

REPUBLIQUE DU BURUNDI



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**INSTITUT SUPERIEUR POLYTECHNIQUE, INFORMATIQUE,
TELECOMMUNICATIONS ET TECHNOLOGIES AVANCEES**

INTELEMATIQUE / BUJUMBURA

FACULTE DE GENIE INFORMATIQUE ET TELECOMMUNICATIONS

B.P : 6019

**CONCEPTION ET REALISATION DE LA
COMMANDE A DISTANCE D'UNE MAISON
INTELLIGENTE A BASE D'ARDUINO**

Sous la direction de:

Msc Edmond NIREMA

**Mémoire présenté et soutenu
publiquement par:**

Hélène OMOY KOMBE

&

David SADIKI

**Pour l'obtention du diplôme de
Baccalauréat Ingénierie.**

BUJUMBURA, JUIN 2019

DEDICACE

Nous dédions ce modeste travail à ceux qui nous ont donné la vie, nos chers parents qui se sont sacrifiés jour et nuit pour notre bonheur et notre réussite, et ont fait de sorte que rien ne nous manque, vous méritez tout éloge. Vous qui avez fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui, nous espérons être comme vous l'avez souhaité. Que Dieu vous garde et vous bénisse.

A nos chers frères et sœurs, camarades, et amis pour leurs affections et leur encouragement qui ont toujours été pour nous de plus précieux, nous vous souhaitons plein de bonheur et de réussite dans vos vies.

A tous ceux qui nous sont chers.

A tous ceux que nous connaissons de près ou de loin.

A tous ceux que nous aimons, et à tous ceux qui nous aiment.

Nous vous dédions ce travail.

Hélène et David

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon parcours, à cet effet, je présente tout d'abord mes nobles remerciements à Dieu Tout Puissant pour ses innombrables grâces en mon égard.

Ensuite je remercie tous mes enseignants dès ma formation maternelle et tous les autorités académiques de l'INITELEMATIQUE plus particulièrement **Monsieur le Recteur SADOCK** pour la qualité d'enseignement et sa rigueur pour ma formation, ainsi que notre directeur de ce dit mémoire, **Monsieur Edmond NIREMA** pour son temps, son expertise et sa disponibilité.

Je remercie de tout cœur mes très chers et tendres parents, **mon père LULU KOMBE Basile** et **ma mère Bénite BADERHA M'MAS** qui m'ont montré le chemin si merveilleux : « les études » que voici à son terme et de m'avoir soutenu moralement, spirituellement, financièrement et matériellement pour la réussite de mon parcours sans encombre.

Je présente ma grande reconnaissance à Mgr **Pascal DESTHIEUX**, à mon Très Cher grand père **Francis DUPOND**, à Monsieur **Kaito NGONGO** et son épouse **CIVAVA Lili**, à toute la **famille MBALA**, à Monsieur **KABAMBA LUBAMBA** et à Mademoiselle **Christine NGONGO**. Je suis à la fois touchée et reconnaissante pour l'aide que vous m'avez apportée. Et je ne pourrai jamais vous remercier assez.

Je tiens à remercier vivement toute la grande **famille KOMBE**, mes oncles : **Raphael Kombe, Kombe Dimandja, Dimandja Moise** et **Michael Kombe**, mes tantes : **Léonie Wimba, Feza Kombe, Elisabeth Kombe** et **Marie Kombe**, tous mes petits frères et sœurs **Virginie, Patrick, Toussaint, Bénédicte, Prisca, Benoît**, etc. ainsi que mon oncle maternel **Paulin M'MAS** et son épouse **Annick**, pour l'amour inconditionnel, les conseils ainsi que les encouragements. Mes remerciements ne pourront jamais égaler vos grands cœurs qui m'apportent du soutien à chaque moment où j'ai besoin d'aide. Vous êtes mes anges gardiens.

Enfin, je remercie tous les compagnons de classe, en particulier **David SADIKI**, les amis et les connaissances ainsi que tous ceux dont les noms ne figurent pas sur cette liste et qui par leur sympathie m'ont aidé, soutenu et encouragé ; trouvez ici l'expression de mes sentiments de reconnaissance.

Hélène OMOY KOMBE

REMERCIEMENTS

Je commencerais, avant tout, ce discours en faisant des remerciements solennels à Dieu, qui m'a donné la force et la patience nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Qu'il me soit permis de rendre un vibrant hommage à mon encadreur, **Monsieur Edmond NIREMA** pour avoir bien voulu diriger ce travail et donner de son temps à la réussite de ce projet, je remercie également **Monsieur SADOCK**, le recteur de l'INITELEMATIQUE, pour la qualité d'enseignement et son effort fourni pour ma formation.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon feu **père Sadiki Bin Ramazani**, à **ma mère Adela Masupa**, mes très chers oncles **Djuma MATENGA** et **Saleh MATENGA** qui ont toujours été là pour moi. Un grand merci à ma sœur **NGERANYA Agnès** et mon grand frère **MUTUMBI Matenga** pour leurs soutient constant. Et à tous mes petits frères je dis merci pour leurs encouragements. Je remercie de même ma tante **MAGAMBO Rose** pour son soutient inestimable. Je désire aussi remercier Apôtre **Simon Claude Nduwimana** et son épouse **HABONIMANA Solange** pour leurs conseils tant moraux que spirituels.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les enseignants, depuis l'école primaire jusqu'à l'université et plus spécialement ceux de l'INITELEMATIQUE qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mon cursus académique.

Enfin, j'adresse mes remerciements à tous mes proches et amis qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de mon cursus. Je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

David SADIKI

SIGLES ET ABREVIATIONS

ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line.

API: Application Programming Interface

AREF: AnalogReference

ASIC: Application Specific Integrated Circuits

ATM: Automated Teller Machines

CAN : Convertisseur Analogique Numérique

CMS : Composants Montés en Surface

CNA : Convertisseur Numérique Analogique

CPL : Courant Porteur en Ligne.

CPU: Central Processing Unit

CSS: Cascading Style Sheets

DSP: Digital Signal Processor

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

EPROM: Erasable Programmable Read-Only

E/S: Entrees /sorties

FPGA: Field Programmable Gate Array

FTP: Foiled Twisted Pair

GND: Ground

GPRS : General Packet Radio Service

HDMI: High-Definition Multimedia Interface

HTML: HyperText Markup Language

HTTP: HyperText Transfer Protocol

IDE: Integrated Development Environment

IHM: Interface Homme Machine

IoT : Internet of Things

KNX: Konnex

LCD: Liquid Crystal Display

LED: Light Emitting Diode

µc: Microcontrôleur

MISO: Master Input, Slave Output

MLI: Modulation de Largeur d'Impulsion

Mo: Mega Octet

MOSI: Master Output, Slave Input

OS: Operating System

PC: Personal Computer

PDA: Personal Digital Assistant

PHP: PHP Hypertext Preprocessor

PWM: Pulse Width Modulation

RFID: Radio Frequency Identification

ROM: Read Only Memory

SCK: Serial Clock

SQL: Structured Query Language

SMD: Surface Mount Device

SMS: Short Message Service

SoC: System on a Chip

SPI : Serial Peripheral Interface

SRAM: Static Random Access Memory

SS: Slave Select

STP: Shielded Twisted Pair

TWI: Two Wire Interface

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter

USB: Universal Serial Bus

UTP: Unshielded Twisted Pair

TABLE DE MATIERE

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	v
TABLE DE MATIERE.....	viii
LISTE DE FIGURES.....	x
LISTE DE TABLEAUX.....	xi
0. INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES SYSTEMES EMBARQUES.....	5
1.1. Introduction.....	5
1.2. Historique.....	6
1.3. Avantages de systèmes embarqués	6
1.4. Classification de systèmes embarqués	7
1.5. Architecture d'un système embarque.....	7
1.6. Générations des systèmes embarqués	8
1.7. Les contraintes de systèmes embarqués	10
1.8. Domaine d'application de systèmes embarqués	11
1.9. Kit de développement pour systèmes embarqués	11
1.10. Famille de microcontrôleurs	15
1.11. Conclusion	16
CHAPITRE 2 : PRESENTATION MATERIELLE ET LOGICIELLE DE L'ARDUINO	17
2.1. Introduction.....	17
2.2. Généralités sur l'Arduino.....	17
2.3. Etude de la partie matérielle.....	25
2.4. Etude de la partie logicielle.....	26
2.5. Conclusion	28
CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LA DOMOTIQUE.....	29
3.1 Introduction.....	29
3.2. Définition de la domotique	29
3.3. Technologies de la domotique	29
3.4. Domaines d'application de la domotique.....	34
3.5. Avantages de la domotique	34
3.6. La communication de la maison avec le monde extérieur	36
3.7. Conclusion	36
CHAPITRE 4 : CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME DE COMMANDE A DISTANCE D'UNE MAISON INTELLIGENTE A BASE D'ARDUINO.....	37

4.1.	Présentation du cahier de charge.....	37
4.2.	Outils utilisés pour le développement du système de commande	38
4.3.	Réalisation du système de commande et contrôle d'une maison intelligente	54
4.4.	Algorithme de commande et contrôle	56
4.5.	Conclusion	62
	CONCLUSION GENERALE.....	63
	BIBLIOGRAPHIE.....	65

LISTE DE FIGURES

Figure 1.5-1 Architecture générale des systèmes embarqués	8
Figure 1.9-1 Exemple de kit de développement basé sur Arduino Uno (starter Kit)	12
Figure 2.2-1 Carte Arduino Duemilanove et Carte Arduino Uno	19
Figure 2.2-2 Carte Arduino Leonardo	20
Figure 2.2-3 Carte Arduino Mega.....	20
Figure 2.2-4 Carte Arduino Mega ADK	21
Figure 2.2-5 Carte Arduino Due	21
Figure 2.2-6 Carte Arduino Nano	22
Figure 2.2-7 Carte Arduino Mini Pro	22
Figure 2.2-8 Carte Arduino Yun	23
Figure 2.3-1 Exemple de carte électronique: Arduino Severino.....	25
Figure 2.4-1 Interface du logiciel Arduino	26
Figure 2.4-2 Interface du logiciel Arduino	27
Figure 3.3-1 Représentation graphique schématique d'items relatifs à l' « habitat intelligent » (version évoluée de la domotique des années 1970-80), avec leurs relations entre eux et l'utilisateur	33
Figure 4.1-1 Schéma synoptique du système à réaliser	38
Figure 4.2-1 La carte Arduino Uno.....	39
Figure 4.2-2 Le module Ethernet Shield HanRun HR11105A 17/32.....	43
Figure 4.2-3 Servomoteur	45
Figure 4.2-4 Capteur de flamme KY-026	46
Figure 4.2-5 Potentiomètre pour ajuster la sensibilité du capteur.	47
Figure 4.2-6 Branchement sur le breadboard.....	47
Figure 4.2-7 Capteur de température et humidité DHT11	48
Figure 4.2-8 Brochage des pins du capteur sur Arduino	49
Figure 4.2-9 Afficheur LCD 16x2	50
Figure 4.2-10 Connecteur de l'afficheur LCD.....	50
Figure 4.2-11 Buzzer	51
Figure 4.2-12 Clavier matriciel et son schéma de principe	52
Figure 4.2-13 Connexion du clavier sur arduino Uno	52
Figure 4.2-14 Types de led	53
Figure 4.2-15 Point d'accès TP-Link.....	53
Figure 4.3-1 Phase de la réalisation de la maquette.....	54
Figure 4.3-2 Résultat final de la maquette	55
Figure 4.4-1 Page de l'ouverture de la porte	59
Figure 4.4-2 Page pour l'éclairage dans la maison.....	60
Figure 4.4-3 Page pour le contrôle de l'incendie	62

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 Comparaison entre les différents protocoles sans fil	31
Tableau 2 Présentation des caractéristiques de la carte Arduino Uno	39
Tableau 3 Différentes broches entrées/Sorties numériques	41
Tableau 4 Nomenclature du connecteur de l'afficheur LCD	50

0. INTRODUCTION GENERALE

L'évolution de la technologie et du mode de vie nous permet aujourd'hui de prévoir des espaces de travail et de logement mieux adaptés, tant en nouvelle construction qu'en rénovation. Nous devons ces nouvelles possibilités principalement aux progrès réalisés en électronique, informatique et à la nouvelle conception des réseaux de communication tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des habitations.

0.1. Contexte

Lorsqu'on parle des technologies de télécommunications, ce qui nous revient immédiatement à l'esprit ce sont : les techniques de la communication vocale, l'envoi et la réception des SMS, l'internet, et tout ce qui fonctionne en utilisant cette technologie moderne introduite dans notre vie quotidienne.

Cette technologie bouleverse notre mode de vie, pourtant nos maisons continuent d'être conçues comme il y a trente ans, sans tenir compte de ces évolutions, comme si l'endroit où nous passons plus de la moitié de notre temps n'en valait pas la peine. De même, La majorité des individus, et plus particulièrement les personnes âgées, passent une grande partie de leur temps à domicile, d'où l'influence considérable de l'habitat sur la qualité de vie.

La domotique ou encore la maison intelligente est définie comme une résidence équipée de technologies d'informatique, d'automatisme et d'électronique, ambiante qui vise à assister l'habitant dans les situations diverses de la vie domestique en améliorant le confort par la simplification d'un certain nombre de tâches.

0.2. Problématique

- Nos maisons sont dépourvues de système de sécurité, ce qui engendre un taux élevé de cambriolage des habitats.
- La consommation abusive d'énergie en notre absence à la maison est considérable juste parce qu'en l'absence des occupants de la maison on ne peut pas contrôler les appareils qui consomment l'énergie électrique.
- Le nombre de victime d'incendie ou de gaz toxiques est très important à cause du manque des systèmes de détection et d'alarme de ces gaz.

C'est là où la domotique fait surface pour trouver des solutions à ces problèmes, car l'amélioration du sentiment de sécurité et de confort dans l'habitat apparaît donc comme une tâche d'une grande importance sociale.

La domotique ouvre non seulement de nouvelles possibilités dans le domaine de l'automatisation de l'habitation, mais constitue aussi et surtout un moyen offert à l'individu de contrôler et de gérer son habitat.

Mais comment y parvenir ?

Grâce à cette nouvelle technologie, une mise en place d'un système domotique permettra à l'habitant de mieux gérer son milieu de travail et de vie sur le plan de la sécurité, du confort, des communications et des tâches ménagères.

0.3. Objectifs du travail

- **Objectif global**

Les objectifs primordiaux de ce projet portent sur la conception et la réalisation d'une Maison Intelligente, l'apport de la domotique sur la sécurité dans l'habitat et l'optimisation du confort à partir d'une application web commandée à distance par un smartphone.

- **Objectif spécifique**

Pour atteindre l'objectif global, la mise en disposition d'un système domotique didactique permettra :

- L'accès sécurisé de la porte principale de la maison par un mot de passe ;
- La gestion d'éclairage ;
- L'acquisition de la température et humidité ;
- Le contrôle du chauffage et de la ventilation
- Et enfin le contrôle de la flamme au risque de l'incendie de la maison.

0.4. Intérêt du sujet

« Rien ne se fait sans cause ni intérêt, car l'intérêt est le moteur des actes », disait le psychologue OVIDE DECROLY dans son livre *The political in society* (Paris, 1907). [1]

Ce travail présente donc un intérêt à plusieurs niveaux : intérêt personnel, intérêt académique et scientifique, et intérêt social.

a. Intérêt personnel

C'est pour nous un réel plaisir de traiter un sujet du domaine, car nous estimons que les recherches sur le sujet contribueront à améliorer et à perfectionner les connaissances acquises

tout au long de notre cursus universitaire ainsi que la maîtrise des outils utilisés tout au long de nos recherches.

b. Intérêt académique et scientifique

Les hommes passent mais l'histoire qu'ils ont écrite reste comme un monument. Nous ne faisons pas ce travail uniquement pour l'obtention du diplôme mais pour qu'il soit un miroir pour les autres chercheurs qui viendront après nous. Nous voulons que ceux qui viendront après nous trouvent une documentation bien faite, fiable, nécessaire et utile qui les aidera à parachever leurs investigations. Que ce document soit un modèle parfait pour eux.

c. Intérêt social

Savoir sécuriser nos maisons est primordial non seulement pour nos biens mais aussi et surtout pour notre propre vie. Pour ce, ce travail apporte une aide considérable pour toute personne qui voudra sécuriser sa vie et sa famille.

0.5. Délimitation du sujet

Selon Madeleine GRAWITZ, « Limiter son sujet, c'est déterminer ce que l'on retient mais c'est aussi écarter un certain nombre de problèmes ». [2] Comme tout autre travail scientifique, notre sujet est limité dans le temps et dans le domaine.

* Dans le temps : notre travail est limité dans l'intervalle de Janvier en Juin 2019.

* Dans le domaine : comme son intitulé l'indique, notre travail est limité dans le domaine de l'informatique, de l'électronique et de la télécommunication.

0.6. Méthodologie et technique de recherche

La réalisation d'un travail de recherche exige des techniques et méthodes appropriées pour atteindre les résultats souhaités. Pour ce travail de recherche, nous avons fait recours aux techniques et méthodes suivantes :

a. La technique documentaire

Elle entraîne nécessairement une recherche dans différentes bibliothèques, sur Internet, dans différentes notes des cours et certains travaux de mémoires. Grâce à cette technique nous avons eu accès à certaines informations nécessaires pour l'accomplissement de notre travail.

b. La méthode d'observation

Selon Louis Pasteur, dans la Revue des cours scientifiques, il dit « Les conceptions les plus hardies, les spéculations les plus légitimes ne prennent un corps et une âme que le jour où elles sont consacrées par l'observation et l'expérience. » pour bien accomplir ce travail, l'observation mener dans nos maisons était d'une importance capitale afin de développer la théorie abstraite.

0.7. Organisation du travail

Pour permettre une bonne conception de notre travail, nous nous sommes proposé de le diviser en quatre chapitres, lesquels sont précédés d'une introduction générale et bouclés par une conclusion générale.

Le premier chapitre est dédié à la présentation générale des systèmes embarqués ainsi que ses secteurs d'application et les différents types de technologies qu'ils utilisent.

Ensuite, le second chapitre est consacré, d'une part, à la description de la partie matérielle du projet en présentant les généralités sur l'Arduino et enfin une description de la partie logicielle du projet.

Les généralités sur la domotique feront l'objet du troisième chapitre.

Enfin, la conception et la réalisation d'un système de commande à distance d'une maison intelligente via Arduino fera l'objet du quatrième chapitre dans lequel est démontrée la présentation du cahier des charges et les fonctions décrivant les raisonnements du programme de commande implémenté sur la carte Arduino Uno.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES SYSTEMES EMBARQUES

1.1. Introduction

Les systèmes électroniques sont de plus en plus présents dans la vie courante. Les ordinateurs et micro-ordinateurs sont des systèmes électroniques bien connus. Mais l'électronique se trouve maintenant embarquée dans de très nombreux objets usuels : les téléphones, les agendas électroniques, les voitures. Ce sont ces systèmes électroniques enfouis dans les objets usuels qui sont appelés systèmes embarqués.

Un système embarqué est défini comme un système électronique et informatique autonome, souvent temps réel, spécialisé dans une tâche bien précise. Le terme désigne aussi bien le matériel informatique que le logiciel utilisé. C'est donc un système complexe qui intègre du logiciel et du matériel conçus ensemble afin de fournir des fonctionnalités spécifiques. Il contient généralement un ou plusieurs **microprocesseurs** destinés à exécuter un ensemble de **programmes** définis lors de la conception et stockés dans des **mémoires**.

Un système embarqué est autonome et ne possède pas des entrées/sorties standards tels qu'un clavier ou un écran d'ordinateur. Contrairement à un PC, l'interface homme-machine d'un système embarqué peut être aussi simple qu'une diode électroluminescente qui clignote ou aussi complexe qu'un système de vision de nuit en temps réel ; les afficheurs à cristaux liquides LCD de structure généralement simple sont couramment utilisés.

Afin d'optimiser les performances et la fiabilité de ces systèmes, des circuits numériques programmables FPGA, des circuits dédiés à des applications spécifiques ASIC ou des modules analogiques sont de plus en plus utilisés.

Le logiciel a une fonctionnalité fixe à exécuter qui est spécifique à une application. L'utilisateur n'a pas la possibilité de modifier les programmes. Bien souvent, il n'a pas conscience d'utiliser un système à base des microprocesseurs.

Les systèmes embarqués sont désormais utilisés dans des applications diverses tels que le transport (avionique, espace, automobile, ferroviaire, ...), dans les appareils électriques et électroniques (appareils photo, jouets, postes de télévision, électroménager, systèmes audio, téléphones portables, ...), dans la distribution d'énergie, dans l'automatisation, etc.

1.2. Historique

L'un des premiers systèmes modernes embarqués reconnaissables a été le Apollo Guidance Computer en 1967, le système de guidage de la mission lunaire Apollo, développé par Charles Stark Draper du Massachusetts Institute of Technology. Il s'agit de l'ordinateur de bord des vaisseaux spatiaux du programme Apollo, qui a amené Neil Alden Armstrong sur la lune. Cet ordinateur contrôlait en temps réel les paramètres de vol et adaptait la trajectoire.

L'Intel 4004 développé en 1971, le premier microprocesseur, était le premier circuit intégré incorporant tous les éléments d'un ordinateur dans un seul boîtier: unité de calcul, mémoire, contrôle des entrées / sorties.

Brève histoire des systèmes embarqués :

- 1967 : Apollo Guidance Computer, premier système embarqué. Environ un millier de circuits intégrés identiques (porte NAND).
- 1960-1970 : Missile Minuteman, guidé par des circuits intégrés.
- 1971 : Intel produit le 4004, premier microprocesseur, à la demande de Busicom. Premier circuit générique, personnalisable par logiciel.
- 1972 : lancement de l'Intel 8008, premier microprocesseur 8 bits (48 instructions, 800kHz).
- 1974 : lancement du 8080, premier microprocesseur largement diffusé. 8 bits (64KB d'espace adressable, 2MHz-3MHz).
- 1978 : création du Z80, processeur 8bits.
- 1979 : création du MC68000, processeur 16/32 bits. [3]

1.3. Avantages de systèmes embarqués

Les systèmes embarqués présentent plusieurs avantages, on peut citer :

- La simplicité ;
- La flexibilité des systèmes informatiques ;
- La faible consommation d'énergie ;
- La miniaturisation ;
- La robustesse des plages de fonctionnement ;
- Une grande capacité d'adaptation à leur environnement de fonctionnement ; etc...

1.4. Classification de systèmes embarqués

On peut distinguer quatre principaux types de systèmes embarqués en fonction du type d'application visé :

1. Les systèmes embarqués à usage général exécutent des applications similaires à celles exécutées sur des ordinateurs « traditionnels », mais ils sont embarqués dans des packages de petite taille. On a, par exemple, les assistants personnels (PDA) et les guichets automatiques bancaires (ATM).
2. Les systèmes embarqués de contrôle sont utilisés pour effectuer un contrôle en boucle rétroactive fermée de systèmes temps réel. On les retrouve notamment dans les moteurs de voiture, les centrales nucléaires et pour le contrôle aérien.
3. Les systèmes embarqués pour traiter des signaux, c'est-à-dire réaliser des calculs sur des gros flux de données. Ces derniers se retrouvent typiquement dans le traitement audio et vidéo et dans les radars et sonars.
4. Les systèmes embarqués sont également utilisés dans le domaine des communications et réseaux, pour effectuer la transmission de données et réaliser des communications. Ils sont notamment utilisés dans la téléphonie et pour l'internet.

1.5. Architecture d'un système embarqué

Les systèmes embarqués utilisent généralement des microprocesseurs à basse consommation d'énergie ou des microcontrôleurs, dont la partie logicielle est en partie ou entièrement programmée dans le matériel, généralement en mémoire dans une mémoire morte (ROM), EPROM, EEPROM, FLASH, etc.

Un système embarqué est constitué de deux types de composantes : des composantes matérielles et de composantes logicielles. Cette composition dépend fortement du type de système embarqué.

La figure 1.5-1 résume les composantes de base que l'on rencontre par exemple dans tous les systèmes embarqués dédiés au contrôle.

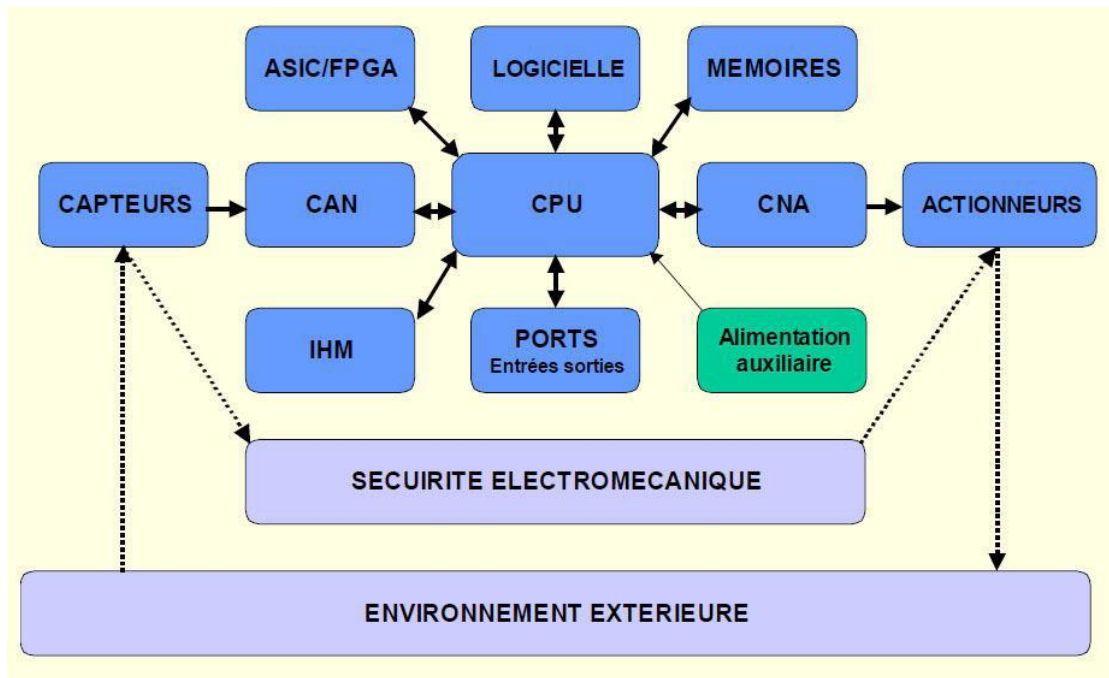


Figure 1.5-1 Architecture générale des systèmes embarqués

L'architecture de base est généralement composée d'une unité centrale de traitement (CPU), d'un système d'exploitation qui réside parfois uniquement en un logiciel spécifique, ainsi que de capteurs (capteurs de température, de flamme, de vibration, accéléromètre, GPS...) et d'actionneurs (moteurs, buzzer, lampe, ...).

Ici, le fonctionnement de notre système peut se résumer ainsi :

- Réception des informations depuis l'environnement extérieur à travers les différents capteurs.
- Numérisation des données captées pour un traitement de l'information en temps réel par l'ensemble CPU, ASIC et systèmes auxiliaires via le logiciel embarqué.
- Le résultat du traitement effectué crée une commande qui est envoyée sur les actionneurs (par exemple les moteurs) pour ainsi modifier l'environnement extérieur.

1.6. Générations des systèmes embarqués

Dans cette section nous présenterons les architectures supportées par quatre générations d'outils de conception.

1.6.1. Les systèmes embarqués de première génération

Les premiers systèmes embarqués ne pouvaient fournir que des fonctions simples ne requérant que peu de puissance de calcul. Leur architecture ne peut pas supporter les fonctionnalités requises pour les systèmes embarqués actuels à qui il est demandé non seulement d'effectuer du contrôle, mais aussi des calculs complexes tels que ceux requis pour le traitement numérique du signal. Le système intégré de première génération est conçu avec un microprocesseur 8 bits ou un microcontrôleur 4 bits. Ils ont des circuits matériels très simples. Les firmwares sont conçus en langage d'assemblage. Par exemple: clavier numérique, commande de moteur pas à pas, etc.

1.6.2. Les systèmes embarqués de deuxième génération

Les systèmes intégrés de deuxième génération sont conçus avec 16 bits pour microprocesseur ou 8 bits microcontrôleur. Ils ont une configuration matérielle complexe que la première génération. Ils peuvent contenir un système d'exploitation intégré.

1.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération

Les progrès de l'intégration permettent d'envisager des circuits pouvant contenir plusieurs milliers de portes. Il devient donc techniquement possible de fabriquer des systèmes embarqués pouvant remplir toutes les fonctionnalités souhaitées.

Construit autour des microprocesseurs 32 bits et des microcontrôleurs 16 bits. Des concepts tels que les processeurs de signaux numériques (DSP) et les circuits intégrés à applications spécifiques (ASIC) ont évolué pour pouvoir supporter conjointement les besoins en puissance et en flexibilité, ces architectures comprennent de plus en plus de processeurs, qui peuvent chacun se comporter en maître : l'architecture couramment utilisée, basée sur un processeur central contrôlant le reste du système, n'est donc plus suffisante.

1.6.4. Les systèmes embarqués de quatrième génération

Les systèmes embarqués de quatrième génération sont conçus autour des microprocesseurs 64 bits et des microcontrôleurs 32 bits. Le concept de système sur puce (SoC) et de processeurs multi cœurs a évolué. Très complexe et très puissant. Exemples: téléphones intelligents.

1.7. Les contraintes de systèmes embarqués

Les systèmes embarqués exécutent des tâches prédéfinies et ont un cahier des charges contraignant à remplir, qui peut être d'ordre :

- ✓ De coût : le prix de revient doit être le plus faible possible surtout s'il est produit en grande série ;
- ✓ D'autonomie énergétique: les objets embarqués ne disposent pas nécessairement d'une alimentation électrique. Il est donc primordial que la consommation énergétique soit minimum afin de garantir une performance optimale à tout moment tout en garantissant une faible consommation d'énergie;
- ✓ D'espace mémoire, ayant un espace mémoire limité de l'ordre de quelques Mo maximum. Il convient de concevoir des systèmes embarqués qui répondent aux besoins au plus juste pour éviter un surcoût ;
- ✓ De puissance de calcul : il convient d'avoir la puissance de calcul juste nécessaire pour répondre aux besoins et aux contraintes temporelles de la tâche prédéfinie. Les processeurs utilisés dans les systèmes embarqués sont 2 à 3 décades moins puissantes qu'un processeur d'un ordinateur PC. Ceci en vue d'éviter un surcoût de l'appareil et une consommation excédentaire d'énergie (courant électrique) ;
- ✓ Temporel : dont les temps d'exécution et l'échéance temporelle d'une tâche sont déterminés (les délais sont connus ou bornés a priori). Cette dernière contrainte fait que généralement de tels systèmes ont des propriétés temps réel ;
- ✓ **Sécurité:** Certains systèmes collectent des centaines de données en permanence qui sont transmises (Radio, LAN, etc.) et peuvent être confidentielles. Un système embarqué peut donc être soumis à une politique de protection des données ;
- ✓ Fiabilité et sûreté de fonctionnement : car s'il arrive que certains de ces systèmes embarqués subissent une défaillance, ils mettent des vies humaines en danger ou mettent en péril des investissements importants. Ils sont alors dits « critiques » et ne doivent jamais faillir. Par « jamais faillir », il faut comprendre toujours donner des résultats justes, pertinents et ce dans les délais attendus par les utilisateurs (machines et/ou humains) des dits résultats.

1.8. Domaine d'application de systèmes embarqués

Les domaines dans lesquels on trouve des systèmes embarqués sont de plus en plus nombreux :

- Astronautique : fusée, satellite artificiel, sonde spatiale, etc.
- Domotique ;
- Robotique ;
- Télécommunication : téléphonie, routeur, pare-feu, serveur de temps, Téléphone portable ;
- Automate programmable industriel, contrôle et commande ;
- Equipements électriques et électroménagers : télévision, lave-linge, lave-vaisselle, four à micro-ondes ;
- Equipements dans les bâtiments : ascenseur, système de surveillance, système d'éclairage ;
- Équipements médicaux ;
- Guichet automatique bancaire: parcmètres, distributeurs banque, ...
- Equipements bureautiques : imprimante multifonctions, photocopieur, etc.
- Informatique : disque dur, Lecteur de disquette, etc.
- Métrologie ;
- Militaire : missile ;
- Multimédia : console de jeux vidéo, assistant personnel ;
- Transport : Automobile (camion, machinisme agricole), Aéronautique (avionique), Ferroviaire, etc.
- Etc.

1.9. Kit de développement pour systèmes embarqués

Un kit de développement électronique pour microcontrôleurs ou microprocesseurs embarqués est un ensemble d'outils permettant aux développeurs de développer des applications embarquées en électronique.

Un kit de développement est un environnement simple de travail pour développer un prototype d'un produit électronique ou concevoir un système qui répond à un besoin précis. Ils sont en général fournis avec :

- L'environnement de développement intégré (IDE);
- Un guide d'utilisation du kit;
- Un manuel descriptif de l'architecture matériel du kit (interfaces de communication, interfaces des E/S, ...);

- Des exemples initiations;
- Etc.

A quoi servent les kits de développement?

Les kits de développement de processeur sont utilisés comme outils pédagogiques, car ils sont flexibles lors de l'utilisation et fournissent une bonne introduction au monde des processeurs et des microcontrôleurs.

Les kits de développement peuvent également former la base de n'importe quel projet. A partir de ces kits, il est possible d'assembler des circuits pour une large gamme d'applications telles que l'assemblage d'un réseau de caméras de surveillance domestique, la diffusion des derniers programmes TV ou la commande d'un robot, ...

Description et caractéristiques de quelques kits et cartes de développement

1. Kit de développement Arduino

Il s'agit d'un kit de développement électronique basé autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications. Arduino est une plateforme open-source embarquée basée sur un microcontrôleur (ATMEGA16U2 ou 8U2), une interface d'E/S et un environnement de développement des différents périphériques du kit. Arduino peut être utilisé pour développer des objets autonomes interactifs ou peut être interfacé avec d'autres module Arduino (Bluetooth, Wifi, Capteurs, ...). L'IDE open-source peut être téléchargé gratuitement (Mac OS X, Windows et Linux).



Figure 1.9-1 Exemple de kit de développement basé sur Arduino Uno (starter Kit)

Caractéristiques du microcontrôleur Atmega328

- C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits
- FLASH = mémoire programme de 32Ko
- SRAM = données (volatiles) 2Ko
- EEPROM = données (non volatiles) 1Ko
- Digital I/O (entrées-sorties) = 3 ports PortB, PortC, PortD (soit 23 broches en tout I/O)

2. Carte de développement Raspebery Pi

Le Raspberry Pi est un micro-ordinateur monocarte à processeur ARM conçu par le créateur de jeux vidéo David Braben, dans le cadre de sa fondation Raspberry Pi2.

Cet ordinateur, qui a la taille d'une carte de crédit, est destiné à encourager l'apprentissage de la programmation embarquée; il permet l'exécution de plusieurs variantes du système d'exploitation libre GNU/Linux et des logiciels compatibles. Il est plus adapté aux applications à commande par internet (télésurveillance à distance, serveur caméra, contrôle et commande à distance, ...).

On peut pratiquement faire avec un Raspberry Pi tout ce que l'on peut faire avec un ordinateur de bureau sous Linux, à quelques exceptions près. Le Raspberry Pi utilise une carte SD à la place d'un disque dur, bien que l'on puisse le brancher à un disque dur USB. On peut modifier des documents bureautiques, surfer sur Internet, et jouer à des jeux. Le prix bas du Raspberry Pi le destine particulièrement à être utilisé comme media center. Il peut lire des vidéos et on peut l'alimenter à partir du port USB que l'on trouve sur de nombreux téléviseurs.

Caractéristiques (Model Pi 2)

- Processeur Broadcom BCM2836 Arm7 Quad Core
- Horloge du processeur 900MHz
- 1 Go de RAM
- 40pin GPIO
- 4 x 2 ports USB
- 4 pôles de sortie stéréo et port vidéo composite
- Port HDMI
- Port d'appareil photo CSI pour connecter l'appareil photo avec Raspberry Pi

- Port d'affichage DSI pour connecter l'écran tactile avec Raspberry Pi
- Port Micro SD pour le chargement de votre système d'exploitation et le stockage de données
- Source d'alimentation Micro USB
- Ethernet port 1 x 10/100

3. Carte de développement FPGA basée sur le processeur Spartan 6 XC6SLX9

Un circuit logique programmable, ou réseau logique programmable, est un circuit intégré logique qui peut être reprogrammé après sa fabrication. Notons qu'il serait impropre de parler de programmation au sens logiciel (contrairement à un microprocesseur, il n'exécute aucune ligne de code).

Caractéristiques principales :

- Spartan 6 XC6SLX9 FPGA
- 84 E/S numériques
- 8 entrées analogique
- 8 LEDs (usage général)
- 1 LED pour montrer le bon fonctionnement de FPGA
- Régulateur de tension 4.8-12V
- ATmega32U4 utilisé pour configurer FPGA, USB, et lecture des entrées analogiques

4. Kit PIC32MZ Microchip

Le kit de développement PIC32 constitue l'outil le plus simple, efficace et de faible coût pour s'initier et la mise en œuvre du microcontrôleur PIC32MZ basé sur le cœur MIPS32 M14K.

Le kit est menu avec plus de 35 projets pour mieux démarrer, les utilisateurs apprennent. Le kit comprend tout le nécessaire pour développer, programme, déboguer et exécuter du code sur un microcontrôleur PIC32 haute performance.

Quelques performances du PIC32MZ :

- Microcontrôleur 32 bits fonctionnant jusqu'à 200 MHz
- 2 Mo de mémoire Flash

- 512 Ko SRAM haute vitesse
- Ethernet/USB/CAN
- Contrôle embarquée multitâches

1.10. Famille de microcontrôleurs

Le **Microcontrôleur** (en notation abrégée **µc**) est un Circuit programmable capable d'exécuter un programme et qui possède des circuits d'interface intégrés avec le monde extérieur. Un microcontrôleur est donc un composant autonome, capable d'exécuter le programme contenu dans sa mémoire morte dès qu'il est mis sous tension. Selon les modèles et les conditions de fonctionnement, les microcontrôleurs peuvent avoir besoin de quelques composants externes (quartz, quelques condensateurs, parfois une ROM), mais ceci reste très limité.

- la famille Atmel AT91 ;
- les familles ARM Cortex-M et ARM Cortex-R
- la famille Atmel AVR (utilisée par des cartes Wiring et Arduino) ;
- la famille Intel 8051, qui ne cesse de grandir ; de plus, certains processeurs récents utilisent un cœur 8051, qui est complété par divers périphériques (ports d'E/S, compteurs/temporisateurs, convertisseurs A/N et N/A, chien de garde, superviseur de tension, etc.) ;
- l'Intel 8085, à l'origine conçu pour être un microprocesseur, a en pratique souvent été utilisé en tant que microcontrôleur ;
- la famille des PIC de Microchip ;
- la famille des dsPIC de Microchip ;
- la famille 8080, dont les héritiers sont le microprocesseur Zilog Z80 (désormais utilisé en tant que contrôleur dans l'embarqué) et le microcontrôleur Rabbit ;
- la famille STM8 de STMicroelectronics.
- Etc...

1.11. Conclusion

En somme, nés dans les années 70, les systèmes embarqués sont de nos jours largement utilisés dans de multiples domaines d'applications. Leur rôle est d'exercer une tâche précise de manière autonome, sans intervention humaine (car impossible ou trop risqué, par exemple). Souvent en temps réel, le système possède également de nombreuses autres contraintes : Espace mémoire, Sécurité, Puissance CPU, Autonomie, dimensions physiques ...

Ils sont dans la majeure partie du temps composés de :

- Capteurs qui relèvent des informations de l'environnement extérieur.
- Systèmes de traitement de l'information à base de microprocesseurs, microcontrôleurs et/ou ASIC dans lequel se trouve la partie logicielle (généralement temps réel).
- Actionneurs qui permettent de retransmettre dans l'environnement extérieur les décisions prises par la partie logicielle.

Les systèmes embarqués ne sont pas des systèmes ordinaires: ils requièrent une fiabilité irréprochable du fait du coût faible de leur fabrication et de leur production de masse.

Les familles de microcontrôleurs sont nombreuses, ce qui prime dans Arduino, c'est sa simplicité qui permet de mettre en œuvre de nombreux objets numériques à moindre coût sans être un spécialiste du fer à souder ou de la programmation des microcontrôleurs. C'est cette qualité-là qui donne à Arduino le succès planétaire qu'on lui connaît.

C'est ainsi que nous allons utiliser Arduino, pour créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes. Il reste à savoir c'est quoi Arduino.

CHAPITRE 2 : PRESENTATION MATERIELLE ET LOGICIELLE DE L'ARDUINO

2.1. Introduction

Comment faire des montages électroniques, simplement en utilisant un langage de programmation ? La réponse, c'est le projet Arduino qui l'apporte, celui-ci a été conçu pour être accessible à tous par sa simplicité. Mais il peut également être d'usage professionnel, tant les possibilités d'application sont nombreuses. Ces cartes polyvalentes sont donc parfaites pour les débutants qui veulent apprendre et progresser, grâce à cette carte. Les différentes fonctions sont réalisées par des capteurs par exemple pour la récupération des informations, des actionneurs et IHM pour la transmission des ordres et informations vers le monde extérieur.

2.2. Généralités sur l'Arduino

2.2.1. Définition

Une carte Arduino est une carte électronique qui ne sait rien faire sans qu'on lui dise quoi faire parce qu'elle est programmable. Donc elle a besoin d'un programme pour fonctionner. Comme toutes les cartes à microcontrôleur, elle permet de piloter un système de manière interactive à partir du programme que l'on aura défini et mis dans sa mémoire. Le microcontrôleur peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique.

Arduino a été conçu pour l'enseignement de l'électronique et de l'informatique. Il a été conçu pour être accessible à tous les bricoleurs : système pas cher, simple, ... mais performant.

2.2.2. Origine de l'Arduino

L'Arduino emprunte son nom au *Bar di Re Arduino* (en français « bar du roi Arduin »), lieu de réunion des concepteurs de la carte, à Ivree en Italie du Nord. Une équipe de développeurs composée de *Massimo Banzi*, *David Cuartielles*, *Tom Igoe*, *Gianluca Martino*, *David Mellis* et *Nicholas Zambetti* a imaginé un projet répondant au doux nom de **Arduino** et mettant en œuvre une petite carte électronique programmable et un logiciel multiplateforme, qui puisse être accessible à tout un chacun dans le but de créer facilement des systèmes électroniques.

2.2.3. Exemples des applications possibles

Il y a une infinité des applications possibles réalisées grâce à Arduino. En voici une liste non exhaustive :

- Contrôler les appareils domestiques, l'éclairage, le chauffage, ...
- Gérer automatiquement l'ouverture d'une porte de garage,
- Donner une intelligence à un robot,
- Réaliser de jeux de lumière,
- Envoyer un SMS quand le jardin est sec,
- Gérer le système d'arrosage à distance,
- Permettre à un ordinateur de communiquer avec une carte électronique et différents capteurs,
- Télécommander un appareil mobile (modélisme),
- Etc...

Les cartes Arduino reposent sur un circuit intégré (un mini-ordinateur appelé également microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes :

- ❖ Des capteurs en entrée qui collectent des informations sur leur environnement (de lumière, de température, de position, de flamme, de fumé, ...),
- ❖ Des actionneurs ou organes de sortie qui agissent sur le monde physique (moteurs, pompes, lampe, chauffage, ...),
- ❖ Une alimentation (piles, panneaux solaires, ...),
- ❖ Des interfaces de dialogue (boutons, LEDs, écran, ...),
- ❖ Des interfaces de communication (réseau filaire, réseau sans fil, ...),
- ❖ Etc.

2.2.4. Les types de cartes Arduino

Il y existe trois types de cartes Arduino :

- Lesdites « officielles », qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : *Smart Projects*.
- Lesdits « compatibles », qui ne sont pas fabriqués par *Smart Projects*, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.
- Les « autres », fabriquées par diverses entreprises et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, Sanguino, Uduino, Diduino,...). Elles sont généralement moins chères que les cartes Arduino originales.

2.2.5. Les différentes versions de la carte Arduino

Des cartes Arduino il en existe beaucoup ! Dix-sept versions des cartes de type Arduino ont été produites et vendues.

a. Les cartes *Uno* et *Duemilanove*.

Ces deux versions sont presque identiques.

Arduino Duemilanove utilise un Atmega168 et est alimenté en électricité par le connecteur USB ou une alimentation externe avec commutation automatique. La nouvelle version est équipée d'un ATmega328 (32 ko de flash, 2 ko de SRAM, et 1 ko d'EEPROM).

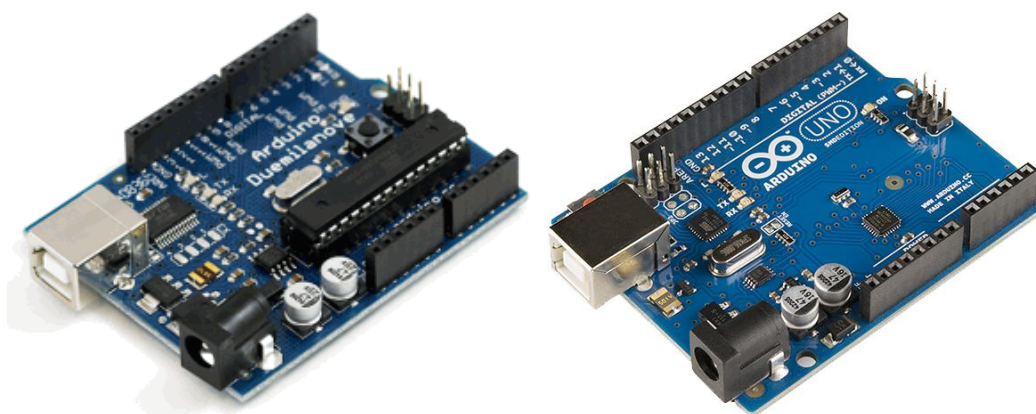


Figure 2.2-1 Carte Arduino Duemilanove et Carte Arduino Uno

Arduino Uno utilise un ATmega328 comme les derniers modèles de Duemilanove, mais alors que le Duemilanove utilisait une puce FTDI pour la programmation via un connecteur USB, le Uno utilise une puce ATmega8U2 programmée comme un convertisseur série. [4]

b. La carte Arduino Leonardo

C'est la carte qui est prévue pour succéder à la carte Arduino Uno en présentant des caractéristiques équivalentes mais une ergonomie revue et une stabilité plus éprouvée. Sa diffusion moins importante limite le support utilisateur disponible sur le net.

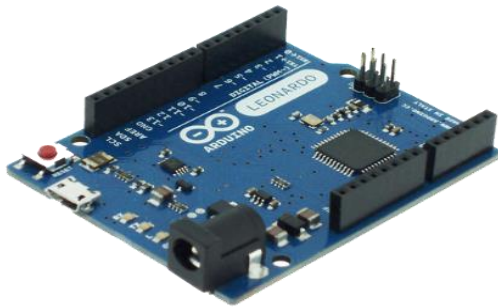


Figure 2.2-2 Carte Arduino Leonardo

c. La carte Arduino Mega

La carte Arduino Mega est la carte la plus diffusée après la carte Arduino Uno. Elle offre toutes les fonctionnalités de cette dernière et un nombre d'entrées/sorties beaucoup plus important (54 contre 14). Elle est équipée d'un ATmega1280 de type CMS [5] pour avoir des entrées/Sorties supplémentaires et de la mémoire (128 ko de flash, 8 ko SRAM et 4ko EEPROM).

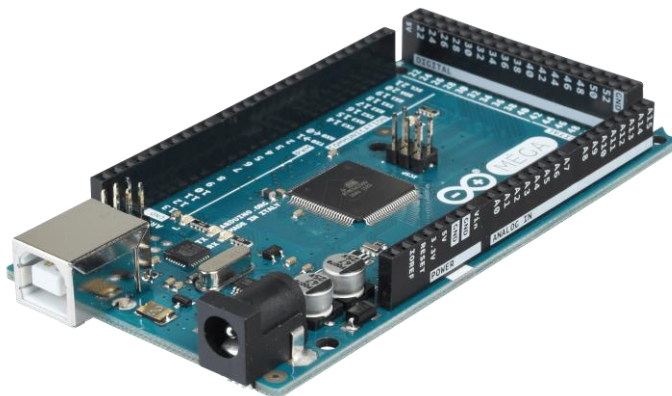


Figure 2.2-3 Carte Arduino Mega

d. La carte Arduino Mega ADK

La carte Arduino méga ADK offre les mêmes caractéristiques techniques que la carte Arduino méga mais son port USB permet de la connecter avec un environnement Android ouvrant de nouvelles perspectives d'interaction avec le monde des smartphones et des capteurs dont ils sont dotés. Sa mise en œuvre nécessite par contre de solides connaissances en Java et la capacité à développer ses propres applications.



Figure 2.2-4 Carte Arduino Mega ADK

e. La carte Arduino Due

La carte Arduino Due est une évolution de la carte Arduino Méga et offre des performances réputées 3 fois supérieures. Elle permet de manipuler rapidement des algorithmes lourds particulièrement utiles dans le monde de la robotique par exemple.

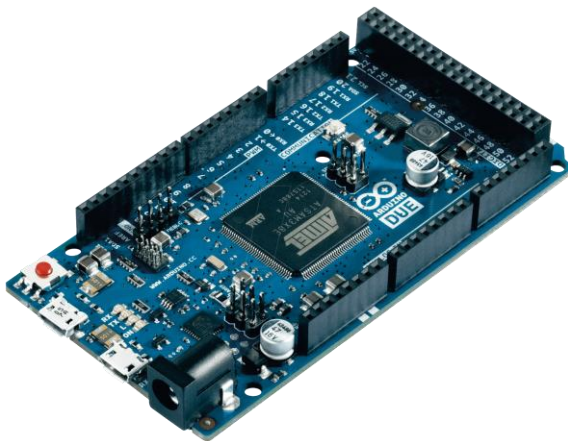


Figure 2.2-5 Carte Arduino Due

f. La carte Arduino Nano

La carte Arduino nano n'est ni plus ni moins qu'une carte Arduino Uno miniaturisée. Sa taille et son poids réduits la destinent à une utilisation dans des espaces réduits (en textile par exemple) ou dans des applications de robotique ou de modélisme pour lesquels le poids et la taille sont des facteurs déterminant (hélicoptères, drones...)

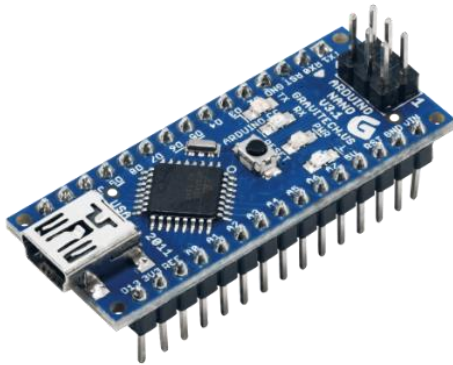


Figure 2.2-6 Carte Arduino Nano

g. La carte Arduino Mini Pro

La carte Arduino Mini Pro est une carte Arduino Uno simplifiée à l'extrême permettant néanmoins de piloter de petits projets ou certains éléments d'un projet. Attention, cette carte n'intègre pas de port USB ce qui rends sa connectivité délicate.

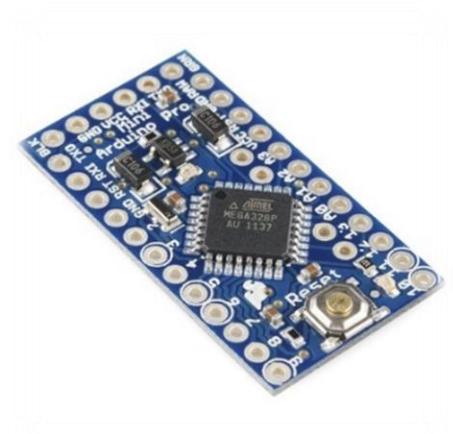


Figure 2.2-7 Carte Arduino Mini Pro

h. La carte Arduino Yun

La carte Arduino Yun, récemment proposée par Arduino, est conçue pour contrer les avantages de la carte Raspberry. Elle est un dérivé de la carte Leonardo et a pour objectif de combiner la puissance de Linux avec la facilité d'utilisation d'une carte Arduino. Elle est également la première carte Arduino à être dotée nativement d'un wifi intégré etc.



Figure 2.2-8 Carte Arduino Yun

2.2.6. Autres cartes

Il existe encore beaucoup d'autres cartes dont voici certaines :

- Arduino Ethernet : est une carte Arduino UNO intégrant un chip Wiznet W5100 pour rajouter la connectivité Ethernet intégré.
- Arduino Bluetooth(BT) : programmable via une connexion Bluetooth et utilisant un ATmega 328.
- Serial Arduino : programmé avec une connexion série par connecteur DB9 et utilisant un ATmega8.
- Arduino Extreme : programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega8.
- LilyPad Arduino : une conception de type minimaliste pour permettre une application portable utilisant un ATmega168 de type CMS, cette carte se remarque par son vernis violet.
- Arduino NG plus : programmable via une connexion USB et utilisant un ATmega168.
- Arduino Diecimila : possède une interface USB et utilise un ATmega168 dans un boîtier format DIL28. (16 ko flash, 1 ko SRAM, 0,5 ko EEPROM)
- Arduino MKR : est une famille de cartes au format réduit, destinée à l'IoT : la carte est déclinée sous plusieurs déclinaisons, disposant chacun d'une fonctionnalité de connectivité IoT différente: Sigfox, LoRa, Wi-Fi, etc.
- Etc.

2.2.7. Dérivées de l'Arduino

Plusieurs cartes Arduino ont été produites par d'autres fabricants, elles sont donc compatibles avec les Arduino officielles. Il existe aussi des cartes Arduino ou compatible modifiées pour un usage spécifique : par exemple, des cartes de contrôle pour imprimantes 3D RepRap, des systèmes de pilote automatique pour drones comme les systèmes ArduPilot, APM:Plane et APM:Copter, ou les cartes FlyDuino, enfin des puces Wi-Fi tierces comme l'ESP8266 compatibles avec l'environnement Arduino.

2.2.8. Avantages

Le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs, tout en offrant plusieurs avantages pour les enseignants, les étudiants et les amateurs intéressés par les autres systèmes :

- ✚ Pas cher : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plateformes.
- ✚ Multiplateforme : le logiciel Arduino, écrit en Java, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Linux et Mac OS. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- ✚ Un environnement de programmation clair et simple : l'environnement de programmation Arduino est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- ✚ Logiciel open Source et extensible : le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés.
- ✚ Le langage peut être aussi étendu à l'aide de bibliothèques C++, et les personnes qui veulent comprendre les détails techniques peuvent reconstruire le passage du langage Arduino au langage C pour microcontrôleur AVR sur lequel il est basé.
- ✚ Matériel open source et extensible : les cartes Arduino sont basées sur les microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328, etc.

2.3. Etude de la partie matérielle

Comme nous l'avons mentionné là-haut, Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne.

2.3.1. Une carte électronique

Une **carte électronique** est un support plan, flexible ou rigide, généralement composé de fibre de verre. Elle possède des pistes électriques disposées sur une, deux ou plusieurs couches (en surface et/ou en interne) qui permettent la mise en relation électrique des composants électroniques. Chaque piste relie tel composant à tel autre, de façon à créer un système électronique qui fonctionne et qui réalise les opérations demandées.

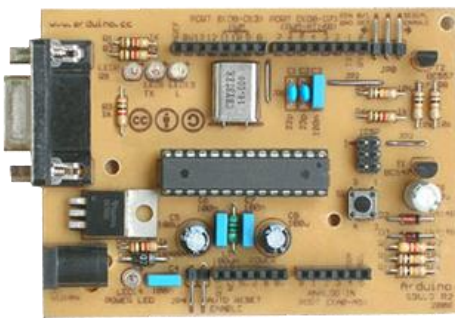


Figure 2.3-1 Exemple de carte électronique: Arduino Severino

Évidemment, tous les composants d'une carte électronique ne sont pas forcément reliés entre eux. Le câblage des composants suit un plan spécifique à chaque carte électronique, qui se nomme le schéma électronique.

2.3.2. Un circuit programmable

La carte Arduino est une carte qui ne sait rien faire sans qu'on lui dise quoi faire, c'est dû au fait qu'elle est programmable. Cela signifie qu'elle a besoin d'un programme pour fonctionner.

Une carte programmable est une carte sur laquelle est intégré des composants électronique dont un ou plusieurs microcontrôleurs. Le microcontrôleur permet de contrôler la carte avec un programme informatique. Ce programme peut être écrit en divers langages de programmation. Sans programme la carte programmable ne peut pas fonctionner.

Vous devez donc relier votre carte à un ordinateur pour y injecter un programme. Une fois le programme dans la carte, vous pouvez l'utiliser en toute autonomie sans ordinateur.

2.4. Etude de la partie logicielle

Cette partie est dédiée à la représentation des plateformes informatiques utilisées dans le développement des systèmes embarqués.

2.4.1. Outils et logiciels

Arduino IDE : L'interface de l'IDE Arduino est plutôt simple, il offre une interface minimale et épurée pour développer un programme sur les cartes Arduino. Il est doté d'un éditeur de code avec coloration syntaxique et d'une barre d'outils rapide. Ce sont les deux éléments les plus importants de l'interface. On retrouve aussi une barre de menus, plus classique qui est utilisé pour accéder aux fonctions avancées de l'IDE. Enfin, une console affichant les résultats de la compilation du code source, des opérations sur la carte, etc.

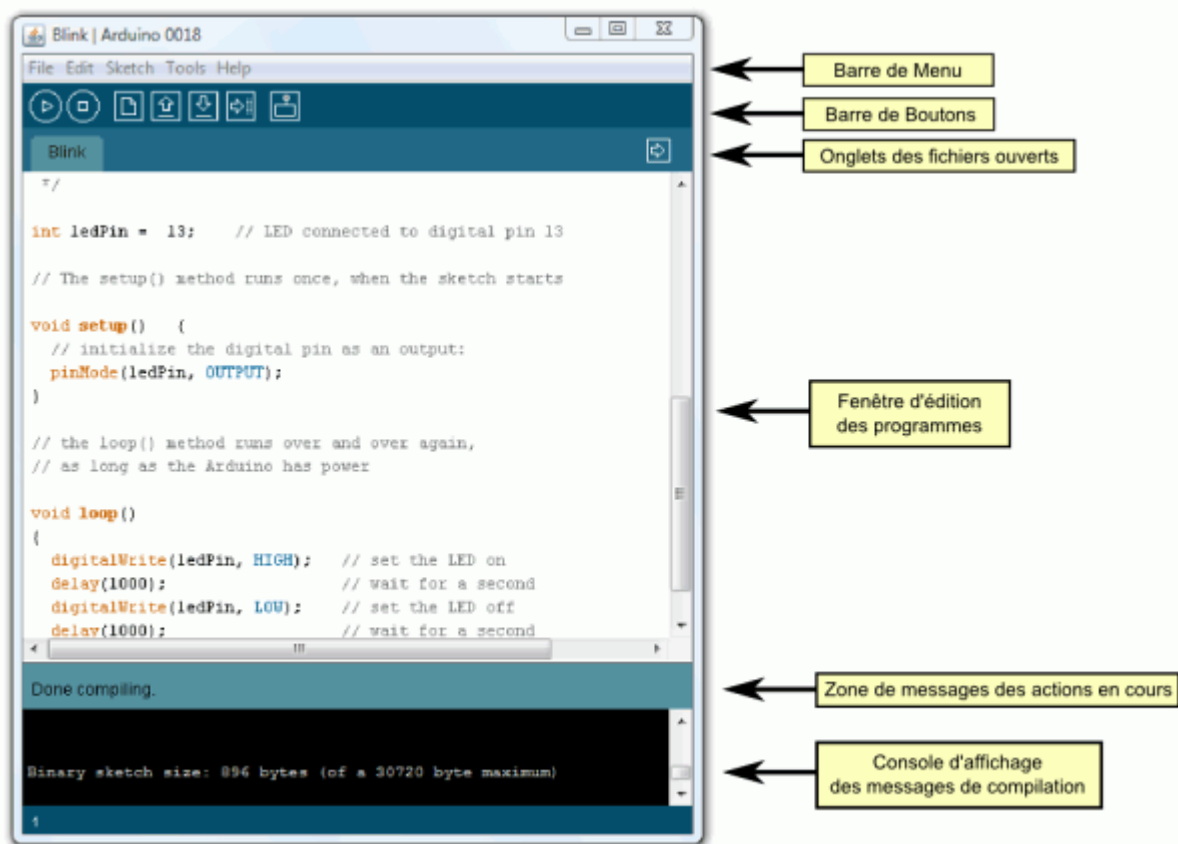


Figure 2.4-1 Interface du logiciel Arduino

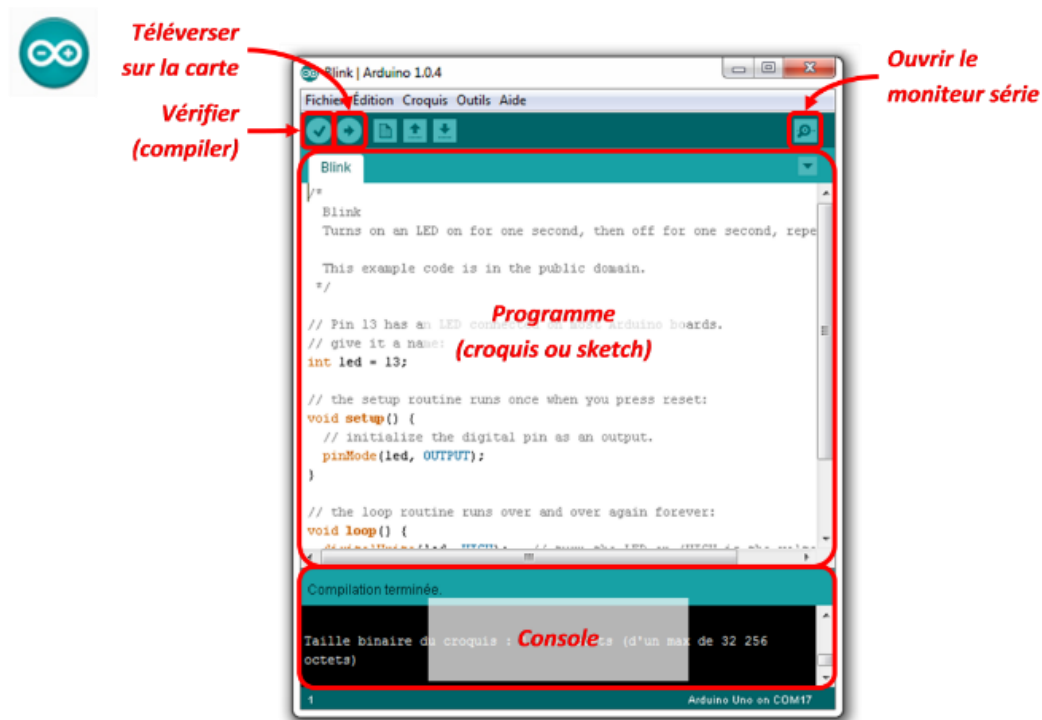


Figure 2.4-2 Interface du logiciel Arduino

Le logiciel Arduino est un environnement de développement open source et gratuit, téléchargeable sur le site officiel Arduino, comme le montre la figure 2.4-1, cet IDE dédié aux cartes Arduino permet :

- D'éditer un programme : des croquis (**sketch** en Anglais),
- De compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino,
- De téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino,
- De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal.

2.4.2. Langages de programmation qu'acceptent les arduino

- Langage Arduino : le langage utilisé par le logiciel Arduino pour programmer le microcontrôleur est basé sur les langages C/C++.
- Si vous ne pouvez pas écrire du C/C++, il est possible d'utiliser un langage interprété soit directement sur la carte, soit sur un autre ordinateur qui communique avec Arduino. Il existe en effet quelques implémentations de langages interprétés pour l'Arduino, y compris plusieurs ports de Forth sur Arduino, un port de Tiny BASIC, PyMite (un sous-

ensemble de Python), et un langage dédié appelé Bitlash. Ces langages peuvent être exécutés directement sur Arduino.

- Cependant, la plupart des langages de script dynamiques modernes sont trop complexes pour tenir dans la RAM et la mémoire de programme très limitées de l'Arduino. Les langages qui entrent dans cette catégorie sont : Java, PHP, Perl, Batch, Shell, Ruby, JavaScript, Python. Vous pouvez utiliser ces langues pour communiquer avec Arduino, mais en général, le code dans ces langages ne fonctionnera pas directement sur la carte.

2.5. Conclusion

Pour finir, Arduino est une plate-forme de prototypage rapide : un ensemble d'outils développés pour faciliter la conception de montages à base de microcontrôleurs, sans perdre trop de temps à en apprendre les tenants et aboutissants.

Les circuits à microcontrôleurs, grâce à la grande facilité de leur mise en œuvre et la diminution de leur coût sont de plus en plus fréquemment employés et remplacent avantageusement les circuits électroniques classiques.

La plate-forme Arduino comporte :

- Du matériel : une collection de cartes à microcontrôleurs,
- Du logiciel : permettant la programmation, la communication et intégrant de nombreuses bibliothèques de fonctions,
- Un site Internet : information, téléchargements, documentation, forums, ...

Il en existe plusieurs variétés de la carte dont nous avons énumérer quelques-unes ; nous avons travaillé avec la Uno que nous allons beaucoup plus parler en détail plus loin dans le chapitre quatre. Voyons d'abord en gros combien ces cartes ont un rôle important à jouer dans l'automatisation de nos maisons et notre confort. Parlant du confort et de l'automatisation, nous faisons directement allusion à la domotique que nous allons voir dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE 3 : GENERALITES SUR LA DOMOTIQUE

3.1 Introduction

Les premières applications de la domotique sont apparues au début des années 1980. Elles sont nées de la miniaturisation des systèmes électroniques et informatiques. Le développement des composants électroniques dans les produits domestiques a amélioré les performances tout en réduisant les coûts de consommations en énergie des équipements.

La domotique appelée également parfois **smart home**, ou **smart house**, ou **maison connectée**, ou encore **maison « intelligente »**, sont des termes de plus en plus à la mode. Pourtant, pour beaucoup encore, ce terme reste obscur. Il faut dire que la domotique englobe énormément de choses. La question est donc légitime : **la domotique, c'est quoi ?**

3.2. Définition de la domotique

Le mot domotique a été introduit dans le dictionnaire « le petit Larousse » en 1988.

Ce mot vient du mot latin « **Domus** » qui signifie « domicile », et du suffixe « tique » qui fait référence à **la technique**.

Wikipédia définit **la domotique** comme étant l'ensemble des techniques de l'électronique, de physique du bâtiment, d'automatisme, de l'informatique et des télécommunications utilisées dans les bâtiments, plus ou moins « interopérables » et permettant de centraliser le contrôle des différents systèmes et sous-systèmes de la maison et de l'entreprise (chauffage, volets roulants, porte de garage, portail d'entrée, prises électriques, etc.). [6]

La domotique vise à apporter des solutions techniques pour répondre aux besoins de confort, de sécurité et de communication que l'on peut retrouver dans les maisons, les hôtels, les lieux publics, etc.

3.3. Technologies de la domotique

Dans le cadre d'une utilisation à l'échelle d'un habitat, la domotique concerne trois technologies :

- La technologie par réseau sans fil (Wifi, ondes radio, ...) ;
- La technologie CPL ou à courant porteur (appelé X10) ;

- Et la technologie par réseau câblé.

3.3.1. La domotique sans fil

La domotique sans fil utilise plusieurs supports technologiques : les ondes radio (sur des fréquences en MHz) et l'infrarouge, qui a pour inconvénient de ne pas traverser les murs. Cette technologie permet le contrôle de tous les équipements électriques de l'habitation. Fiable, elle est rapidement opérationnelle et occasionne peu de pollution électromagnétique.

Il est conseillé, pour une meilleure stabilité du système, de ne pas mixer le sans-fil avec un autre type de technologie, le CPL par exemple. Cela peut nuire à l'installation et à la qualité de la communication entre les équipements.

La domotique sans fil utilise plutôt les ondes électromagnétiques pour transmettre des données en utilisant l'air comme canal de transmission:

- L'émetteur applique une certaine variation de courant à son antenne.
- La variation de courant induit une onde électromagnétique.
- L'onde électromagnétique se propage à une vitesse proche de celle de la lumière dans l'air.
- Un courant électrique est induit dans l'antenne du récepteur par la variation de champs magnétique.
- Le récepteur lit la variation de courant et l'interprète selon le protocole de communication utilisé.

On trouve parmi les protocoles sans fil :

a. Infrarouge

La technologie infrarouge utilise les longueurs d'ondes plus longues dans la zone rouge du spectre électromagnétique qui se situent au-delà du champ de vision humain. La technologie infrarouge est utilisée par la télécommande d'un téléviseur. Elle est peu coûteuse et facile à intégrer dans les périphériques par les fabricants, mais elle présente quelques inconvénients : Diminution des performances selon la distance, seulement deux périphériques peuvent communiquer l'un avec l'autre et blocage possible de la transmission du signal avec les obstacles (personnes, murs, plantes, etc.).

b. Bluetooth

C'est un protocole sans fil d'échange de données sur de courtes distances entre des périphériques fixes et mobiles. Elle permet de connecter plusieurs périphériques en résolvant les problèmes de synchronisation. La norme BLUETOOTH est automatique, économique et présente une portée de transmission des données plus étendue par rapport à l'infrarouge.

c. Zigbee

C'est une technologie sans fil radio, de basse puissance et de bas débits (en dessous de 150 kbps). Sa portée est variable. Elle oscille suivant l'environnement entre 10 et 50 mètres en intérieur. L'avantage majeur de Zigbee est que la technologie est peu consommatrice en énergie. Elle peut, de plus, être intégrée à bas coût dans les équipements. Il présente quelques inconvénients : Débit très bas, les signaux ne sont pas directement compatibles avec des systèmes « évolués » tels qu'ordinateurs, tablette ou smartphone. Il est donc nécessaire d'utiliser une Gateway qui sera connecté d'une part au réseau maillé et d'autre part au réseau local via Wifi ou un câble Ethernet.

d. Wifi

C'est une technologie de réseau informatique sans fil mise en place pour fonctionner en réseau interne et, depuis, devenue un moyen d'accès à haut débit à Internet. En pratique, pour un usage informatique du réseau Wi-Fi, il est nécessaire de disposer au minimum de deux équipements Wi-Fi, par exemple un ordinateur, et un point d'accès ADSL. Nous résumons dans ce tableau une comparaison entre les différentes technologies :

Tableau 1 Comparaison entre les différents protocoles sans fil [7]

	Wifi	Bluetooth	Zigbee	Infrarouge
Débit	>100 Mb/s	< 3 Mb/s	< 250 Kb/s	10 Mb/s
Portée	~ 300m	~ 100m	~ 1km (beaucoup plus grâce au maillage réseau)	~30m

3.3.2. La domotique à courant porteur CLP

L'utilisation de la domotique à courant porteur revient à transformer son habitat en maison communicante par le biais d'une installation domotique; c'est-à-dire que la technologie CPL utilise le réseau électrique du domicile déjà existant pour transmettre les informations entre les appareils et les unités de commande. Ainsi, chaque prise reçoit les données qui lui sont destinées pour une gestion simplifiée et un coût d'installation réduit.

La domotique CPL est aussi connue sous l'acronyme de X10, qui est un protocole de communication et de contrôle de plusieurs appareils domotiques, X10 reste le protocole le moins cher dans le domaine des automatismes résidentiels.

Les CPL offrent la possibilité de faire passer de l'information numérique (voix, donnée, image) sur le réseau électrique ordinaire. Ils s'avèrent très utiles en cas de rénovation. L'intérêt de cette technologie porte sur l'utilisation d'un réseau filaire structuré déjà existant et parfaitement distribué dans toute la maison ou le bâtiment : le réseau électrique et ses points d'accès constitués par les prises électriques. Toutefois, la fiabilité de la domotique CPL est contestable. Cette technologie peut parasiter le réseau et perturber les autres transmissions. De plus, cet équipement est encore coûteux. À performances équivalentes, il est en effet plus cher que le sans-fil. Enfin, ce système est aussi moins rapide, et il n'a pas de mobilité par construction.

3.3.3. La domotique câblée

La technologie par réseau câblé est bien plus fiable encore grâce à son insensibilité face aux perturbations électromagnétiques. Le réseau permet d'interconnecter tous les appareils de la maison plus facilement, mais son installation nécessite généralement des travaux et s'avère plus longue. Elle est conseillée plutôt dans constructions neuves.

Certains professionnels ne sont pas favorables, au sein d'une installation domotique, aux approches sans fil ou CPL. Ils leur préfèrent une domotique par câbles. Le pré-câblage doit être souple et évolutif, car la technologie ne cesse d'évoluer. Il faut ainsi prévoir un local technique, le « local de répartition », qui centralise les points d'arrivée de toutes les liaisons externes (électricité, téléphone, Internet, télévision, fibre optique ...).

Dans les logements, le Bus de terrain KNX est une excellente solution domotique. Ce Bus est constitué d'un câble fait de conducteurs torsadés par paires (deux au minimum) alimenté en très basse tension (courant faible).

Le réseau a pour but d'empêcher les interférences électriques reprochées au CPL. Cependant, tout repose sur la qualité des câbles choisis.

Trois types de câbles sont fréquemment rencontrés, le câble UTP, le câble STP et le câble FTP. Les meilleurs câbles sont blindés ou écrantés, de type STP ou FTP.

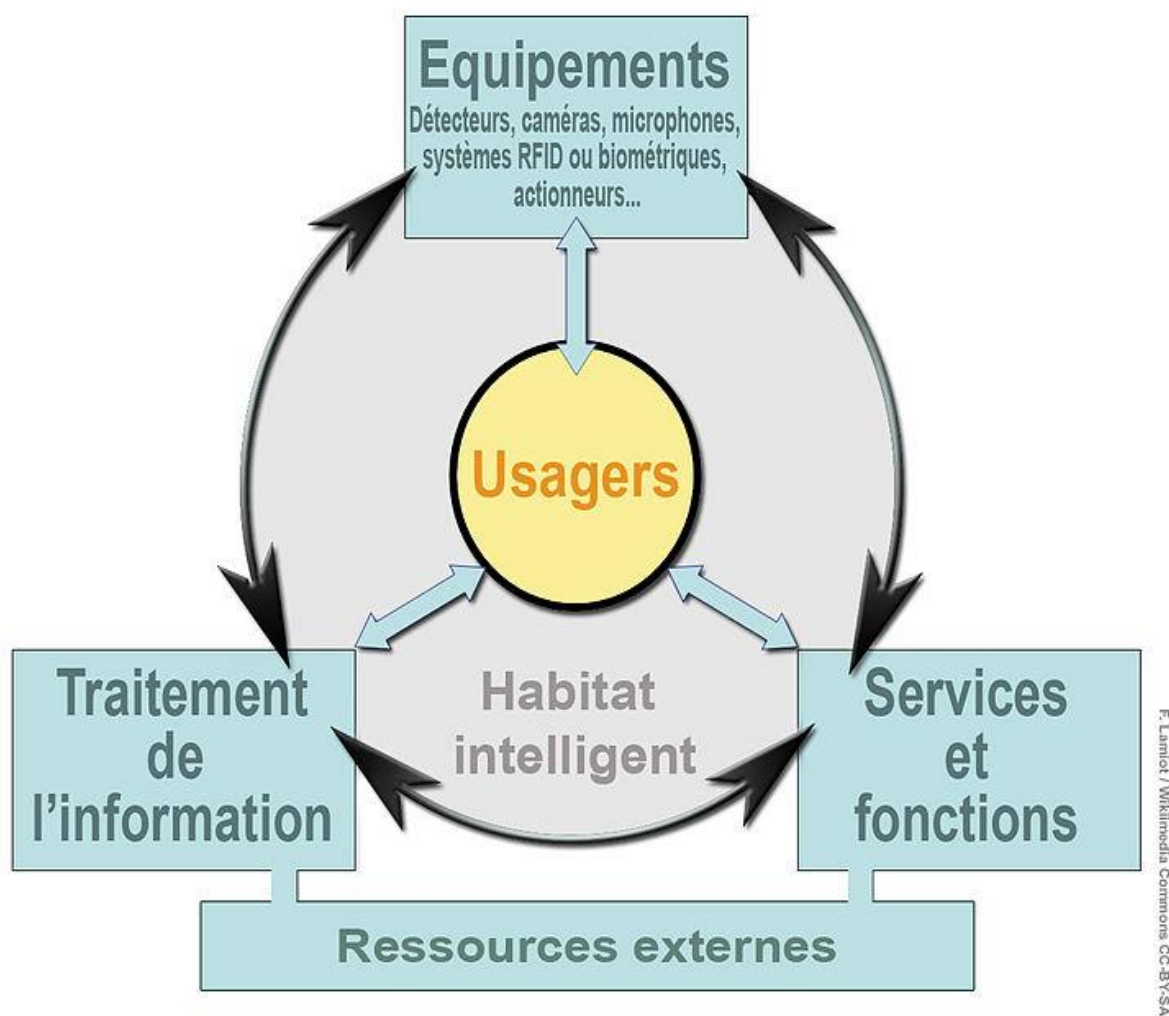


Figure 3.33.3-1 Représentation graphique schématisée d'items relatifs à l'« habitat intelligent » (version évoluée de la domotique des années 1970-80), avec leurs relations entre eux et l'utilisateur. [8]

3.4. Domaines d'application de la domotique

La domotique peut s'adapter à plusieurs types de domaine. Les principaux domaines dans lesquels s'appliquent les techniques de la domotique sont :

- Le pilotage des appareils domestiques électroménagers par la programmation d'horaires définis par l'utilisateur.
- La gestion de l'énergie, du chauffage, de la climatisation, de la ventilation, de l'éclairage, de l'eau (les robinets de lavabos peuvent ouvrir l'eau à l'approche des mains, etc.) ;
- La sécurité des biens et des personnes (alarme, détecteur de mouvement, etc.) ;
- Le confort de l'habitat (home cinéma, gestion des lumières, etc.) ;
- L'assistance aux personnes handicapées ou aux personnes âgées.

La domotique concerne les résidences individuelles, mais aussi les logements collectifs et les bureaux. Dans ces deux derniers cas, on parle plutôt d'Immotique, qui est l'application de la domotique aux grands bâtiments et aux immeubles.

3.5. Avantages de la domotique

La domotique nous offre des nombreux avantages, en voici les principaux :

a. La domotique apporte du confort

Selon le dictionnaire Petit Robert, « Confort » est un nom masculin signifiant tout ce qui contribue au bien-être, à la commodité de la vie matérielle. Le confort d'un appartement par exemple. Aujourd'hui, une maison intelligence est capable de savoir quand vous rentrez à la maison (grâce à votre smartphone par exemple), et donc d'ouvrir le portail avant même que vous n'arriviez. Les volets peuvent s'ouvrir et se fermer au rythme du soleil, et peuvent même aller jusqu'à s'adapter à la saison et la température pour laisser entrer la lumière et la chaleur du soleil l'hiver, ou au contraire conserver le frais l'été en fermant les volets des fenêtres exposées au soleil. De la même façon, votre maison sait quand vous êtes présent, et peut ainsi adapter elle-même votre chauffage pour que la maison soit toujours à la température idéale pour vous. Il est même possible de diffuser automatiquement votre playlist musicale préférée à votre réveil, ou quand vous rentrez à la maison. Pendant ce temps, un robot peut passer l'aspirateur dans la maison à votre place, et le système d'arrosage automatique arrosera votre jardin, tout en tenant compte des prévisions météo des prochains jours, histoire de ne pas arroser inutilement.

b. La domotique permet des économies d'énergie

La domotique permet d'optimiser vos dépenses d'énergie par l'automatisation et la programmation d'appareils et de gérer ainsi les sources d'énergie de votre domicile. Chauffage, climatisation, éclairage, ouverture et fermeture des stores, température et remplissage de l'eau, chargement des appareils fonctionnant sur batterie, etc. Tout est conçu pour vous faciliter la vie, tenir votre maison prête et confortable pour votre arrivée tout en vous permettant de réaliser des économies en programmant ces actions pour qu'elle s'exécutent seulement en cas de besoin.

Grace à un ensemble de capteurs placés à l'intérieur et à l'extérieur de la maison, le simple fait d'activer l'alarme en partant va passer le chauffage en mode économie, et éteindre toutes les lampes et les appareils restent en veille, réduisant ainsi la consommation d'énergie en votre absence.

Cette gestion s'étend même jusqu'au jardin, puisqu'il vous est possible de contrôler et de programmer votre système d'arrosage à distance, par internet depuis votre smartphone, votre ordinateur ou votre tablette.

c. La domotique apporte de la sécurité

Le système de contrôle et de surveillance de la maison déclenche une alerte automatique en cas de tentative d'intrusion ou de problèmes (liés à la fumée, fuite d'eau, gaz, etc.) via un SMS ou un mail qui peut vous être adressé, ainsi qu'à un commissariat, au pompier, à une personne proche, ... en fonction de directives préétablies. L'alarme peut également se faire via une sirène et éventuellement un flash lumineux en cas de tentative d'intrusion.

La sécurité de la maison, c'est également la sécurité des personnes : en cas de détection d'incendie, par exemple, il est tout à fait possible de déclencher une alarme, d'ouvrir automatiquement les volets, déverrouiller les portes, et éclairer le chemin de la sortie pour faciliter l'évacuation ; en cas de détection de fuite d'eau il est également possible de couper automatiquement l'arrivée d'eau afin d'éviter de gros dégâts, ainsi de suite.

3.6. La communication de la maison avec le monde extérieur

Un système domotique permet la communication non seulement à l'intérieur de la maison, mais aussi à l'extérieur. D'où pour fonctionner, un système automatique doit pouvoir acquérir des informations en provenance de l'utilisateur mais aussi du système lui-même ou encore de son environnement. Il va ensuite les traiter afin de transmettre des ordres à la chaîne d'énergie par exemple.

La technologie Internet interviendra de plus en plus pour la commande à distance par certains utilisateurs. Vous ne devez même pas être à la maison pour commander vos appareils. Un simple coup de fil ou un sms vous permettra par exemple de régler le chauffage à distance, d'activer une simulation de présence etc.

3.7. Conclusion

Toutes les fonctions et applications décrites dans ce chapitre apportent confort et bien-être. Le fait que nos maisons soient en outre plus sûres, capables de communiquer et dotées d'un minimum d'autonomie est également à considérer. Si, de surcroît, l'investissement initial permet de faire évoluer l'installation à moindre frais et de limiter les coûts d'exploitation, choisir de rendre sa maison intelligente apparaît comme un choix judicieux, et non plus comme un luxe.

Encore faut-il que les aspects purement technologiques laissent la place à une simplicité d'utilisation pour tous. Le succès de l'intégration des nouvelles technologies passe par une bonne conception en amont, le choix de solutions standardisées, une adéquation des solutions aux attentes des utilisateurs et un accompagnement dans la prise en main des systèmes.

Avant de détailler les fonctions disponibles dans notre système de commande, nous introduisons dans le chapitre suivant la façon de les mettre en œuvre.

CHAPITRE 4 : CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME DE COMMANDE A DISTANCE D'UNE MAISON INTELLIGENTE A BASE D'ARDUINO

4.1. Présentation du cahier de charge

L'objectif de notre travail est de concevoir une maison didacticiel pour établir les fonctions de la domotique suivantes :

- Gestion d'ouverture sécurisée par code de la porte principale. L'ouverture étant assurée par un servomoteur. Et si un code incorrect est tapé trois fois, l'alarme de la maison se déclenche automatiquement.
- Gestion d'éclairage assurée par l'intermédiaire de l'application web
- Acquisition de la température et humidité par le capteur DHT11 puis affichage de ces données sur écran LCD et sur une page web de la maison.
- Contrôle d'incendie par le capteur de flamme puis déclenchement automatique de l'alarme en cas de détection de la flamme.
- La commande des organes du système domotique sera faite par la liaison de l'interface graphique de la page web de la maison et le wifi via un module Ethernet monté avec la carte de commande.

Le schéma synoptique suivant va nous permettre de mieux comprendre le fonctionnement global du système étudié

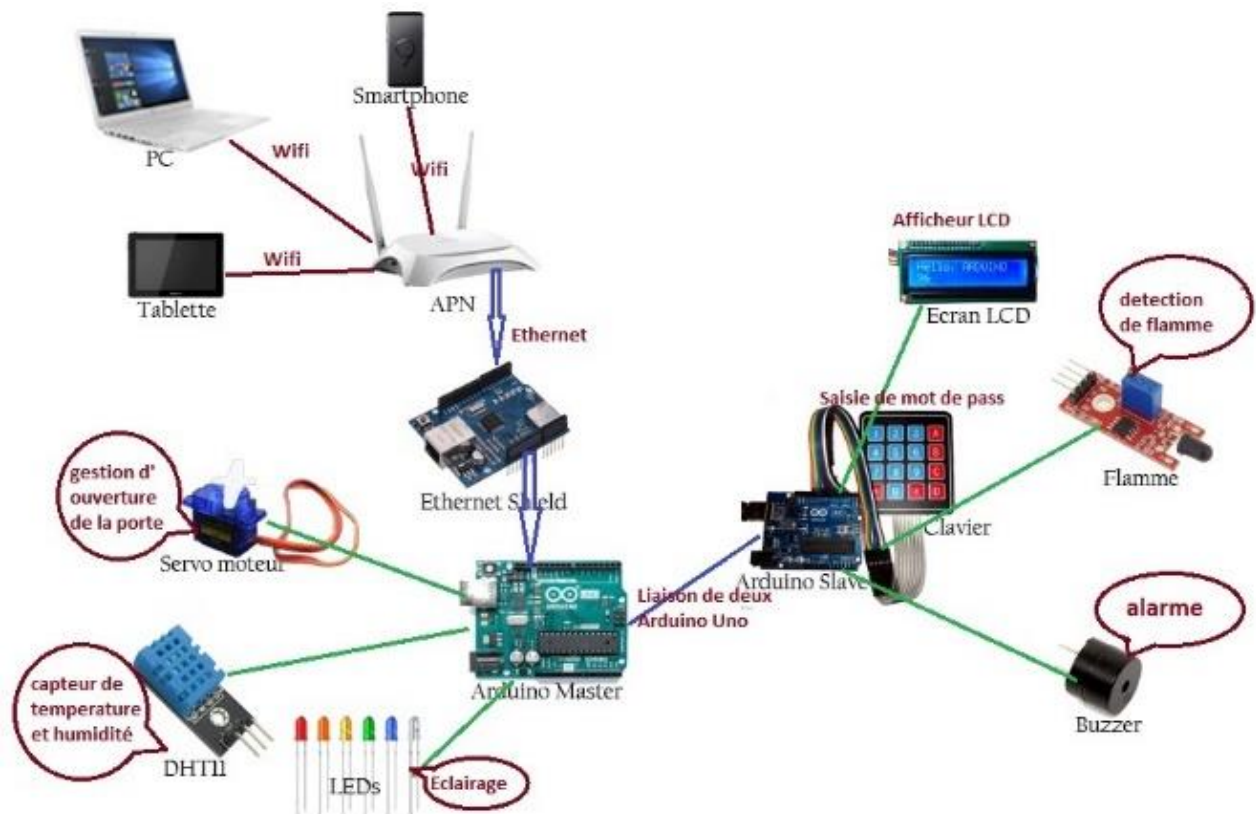


Figure 4.1-1 Schéma synoptique du système à réaliser

4.2. Outils utilisés pour le développement du système de commande

Dans cette partie, nous allons détailler l'ensemble des outils matériels et logiciels qui nous ont permis de mettre en place le système commandé réalisé dans ce travail. Nous nous étalerons principalement sur la carte Arduino Uno, ainsi que l'ensemble des actionneurs et des capteurs que nous avons pu intégrer dedans.

4.2.1. Carte Arduino Uno

Arduino Uno est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328P. Il possède 14 broches d'E/S numériques, 6 entrées analogiques, un quartz 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour prendre en charge le microcontrôleur.

Vous pouvez bricoler votre UNO sans trop vous soucier de faire quelque chose de mal, dans le pire des cas, vous pouvez remplacer la puce pour quelques dollars et recommencer.

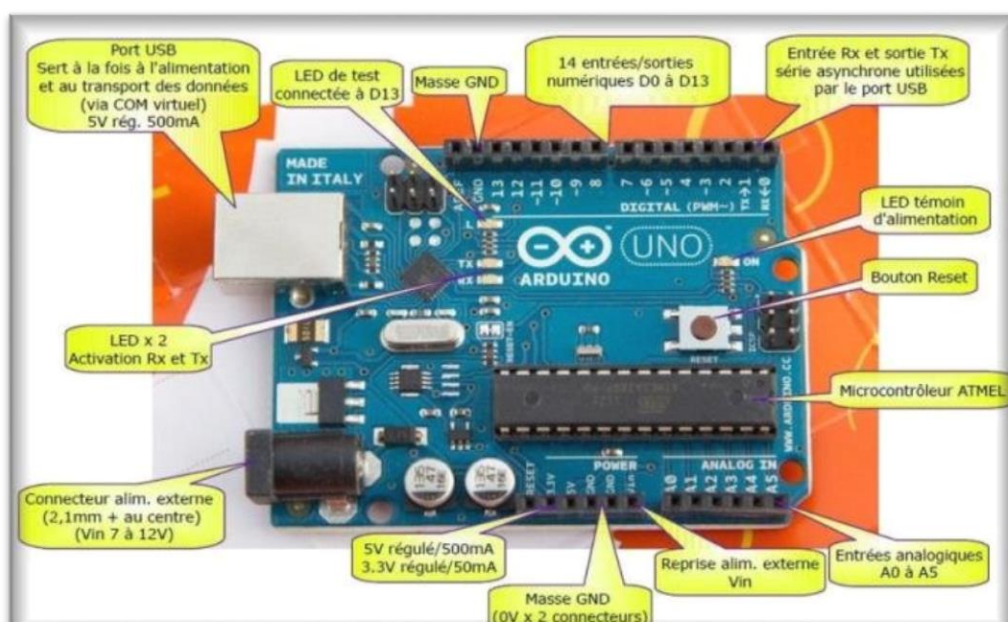


Figure 4.2-1 La carte Arduino Uno [9]

"Uno" signifie « un » en italien et a été choisi pour marquer la sortie de Arduino Software (IDE) 1.0. La carte Uno et la version 1.0 du logiciel Arduino (IDE) étaient les versions de référence d'Arduino, qui ont maintenant évolué vers de nouvelles versions. La carte Uno est la première d'une série de cartes USB Arduino et le modèle de référence pour la plate-forme Arduino.

1. Spécifications techniques

Parmi ses caractéristiques matérielles, on trouve :

Tableau 2 Présentation des caractéristiques de la carte Arduino Uno

Catégorie	Valeur
Microcontrôleur :	ATmega328P
Tension de fonctionnement :	5V
Tension d'entrée :	7-12 V
Broches d'E /S numériques	14
Broches E /S numériques PWM	6
Broches d'entrée analogiques	6
Mémoire flash	32 Ko (ATmega328P)

SRAM	2 Ko
EEPROM	1 Ko
Vitesse de l'horloge	16 MHz
LED_BUILTIN	Connectée à la pin 13
Longueur	68.6 mm
Largeur	53.4 mm
Poids	25g

2. Fonctions générales des broches

a. Alimentation

L'Arduino Uno peut être alimentée via la connexion USB ou avec une alimentation externe. Dans le premier cas, la source d'alimentation est automatiquement sélectionnée. Externe (non-USB) alimentation peut provenir d'un adaptateur AC-DC ou batterie.

Les broches d'alimentation sont les suivants :

- **Vin** pour accueillir la tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe.
- **5V**, Cette broche délivre une tension de 5V régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte.
- **3.3V**, il s'agit d'une alimentation fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.

b. Mémoire

La carte Arduino Uno a 32 Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme. Elle a également 2 ko de mémoire SRAM (volatile) et 1 Ko d'EEPROM (non volatile - mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM.h).

c. Entrées et sorties numériques

Chacune des 14 broches numériques de la carte Arduino Uno peut être utilisée comme entrée numérique ou sortie numérique à l'aide des fonctions *pinMode ()* et *digitalRead ()* du langage Arduino. Ils fonctionnent en 5 volts.

Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 20 mA d'intensité dans les conditions de fonctionnement recommandées et possède une résistance de tirage interne (déconnectée par défaut) de 20 à 50 000 ohms (20-50 KΩ). Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de la fonction *digitalWrite (broche, HIGH)*.

De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées:

Tableau 3 Différentes broches entrées/Sorties numériques

Communication Série	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Port série 0 : (RX) ; ✓ Port série 1 : (TX). <p>Utilisé pour recevoir (RX) et transmettre (TX) des données séries de niveau TTL</p>
Interruptions externes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Broche 2 ✓ Broche 3. <p>Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, un front montant ou descendant ou un changement de valeur. (Voir la fonction <i>attachInterrupt ()</i>).</p>
Impulsion PWM (Modulation de la Largeur d'Impulsion MLI)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Broche 3, ✓ Broche 5, ✓ Broche 6, ✓ Broche 9, ✓ Broche 10 et ✓ Broche 11 <p>Peut fournir une sortie PWM 8 bits à l'aide de la fonction <i>analogWrite ()</i>.</p>
SPI (Interface Série Peripherique)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Broche 10 (SS), ✓ Broche 11 (MOSI), ✓ Broche 12 (MISO), ✓ Broche 13 (SCK). <p>Ces broches prennent en charge la communication SPI à l'aide de la bibliothèque SPI.</p>

I2C	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Broche A4 (SDA) et ✓ Broche A5 (SCL). <p>Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (2 fils), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (Two-Wire-Interface « 2 fils »).</p>
LED	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Broche 13 <p>Il y a une LED intégrée dans la carte connectée à la broche numérique 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.</p>

d. Broches analogiques

La carte Arduino Uno dispose de 6 entrées analogiques portant l'indication de A0 à A5, offrant chacune une résolution de 10 bits à l'aide de la très utile fonction *analogRead ()* du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre la masse et le 5 volts, mais il est possible de modifier l'extrémité supérieure de leur plage de mesure à l'aide de la broche AREF et de la fonction *analogReference ()* du langage Arduino.

Note : les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques.

e. Autres broches

Il y a trois autres broches disponibles sur la carte Arduino Uno :

- **IOREF :** Cette broche de la carte Arduino fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne. Un blindage correctement configuré peut lire la tension des broches IOREF et sélectionner la source d'alimentation appropriée ou permettre aux convertisseurs de tension sur les sorties de fonctionner avec 5V ou 3,3V.
- **AREF** (référence analogique): Tension de référence pour les entrées analogiques (si différent du 5V). Utilisée avec la fonction *analogReference ()*.
- **RESET ou Réinitialiser :** Mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation (ou le redémarrage) du microcontrôleur. Généralement utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte.

f. Communication

La carte Arduino Uno dispose d'un certain nombre d'installations pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino ou avec d'autres microcontrôleurs. L'ATmega328 fournit une communication série UART TTL (5V), disponible sur les broches numériques 0 (RX) et 1 (TX).

Un ATmega16U2 sur la carte canalise cette communication série sur USB et apparaît comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur l'ordinateur. Le micrologiciel 16U2 utilise les pilotes COM USB standard et aucun pilote externe n'est nécessaire. Cependant, sous Windows, un fichier **.inf** est requis.

Le logiciel Arduino (IDE) comprend un moniteur série sur l'ordinateur et qui sert d'interface pour échanger de simples données textuelles vers et depuis la carte. Les voyants RX et TX de la carte clignotent lors de la transmission de données via le port USB vers série et la connexion USB à l'ordinateur (mais pas pour la communication série sur les broches 0 et 1). Une bibliothèque SoftwareSerial permet la communication série sur n'importe laquelle des broches numériques de l'Uno.

4.2.2. Module Ethernet Shield

Le Shield Arduino Ethernet est un module Arduino additionnel aux cartes Uno, Duemilanove ou Mega qui permet de les rendre communicantes sur un réseau filaire Ethernet. On pourra ainsi créer une Interface Homme Machine (IHM ou HMI) pour piloter à distance ou visualiser l'état de notre carte Arduino en utilisant un câble réseau relié à une box internet.

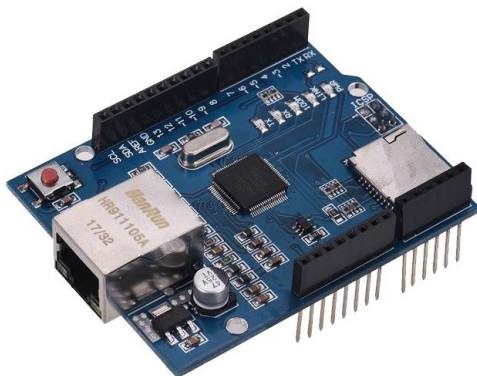


Figure 4.2-2 Le module Ethernet Shield HanRun HR11105A 17/32

Le module Ethernet est composé de :

- Un **Port Ethernet**.
- Une **circuit intégré Wiznet W5100** supportant le **protocole TCP/IP** et 4 connexions en même temps.
- Un emplacement pour carte **Micro SD** pour y stocker ou envoyer des données.
- Des borniers embrochables déportés de votre **carte Arduino**.
- **7 LEDs** permettant d'afficher les informations :
 - **TX** : s'allume lors d'une transmission de données,
 - **RX** : s'allume lors d'une réception de données,
 - **COLL** : s'allume lors d'une collision sur le réseau,
 - **FULLD** : s'allume lorsque la connexion réseau est en Full duplex,
 - **LINK** : s'allume lorsqu'un réseau est connecté et clignote lors de l'échange de données,
 - **100M** : s'allume lorsque la connexion est en 100Mbps/s.
 - **PWR** : s'allume lorsque l'alimentation de la carte est présente.

4.2.3. Servomoteur

Pour motoriser la porte principale, on a pensé à utiliser un servomoteur vu de sa souplesse et sa simplicité de commande.

Les servomoteurs servent en principe à actionner les parties mobiles d'un système. Ils sont prévus pour être commandés facilement en position ou en vitesse. En effet, ils sont équipés d'un système d'asservissement basé sur un potentiomètre rotatif qui sert de capteur de rotation. C'est un ensemble mécanique et électronique comprenant :

- Un moteur à courant continu de petite taille ;
- Un réducteur en sortie de ce moteur diminuant la vitesse mais augmentant le couple.
- Un potentiomètre (faisant fonction de diviseur résistif) qui génère une tension variable, proportionnelle à l'angle de l'axe de sortie ;
- Un dispositif électronique d'asservissement ;
- Un axe dépassant hors du boîtier avec différents bras ou roues de fixation.

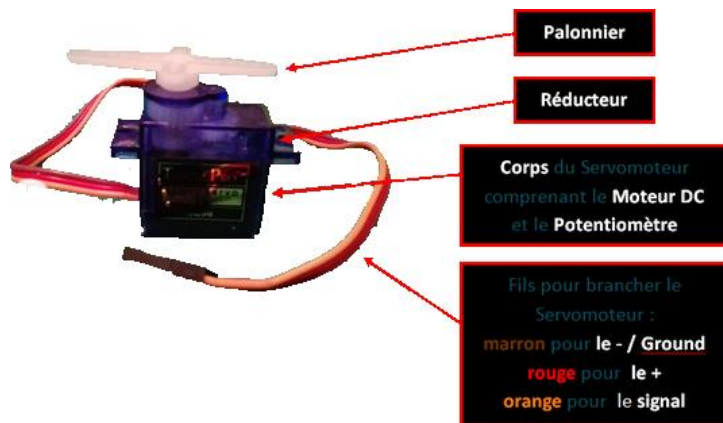


Figure 4.2-3 Servomoteur [10]

Ils sont faciles à utiliser car ils ne nécessitent qu'une source de tension continue et une sortie PWM du microcontrôleur.

Les servomoteurs sont commandés 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.

Comme le montre la figure 4.2-3, un servomoteur se pilote par l'intermédiaire d'un câble à 3 fils. Ce câble 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 ou blanc : Le signal de commande PWM

4.2.4. Capteur de flamme

Le capteur de flamme KY-026 est un capteur qui permet de mesurer des longueurs d'onde sur une plage comprise entre 760 nm et 1100 nm. Ce capteur réagira donc en présence d'une flamme.

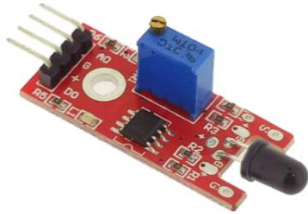


Figure 4.2-4 Capteur de flamme KY-026 [11]

La sortie varie en présence d'une flamme (la photodiode est sensible au spectre lumineux généré par une flamme). Il a deux sorties :

- **Sortie numérique (DO):** un signal est émis si une flamme détectée.
- **Sortie analogique (AO):** mesure directe du capteur. Signaux de tension de sortie sur la résistance thermique en temps réel.

LED1: indique que le capteur est alimenté en tension.

LED2: indique qu'une flamme est détectée.

a. Caractéristiques du capteur

- Catégorie : module de détection
- Extrêmement sensible aux longueurs d'ondes entre 760-1100nm
- Plage d'angle de détection: environ 60 degrés
- Seuil de détection de flamme modifiable par un potentiomètre
- Tension d'alimentation: DC 3.3 à 5.5 V.

b. Fonctionnement du capteur

Ce module est composé de trois éléments fonctionnels. Le capteur situé à l'avant du module effectue la mesure, le signal analogique est ensuite envoyé sur l'amplificateur.

Celui-ci amplifie le signal en fonction du gain déterminé par le potentiomètre et envoie le signal à la sortie analogique du module.

Il convient de noter que le signal est inversé: plus la valeur mesurée par le capteur est haute, plus la tension de sortie est faible.

La troisième partie est composée d'un comparateur qui commute la sortie numérique et la diode lorsque le signal tombe en dessous d'une certaine valeur. La sensibilité peut être ajustée au moyen du potentiomètre comme décrit ci-dessous:



Figure 4.2-5 Potentiomètre pour ajuster la sensibilité du capteur.

Ce type de capteur ne délivre pas des valeurs absolues (par exemple, la température mesurée avec précision en ° C), mais des valeurs relatives. On définit une valeur limite par rapport à une valeur normale donnée et le module émet un signal si cette limite est dépassée.

c. Brochage

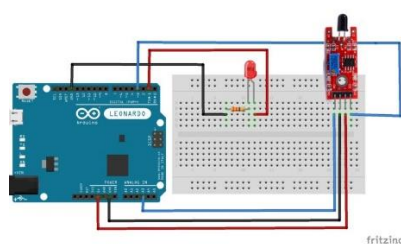


Figure 4.2-6 Branchement sur le breadboard

- Signale numérique = [Pin X]
- +V = [Pin 5V]
- GND = [Pin GND]
- Signal analogique = [Pin A0]

4.2.5. Capteur d'humidité et température DHT11

Afin de garder de la fraîcheur au sein de l'habitat, on a intégré dans notre système domotique un sous-système d'acquisition de température et d'humidité avec le capteur DHT11. Cette température acquise va être renvoyée vers l'utilisateur sur l'application Smartphone ou son ordinateur d'une manière automatique.

Ce capteur possède 3 broches espacées de 2,45mm ce qui permet de le brancher facilement sur une breadboard.



Figure 4.2-7 Capteur de température et humidité DHT11

a. Caractéristiques

- Alimentation en courant continu comprise entre 3.3V et 5V.
- Nombre de broches: 3 ou 4
- Période de collecte du signal : 2s
- Mesure de la température de 0 à 50°C.
- Mesure du taux d'humidité de 20 à 96% RH.
- Consommation : Comprise entre 0.5 mA et 2.5 mA
- Dimension (Longueur, largeur, Hauteur): 15.5mm, 12mm, 5.5mm.
- Précision pour la mesure de température: $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Précision pour le taux d'humidité: $\pm 5\%\text{ RH}$
- Sensibilité pour la température : $\pm 1\%\text{ RH}$
- Sensibilité pour l'humidité : 1°C

b. Brochage du capteur

Les capteurs DHT11 communiquent avec le microcontrôleur via une unique broche d'E/S, dont on verra ensemble le principe de fonctionnement dans le point suivant.

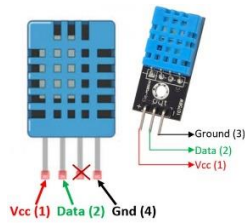


Figure 4.2-8 Brochage des pins du capteur sur Arduino [12]

Le brochage du capteur est le suivant :

- La broche n°1 est la broche d'alimentation (5 volts ou 3.3 volts).
- La broche n°2 est la broche de communication.
- La broche n°3 n'est pas utilisée et ne doit pas être câblée.
- La broche n°4 est la masse du capteur (GND).

c. Principe de fonctionnement du capteur

Le capteur DHT11 a la particularité de communiquer avec le microcontrôleur via une unique broche d'E/S. La communication avec un capteur DHT11 se fait en 3 étapes :

- Tout d'abord, le microcontrôleur maître (la carte Arduino dans notre cas) réveille le capteur en plaçant la ligne de données à LOW pendant au moins 18ms. Durant ce laps de temps, le capteur va se réveiller et préparer une mesure de température et d'humidité. Une fois le temps écoulé, le maître va libérer la ligne de données et passer en écoute.
- Une fois la ligne de données libérée, le capteur répond au maître (pour montrer qu'il est bien réveillé) en maintenant la ligne de données à LOW pendant 80µs puis à HIGH pendant 80µs.
- Le capteur va ensuite transmettre une série de 40 bits (5 octets). Les deux premiers octets contiennent la mesure de l'humidité. Les deux octets suivants contiennent la mesure de la température et le cinquième octet contient une somme de contrôle qui permet de vérifier que les données lues sont correctes.

4.2.6. Ecran LCD

Les afficheurs LCD alphanumériques présentent une solution facile d'emploi et bon marché de doter votre projet d'une interface indépendante de votre PC. Vu de l'extérieur, les écrans LCD alphanumériques sont essentiellement caractérisés par leur taille.



Figure 4.2-9 Afficheur LCD 16x2

a. Le connecteur de l'afficheur LCD

Cet écran possède un connecteur 16 broches. Ce connecteur véhicule plusieurs signaux dont une partie forme un bus de communication parallèle 4 ou 8 bits selon la configuration choisie ainsi que les signaux permettant de contrôler la communication entre l'Arduino et l'écran.

La figure 4.2-11 ci-dessous donne la nomenclature des broches de ce connecteur :

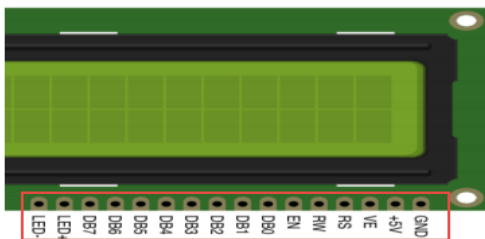


Figure 4.2-10 Connecteur de l'afficheur LCD

Ces broches ont le rôle suivant :

Tableau 4 Nomenclature du connecteur de l'afficheur LCD

Numéro de la broche	Désignation	Description
1	GND	Masse 0V
2	VCC	Alimentation +5V

3	VO	Tension de réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre de données ou commande
5	RW	Lecture ou écriture
6	E	Activation pour un transfert (Enable)
7	D0	Bit 0 de la donnée/commande
8	D1	Bit 1 de la donnée/commande
9	D2	Bit 2 de la donnée/commande
10	D3	Bit 3 de la donnée/commande
11	D4	Bit 4 de la donnée/commande
12	D5	Bit 5 de la donnée/commande
13	D6	Bit 6 de la donnée/commande
14	D7	Bit 7 de la donnée/commande
15	A	Anode (+) du rétro-éclairage
16	K	Cathode (-) du rétro-éclairage

4.2.7. Buzzer

Un **buzzer** ou un **bipeur** est un élément électromécanique ou piézoélectrique qui produit un son caractéristique quand on lui applique une tension : le bip. Certains nécessitent une tension continue, d'autres nécessitent une tension alternative.



Figure 4.2-11 Buzzer

4.2.8. Clavier matriciel 4*4

Afin d'assurer l'accès sécurisé à l'habitat, on a pensé à introduire dans notre système de commande, un sous-système permettant à l'utilisateur d'accéder chez lui tout en introduisant un code sécurisé.

Pour cela on a besoin d'un clavier matriciel pour entrer le mot de passe d'ouverture de la porte.

a. Principe du clavier matriciel

Un clavier matriciel (dans notre cas 16 touches) dispose uniquement de 8 broches pour la gestion de ses touches. L'organisation est de 4 colonnes et 4 lignes.

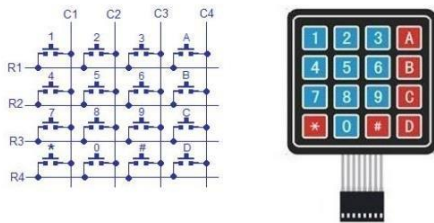


Figure 4.2-12 Clavier matriciel et son schéma de principe

b. Branchement avec Arduino Uno

Pour le branchement du clavier matriciel avec la carte Arduino Uno, on a choisi les broches numériques de (D2 à D9) avec (D2 à D5 vers les colonnes et de D6 à D9 vers les lignes) :



Figure 4.2-13 Connexion du clavier sur arduino Uno

4.2.9. LEDs

Nous avons utilisé les LEDs entant que lampes. Une **diode électroluminescente** (DEL, en anglais : Light-Emitting Diode LED), est un composant optoélectronique émettant de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique dans le sens direct. Une LED est donc une diode qui émet de la lumière. Comme toute diode elle comporte une anode (borne +) qui est la patte la plus longue et une cathode (borne -) qui est la patte la plus courte. Il en existe de plusieurs types de couleur: rouge, jaune, orange, blanche, bleu, verte, ...



Figure 4.2-14 Types de led

Pour qu'une LED s'allume il faut obligatoirement relier sa patte négative à la borne négative de l'alimentation et sa patte positive à la borne positive de l'alimentation. Si la LED est branchée à l'envers elle ne s'allumera pas (le courant ne la traversera pas).

De plus elle ne doit pas être traversée par un courant trop fort, c'est pour cela qu'il est indispensable de brancher une résistance en série avec la LED. On notera qu'une résistance n'a pas de sens de branchement.

4.2.10. Point d'accès

Pour se connecter au réseau local du système domotique via le module Ethernet Shield HunRun, on a besoin d'une passerelle pour que l'utilisateur puisse accéder à l'application de commande.



Figure 4.2-15 Point d'accès TP-Link.

Caractéristiques

- Borne d'accès sans fil
- Débit de transfert de données :300 Mb/s
- Bande de fréquence :2.4 GHz
- Normes de conformité: IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n
- Nombre d'antennes : 2.

4.3. Réalisation du système de commande et contrôle d'une maison intelligente

La première étape consiste à créer une maison. La maquette a une échelle de 1/20 et est constituée d'un salon, de deux chambres, d'une cuisine, d'une salle de bains, et d'un corridor.



Figure 4.3-1 Phase de la réalisation de la maquette



Figure 4.3-2 Résultat final de la maquette

Cette maquette, permet de présenter certaines fonctionnalités de la domotique à travers deux Capteurs (Humidité et Température, et de Flamme.) se trouvant respectivement au salon et dans la cuisine et un Servomoteur et autres périphériques. Ces scénarios seront automatisés via la carte « Arduino Uno » exécutant des programmes informatiques.

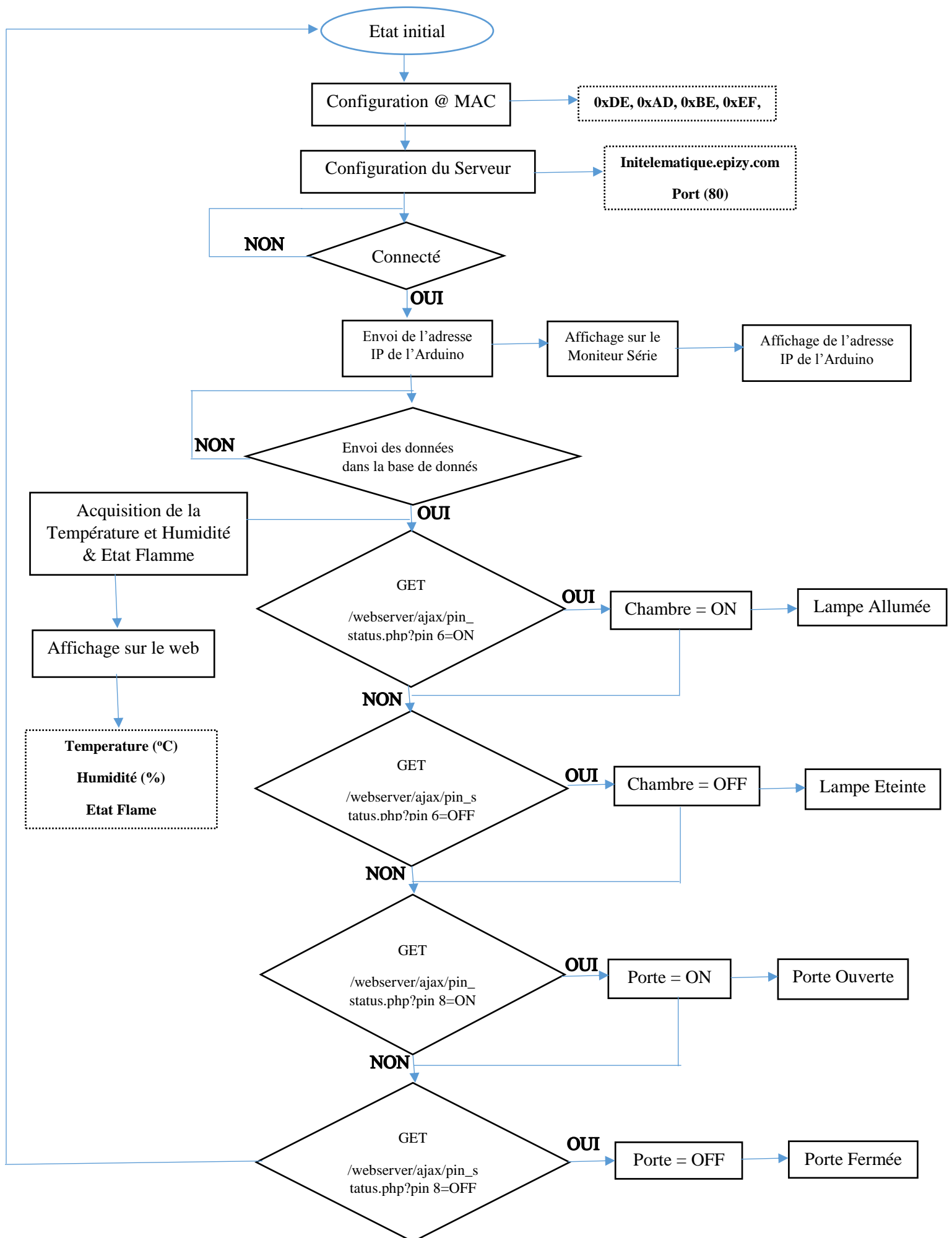
A part les capteurs, les actionneurs et composants cités ci-haut, voici la liste des logiciels, outils et langages que nous avons utilisés pour la réalisation de ce projet:

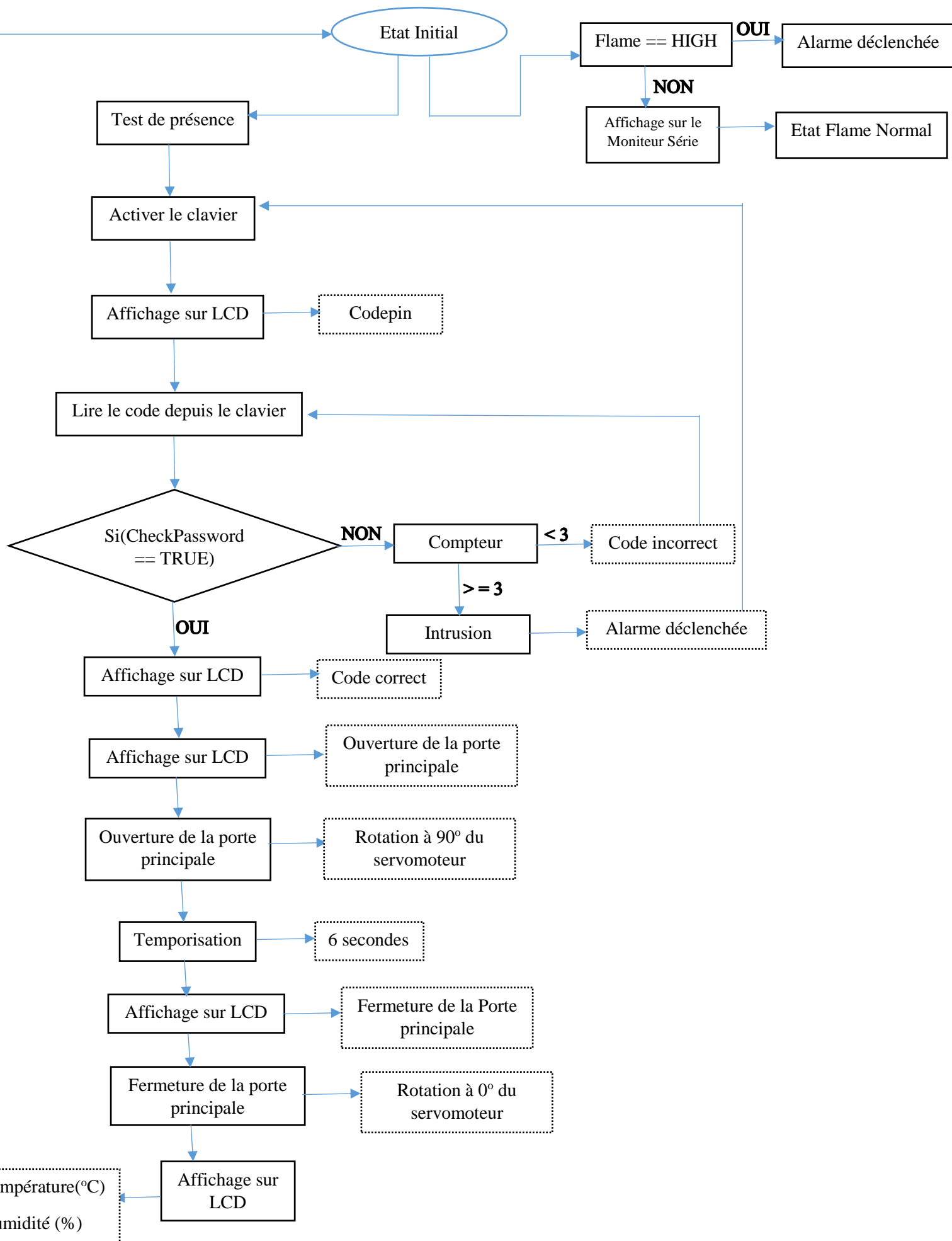
- Arduino IDE ;
- Notepad ++ ;
- Xamp ;
- Photoshop ;
- Paint ;
- Langage Arduino,
- PHP : langage spécialement conçu pour le développement d'application web qui peut être facilement intégré au HTML.

- SQL : SQL est un langage informatique normalisé qui sert à effectuer des opérations sur des bases de données.
- HTML: il ne s'agit pas d'un langage de programmation mais plutôt d'un langage de description et de structuration de page.
- CSS : C'est un langage qui permet de gérer la présentation (mise en forme de nos pages). Il permet de préciser les caractéristiques visuelles d'une page ou d'un élément: les polices de caractères et leur taille, les bordures, les couleurs...etc.
- JQuery : JQuery est une bibliothèque JavaScript libre d'usage.

4.4. Algorithme de commande et contrôle

Sachant qu'un algorithme est la description précise, sous forme de concepts simples, de la manière dont on peut résoudre un problème. Voici les organigrammes décrivant le déroulement de notre travail en mode automatique ainsi qu'en mode manuel.





4.4.1. Fonction d'ouverture de la porte

Le confort est placé au premier plan ; pour cela, pour éviter les actes répétitifs et pour une bonne sécurité de la maison, la porte doit s'ouvrir seulement si le mot de passe entré sur le clavier est valide. Dans le cas contraire l'alarme se déclenche une fois que le mot de passe entré est incorrect trois tentatives de suite.

Egalement la commande à distance de l'ouverture et la fermeture de la porte principale de la maison est gérée par l'application web.

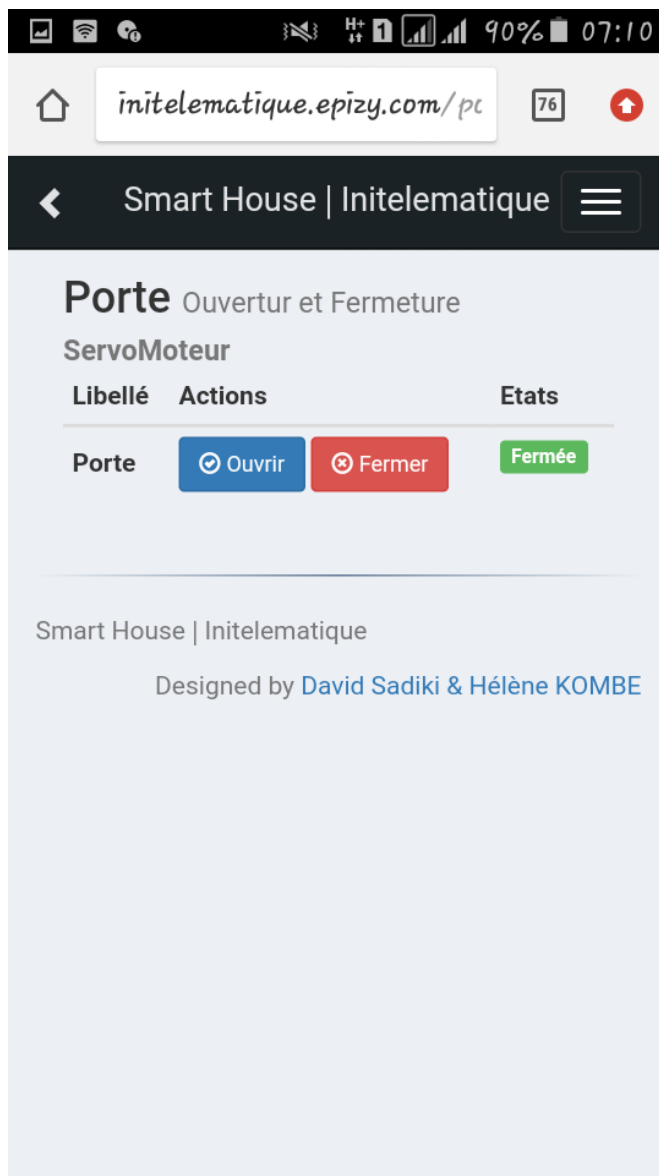


Figure 4.4-1 Page de l'ouverture de la porte

4.4.2. Fonction d'éclairage

La fonction d'éclairage est assurée via l'application web qui va être commandée à travers le module Ethernet branché sur la carte Arduino Uno et lié au point d'accès qui va créer un réseau local entre le PC ou Smartphone et les LEDs considérés comme lampes d'éclairage.

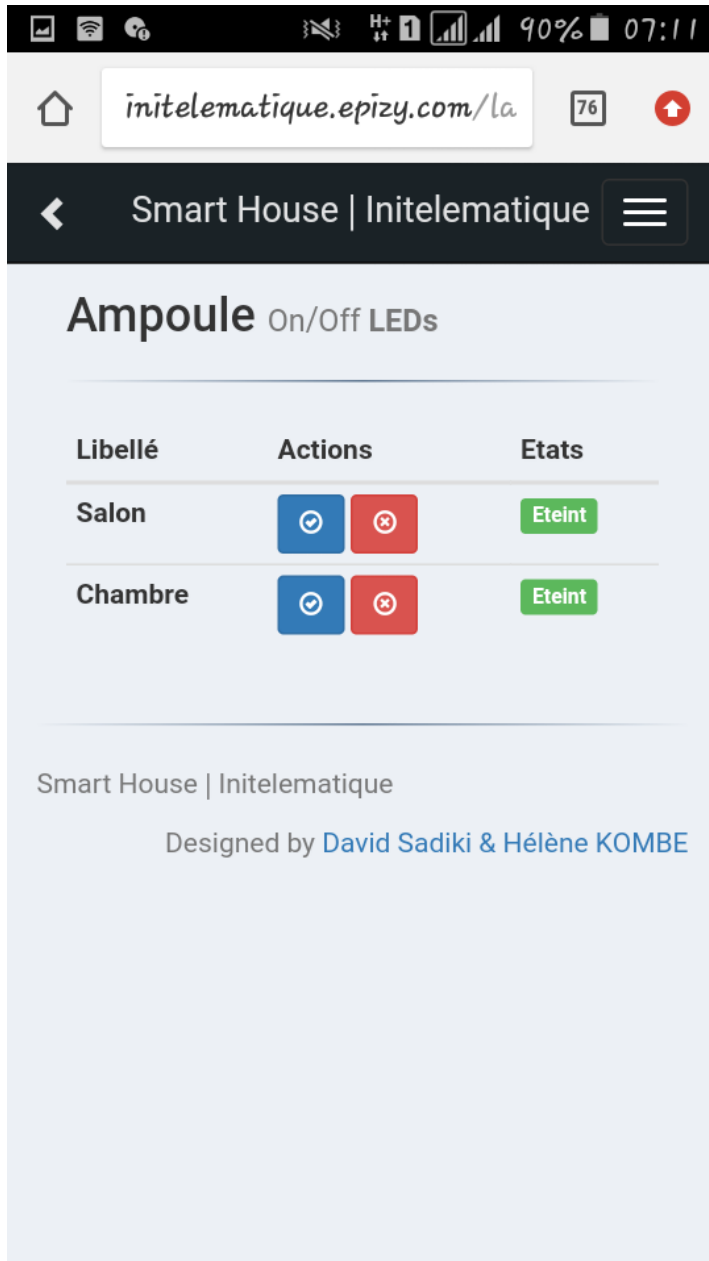


Figure 4.4-2 Page pour l'éclairage dans la maison

4.4.3. Fonction d'affichage de la température et humidité

La fonction de l'acquisition de la température et de l'humidité est réalisée via le capteur DHT11 par la suite les valeurs acquises seront affichées sur l'écran LCD, sur l'application web et sur le moniteur série de l'IDE.

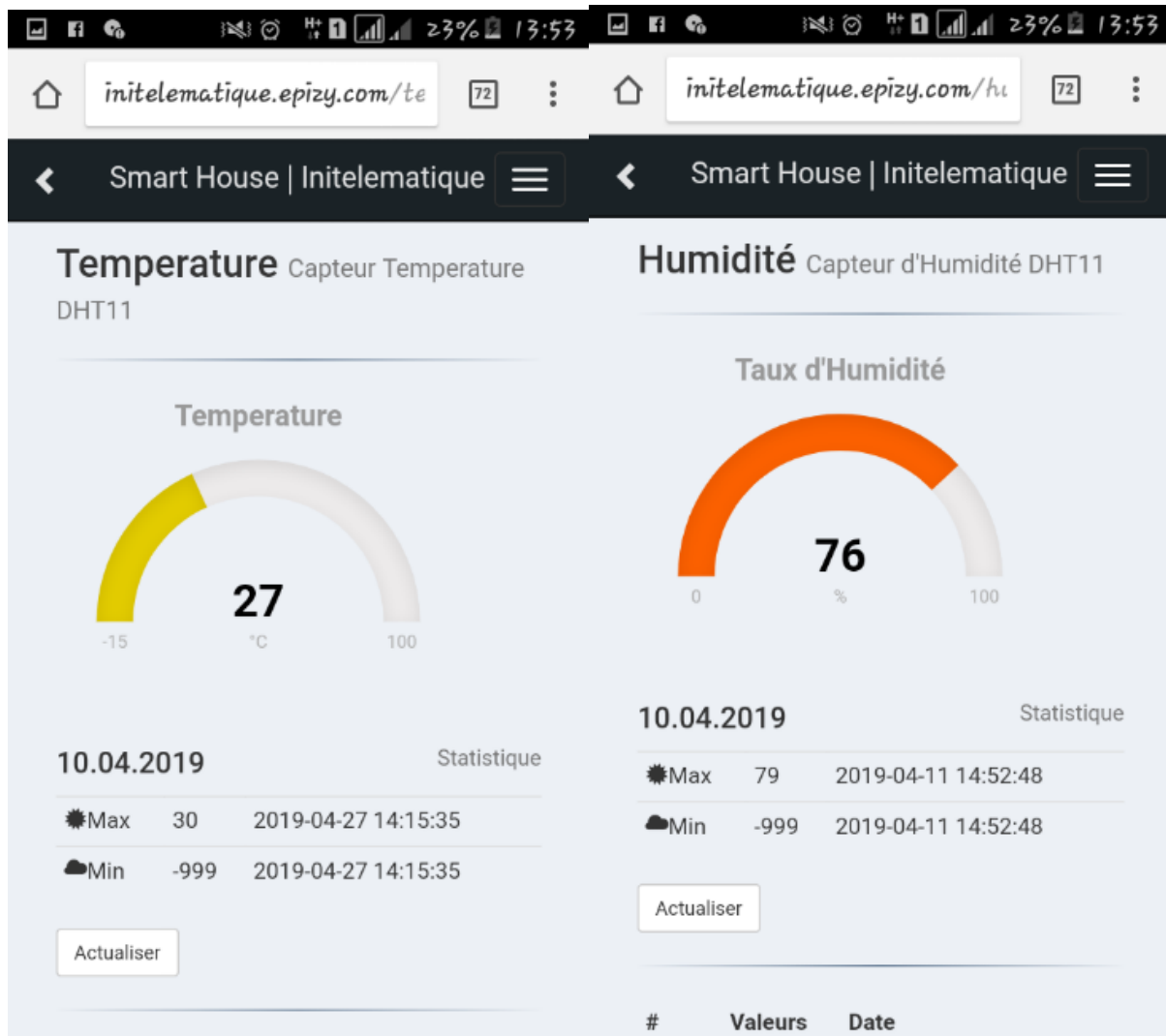


Figure 4.4-3 Pages pour l'affichage de la température et humidité dans la maison

4.4.4. Fonction de contrôle d'incendie

La sécurité est devenue un élément primordial dans le choix d'une maison. Et l'une des plus grande crainte d'accident reste l'incendie. Ainsi nous avons associé différents composants afin d'utiliser un détecteur de flamme dans la cuisine pour une bonne sécurité. Lorsque la flamme est détectée, le système déclenche une alarme à l'aide d'un Buzzer.

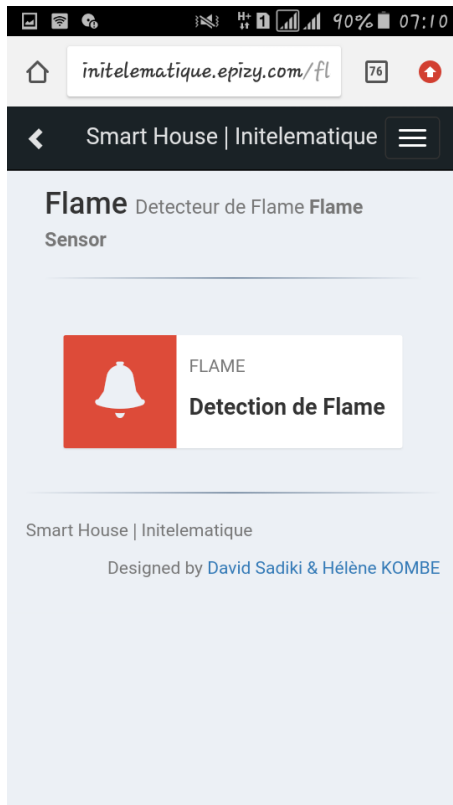


Figure 4.4-3 Page pour le contrôle de l'incendie

4.5. Conclusion

La réalisation des maisons intelligentes a été au cœur de plusieurs projets de recherche lors de ces dernières années. D'énormes progrès ont été accomplis grâce aux avancées en intelligence artificielle, à la miniaturisation de dispositifs électroniques pour la domotique et au développement des réseaux de communication. Malgré tout, il reste encore plusieurs défis à surmonter pour rendre possible l'implémentation des maisons intelligentes en situation réelle. Dans notre projet, nous avons essayé de mettre en œuvre une centrale embarquée qui répond à des fonctions principales de la domotique à savoir la gestion d'éclairage, l'accès sécurisé à l'habitat, le contrôle de la température et l'humidité de l'habitat dont le but de contrôler la ventilation et le chauffage grâce à une application web.

CONCLUSION GENERALE

En guise de conclusion, nous estimons avoir atteint notre but qui est bel et bien la conception et la réalisation d'une maison intelligente commandée à distance par un smartphone ou un PC.

C'est ainsi que la première partie introduit le sujet de notre travail. Dans le premier chapitre nous avons fait une présentation générale de systèmes embarqués.

Dans le second chapitre de notre travail nous avons présenté la partie matérielle et logicielle de l'Arduino. Le troisième quant à lui présente les généralités sur la domotique.

Et enfin dans le dernier chapitre nous avons réalisé la maison intelligente en énumérant les outils et composants électroniques que nous avons utilisé pour la réalisation de cette dite maison et en fin en développant une application web pour la commande et la surveillance à distance de la maison.

Dans le cadre du thème de la domotique, nous avons effectivement fabriqué une maquette d'une maison dite « intelligente » capable :

- De gérer l'accès à la porte principale de la maison ;
- De gérer l'éclairage des chambres ;
- De prévenir avec une alarme en cas d'incendie ou d'intrusion ;
- Aussi de surveiller l'état de la température et l'humidité.

Cependant, les fonctionnalités ne se restreignent pas à celles-ci et d'autres peuvent être ajoutées grâce à un système de centralisation. Pour ces raisons, nous avons créé un Web Server en utilisant un module Ethernet qui permet de créer un réseau local entre les différents organes du système de contrôle tout en se connectant via un point d'accès sur l'application web de commande.

Ayant constaté le succès dans notre travail, nous nous réjouissons du résultat trouvé avec l'objectif que nous nous étions fixé au début de notre travail.

En effet, les notions apprises en classe ont été une base solide parce que c'est dans ces dernières que nous avons puisées pour concevoir notre application. L'accomplissement de ce mémoire nous a donc été utile dans la mesure où nous avons pu confronter nos connaissances théoriques avec la pratique tout en acquérant de meilleures connaissances des applications de la domotique, ce qui pourrait nous être fortement utile dans notre future vie professionnelle.

Notre grand « déficit » a été le manque de rencontre physique avec des professionnels qui œuvrent dans la domotique pour recueillir plus d'informations techniques et des explications nécessaires à la compréhension du principe de fonctionnement de certaines technologies. Par ailleurs, nous continueront d'enrichir ce projet en explorant les perspectives nécessaires, les voies et moyens de recherches susceptibles pour perfectionner le projet. À titre indicatif, nous envisageons d'examiner les points suivants :

- ✓ Développer une application Android au lieu de celle réalisée dans ce projet de telle façon à enrichir le système de contrôle avec d'autres fonctions domotiques.
- ✓ Piloter la domotique à partir des données reçues d'un réseau domotique et d'un système d'analyse sonore ayant la capacité de reconnaître les ordres vocaux. Les actions exécutées par le contrôleur se produisent en réponse aux commandes vocales prononcées par l'habitant ou de manière proactive pour assurer sa sécurité et son confort.
- ✓ Connaître la position de la personne et sa localisation précise dans une pièce dans le cas de la reconnaissance de la situation de l'habitant.
- ✓ Réaliser le contrôle domotique en utilisant un module GSM qui permet d'augmenter la possibilité de surveiller l'habitat tout en communiquant via des commandes envoyés par SMS, soit envoyer un message SOS au pompier en cas d'incendie, soit à la police en cas d'intrusion suspecte, etc.
- ✓ Ajouter une fonction de détection d'intrusion tout en utilisant une caméra de surveillance et avec un traitement d'images pour la reconnaissance faciale des personnes.

BIBLIOGRAPHIE

1. OUVRAGES

- [1] Ovide DECROLY, *The political in society*, Paris, 1907.
- [2] GRAWITZ M., *Méthode des sciences sociales*, Dalloz, Paris, 1992, p. 24.
- [3] Simon Landrault Eskimon et Hippolyte Weisslinger Olyte, *Arduino : Premiers pas en informatique embarquée*, juin 2014.
- [5] Marc-Olivier SCHWARTZ, *Arduino pour la domotique*, Juillet 2015.
- [10] Frédéric Genevy et Jean-Pierre Dulex, *Arduino à l'école*, septembre 2018.
- [11] Erik BARTMANN, *Le grand livre d'Arduino*, Janvier 2014.

2. SITES INTERNET

- [3] <https://www.memoireonline.com/05/12/5830/Les-systemes-embarques.html>. Consulté le 26/03/2019
- [4] Arduino Uno, <http://www.arduino.cc> Consulté le 22/02/2019
- [5] <http://maisoncommunicante.free.fr/> Consulté le 17/03/2019
- [6] <https://fr.wikipedia.org/wiki/> Consulté le 15/03/2019
- [7] <https://www.groupe-scala.com/wifi-bluetooth-zigbee-z-wave-quel-reseau-choisir-pour-ses-objets-connectes/> visité le 17/03/2019
- [8] <https://www.maison-et-domotique.com/> Consulté le 6/03/2019
- [9] <https://www.aranacorp.com/fr/pilotez-un-servo-avec-arduino/> Consulté le 03/03/2019
- [10] <http://www.hack4.info/index.php?static1/cartes> Consulté le 21/03/2019
- [11] http://sensorkit.fr/joy-it.net/index.php?title=KY-026_D%C3%A9tecteur_de_flamme
Consulté le 24/02/2019
- [12] <https://jingweizhu.weebly.com/blog/category/arduino> Consulté le 24/2/2019