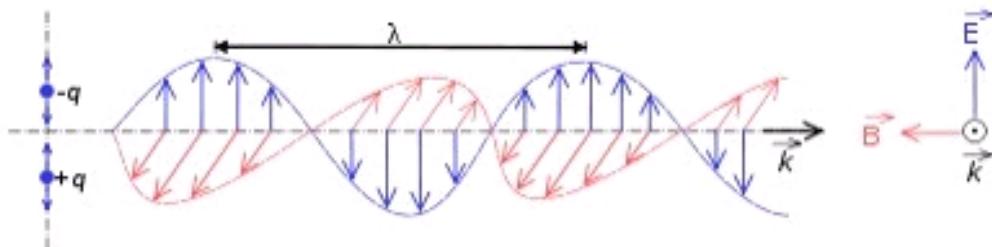


Figure -9- Schéma d'une onde électromagnétique

### II-3-1-2 les ondes radio électriques :

Les ondes radio font partie des ondes électromagnétiques mais leur fréquence ne dépasse pas les 3000 GHz (dans notre cas, l'onde émise, avec une fréquence d'environ 24 MHz est donc bien une onde radio).

D'autre part, on distingue, au sein des ondes radio, différentes catégories dont voici une description rapide et non exhaustive :

Tableau 2 : Différents catégories de la fréquence

Désignation francophone	Fréquence	Longueur d'onde	Exemples d'utilisation
BF (basse fréquence)	30 à 300 kHz	10 à 1 km	Radionavigation, Radiodiffusion, Radio- identification
MF (moyenne fréquence)	300 kHz à 3 MHz	1 km à 100 m	Radio AM
HF (haute fréquence)	3 à 30 MHz	100 à 10 m	Communication pour les vols long courrier
THF (très haute fréquence)	30 à 300 MHz	10 à 1 m	Radio FM, Télévision
		10 à 1 cm	Micro-onde

**II-3-1-3 LANTENNE :**

Le rôle principal de l'antenne est de convertir l'énergie électrique en ondes électromagnétiques et vice versa.



Figure 10 : Antenne Yagi

Remarque : il faut savoir que cette antenne offre une bande passante réduite (ce qui nous importe peu, car nous ne souhaitons capter qu'une fréquence).

Avec L la longueur d'onde :

$$L = c / F = 3,00 \times 10^8 / 27 \times 10^6 = 11 \text{ mètres}$$

**II-3-2 Modulation FSK :**

La modulation de fréquence est une technique utilisée pour moduler un signal dans laquelle la fréquence de la porteuse est modulée pour transmettre des données numériques. Dans cette technique, une fréquence est utilisée pour représenter un bit logique 1 et une autre fréquence est utilisée pour représenter un bit logique 0. Ainsi les changements de fréquence sont utilisés pour transmettre les données binaires.

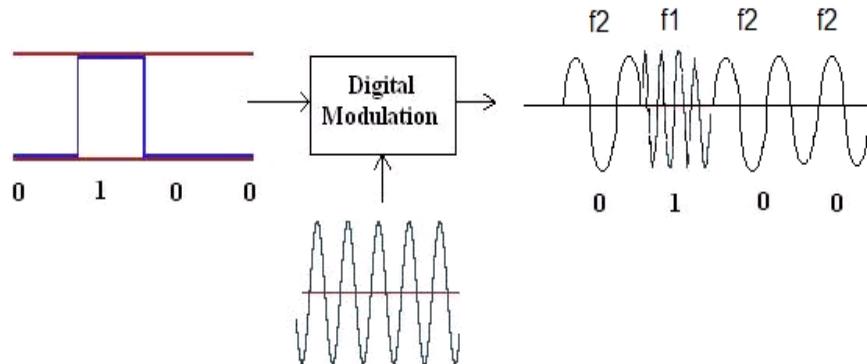


Figure - 11- Modulation FSK

### II-3-3 Emetteur :

Un émetteur d'onde radio est un dispositif électronique qui produit des ondes électromagnétiques à une certaine fréquence dans l'espace par l'intermédiaire d'une antenne.

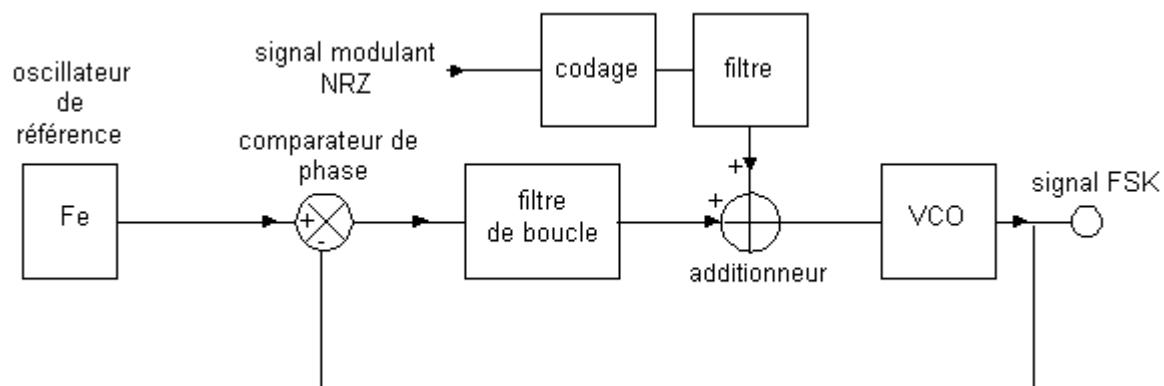


Figure - 12- Schéma d'un émetteur radio

#### II-3-3-1 La Modulation :

La modulation peut être définie comme le processus par lequel le signal est Transformé de sa forme originale en une forme adaptée au canal de transmission, par exemple en faisant varier les paramètres d'amplitude et d'argument (phase/fréquence) d'une onde

sinusoïdale appelée porteuse.

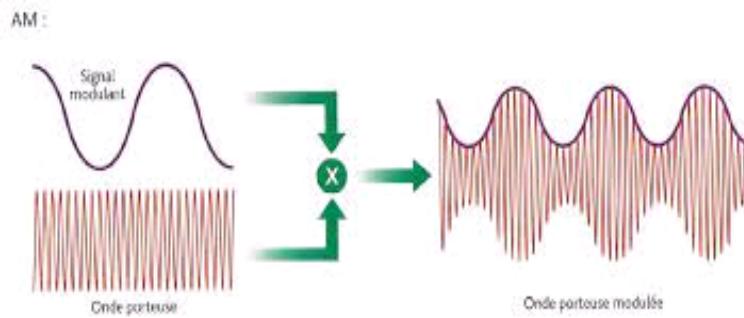


Figure - 13- Exemple d'une modulation

### II-3-3-2 Le Filtrage :

Le filtrage est une forme de traitement de signal, obtenu en envoyant le signal à travers un ensemble de circuits électroniques, qui modifient son spectre de fréquence et/ou sa phase et donc sa forme temporelle.

On distingue trois types de filtre :

.Un filtre passe-bas est un filtre qui laisse passer les basses fréquences et qui atténue les hautes fréquences, c'est-à-dire les fréquences supérieures à la fréquence de coupure.

- Un filtre passe-haut (en anglais, High-pass filter ou HPF) est un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et qui atténue les basses fréquences, c'est-à dire les fréquences inférieures à la fréquence de coupure

-Un filtre passe-bande est un filtre ne laissant passer qu'une bande ou intervalle de fréquences compris entre une fréquence de coupure basse et une fréquence de coupure haute du filtre.

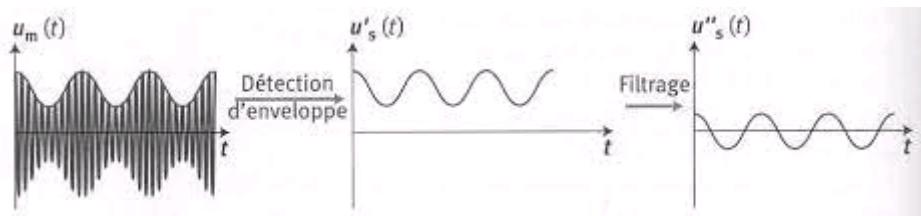


Figure - 14- Principe de Filtrage

### II-3-3-3 Codage :

Le Codage est un ensemble de signes-signaux, ainsi que ses règles fonctionnelles d'application utilisée pour formuler un message .Le codage s'effectue principalement en trois étapes :

- L'information sera exprimée par une suite de nombres (Numérisation).
- Chaque nombre est codé sous forme binaire (suite de 0 et 1).
- Chaque élément binaire est représenté par un état physique.

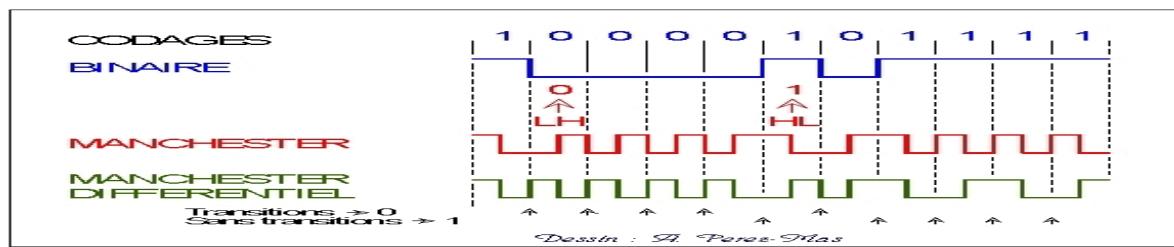


Figure - 15- Exemple de codage MANCHESTER et codage NRZ

### II-3-3-4 Conversion analogique/numérique :

Un convertisseur analogique-numérique (CAN, parfois convertisseur A/N, ou en anglais ADC pour Analog to Digital Converter ou plus simplement A/D) est un dispositif électronique dont la fonction est de traduire une grandeur analogique en une valeur numérique codée sur plusieurs bits. Le signal converti est généralement une tension électrique.

Conceptuellement, la conversion analogique – numérique peut être divisée en trois étapes:

L'échantillonnage temporel, la quantification et le codage

- . L'échantillonnage c'est le passage d'un espace de temps continu a un espace de temps discret.
- . La quantification c'est le passage d'un espace de valeur continu a un espace de valeur

discret

. Le codage c'est le chaque niveau quantifie de valeur est code sur un nombre déterminer de bit.

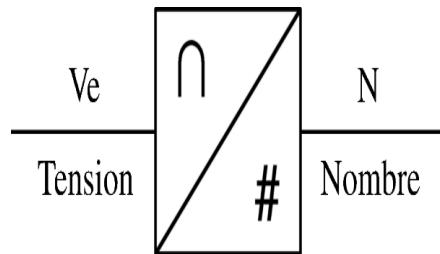


Figure - 16- Schéma d'un convertisseur analogique numériques

#### II-3-4 Récepteur :

Un récepteur radio est un dispositif électronique conçu pour capter et décoder les signaux électromagnétiques émis par des émetteurs radio situés à distance. Le fonctionnement d'un récepteur radio est basé sur la conversion des signaux électromagnétiques captés en signaux électriques analogiques, puis en signaux numériques qui peuvent être traités par un microprocesseur ou un ordinateur.

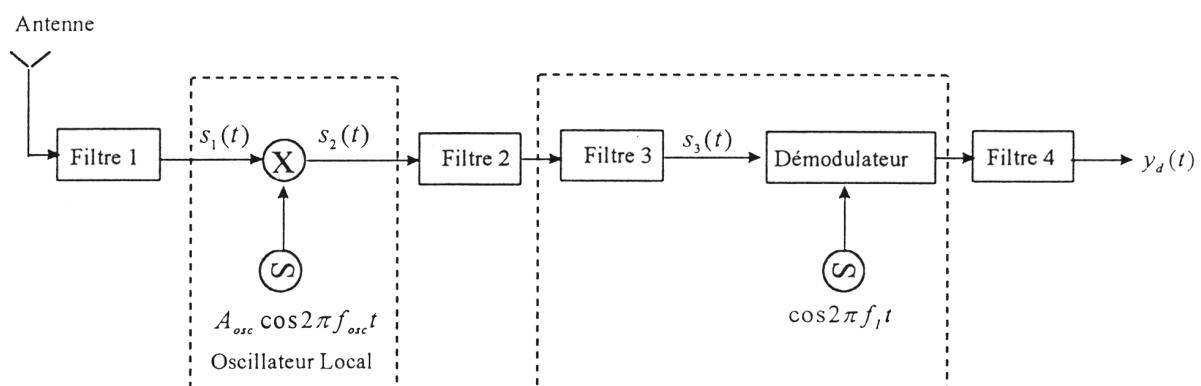


Figure - 17- Schéma d'un récepteur radio

#### **II-3-4-1 Réception :**

La réception est le processus de captage et de traitement des ondes électromagnétiques émises par des émetteurs. Le processus de réception commence par l'antenne, qui capte les ondes électromagnétiques et les convertit en un signal électrique qui peut être traité par le récepteur radio. Le signal électrique est ensuite amplifié, filtré et démodulé pour produire une sortie audio ou vidéo qui peut être entendue ou visualisée par l'utilisateur.

#### **II-3-4-2 Démodulation :**

La démodulation contient le signal modulé provenant du récepteur pour en extraire le signal contenant l'information d'origine.

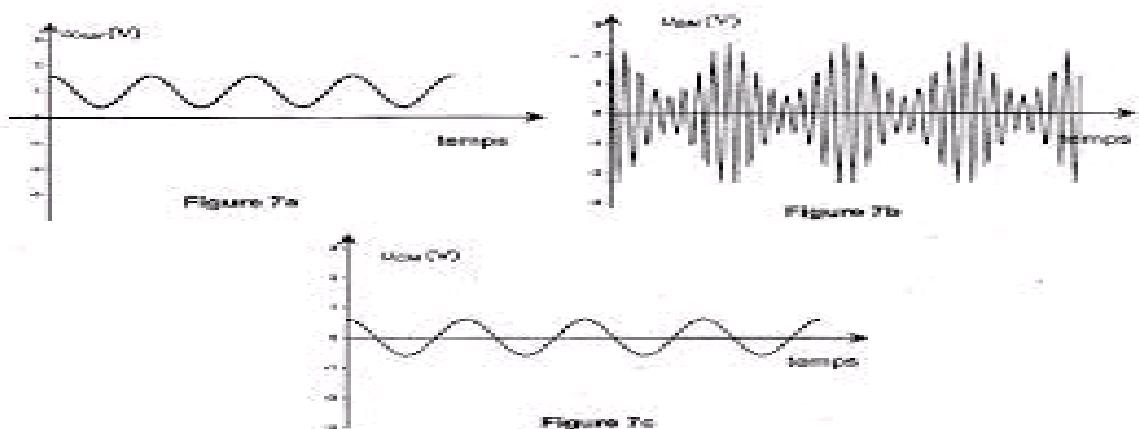


Figure - 18- Démodulation

#### **II-3-4-3 Décodage :**

Le décodage est Transcrire un message, une information, en rétablissant un texte clair (ou celui d'origine) à partir des signes conventionnels d'un texte code.

#### **II-3-4-4 Mixeur :**

Un mélangeur est un circuit permettant de combiner plusieurs signaux électriques contenant des informations différentes.

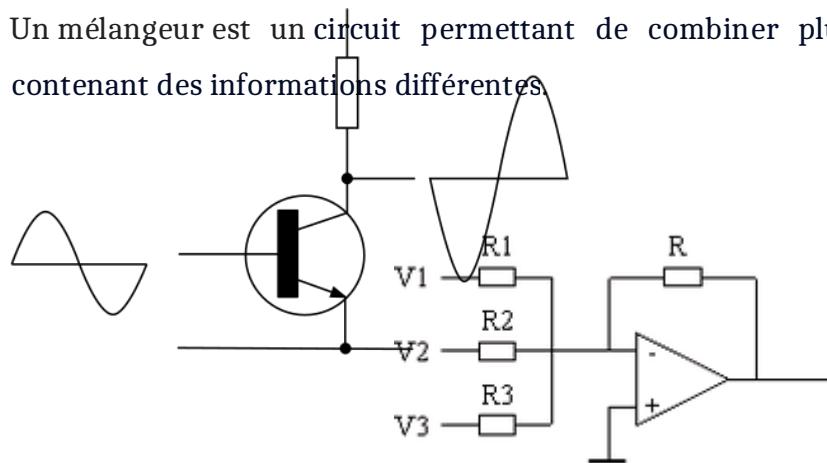


Figure - 19- schéma d'un mixeur

#### II-3-4-5 Amplificateur HF :

L'amplificateur HF amplifie le signal de haute fréquence (de 30 000 000HZ) et sélectionne une partie de cette gamme au moyen de son circuit accordé puis, augmente la sensibilité et la sélectivité du récepteur, ce qui permet d'assurer une détection normale. Un amplificateur HF est couramment utilisé pour renforcer le niveau de puissance du signal RF (Radio Fréquence) d'entrée tout en minimisant la distorsion et le bruit. Cela permet d'améliorer la qualité du signal et d'augmenter sa portée de transmission.

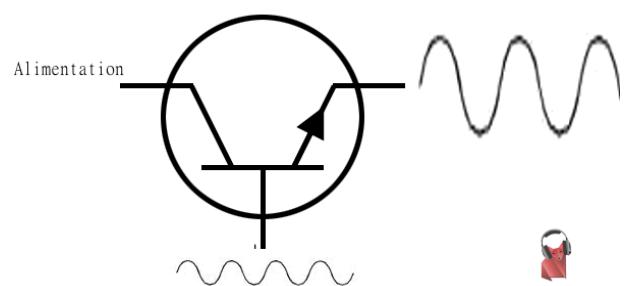


Figure -20- Schéma d'un amplificateur simplifié

#### II-4 Conception de système :

##### II-4-1 Carte Arduino :

## II-4-1-1 Présentation de la Carte ARDUINO :

Une carte Arduino est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Le microcontrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc une interface programmable.

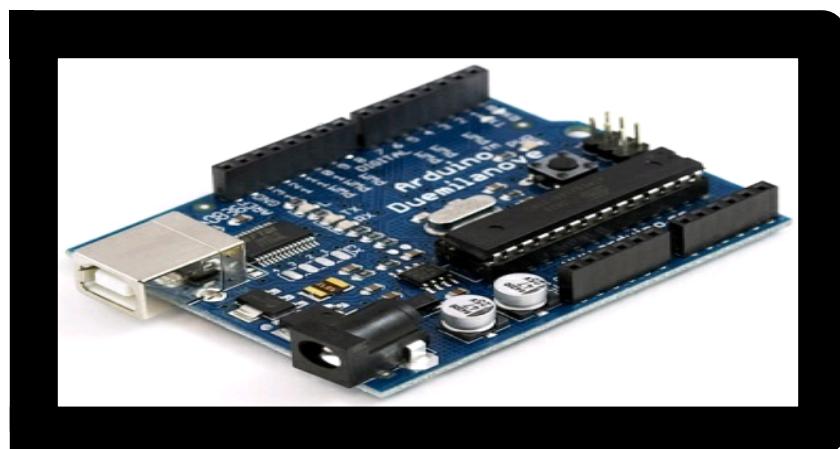


Figure -21- Exemples des cartes Arduino

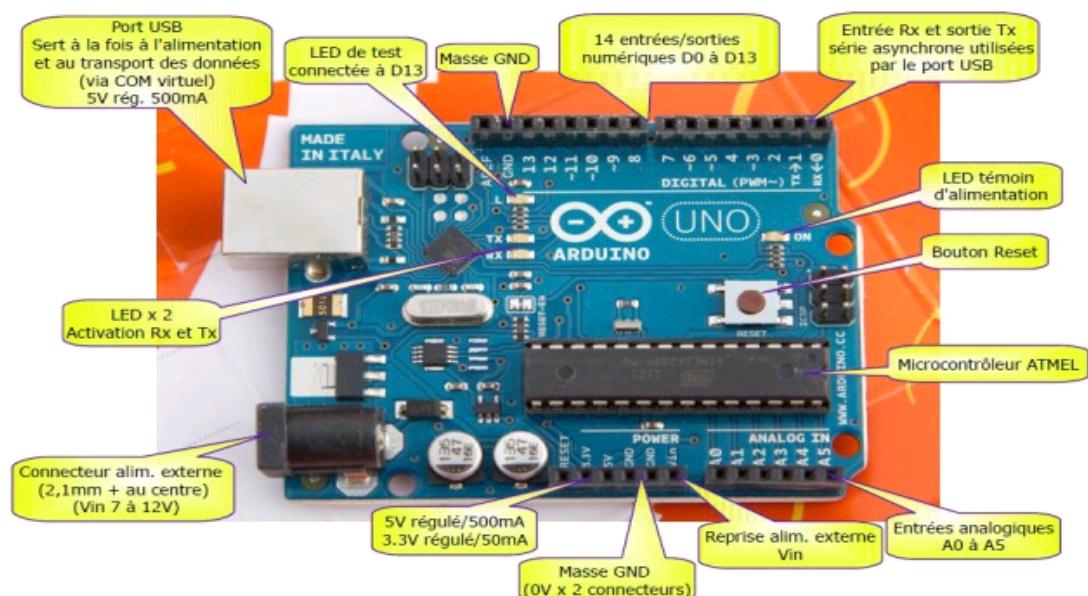


Figure -22- Photo descriptif de la carte Arduino Uno

#### II-4-1-2 Caractéristique d'un Arduino Uno :

<b>Microcontrôleur : ATmega328</b>	<b>Tension d'alimentation interne = 5V</b>
<b>Tension d'alimentation (recommandée) = 7 à 12V</b>	<b>Entrées/Sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM</b>
<b>Entrée analogique = 6</b>	<b>Entrée analogique = 6</b>
<b>Courant max sur sortie 3,3V = 50 mA</b>	<b>Mémoire Flash 32 KB dont 0,5 KB utilisée par le boot loader</b>
<b>Mémoire SRAM 2 KB</b>	<b>Fréquence horloge = 16MHz</b>
<b>Dimensions = 68.6mmx 53.3mm</b>	<b>La carte s'alimente par le jack d'alimentation (utilisation autonome)</b>

Tableau 3: Caractéristique d'un Arduino Uno

#### II-4-2 Présentation de la carte lorabee :

Module Shield Dragino LoRa/GPS pour Arduino Uno. Des systèmes d'irrigation, des compteurs intelligents ou des villes intelligentes, à la détection des Smartphones et à l'automatisation des bâtiments, et bien d'autres, ce shield Arduino convient à toutes les applications de réseau de capteurs sans fil. Il combine une haute immunité aux interférences et une sensibilité de plus de -148dBm avec une très faible consommation de courant.

Ces modules peuvent être utilisés avec un microcontrôleur via sa carte d'interface pour Arduino, mais ils peuvent fonctionner seuls .Ils disposent de 6 entrées analogiques et de 8 entrées numériques dont ils peuvent transmettre l'état seul si les modules sont configurés correctement.

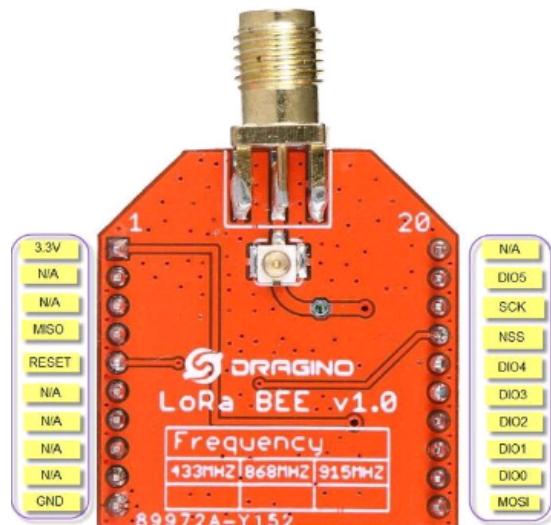
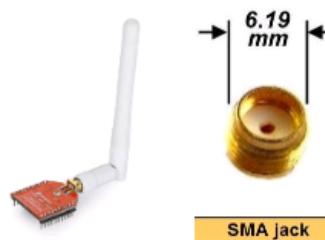


Figure -23- photo de carte lorabee

#### Caractéristiques:

- Bande de fréquence: 868 MHZ/433 MHZ/915 MHZ (pré-configuré en usine)

- Modem LoRa™
- Modulation FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa™ et OOK
- XBee form factory
- Prise SMA

## **II-4-2-1 Les avantages lorabee:**

La technologie lorabee offre plusieurs avantages :

**\*Faible consommation d'énergie** : lorabee est conçu pour fonctionner avec une faible consommation d'énergie, ce qui le rend idéal pour les appareils alimentés par batterie ou à autonomie limitée.

**\*Réseau maillé** : lorabee utilise un réseau maillé dans lequel chaque appareil lorabee peut agir comme un nœud de communication et relayer les données. Cela permet une meilleure portée et une plus grande fiabilité de la communication, car les appareils peuvent se connecter via plusieurs chemins possibles.

**\*Interopérabilité** : Les appareils lorabee de différents fabricants peuvent interagir et fonctionner ensemble, car lorabee est basé sur des normes ouvertes et des profils normalisés.

Cela offre une grande flexibilité et la possibilité d'étendre facilement un réseau existant avec de nouveaux appareils.

**\*Sécurité renforcée** : lorabee intègre des fonctionnalités de sécurité avancées, y compris le chiffrement des données et l'authentification des appareils. Cela permet de protéger les communications sans fil contre les interceptions et les intrusions non autorisées.

**\*Faible latence :** lorabee offre des délais de transmission courts, ce qui est essentiel pour les

applications en temps réel, telles que le contrôle domotique, les capteurs de sécurité, etc.  
Il

permet une communication rapide et réactive entre les appareils.

**\*Grande capacité du réseau :** lorabee peut prendre en charge des réseaux étendus avec un grand

nombre de nœuds (appareils) connectés. Cela permet de créer des systèmes complexes avec

de nombreux appareils interconnectés sans compromettre les performances.

#### **II-4-2-2 Protocole z-wave :**

Z-Wave est un protocole de communication sans fil utilisé dans des systèmes de réseau maillé, permettant de mettre en connexion plusieurs appareils électroniques. Ce protocole sécurisé est essentiellement employé dans la domotique. Créée en 1999 et développée par la société danoise Zensys, la technologie Z-Wave a été achetée par Silicon Labs en 2018. En décembre 2022, l'Alliance Z-Wave a mis à la disposition de ses membres sur Github le code source du protocole, ouvrant la voie au développement de produits domotiques avec n'importe quel fournisseur de puces. Jusqu'à présent, Silicon Labs était le seul fournisseur de puces compatibles Z-Wave.

#### **II-4-2-3 Protocole zigbee:**

Zigbee est un protocole de communication sans fil utilisé dans la maison connectée. Crée en 2004, ce protocole fonctionne en réseau maillé. Chaque nœud Zigbee peut gérer 255 devices et servir de routeur, de sorte qu'il peut y avoir plus de 65 000 périphériques connecté à un même réseau Zigbee. Selon la Connectivité Standards Alliance, des centaines de millions de produits Zigbee ont été déployés dans des maisons et des bâtiments intelligents à l'échelle mondiale. Plus de 3 900 gammes de produits Zigbee ont été certifiés.

#### **II-4-2-4 Zigbee VS Z-Wave:**

Tous comme Thread, Zigbee et Z-Wave sont deux protocoles sans fil utilisés dans la création de réseaux maillés, qui ont l'avantage de consommer très peu d'énergie. La plupart des réseaux utilisant ces protocoles comprennent néanmoins une passerelle qui est, quant à elle, connectée à Internet via le Wifi. Comparé à Z-Wave, Zigbee a une plus petite portée. Elle peut atteindre les 20 mètres contre au moins 30 mètres pour Z-Wave. Par ailleurs, Zigbee est présent sur la bande des 2,4 GHz en Europe, alors que Z-Wave fonctionne sur la bande des 868 MHz. En ce qui concerne la vitesse de transmission des données, Zigbee offre un meilleur débit : 250 Kbit/s contre un débit maximum de 100 Kbit/s pour Z-Wave.

## **II-5 Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de connaître le concept général, les notions des bases et les caractéristiques des composants que nous utilisons dans le projet et de comprendre leurs modes de fonctionnement.

# **chapitre3 : Conception et**

# **réalisation de système**

## **III- 1 Introduction :**

Après avoir étudié les composants essentiels que nous avons utilisés dans notre système de commande et de contrôle à distance des équipements de la station aéronautique , nous allons dans ce chapitre d'écrire toutes les étapes nécessaires dans la conception et la réalisation ainsi les différents fonction et la simulation de notre système communicant.

## **III-2 Méthodologie :**

## Identification des besoins

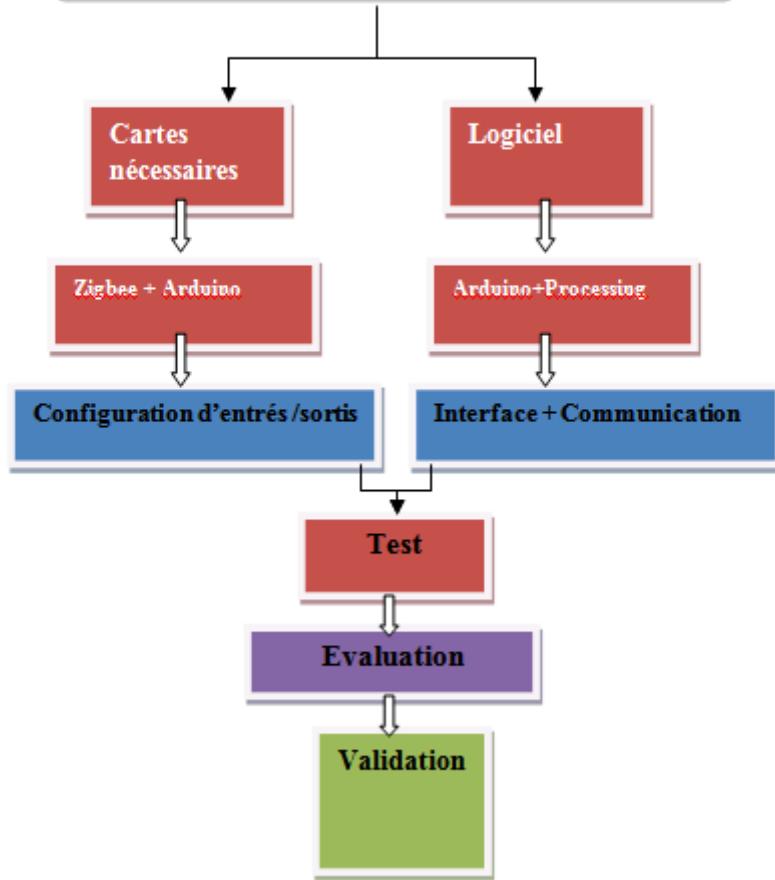


Figure -24-Méthodologie adoptée

### III-3 Logiciel et plate forme utilisé

Avant de commencer la description de l'implémentation de notre système, nous présenterons les logiciels et les langages que nous avons recours dans notre travail afin

de réaliser notre système «contrôle et commande de station d'aide à la navigation aérienne ».

### **III-3-1 Interface graphique :**

Pour puisse commander et contrôler notre station aérienne il est exigé d'utilisé une interface graphique qui désigne la manière de communiquer l'utilisateur avec le système. C'est le positionnement des éléments : menus, boutons, fonctionnalités dans la fenêtre.

Cette interface graphique est bien conçue est ergonomique et intuitive afin que l'utilisateur l'utilise d'une manière facile est efficace.

Pour aboutir cet résultat on a choisit la plate forme processing.

### **III-3-2 La plate forme Processing :**

Processing est un logiciel libre et gratuit est basé sur le langage de programmation Java, mais utilise une syntaxe simplifiée pour faciliter l'apprentissage et la programmation. Il est équipé de nombreuses fonctions prédéfinies pour le dessin de formes, d'images et d'animations.

#### **III-3-2-1 Séquence d'un programme Processing :**

Le programme Processing est composé de 3 parties :

Une pour la déclaration des variables globales et des constants, l'autre void set up pour la configuration manière de communication et la forme générale (cas d'une interface graphique) et la troisièmes partie void draw qui est une partie similaire à void draw () en cas de programmation Arduino.

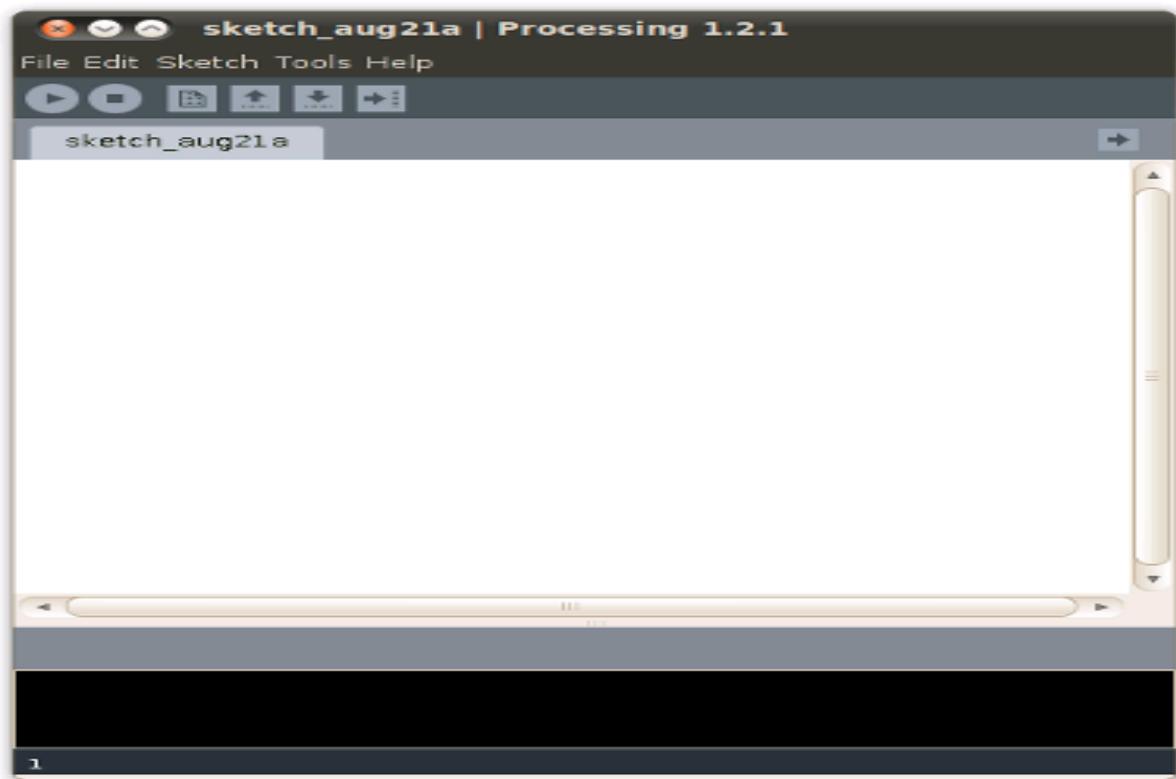


Figure -25- Interface de Processing

La structure minimale de notre interface graphique est constituée

Des boutons de marches / arrêt et un champ de visualisation

Le squelette de notre application devra rassembler à ceci :

```
// déclaration de variables globales
```

```
Void setup ()
```

```
{
```

```
// code d'initialisation du programme
```

```
}
```

```
Void draw ()
```

```
{
```

```
// code à s'exécuter
```

```
}
```

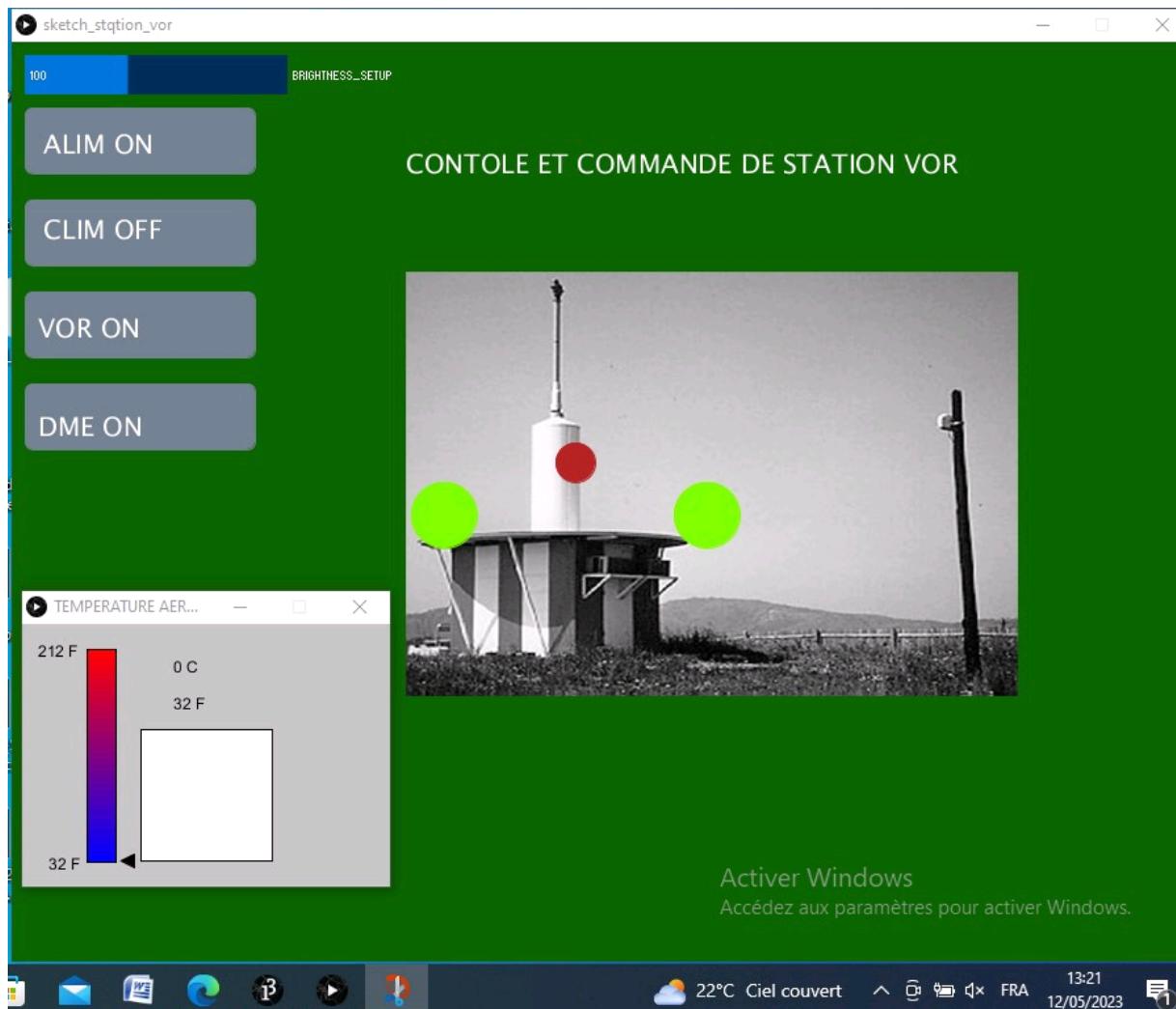


Figure -26- Interface de futur système

### **III-3-3 Gestion de communication et des entrées /sorties :**

Pour assurer la commande et le contrôle des équipements, l'interface envoie les commandes vers l'Arduino qui gère les entrées /sorties selon un programme Arduino configuré sur l'IDE puis la carte Lorabee connectée sur le PC assure la communication avec l'autre carte Lora installée sur le côté équipement, c'est-à-dire on a transformé la carte Arduino+lorabee en objet IOT communiquant via onde hertzienne.

### **III-4 Configuration programme arduino**

#### **III-4-1 Communication Processing Arduino**

La communication Processing - Arduino se fait : soit à travers le port série « communication série » soit via Ethernet .Et pour que la communication soit établie dans les deux sens (émission /réception au même temps) il faut créer une procédure de « hand check ».

#### **Communication Arduino → processing (Arduino envoi)**

Du côté Arduino il faut configurer le programme SKETCH pour envoyer des informations via le port série, à ce fait on commence par installer le logiciel Arduino et les bibliothèques nécessaires et on commence la configuration d'utilisation de la communication série entre l'Arduino et le PC avec une baud rate de 9600 pour qu'on puisse envoyer et recevoir les informations mises en jeu .après il faut impliquer la méthode de répétition, c'est le void loop () .

```
Voidsetup ()
{
// Initialisation de la communication série à 9600baudrate
Serial.begin(9600);

} Voidloop ()
{
//envoyer un mot
```

```

serial.println ("bonjour ameni wejden!");
//attendre 100ms
delay(100);
}

```

### III-4-1-1 Communication Arduino      ← processing (Arduino reçoit) :

Lorsque l'arduino reçoit des informations « commandes » elle gère ces commandes avec les entrées /les sorties connectées vers la partie opérative du système.

```

void setup() {
pinMode(ledPin, OUTPUT); // mettre pin as OUTPUT
Serial.begin(9600); // commencer la communication seriet 9600 bps}

Voidloop () {
if (Serial.available())
{ // Si le données sont prête
Val = Serial.read(); // lire le comme valeur
}
if (val =='1')
{ // If 1 was received
digital Write (ledPin, HIGH); // mettrele LED on
} else {
digitalWrite (ledPin, LOW); // si nonmettre le off
}
delay(10); // attendre 10ms
}

```

### III-4-1-2 Communication Processing → Arduino (processing envoi) :

L'idée ici et d'avoir la façon qui permette à Processing d'écouter ce que l'Arduino envoi.

Le plate forme Processing possède une librairie série désignée pour répondre a ce genre de fonctionnalité, donc il suffit d'importé cette librairie (import processing serial) et ajouter les instructions suivantes :

```
import processing.Serial.*;

Serial myPort; // créer un objet de Serial class

Voidsetup ()
{
    String portName = Serial.list () [0]; //changer le 0 a 1 ou 2 etc. selon le port
    MyPort =new Serial (this, port Name, 9600);

    Void draw () {
        if ()
        {
            //si on presse le sourie sur la fenêtre
            myPort.write ('1'); //envoyer a 1
            println ("1");
        } else
        {
            //si non
            myPort.write ('0'); //envoyera 0
        }
    }
}
```

### III-4-1-3 Processing écoute :

Dans ce cas Processing analyse les données provenant de l'Arduino et réagir pour le mettre en évidence. Et pour aboutir à ce résultat on utilise les instructions suivantes :

```
Serial myPort; // créer un objet de Serial class

String Val; // Data received from the serial portvoidsetup ()
{
```

```

String portName = Serial.list () [0]; //changer le 0 a a 1 ou 2 etc. selon le port
my Port =new Serial (this, port Name, 9600);
} void draw ()
{
if (myPort.available () >0)
{// If data is available,
Val = myPort.readStringUntil ('\n');      // lire et stocker le dans val
}
Println (val); //imprimer le sur le console
}

```

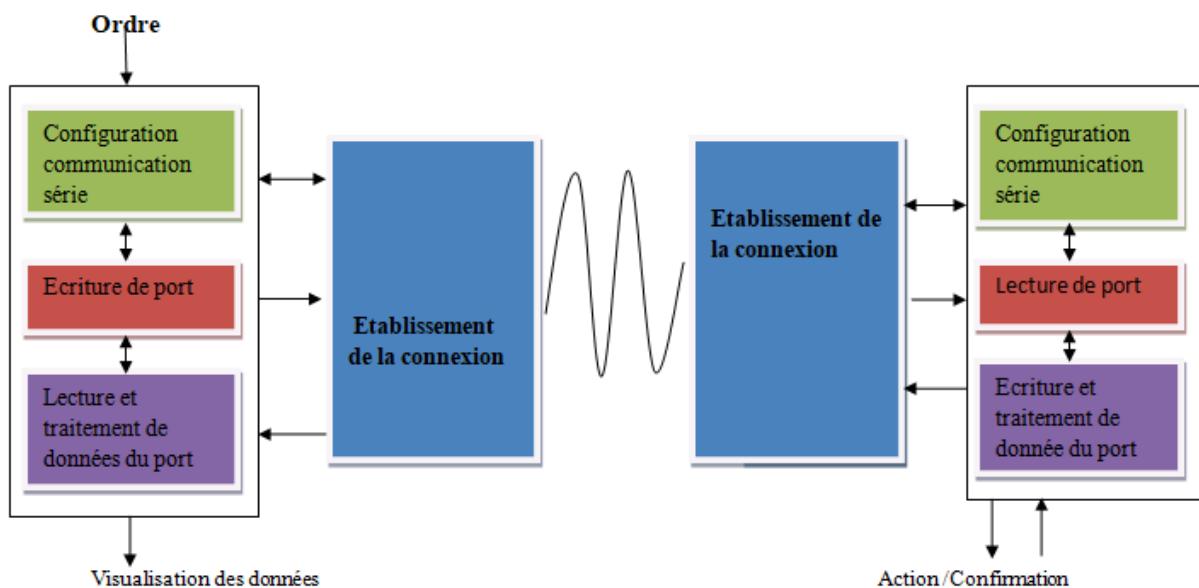


Figure27 : Séquence de communication entre Processing et Arduino

### **III-4-2 Configuration Lorabee pour communiquer de donnée :**

Dans le but de communiquer des informations par radio fréquence entre deux Arduino, on a utilisé un module Lorabee. Nous allons voir dans cette partie comment fonctionne ce module et comment le mettre en œuvre.

Le module peut être utilisé avec un microcontrôleur via sa carte d'interface pour Arduino, mais il peut fonctionner seul .Il dispose de 6 entrées analogiques et de huit entrées numériques dont ils peuvent transmettre l'état seul si le module est configuré correctement.

Le module Lorabee est une solution embarquée offrant une connectivité sans fil aux terminaux finaux. Il exploite le protocole IEEE 802.15.4 pour une mise en réseau point-à-multipoint ou point-à-point rapide. De plus convient à l'application haute débits nécessitant une faible latence et des délais de communications prévisibles.

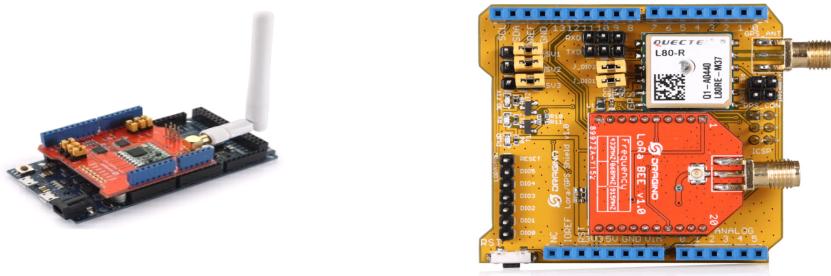


Figure28: Module Lorabee

### **Test de l'émission**

Tout d'abord, pour pouvoir tester la partie émettrice indépendamment de la partie réceptrice, il est préférable de s'équiper du dongle USB Explorer de spurkfun .Celui-ci

permet d'accueillir le module lorabee et de le brancher directement sur un PC. On peut alors, depuis l'application

Ou on peut Mettre le module lorabee sur l'Arduino, envoyer un programme vide dans la carte Arduino (Setup () et Loop () ne doivent pas contenir de code) et l'Arduino fera office de dongle. Cette technique peu pratique nous permettra au moins d'éviter l'achat d'un dongle mais en revanche ce système est contraignant.

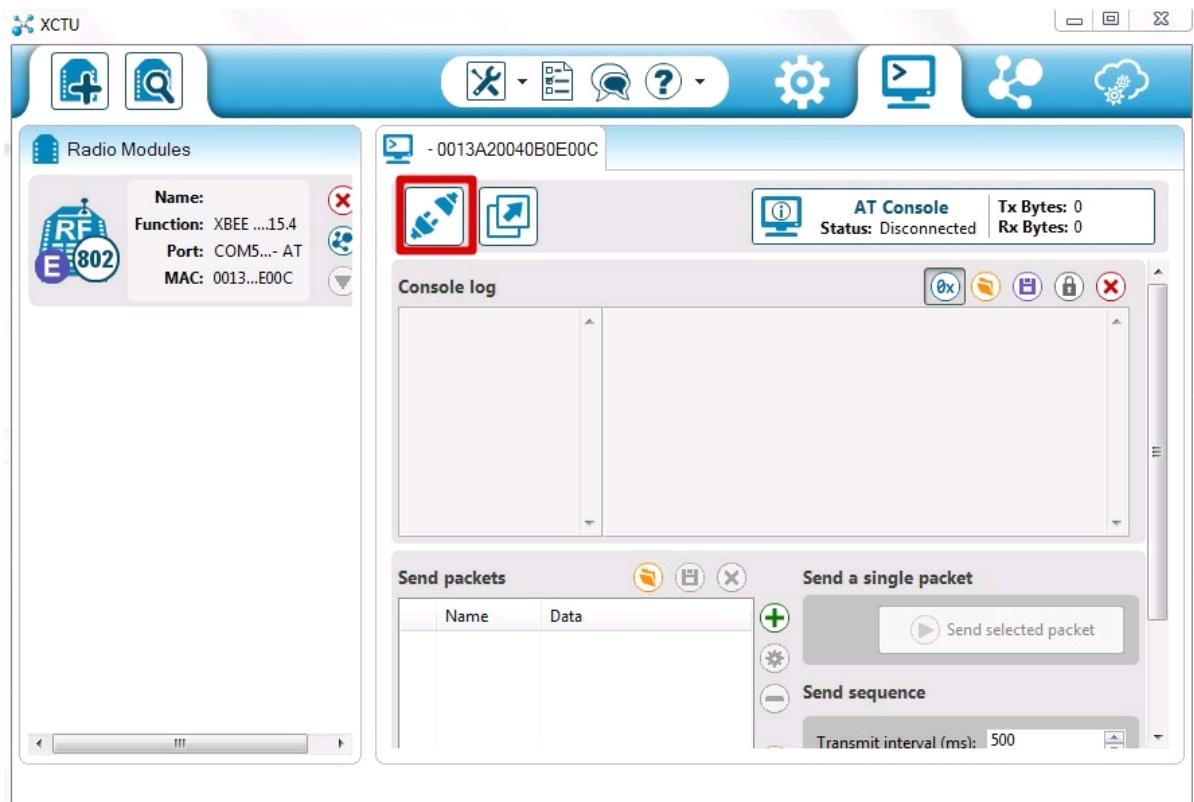


Figure29: CTU Interface pour tester zigbee

### III-4-2-1 Communication avec un autre Arduino (émission) :

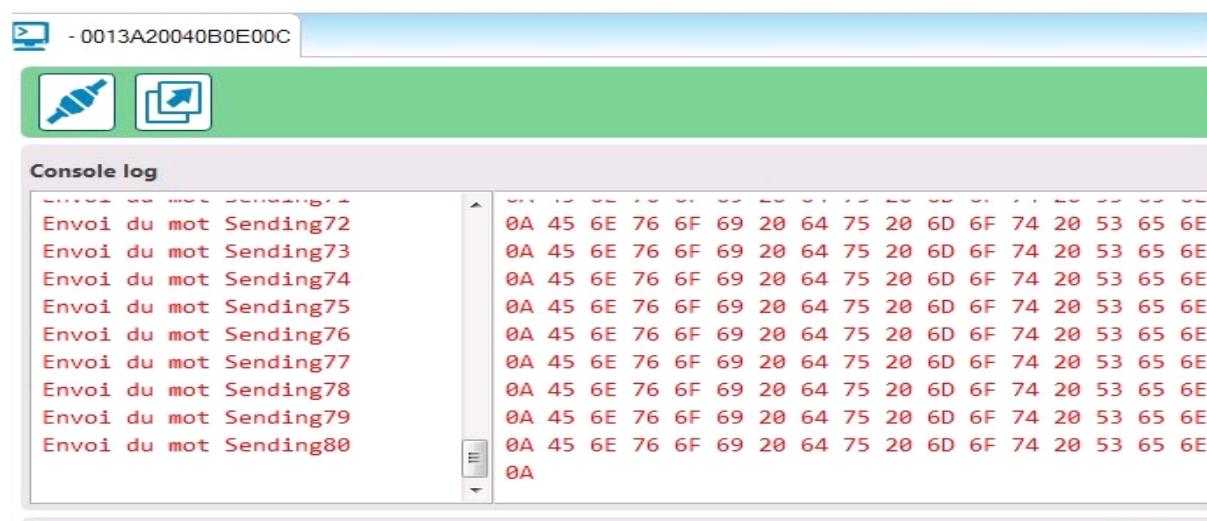
Avec un arduino et un autre module lorabee, nous allons transmettre des données au logiciel XCTU. Pour cela, on a inséré le programme ci dessous dans l'arduino et

lancez le. On constate alors l'apparition de caractères dans le logiciel XCTU.

## Code emission

```
#include <SoftwareSerial.h>
1 SoftwareSerial lorabee(2, 3);
2 int count;
3 void setup()
4 {
5   lorabee.begin(9600);
6   Serial.begin(9600);
7   count = 0;
8 }
9 voidloop ()
10 {
11   String phrase = "Envoi du mot Sending";
12   phrase += count;
13   Serial.println (phrase);
14   lorabee.println (phrase);
15   count++;
16   delay(300);
17 }
```

18 Voici les données transmises par l'arduino et reçues sur le PC :



The screenshot shows the XCTU software interface. At the top, there's a green header bar with a play button icon and the text "- 0013A20040B0E00C". Below the header is a toolbar with two icons: a pen and a square with an arrow. The main window is titled "Console log". It displays a list of messages in red text: "Envoi du mot Sending72", "Envoi du mot Sending73", "Envoi du mot Sending74", "Envoi du mot Sending75", "Envoi du mot Sending76", "Envoi du mot Sending77", "Envoi du mot Sending78", "Envoi du mot Sending79", and "Envoi du mot Sending80". To the right of these messages is a large column of hex values in red: 0A 45 6E 76 6F 69 20 64 75 20 6D 6F 74 20 53 65 6E, repeated multiple times. A vertical scroll bar is visible on the right side of the log window.

Figure30 : Test de résultat sur PC

### **III-4-2-2 Communication avec un autre arduino (réception) :**

Nous allons maintenant voir le code nous permettant de recevoir les données.

A ce fait on exécute le code ci-dessus sur arduino, et on lance XCTU en mode console puis à l'intérieur de ce dernier, on tape un texte. Le résultat apparaître dans le moniteur série de l'arduino.

#### **\*Code test réception**

```
1 #include <SoftwareSerial.h>
2 SoftwareSerial lorabee(2, 3);
3 void setup()
4 {
5   lorabee.begin(9600);
6   Serial.begin(9600);
7 void loop()
8 {
9   if(lorabee.available()) {
10   while(lorabee.available()) {
11     Serial.write(lorabee.read()); }
```

On Lance XCTU en mode console puis à l'intérieur de ce dernier, on tape un texte le résultat apparaître dans le moniteur série de l'arduino.

Maintenant, notre système est capable d'envoyer et de recevoir de trame pour transmettre plusieurs informations d'un arduino à un autre (les commandes et les valeurs de contrôle des équipements de la station de navigation).

### **III-5 Interfaçage Arduino avec les équipements de la station de navigation :**

Pour qu'on puisse commander ou contrôler les différents équipements de la station de navigation (VOR, DME, CLIM) on a procédera à identifier les différentes commandes relatives aux dites équipements selon le schéma de câblage de l'armoire de commande.

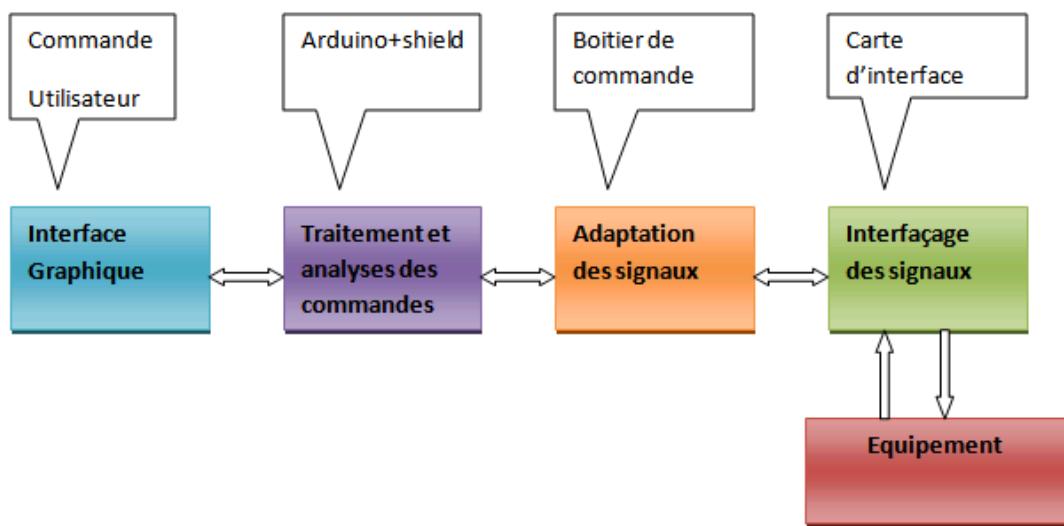
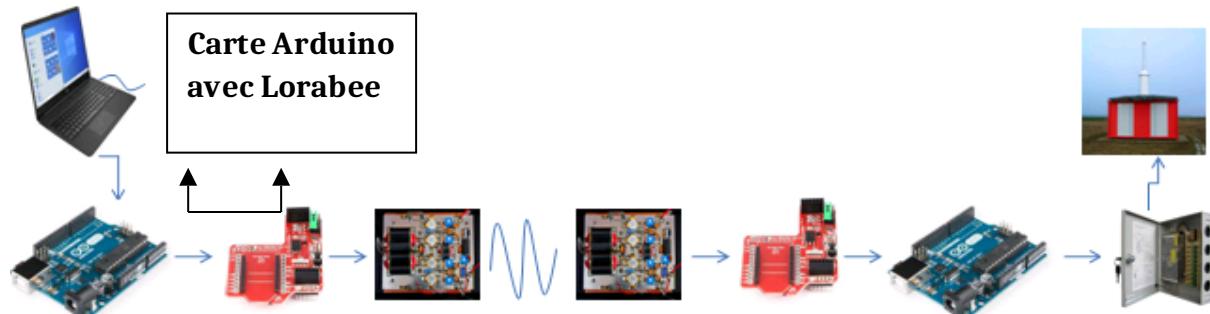


Figure3 1: Schéma fonctionnel de système

### III-6 Boitier de commande :

Les sorties issus de la carte Arduino sont des signaux de faible tension et courant, elles ne sont pas capable d'être appliquer directement aux armoires de commande relie aux différents équipements exposés d'être contrôler (climatiseurs, éclairage, portes d'accès) pour cela on a concevoir un boitier de commande pour interfaçer l'Arduino et les armoires de commande existants.

### III-6-1 Branchement du boitier de commande:



#### Remarque :

La solution proposer pour contrôler et commander les équipements de la station d'aide a la navigation n'élimine pas la méthode de commande manuelle existant, mais elle présente une solution supplémentaire, autrement dit on peut commander tous les équipements existants soit manuellement soit a distance via l'interface graphique.

Les signaux de contrôle de bon fonctionnement et de température sont raccordés directement au boitier de commande, dans laquelle on installe tous les relais et les contacteurs bipolaire (un contacteur et deux relais pour chaque commande élémentaire).

### III-7 Algorithme d'une séquence de commande:

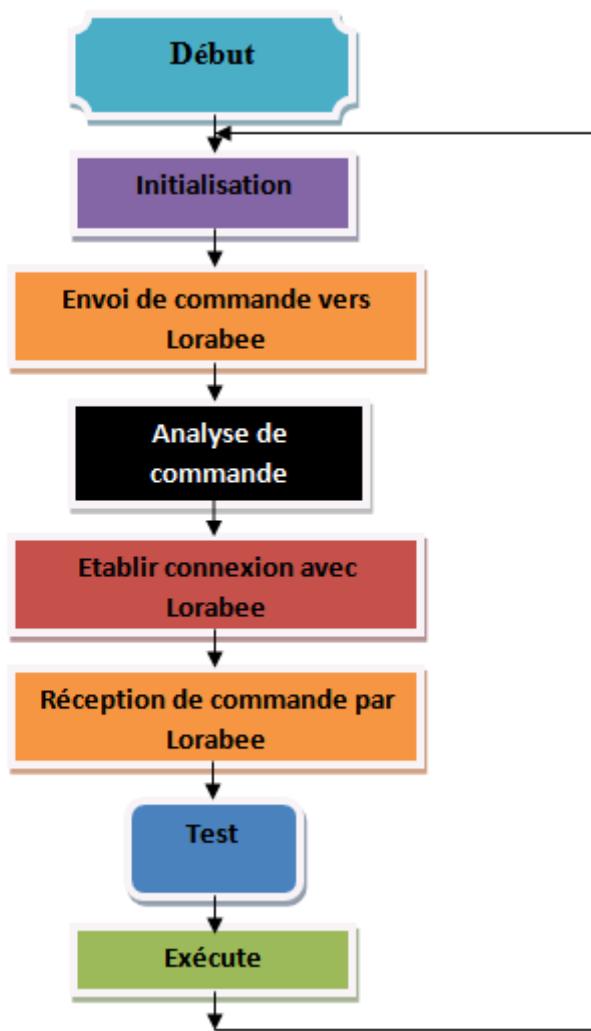


Figure33: Algorithme d'une séquence de commande

### III-8 Algorithme d'une séquence d'un signal d'alarme :

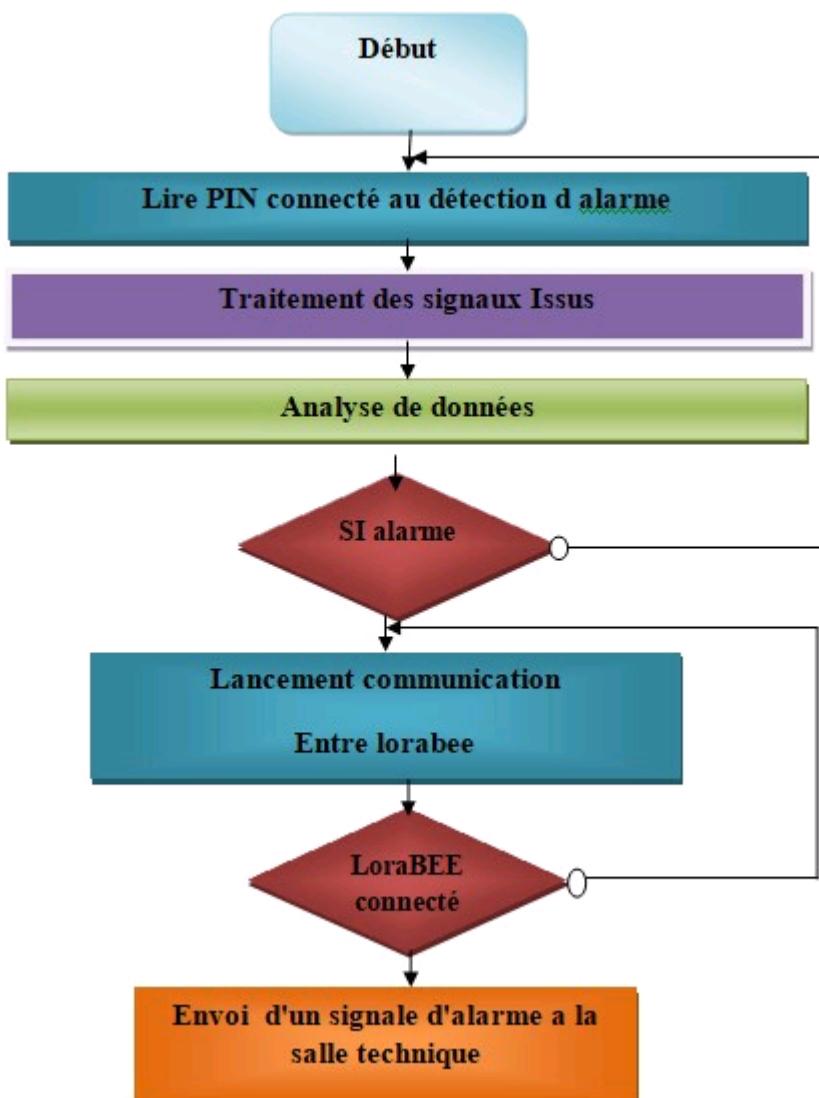


Figure34: séquence d'un signal d'alarme

### III-9 Description de fonctionnement :

L'appui sur une touche de l'interface graphique, et après traitement de commande,

le système commence à établir une liaison entre le Pc de commande et le Schild Arduino, le module lora

Remarque : même chose pour toutes les autres commandes

La mise hors tension d'un équipement se fait par l'appui de touche OFF correspondant, après traitement et établissement de la communication client-serveur et l'authentification le Relai S1 et active KS1 ouvert → contacteur de cherche et l'équipement est hors service .voir ANNEXE.

Pour lire la température en appuie sur la touche voire température de l'interface graphique après traitement et établissement de la communication, l'arduino analyse la commande et en voir l'état du port connecté pour afficher l'illustration graphique s il y a alarme l'arduino analyse le signal provenant de détecteur d'alarme, et envoi une alerte au salle technique.

Remarque : si le cas en mode automatique fonctionne, la priorité reste pour le mode manuel.

Finalement le technicien contrôleur peut contrôler et commander l'état de la station et le rendre plus confortable, sécurisé, et plus économique en valeur de temps d'intervention depuis son poste de travail via une interface graphique connectée à la carte Arduino +lorabee via onde radio.

Schéma 35 : circuit de mode de fonctionnement

### **III- 10 Simulation :**

Dans cette phase on va faire le teste d'émission, de réception et le teste des équipements.



Figure 36 : Teste d'émission et réception



Figure 37 : Teste de commande

### **III-11 Conclusion :**

Dans ce chapitre on a exposé la conception d'un système intelligent (contrôle de la station d'aide à la navigation). Ce dernier est conçu autour d'une interface graphique, une carte Arduino, une shield lorabee et un boitier de commande. L'arduino et le Schild lorabee sont utilisés en redondance uniquement en raison des outils open source largement disponible. On a expliqué les méthodes utilisées pour concevoir notre interface graphique, aussi la façon de communiquer entre cette interface et le boitier de commande utilisée pour la commande des équipements (VOR, DME, CLIM), Puis on a donné en bref d'autres fonctionnalités de ce système (contrôle d'alarme).

En fin Beaucoup de fonctionnalités peuvent être ajoutées et adapté en exploitant les caractéristiques d'adaptation du boitier de commande et l'extensibilité des fonctions de la carte Arduino et de l'interface graphique de commande et de contrôle, qui font le cœur dans la conception de notre projet.

### **Conclusion générale**

**C**

e projet PFE consiste à concevoir et réaliser une solution de télémaintenance (télé

contrôle ,télécommande) d'une station d'aide à la navigation aérienne , cette station est équipée par des équipements (VOR, DME ,bloc alimentation secours, 02 climatiseurs,) fourni les informations nécessaire à la navigation aérienne, elle nécessite la commande a distance, la protection contre excès température, l'accès non autorisé et exige une méthode d'intervention

à distance pour faciliter les tâches de maintenance préventive et les actions correctives en cas de panne ou de défaillance.

Pour se faire, on a conçu une interface graphique sous la plateforme Processing pour configurer et piloter la station par l'envoi des commandes et la réception d'un alerte d'alarme(via onde hertzienne et lorabee) en cas de défaut issu des capteurs( température et de mouvement), en plus la possibilité d'intervenir à distance en cas de coupure STEG. Passant par l'analyse du besoin en matériel nécessaire et le choix de plateforme de programmation (Arduino et Processing), et on a fini par la simulation et les tests de différentes fonctions du système proposé.

En effet, toute au long de notre stage au sein de l'unité de maintenance des équipements de navigation aérienne, cette expérience était une occasion pour se rapprocher de la vie professionnelle. Comme elle était une occasion pour approfondir et améliorer nos compétences techniques et pratique qui viennent de compléter nos connaissances théoriques dans différents domaines électroniques et automatique.

# Références bibliographiques

## Référence documentaire:

Atelier Arduino

Manuel technique de système d'aide a la navigation VOR TOME 1 et 2

Manuel de maintenance vor

1) Initiation à la mise en œuvre matérielle et logicielle de l'Arduino.

2) Livret Arduino en français par Jean-Noël Montagné, Centre de Ressources Art Sensitif, novembre 2006, sous licence CC,

## Les sites web utilisés

[Processing Quick Start | Processing.js](#)

[Control Arduino Using GUI \(Arduino + Processing\) - Hackster.io](#)

- <https://arduino.developpez.com/tutoriels/cours-complet-arduino/?page=micro-controleur>[5]
- <https://on5vl.org/cours-dinitiation-arduino/>
- <https://bentek.fr/4-structure-programme-arduino/>