

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Oran 1, Ahmed Ben Bella

Institut des Sciences et Techniques Appliquées

Thème

Application mobile IOT pour la gestion intelligente d'une maison

Par

- Chenini Asmaa Dalila
- Meghit Farah

Projet présenté à l'Institut des sciences et techniques appliquées

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Instrumentation et métrologie

Soutenu le 23/06/2026 devant le jury composé de :

Dr.Ait si Larbi

Examineur

Dr.Chaib Mohamed

Jury

Dr. Azzedine bekkar

Encadreur

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la conception et du développement d'une application mobile pour la gestion d'une maison intelligente. Dans un contexte où les systèmes domotiques et l'Internet des Objets (IoT) prennent une place importante, ce projet vise à améliorer la sécurité, le confort et la surveillance des environnements domestiques à travers une solution centralisée et intelligente.

L'objectif principal est de développer une application mobile permettant de superviser et contrôler différents éléments d'une maison intelligente, notamment la sécurité et les paramètres environnementaux. Le système intègre un ensemble de fonctionnalités telles que le contrôle d'accès par empreinte digitale, la détection de fuite de gaz et de flamme, ainsi que la surveillance des paramètres ambiants (température et humidité). Il permet également la gestion de l'éclairage à distance.

Pour atteindre ces objectifs, une analyse des besoins a été réalisée afin de définir les fonctionnalités du système et son architecture globale. Le développement repose sur l'intégration de capteurs reliés à un microcontrôleur, assurant la collecte et le traitement des données, ainsi qu'une application mobile servant d'interface utilisateur.

Les résultats obtenus montrent que le système permet une surveillance efficace et en temps réel de la maison, avec une amélioration notable de la sécurité grâce à la détection rapide des anomalies. L'application offre également une interface simple et intuitive pour le contrôle des différents modules.

En conclusion, ce projet démontre l'efficacité des solutions IoT appliquées à la domotique et ouvre des perspectives d'évolution vers des systèmes plus intelligents et automatisés.

Remerciements :

Tout d'abord nous remercions le tout puissant notre Dieu qui nous a permis de nous faire arriver à ce niveau-là et le courage et la force de continuer et accomplir nos études.

Nous remercions nos parents pour leurs sacrifices et l'aide pour que nous réussissions, de nous avoir donné l'importance, de prendre toujours soin de nous, de nous faire confiance et de toujours nous démontrer l'amour que vous nous portez.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mr Bekkar Azzedine professeur à l'institut des Sciences et Techniques Appliquées Université Oran 1 Ahmed Ben Bella pour avoir consacré son temps précieux et avoir accepté de nous encadrer, pour tous les efforts et l'importance qu'il nous a donnée.

Je tiens à remercier Monsieur le Président et les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer mon travail.

Nous remercions nos collègues et nos amies pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble.

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail à

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral, et source de joie et de bonheur, à toi mon papa « Nouredine Meghit ». Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore « Wahiba Meghit ». Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me portes depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagne toujours.

A mon promoteur, Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, Le respect, la reconnaissance, que j'ai à l'égard du Mr « Bekkar Azzedine » qui m'a donné la chance de travailler dans ce projet, Merci pour votre confiance, votre patience et votre aide.

A mon binôme, « Chenini Asmaa Dalila ». Que je la souhaite beaucoup de réussite dans sa vie.

A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail, à tous ceux que j'ai omis de citer.

FARAH

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail à

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral, et source de joie et de bonheur, à toi mon papa « Abderrahmane Chenini ». Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore « Amel ». Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me porte depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagne toujours.

A mon promoteur, Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, Le respect, la reconnaissance, que j'ai à l'égard du Mr « Bekkar Azzedine » qui m'a donné la chance de travailler dans ce projet, Merci pour votre confiance, votre patience et votre aide.

A mon binôme, « Meghit Farah ». Que je la souhaite beaucoup de réussite dans sa vie.

A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail, à tous ceux que j'ai omis de citer

ASMAA

Table des matières

Résumé	2
Remerciements :	3
Dédicaces :	4
Dédicaces :	5
Table des matières	6
Liste des abréviations	9
Liste des tableaux	10
Liste des figures	11
Introduction générale :	12
Chapitre 1 : Étude théorique et état de l'art.....	13
1. Introduction :	14
2. Systèmes intelligents :	14
1. Définition :	14
2. Caractéristiques des systèmes intelligents	14
3. Domaines d'application des systèmes intelligents :	15
3. Internet des Objets :	16
1. Définition de l'internet des objets :	16
2. Architecture de l'internet des objets :	16
3. Protocoles de communication :	18
4. Comparaison des architectures de communication :	22
5. Domotique et systèmes intelligents :	22
1. Définition :	22
2. Historique de la domotique :	22
3. Principales fonctions :	23
6. Analyse des solutions existantes :	24
7. Comparaison des solutions de domotique existantes :	25
8. Conclusion :	26
Chapitre 2 : Analyse et Conception du système.....	27
1. Introduction :	28
2. Analyse des besoins.....	28
1. Besoins fonctionnels	28

2.	Besoins non fonctionnels	28
3.	ESP32 :	29
4.	Etude des capteurs utilisés :	30
5.	Etude des actionneurs utilisés :	33
6.	Architecture globale du système :	35
7.	Conception de la chaine d'acquisition :	35
8.	Conclusion :	37
Chapitre 3: Réalisation et implementation		38
1.	Introduction:	39
2.	. Implémentation matérielle :	39
3.	Programmation du système embarqué (ESP32) :	44
1.	Configuration des bibliothèques :	46
2.	Connexion Wi-Fi et MQTT :	47
3.	Lecture des capteurs :	47
4.	Détection des alertes :	47
5.	Commande des actionneurs :	48
4.	Environnement logiciel et protocole de communication:	48
1.	Arduino IDE :	48
2.	Flutter :	48
3.	Visual Studio Code :	49
4.	Le protocole MQTT :	49
5.	Communication et synchronisation :	50
6.	Développement de l'application mobile :	51
1.	Initialisation de Flutter :	Erreur ! Signet non défini.
2.	Connexion MQTT :	54
3.	Réception des données :	55
4.	Commande des appareils :	55
5.	Interface graphique :	55
7.	Création de l'application :	56
1.	Diagramme de cas d'utilisation :	56
2.	Diagramme d'activité :	57
3.	Diagramme de classes UML de l'application Smart Home :	57
4.	Diagramme de séquence :	58
5.	Les interfaces de l'application :	58
8.	Conclusion	60
Chapitre 4 : Tests, Validation et Analyse		61

métrologique	61
1. Introduction :	62
2. Méthodologie de test	62
3. Validation des capteurs	62
4. Analyse des performances	63
5. Tests du système global	64
6. Limites et sources d'erreurs	64
7. Répétabilité des mesures :	65
8. Conclusion	65
Chapitre 5 : start up	66
1. Présentation du projet	67
1. L'idée du projet :	67
2. Les valeurs suggérées :	67
3. Equipe de travail :	68
2. Objectifs du projet :	68
3. Calendrier de réalisation du projet :	68
4. Aspects innovants :	69
1. Innovations sur le marché :	69
2. Innovations technologiques :	70
5. Analyse stratégique du marché :	72
6. Le segment du marché :	73
7. Plan de production et organisation :	75
a. Processus de production :	75
8. Partenaires principaux :	77
9. Plan financier :	78
10. Représentation graphique du bilan final :	83
Business Model Canevas	84
Conclusion générale :	85
Référence :	87

Liste des abréviations

IoT : Internet of Things (Internet des Objets)
ESP32 : Microcontrôleur avec Wi-Fi et Bluetooth intégré
GPIO : General Purpose Input/Output (Broches d'entrée/sortie)
LCD : Liquid Crystal Display (Écran à cristaux liquides)
DHT22 : Capteur de température et d'humidité
MQ2 : Capteur de gaz (fumée, GPL, méthane, etc.)
Wi-Fi : Wireless Fidelity (Réseau sans fil)
GND : Ground (Masse électrique)
VCC : Voltage Common Collector (Alimentation positive)
MQTT : *Message Queuing Telemetry*

Liste des tableaux

Tableau 1:Comparaison des architectures de communication	22
Tableau 2:Comparaison des solutions de domotique existantes	26
Tableau 3:Table comparatif entre ESP32 et Arduino Uno	30
Tableau 4:Brochage de l'ESP32-S3.....	39
Tableau 5: Matériels utilisés pour le système de la détection du gaz.....	40
Tableau 6:Matériels utilisés pour le système de la détection de mouvement	40
Tableau 7:Matériels utilisés pour le DHT22	41
Tableau 8:Temps de réponse des capteurs	63
Tableau 9:Résultats expérimentaux.....	63
Tableau 10:Les coûts des charges	79
Tableau 11:Equipement.....	79
Tableau 12:Organisation	79
Tableau 13:Service divers	80
Tableau 14:Frais d'investissements	80
Tableau 15:Marketin	80
Tableau 16:Chiffre d'affaires.....	81
Tableau 17:Chiffre d'affaires.....	82

Liste des figures

Figure 1:Caractéristiques des systèmes intelligents	14
Figure 2: Plan technique d'architecture des IoT	17
Figure 3: Architecture d'IOT	17
Figure 4: Protocoles de communication	19
Figure 5: Exemple d'application MQTT dans domotique	21
Figure 6:ESP32	29
Figure 7: Capteur DHT22	31
Figure 8: Capteur de gaz MQ2	31
Figure 9:Capteur de flamme KY-026.....	32
Figure 10: Capteur de mouvement PIR.....	32
Figure 11:Capteur de luminosité BH1750	33
Figure 12: Capteur d'empreinte	33
Figure 13:Relais	34
Figure 14:Servomoteur	35
Figure 15:Ventilateur	35
Figure 16:Montage matériel	39
Figure 17:Câblage capteur MQ2 avec ESP32.....	40
Figure 18 : Câblage capteur de mouvement avec ESP32.....	40
Figure 19:Cablage capteur dht22 avec ESP32	41
Figure 20:Esquisse de la porte avec logiciel Fusion 360	42
Figure 21:Imprimante 3D GEEETECH	43
Figure 22:L'impression 3D de la porte	43
Figure 23:Configuration des bibliothèques	46
Figure 24:Connexion Wi-Fi et MQTT	47
Figure 25:Lecture des capteurs.....	47
Figure 26:Détection des alertes	47
Figure 27:Commande des actionneurs	48
Figure 28:Arduino ide	48
Figure 29:Flutter/ Dart	49
Figure 30: Vs code	49
Figure 31: Protocole MQTT.....	50
Figure 32:Application Domus AF	52
Figure 33:Domus AF:Danger Gaz	53
Figure 34:Domus AF : Danger incendie	54
Figure 35:Représentation graphique du bilan final	83
Figure 36:Business Model Canevas	84

Introduction générale :

Introduction générale Avec le développement rapide des technologies numériques et l'expansion de l'Internet des Objets (IoT), les systèmes intelligents connaissent une évolution importante dans plusieurs domaines, notamment celui de la domotique. Le concept de Smart Home ou maison intelligente vise à améliorer le confort, la sécurité et la gestion énergétique des habitations grâce à l'automatisation et à l'interconnexion des équipements domestiques. L'Internet des Objets permet de connecter différents objets et appareils à Internet afin de collecter, échanger et traiter des données en temps réel. Dans un environnement domestique intelligent, cette technologie facilite la surveillance à distance et le contrôle automatique des équipements à travers des applications mobiles offrant une interface simple et accessible aux utilisateurs. Dans ce contexte, notre projet de fin d'études consiste à concevoir et développer une application mobile IoT Smart Home permettant de superviser et contrôler différents équipements et paramètres d'un environnement domestique connecté. Le système repose sur une carte ESP32-S3 associée à plusieurs capteurs, tels que le DHT22, le MQ2, le PIR, le capteur de flamme KY-026, ainsi que des modules relais et dispositifs d'alerte afin d'assurer la collecte, le traitement et la transmission des données en temps réel.

Problématique : Malgré l'évolution rapide des technologies de la domotique et de l'Internet des Objets, les solutions existantes sur le marché restent souvent coûteuses, fermées et dépendantes de plateformes propriétaires. De plus, certaines de ces solutions ne répondent pas toujours aux besoins spécifiques des utilisateurs en matière de personnalisation, de sécurité et de surveillance en temps réel. Ainsi, la problématique de ce projet est la suivante : Comment concevoir et développer un système domotique intelligent basé sur l'Internet des Objets permettant la surveillance et le contrôle en temps réel d'une habitation, tout en garantissant un coût réduit, une utilisation simple et une sécurité renforcée ?

L'objectif principal de ce projet est de développer une solution Smart Home basée sur l'IoT capable d'améliorer la sécurité, le confort et l'automatisation d'un environnement domestique à travers une application mobile intuitive. Pour atteindre cet objectif, plusieurs objectifs spécifiques ont été définis :

- Développer une application mobile sous Flutter permettant la supervision et le contrôle du système.
- Assurer une communication en temps réel entre les différents composants via le protocole MQTT.
- Intégrer différents capteurs (DHT22, MQ2, PIR et KY-026) pour la surveillance des paramètres environnementaux.
- Contrôler à distance des actionneurs (LED, ventilateur, etc.) à partir de l'application mobile.
- Détecter et signaler les situations critiques telles que fuite de gaz, incendie ou mouvement suspect.
- Garantir une solution économique basée sur l'ESP32-S3 et des composants à faible coût.
- Offrir une interface utilisateur simple, intuitive et accessible.

Chapitre 1 : Étude théorique et état de l’art

1. Introduction :

Ce chapitre présente les bases théoriques nécessaires à la compréhension du projet. Il traite des systèmes intelligents et de leurs domaines d'application, de l'Internet des Objets appliqué à la mesure à travers son architecture et ses protocoles de communication, ainsi que de la domotique en abordant sa définition et ses principales fonctionnalités.

2. Systèmes intelligents :

1. Définition :

Un système intelligent est un dispositif technologique capable de collecter, traiter et analyser des informations, tout en interagissant avec d'autres systèmes via des réseaux tels qu'Internet. Il se distingue par sa capacité à agir de manière autonome, à s'adapter aux données en temps réel et à assurer une supervision à distance.

Ces systèmes reposent sur l'interconnexion de différents composants matériels et logiciels, incluant des dispositifs embarqués ainsi que des applications basées sur l'intelligence artificielle. Ils ne se limitent pas à des équipements isolés, mais peuvent former des réseaux complexes facilitant l'échange d'informations.

Les systèmes intelligents sont largement utilisés dans divers domaines tels que les transports, l'industrie, les systèmes de sécurité et les équipements domestiques. Leur développement est étroitement lié à l'Internet des Objets (IoT), qui permet la communication et l'échange automatique de données entre objets connectés [1]

2. Caractéristiques des systèmes intelligents

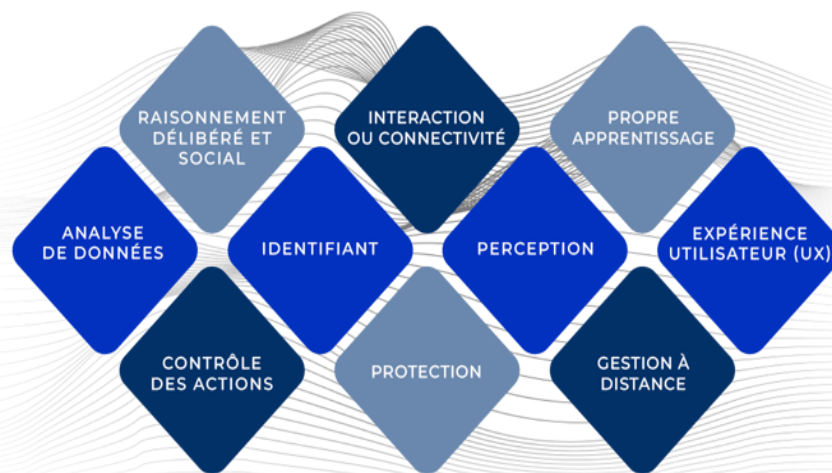


Figure 1:Caractéristiques des systèmes intelligents

Un système intelligent peut se caractériser par plusieurs facteurs, parmi eux nous pouvons citer les suivants, qui représentent les plus importants :

- Perception : Un système intelligent construit une image du monde pour interagir avec un environnement particulier et accomplir des tâches.
- Contrôle des actions : Le système intelligent est en mesure d'effectuer ou d'interrompre des actions dans le but d'atteindre un objectif.
- Interaction ou connectivité : un système intelligent a la faculté de permettre la communication entre ses composants via un langage partagé.
- Raisonnement délibéré et social : l'appareil prend lui-même des décisions pour obtenir un résultat précis, en tenant compte du contexte humain.
- Auto-apprentissage : les systèmes intelligents ont la capacité de minimiser les erreurs et d'améliorer leurs performances en tirant des leçons de leurs propres expériences. [2]
- Identification : Les systèmes intelligents sont capables d'identifier de manière automatique des données précises et de les diffuser via divers canaux
- Protection : Pour assurer un fonctionnement adéquat, il est essentiel de sécuriser les réseaux et les communications d'un système intelligent.
- Gestion à distance : un système intelligent offre la possibilité d'interagir avec lui depuis n'importe où. [2]
- Expérience utilisateur (UX) : les systèmes intelligents ont besoin d'interfaces adaptables et accessibles pour interagir efficacement avec les utilisateurs.
- Analyse des données : Un élément essentiel d'un système intelligent est sa capacité à traiter d'immenses quantités de données et à en tirer de la valeur [2]

3. Domaines d'application des systèmes intelligents :

Grâce à leur faculté de rassembler, d'analyser et d'exploiter les données en temps réel, les systèmes intelligents trouvent leur application dans une multitude de secteurs :
Secteur industriel (Industrie intelligente) : Dans l'industrie, les systèmes intelligents rendent possible l'automatisation des processus de production, la maintenance prédictive et l'optimisation de la performance des équipements. Ils participent à l'augmentation de la productivité et à la diminution des dépenses opérationnelles.

Transport intelligent : Dans le domaine des transports, on les emploie pour la gestion astucieuse du trafic, les systèmes d'assistance à la conduite et les voitures autonomes. Ces applications aident à renforcer la sécurité sur les routes et à optimiser les mouvements.

Santé (Soins de santé intelligents) : Dans le secteur de la santé, les systèmes intelligents jouent un rôle dans la surveillance des patients, le diagnostic assisté et la gestion des informations médicales, contribuant ainsi à rehausser la qualité des soins.

Sécurité intelligente (Smart Security) : Ils servent à la surveillance intelligente, à la détection d'intrusion, à la reconnaissance faciale et au contrôle d'accès, garantissant ainsi la sécurité des individus et des propriétés.

Maison intelligente (Domotique) : Dans les résidences, la domotique offre la possibilité d'automatiser et de gérer l'éclairage, la température, les équipements électroménagers ainsi que les systèmes de sécurité, ce qui favorise un confort accru et une meilleure performance énergétique.

Énergie (Réseau Intelligent) : Dans le secteur énergétique, ils facilitent une gestion efficace de la production, de la distribution et de l'utilisation d'électricité grâce aux réseaux intelligents.

3. Internet des Objets :

1. Définition de l'internet des objets :

L'Internet des objets (IoT) est l'ensemble des connexions entre les appareils physiques, les véhicules et autres objets équipés de capteurs, de logiciels et de connectivité réseau. Grâce à cette interconnexion, ces objets peuvent collecter et échanger des données. Cela crée une liaison entre l'univers en ligne et le monde physique, ouvrant ainsi la porte à de nombreuses applications innovantes dans divers secteurs.

Le terme IoT est généralement associé aux objets connectés domestiques. Toutefois, s'il est certain que l'IoT inondera le marché grand-public et que plusieurs dizaines de milliards de nouveaux objets envahiront notre quotidien (voitures autonomes, maisons connectées...), l'IoT ne se limite pas à ce secteur d'activité [3]

2. Architecture de l'internet des objets :

La définition des notions liées à l'internet des objets. Nous allons maintenant les évaluer sur le plan technique : ce sont des dispositifs qui facilitent la collecte, le stockage, la transmission et le traitement de données provenant du monde physique. [4]

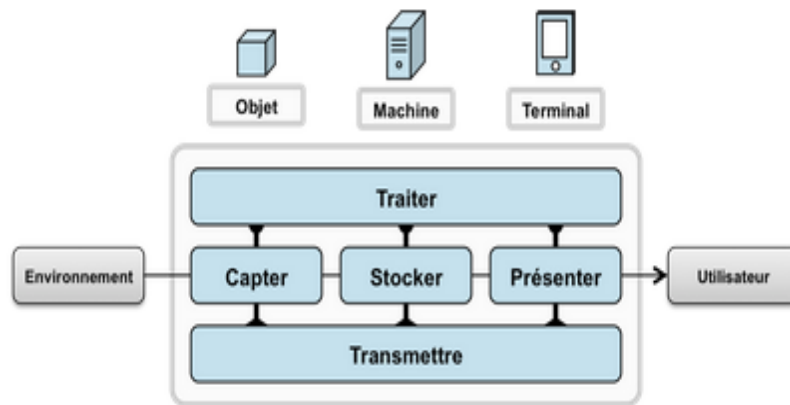


Figure 2: Plan technique d'architecture des IoT

Les objets dont nous parlons ici sont donc des sources d'information, identifiées et identifiable de manière unique, ayant un raccordement direct ou indirect (par l'intermédiaire d'un hub) à internet. On a identifié deux catégories d'objet :

- **Les objets passifs** : ils font généralement appel à une étiquette (puce RFID, code-barres 2D). Ils intègrent une capacité de stockage limitée (environ du kilo-octet), leur permettant de remplir une fonction d'identification. Dans certains cas, comme pour une puce RFID, ils peuvent être équipés d'un capteur (de température, d'humidité) et être réinscriptibles. [5]
- **Les objets actifs** : ils peuvent posséder de multiples capteurs, une plus importante capacité de stockage, être munis d'une faculté de traitement ou encore avoir la possibilité de communiquer sur un réseau. [5]

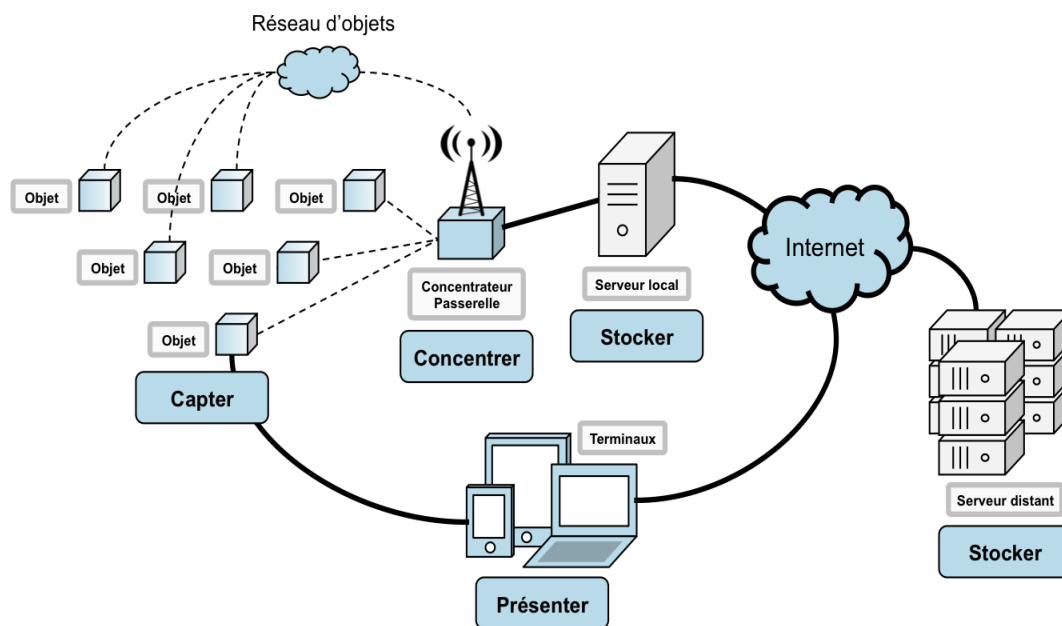


Figure 3: Architecture d'IOT

Clarifions la fonction des divers processus illustrés dans ce schéma :

- **Capter** : Cela signifie convertir une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- **Concentrer** : offre la possibilité de faire le lien entre un réseau spécialisé d'objets et un réseau IP standard (WiFi) ou des appareils grand public.
- **Stocker** : désigne l'agrégation de données non prévisibles, brutes et produites en temps réel, qui sont également méta-tagées. Enfin, présenter démontre la capacité à restituer les informations de manière [5]

Deux autres processus n'apparaissent pas sur le schéma, car ils sont à la fois transverses et omniprésents :

- **Le traitement des données** : est une opération qui peut se réaliser à chaque étape de la chaîne, depuis la collecte des données jusqu'à leur restitution. Une approche judicieuse, fréquemment adoptée dans le contexte de l'Internet des objets, est de conserver les données sous leur forme complète. Nous rassemblons de façon exhaustive, « big data », sans anticiper les traitements que nous appliquerons aux données. Aujourd'hui, cette approche est réalisable grâce aux architectures distribuées de type NoSQL, qui ont la capacité de stocker d'importantes quantités d'informations tout en permettant l'exécution de traitements complexes à l'intérieur (comme le Map/Reduce). [4]
- **La transmission des données** : est une opération qui se produit à chaque étape de la chaîne. On retrouve généralement deux réseaux, qui servent de supports aux transmissions : *Réseau de concentration locale* : On recourt donc à des technologies telles que ANT, ZigBee, Z-wave, NFC ou Bluetooth LE. *Réseau WAN* : qui offre la possibilité de relier les réseaux spécialisés et de les connecter à des fermes de serveurs. On fait donc appel au WiFi, aux réseaux mobiles (GSM, UMTS, LTE) ou à des connexions physiques classiques (Ethernet, fibre optique). Ces réseaux sont habituellement reliés à Internet. [4]

3. Protocoles de communication :

Un protocole de communication définit les règles standards pour communiquer entre plusieurs dispositifs numériques. Il permet de connecter un objet à un réseau, filaire ou sans-fil. Le réseau est constitué d'un ensemble d'équipements (passerelles, proxies, serveurs...) connectés entre eux et à Internet, le cas échéant.

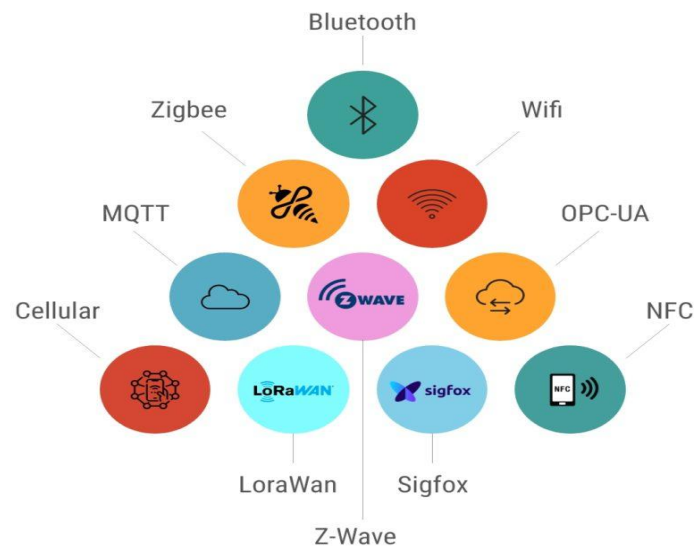


Figure 4: Protocoles de communication

Dans l'IoT, on distingue généralement :

Protocoles de communication (réseau) : Ils permettent de transporter les données :

- **Wi-Fi (Wireless Fidelity):** Il s'agit d'un réseau local sans fil (WLAN), élaboré selon la norme IEEE 802.11, dont la portée dépasse largement celle des autres. Initialement implanté sur les campus universitaires, dans les aéroports, les gares et les grandes institutions publiques et privées, le Wifi est bidirectionnel, ce qui signifie que l'échange de données se fait dans les deux directions. Le protocole Wifi assure sa sécurité principalement grâce au mécanisme WPA, introduit en 2003, qui s'appuie sur un algorithme de chiffrement des communications. Étant donné qu'il s'appuie également sur le filtrage de l'adresse MAC, ce système permet de vérifier l'identité des dispositifs et de les restreindre sur son réseau. Cependant, dans le contexte de l'IoT, le filtrage MAC est peu courant [4]. Il existe trois principaux réseaux WLAN : *IEEE 802.11a*, *IEEE 802.11b* et *IEEE 802.11g*.
- **Bluetooth :** Il s'agit d'un système de communication sans fil destiné aux appareils électroniques, intégré aux réseaux WPAN. Introduit par Ericsson en 1994, le nom de la norme fait référence à un chef Viking et est également désigné sous le nom IEEE 802.15.1. Le Bluetooth, qui utilise une puissance d'émission très faible et un taux de transfert limité et peu onéreux, fonctionne de manière très intuitive en reliant divers appareils à un ou plusieurs hôtes, formant ainsi ce qu'on nomme un Pico net (réseau personnel).
- **ZigBee :** également appelé IEEE 802.15.4, est une technologie semblable au Bluetooth, conçue pour fournir un protocole plus simple et moins cher tout en ayant une consommation d'énergie extrêmement faible. [4]

- **NFC (Near Field communication)** : C'est un système de communication sans fil rapide, adaptable et mobile qui relie deux appareils électriques. Cette technologie a pour fonction première d'établir une interaction avec un environnement spécifique. Elle s'est imposée comme la norme pour les Smartphones et les dispositifs similaires, permettant des communications radio lors d'un contact physique entre eux. On distingue trois modes de communication NFC :

Mode de lecture : l'appareil NFC fonctionne en tant que lecteur et transpondeur standard, ce qui autorise le lecteur à partager des informations avec le transpondeur. **Mode « simulation de carte »** : c'est une interaction entre un lecteur conventionnel et un appareil NFC que le lecteur perçoit comme un simple transpondeur. [4]

Le mode P2P : il s'agit d'une interaction entre deux appareils NFC. [4]

Protocoles applicatifs (IoT) : Ils permettent de gérer l'échange de données, Parmi les protocoles applicatifs les plus utilisés :

- Protocole de messagerie : MQTT, XMPP et AMQ
- Protocole de transfert web: CoAP , API REST

protocole MQTT

MQTT est un protocole de communication standardisé, ou ensemble de normes, conçu pour l'échange de données entre machines. Les dispositifs intelligents, les gadgets portables et d'autres équipements de l'Internet des objets (IoT) sont généralement tenus de transmettre et d'accéder à des données sur un réseau aux ressources limitées et dont la capacité de transmission est restreinte. Ces dispositifs IoT se servent du MQTT pour le transfert de données, étant donné qu'il est simple à mettre en place et assure une communication efficace des données IoT. MQTT supporte la communication des appareils vers le nuage et du nuage vers l'appareil. [6]

Le protocole MQTT est devenu une norme pour la transmission de données IoT, car il offre les avantages suivants :

Efficient et léger : La mise en œuvre de MQTT sur un dispositif IoT requiert peu de ressources, permettant ainsi son utilisation même sur de petits microcontrôleurs. À titre d'exemple, un message de contrôle MQTT minimal peut se limiter à deux octets d'informations. Les en-têtes des messages MQTT sont également conçus pour être de petite taille, permettant ainsi une optimisation de la bande passante du réseau [6]

Adaptable : L'implémentation de MQTT nécessite un code très léger qui consomme à peine de l'énergie lors de son utilisation. Le protocole intègre aussi des fonctionnalités pour gérer la

communication avec une multitude d'appareils IoT. Ainsi, vous avez la possibilité d'utiliser le protocole MQTT pour établir une connexion avec des millions de ces dispositifs. [6]

Digne de confiance : Un grand nombre d'équipements IoT se raccordent à des réseaux mobiles peu fiables, dotés d'une bande passante limitée et d'une latence élevée. MQTT dispose de fonctionnalités intégrées qui diminuent le temps nécessaire à l'appareil IoT pour se reconnecter au cloud

Sécurisé : MQTT offre aux développeurs la possibilité de sécuriser aisément les messages et d'identifier les appareils et les utilisateurs grâce à des protocoles d'authentification récents, comme OAuth, TLS1.3, Customer Managed Certificates, entre autres. [6]

Bonne gestion : Des langages tels que Python offre un large soutien pour la mise en œuvre du protocole MQTT. Ainsi, les développeurs ont la possibilité de le déployer rapidement avec un codage réduit dans n'importe quelle application. [6]

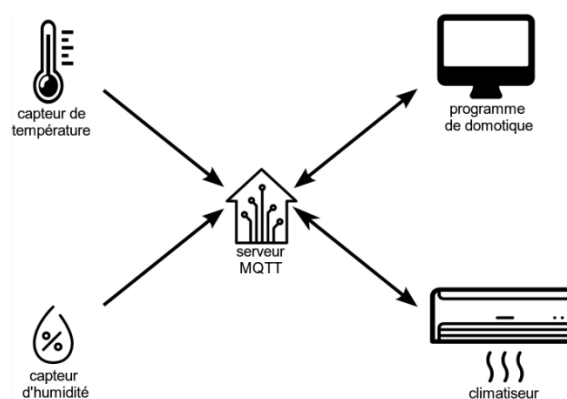


Figure 5: Exemple d'application MQTT dans domotique

Dans un système de domotique basé sur le protocole MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), les différents dispositifs communiquent via un serveur central appelé broker MQTT.

Dans cet exemple, une application de supervision domotique est abonnée à plusieurs sujets, notamment « température », « humidité » et « état du climatiseur ». De son côté, le climatiseur est abonné au sujet « climatisation » afin de recevoir les commandes de contrôle.

Les capteurs de température et d'humidité publient périodiquement leurs mesures vers le broker MQTT. L'application domotique, en tant qu'abonné, reçoit ces données et les analyse en fonction de plusieurs paramètres tels que l'heure, la présence d'occupants dans la maison ou encore l'historique de fonctionnement du climatiseur.

Sur la base de cette analyse, l'application décide d'activer ou de désactiver le climatiseur en publiant une commande sur le sujet « climatisation ». Le climatiseur, après exécution de la commande, publie à son tour son état (activé ou désactivé) sur le sujet « état du climatiseur ». Ainsi, grâce au modèle publish/subscribe, le système permet une communication efficace, flexible et découplée entre les différents composants, ce qui constitue un avantage majeur dans les applications IoT. [7]

4. Comparaison des architectures de communication :

Critères	Http	MQTT
Échanges périodiques	Oui	Oui
Temps réel	Moyen	Excellent
Faible consommation	Non	Oui
Nombre d'appareils	Limité	Élevé
Adapté à la Smart Home	Moyen	Excellent

Tableau 1: Comparaison des architectures de communication

MQTT se caractérise par sa légèreté et son utilisation minimale de bande passante. Grâce à son modèle Publisher/Subscribe, cette architecture simplifie la liaison entre les objets connectés et les applications mobiles, d'où son intégration dans un grand nombre d'applications IoT requérant des transmissions de données en temps réel.

5. Domotique et systèmes intelligents :

1. Définition :

La domotique désigne l'ensemble des technologies et des méthodes permettant d'assurer le contrôle, la programmation et l'automatisation des systèmes au sein d'un habitat. Étymologiquement, le terme provient du latin domus (maison) associé au suffixe -tique, renvoyant aux techniques. Elle s'inscrit à l'intersection de plusieurs disciplines, notamment l'électronique, l'informatique, les télécommunications et l'automatique. Dans ce cadre, la domotique vise à intégrer et à coordonner différents équipements domestiques tels que l'éclairage, le chauffage, les dispositifs audiovisuels, les appareils électroménagers ainsi que les systèmes d'ouverture et de fermeture. Elle contribue également à l'amélioration de la sécurité et du confort de l'habitat, notamment à travers la gestion des systèmes d'alarme, la détection d'incendie et la régulation thermique des espaces. [8]

2. Historique de la domotique :

L'automatisation et l'optimisation des fonctions d'habitat sont les objectifs de la domotique, une discipline qui fusionne l'électronique, l'informatique et les télécommunications. Son développement débute avec des dispositifs mécaniques rudimentaires, puis franchit une étape

importante avec l'apparition de l'électricité au XXe siècle. L'automatisation domestique a commencé à se développer à partir des années 1950 avec l'arrivée d'équipements programmables. Cette évolution a été accentuée dans les années 1970 par la mise en place du protocole X10, qui facilite la communication entre les appareils.

De 1980 à 2000, l'avancement de la technologie embarquée a stimulé l'évolution de systèmes plus intégrés, bien que restreints par leur coût et leur absence d'interopérabilité. Avec la montée en puissance d'Internet et de l'Internet des objets, la domotique se transforme en solutions connectées, accessibles et contrôlables à distance. L'intégration de l'intelligence artificielle aujourd'hui donne lieu à des systèmes intelligents et adaptatifs, comme le démontrent des appareils tels que l'Amazon Echo et le Google Nest. Ainsi, la domotique s'intègre dans une perspective plus large de maison intelligente, associée aux problématiques énergétiques et environnementales. [9]

3. Principales fonctions :

La domotique englobe diverses fonctionnalités clés destinées à optimiser le confort, la sécurité et l'efficacité énergétique au sein des résidences :

1. Surveillance à distance (monitoring) :

Permet de contrôler et gérer les dispositifs à distance grâce à Internet ou un téléphone intelligent.

Illustration : activer une lampe ou contrôler une caméra à l'aide d'applications telles que Blynk ou de systèmes comme Google Nest. [9]

2. Les capteurs :

- a) **Capteurs en domotique** : Les dispositifs de détection sont indispensables en matière de domotique. Ces dispositifs servent à quantifier des valeurs physiques ou environnementales et à les convertir en signaux utilisables par un système de commande (microcontrôleur ou automate). Ils forment le fondement du système de veille et de renseignement de l'habitat.
- b) **Capteur de gaz** : Les détecteurs de gaz identifient la présence de matières nocives telles que le butane, le propane ou le monoxyde de carbone. S'ils détectent une fuite, ils activent une alarme ou transmettent une alerte à l'utilisateur. Nous pouvons citer par exemple les systèmes de sécurité domestique pour prévenir les explosions ou intoxications.
- c) **Capteur d'humidité** : Ce dispositif évalue le niveau d'humidité dans l'air ou le sol. On l'utilise pour : Surveiller le confort intérieur (prévenir un air trop sec ou trop humide), Automatiser l'irrigation des plantes ou des jardins intelligents.

- d) **Capteur de température** : Il détecte la température de l'environnement pour ajuster automatiquement le système de chauffage ou de climatisation tel que les thermostats intelligents intégrés aux maisons connectées.
- e) **Capteur de luminosité** : Il mesure l'intensité de la lumière naturelle. Il offre la possibilité de régler automatiquement l'éclairage artificiel afin d'économiser de l'énergie. Illustration : des lampes qui s'éclairent d'elles-mêmes le soir. [10]
- f) **Capteur de mouvement (PIR)** : Cela permet d'identifier ou de suivre le mouvement d'une personne dans une région spécifique sa principale application est liée à la sécurité (détection d'intrusion). [10]
- g) **Capteur d'ouverture (porte/fenêtre)** : Il détecte si une porte ou une fenêtre est ouverte ou fermée. Il est principalement utilisé dans les systèmes d'alarme et sécurité domestique.
- h) **Capteur de fumée** : Il identifie la présence de fumée associée à un feu et active une alarme sonore et/ou une notification. [10]

3. Actionneurs

Les actionneurs sont les composants qui effectuent une action physique en réaction aux instructions :

- Contacteurs pour activer/désactiver des dispositifs
- Moteurs destinés aux volets roulants
- Vannes destinées aux systèmes d'irrigation
- Systèmes de chauffage et de climatisation

6. Analyse des solutions existantes :

Les systèmes de domotique modernes s'appuient sur des structures connectées qui comprennent des détecteurs, des dispositifs d'actionnement et des interfaces de contrôle, facilitant l'automatisation et la gestion de l'environnement domestique. On peut les répartir en trois catégories principales. Les systèmes exclusifs, conçus par des entreprises industrielles, proposent une intégration facilitée et une interopérabilité interne élevée, comme en témoignent des produits tels qu'Amazon Echo ou Google Nest. Les systèmes ouverts ou DIY, reposant sur des plateformes comme les microcontrôleurs (ESP32, Arduino), offrent une flexibilité de conception et d'adaptation considérable. Pour finir, les systèmes de gestion de bâtiment (BMS – Building Management Systems) sont mis en place dans les bâtiments intelligents pour assurer une gestion centralisée de l'énergie, la sécurité et les équipements techniques.

Bien qu'elles aient connu une amélioration de performance, ces solutions souffrent encore de diverses restrictions. Le coût d'achat et de mise en place demeure élevé, surtout pour les

|

systèmes destinés à l'industrie. Par ailleurs, des contraintes environnementales et des délais de transmission peuvent compromettre la fiabilité des mesures. L'intégration globale est également entravée par des défis en matière de cybersécurité et un déficit d'interopérabilité entre les solutions propriétaires.

Dans ce cadre, la précision de mesure représente un critère essentiel, car elle influence directement la crédibilité des choix effectués par le système domotique. Elle illustre la compétence des capteurs à fournir des informations fiables, constantes et utilisables pour le contrôle et l'automatisation.

Plusieurs critères techniques sont utilisés pour évaluer la qualité de mesure :

- **Précision** : degré de proximité entre la valeur mesurée et la valeur réelle du phénomène physique. [11]
- **Résolution** : plus petite variation détectable par le capteur. [11]
- **Exactitude** : conformité globale de la mesure en tenant compte des erreurs systématiques et aléatoires.
- **Répétabilité** : capacité du capteur à fournir des résultats identiques dans des conditions identiques.
- **Temps de réponse** : délai entre une variation physique et la réaction du capteur. [11]

Pour finir, plusieurs éléments influencent la qualité de mesure, y compris les conditions environnementales (comme la température, l'humidité et les interférences), le design du capteur, les perturbations électromagnétiques, ainsi que le calibrage et l'étalonnage du système.

7. Comparaison des solutions de domotique existantes :

On peut trouver sur le marché diverses options pour des maisons intelligentes, telles que Google Nest, Amazon Alexa, Home Assistant, SmartThings et Tuya Smart. Des solutions commerciales comme Google Nest et Amazon Alexa proposent une utilisation simple, cependant elles manquent de flexibilité et dépendent fortement des services en nuage. Concernant la solution suggérée, elle se distingue par son prix abordable, son adéquation avec l'ESP32 et l'emploi du protocole MQTT, fournissant ainsi une structure souple et ajustée aux exigences d'une résidence intelligente. [12] [13]

Critères	Google Nest	Amazon Alexa	Home Assistant	SmartThings	Notre solution
Contrôle mobile	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Open Source	Non	Non	Oui	Non	Oui
Compatible ESP32	Non	Non	Oui	Non	Oui
MQTT	Non	Limité	Oui	Non	Oui
Personnalisation	Faible	Faible	Élevée	Moyenne	Élevée
Coût	Élevée	Élevée	Moyen	Moyen	Faible
Dépendance au Cloud	Oui	Oui	Non	Oui	Non

Tableau 2: Comparaison des solutions de domotique existantes

8. Conclusion :

Ce chapitre a permis de développer les notions essentielles relatives aux systèmes intelligents, l'Internet des objets et les technologies de communication exploitées dans les solutions domotiques. Un examen comparatif des principales solutions de maison intelligente existantes, ainsi que des protocoles de communication, a aussi été conduit. Cette étude nous a conduit à justifier les décisions technologiques prises pour notre projet, comme l'usage de l'ESP32 et du protocole MQTT, à cause de leur adaptabilité, leur économie de coût et leur conformité aux besoins d'une smart home. Ces composantes fournissent le cadre théorique indispensable pour l'étude et l'élaboration de la solution suggérée.

Chapitre 2 : Analyse et Conception du système

1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'analyse des besoins et à la conception du système proposé. Il vise à définir les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles ainsi qu'à étudier les capteurs utilisés dans le projet. Par la suite, l'architecture globale du système est présentée, suivie de la conception de la chaîne d'acquisition, ainsi que des aspects matériels et logiciels. Cette étape permet de poser les bases nécessaires à la réalisation du système.

2. Analyse des besoins

1. Besoins fonctionnels

Dans le cadre de notre projet « Smart Home », le système proposé vise à répondre à un ensemble de besoins fonctionnels correspondant aux attentes des utilisateurs en matière de confort, de sécurité et d'efficacité énergétique.

En termes de confort, le système permet le contrôle à distance des équipements domestiques tels que l'éclairage ou les appareils électriques, via une application mobile ou un ordinateur. Concernant la sécurité, il assure la surveillance de l'habitation grâce à des capteurs permettant de détecter des situations anormales telles que les intrusions, les incendies ou les fuites de gaz, et de générer des alertes en temps réel.

Par ailleurs, le système contribue à l'optimisation énergétique à travers la gestion intelligente du climatiseur et de l'éclairage, permettant ainsi de réduire la consommation d'énergie.

Enfin, cette solution permet de pallier les oublis fréquents de l'utilisateur, comme le fait de laisser un appareil allumé ou oublier d'activer le système d'alarme en quittant le domicile. A travers cette interface simple et accessible, l'utilisateur peut surveiller et contrôler son habitation à distance, garantissant ainsi une gestion plus efficace et sécurisée.

2. Besoins non fonctionnels

En plus des fonctionnalités offertes, le système « Smart Home » doit satisfaire à un ensemble de besoins non fonctionnels assurant sa qualité et sa performance. Tout d'abord, le système doit garantir une haute fiabilité, en assurant un fonctionnement continu et constant, en particulier pour les applications cruciales comme la détection de gaz ou d'incendie. Par la suite, il est essentiel d'assurer l'exactitude des mesures pour obtenir des données précises provenant des capteurs, permettant ainsi une prise de décision fiable.

De plus, le système doit être opérationnel en temps réel, avec un intervalle de réponse minimal entre la détection d'un événement et l'intervention du système (alerte ou action). En outre, il est essentiel de mettre un accent particulier sur la protection des données pour sauvegarder les

informations partagées contre toute tentative d'accès non autorisé. Finalement, le système doit être facile grâce à une interface intuitive et adaptable, qui permet l'intégration de nouveaux capteurs ou fonctionnalités sans nécessiter de modifications significatives de l'architecture actuelle.

3. ESP32 :

L'ESP32 est un microcontrôleur développé par Espressif Systems, intégrant des fonctionnalités de communication Wi-Fi et Bluetooth. Grâce à ses capacités de traitement, son faible coût et sa faible consommation d'énergie, il est largement utilisé dans les applications de l'Internet des Objets (IoT), les systèmes embarqués et les solutions de domotique intelligente. [14]

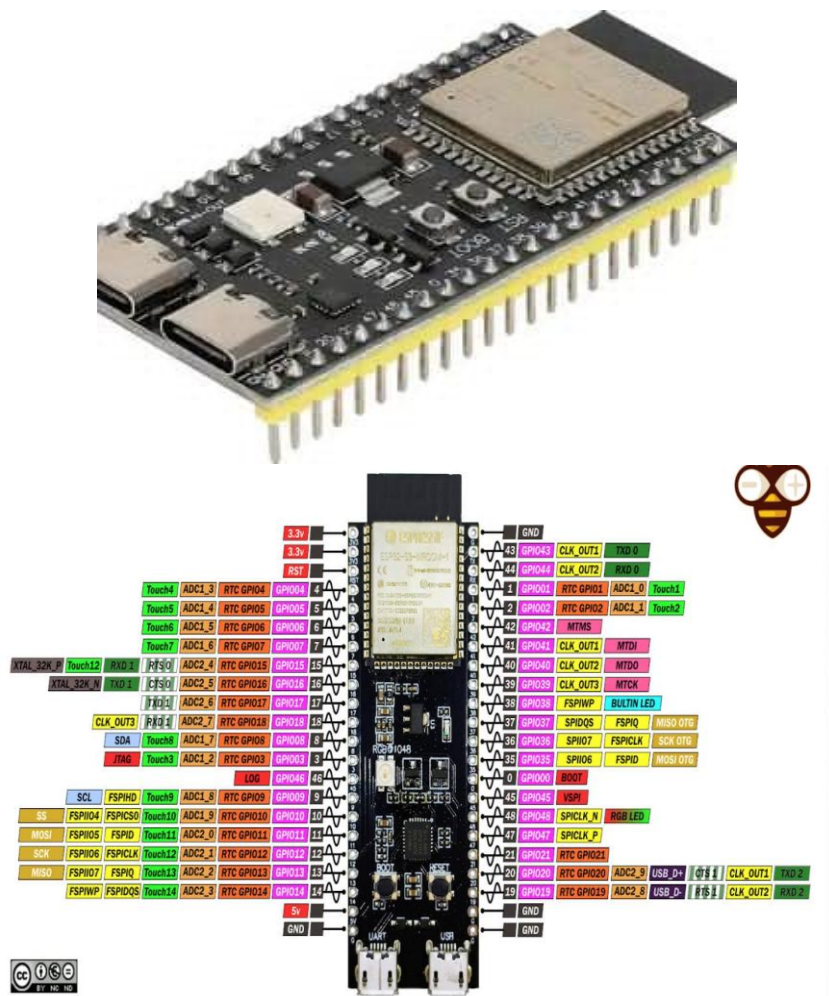


Figure 6:ESP32

Pour notre projet, nous avons choisi l'ESP32 pour ses diverses fonctionnalités, qui le rendent approprié pour les applications IoT. Ce dernier est doté nativement du Wi-Fi et du Bluetooth, permettant une communication simplifiée avec l'application mobile par le biais du protocole MQTT. De plus, grâce à sa performance de traitement, son nombre conséquent de broches GPIO et son tarif accessible, il s'impose comme une option privilégiée pour la collecte des

données des capteurs et la gestion des actionneurs dans le cadre d'une maison connectée intelligente.

Par conséquent, l'ESP32 est une solution efficace et abordable qui répond aux besoins de notre système de gestion intelligent d'une maison numérique.

Critères	Arduino Uno	ESP8266	ESP32
Wi-Fi intégré	Non	Oui	Oui
Bluetooth	Non	Non	Oui
Nombre de GPIO	14	17	34
Double cœur	Non	Non	Oui
Mémoire RAM	2 Ko	160 Ko	520 Ko
Coût	Faible	Faible	Faible
Applications IoT	Moyennes	Bonnes	Excellentes

Tableau 3: Table comparatif entre ESP32 et Arduino Uno

4. Etude des capteurs utilisés :

La domotique repose sur le principe de réguler et d'ajuster l'utilisation des équipements électriques en fonction de divers critères. Il est nécessaire d'utiliser des capteurs domotiques pour mesurer ces paramètres et déterminer la réaction des appareils. Ces capteurs ont la capacité de transformer une mesure en un signal qui est par la suite envoyé aux équipements électriques. On trouve une variété de capteurs pour une mise en place de système domotique :

L'analyse des besoins d'un système domotique IoT permet de définir les exigences essentielles garantissant son bon fonctionnement. Elle distingue les besoins fonctionnels et non fonctionnels.

Principe de fonctionnement :

- **DHT22 (température et humidité) :** "Le DHT22 est un capteur numérique de température et d'humidité caractérisé par son faible coût et sa facilité d'intégration permettant d'acquérir une température et une humidité ambiante d'une manière numérique. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer la température et l'humidité de l'air et la transmet d'une manière numérique sur un bus série. Les données sont actualisées toutes les 2 secondes. La connexion de ce capteur est très simple, il suffit de relier le premier pin à gauche à l'alimentation (3V à 5V), le pin central sur une pin Arduino déclarée en entrée (INPUT) et le pin de droite à la masse (GND). Ce capteur est semblable au DHT11 mais il dispose d'une plus grande précision et plage de mesure, par contre il est un peu plus cher et un peu plus gros [15]



Figure 7: Capteur DHT22

- **MQ-2 (gaz et fumée) :** Le module MQ2 capteur d'incendie est un dispositif électronique conçu pour détecter la présence de gaz inflammables et de fumée dans l'environnement. Il est largement utilisé dans les systèmes de détection d'incendie et de sécurité pour fournir une alerte précoce en cas de risque d'incendie. Le module MQ2 utilise un capteur de gaz de type semi-conducteur pour détecter les gaz inflammables tels que le méthane, le butane, le propane, l'alcool et d'autres composés organiques volatils. Le capteur réagit aux changements de concentration de ces gaz dans l'air et produit un signal électrique proportionnel à la quantité détectée. [16]



Figure 8: Capteur de gaz MQ2

- **KY-026 (flamme) :** également connu sous le nom de Capteur de flamme KY-026, est un composant électronique utilisé pour détecter la présence de flammes. Ce module est couramment utilisé dans les projets d'automatisation, de sécurité et de surveillance pour détecter les incendies ou les sources de flammes. [17]

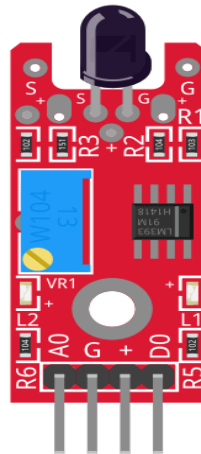


Figure 9: Capteur de flamme KY-026

- **PIR (mouvement)** : Les détecteur de mouvement PIR sont utilisé pour détecter les mouvements des humains et des animaux dans un rayon de 7 mètres .Ce modèle dispose d'un réglage de seuil de détection avant déclenchement de 0,3 à 18 secondes ainsi que d'un réglage de sensibilité. Il fonctionne sur une alimentation entre 5V et 30V DC. Le signal de sortie est à 3,3V à l'état haut. La portée est d'environ 7m sur 120°. [17]

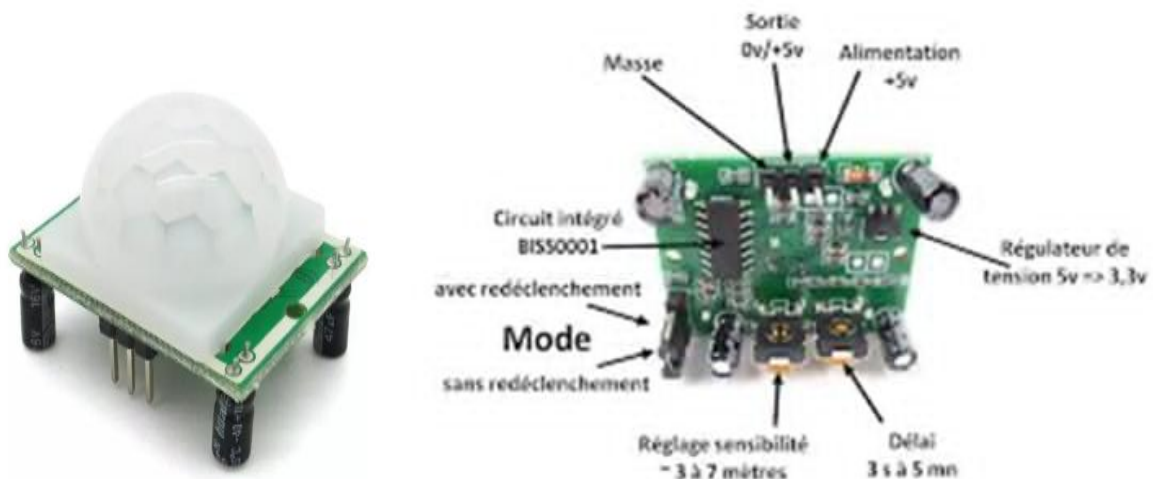


Figure 10: Capteur de mouvement PIR

- **BH1750 (luminosité)** : BH1750 permettant de mesurer avec précision la luminosité ambiante. Ce module est prévu pour une utilisation avec un microcontrôleur type Arduino, Raspberry Pi ou compatible via le bus I2C. [18]

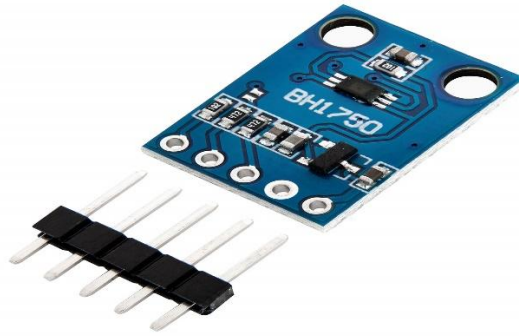


Figure 11: Capteur de luminosité BH1750

- **Capteur d’empreinte digitale** : Capteur de reconnaissance d'empreinte numérique, capteur biométrique ou lecteur d'empreinte numérique avec UART TTL port série, facile à utiliser. Il peut être utilisé pour sécuriser votre projet avec la biométrie. Ce capteur tout-en-un empreinte numérique optique fera l'ajout de la détection d'empreintes numériques et de vérification super simple. Ces modules sont généralement utilisés dans des coffres forts tels que tiroirs, porte. Il y a une puce DSP haute puissance qui fait le rendu de l'image, le calcul, la fonction d'enquête et de recherche. Vous pouvez également vous inscrire de nouveaux doigts directement. 500 empreintes digitales peuvent être stockées dans la mémoire flash embarquée. Il y a une LED bleue dans la lentille qui clignote après avoir pris une photo pour que vous sachiez son travail. [17]



Figure 12: Capteur d'empreinte

Les performances des capteurs sont évaluées selon :

- **Précision** : proximité entre la valeur mesurée et la valeur réelle. [19]
- **Sensibilité** : capacité à détecter de faibles variations du signal physique. [19]
- **Temps de réponse** : délai entre une variation physique et la réaction du capteur. [19]

5. Etude des actionneurs utilisés :

- **Relais** :

Ce module permet de commuter un appareil nécessitant une tension ou une puissance importante à partir d'une sortie digitale 5V d'une carte Arduino ou autre.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Tension de charge (sortie) maximale en courant alternatif : 250V
- Tension de charge (sortie) maximale en courant continu: 30V
- Courant de sortie maximal : 10A
- Courant de déclenchement : 5mA
- Tension de déclenchement : 5V
- Tension d'alimentation : 5V
- Témoin LED :
 - ✓ Rouge : indique l'alimentation du module
 - ✓ Verte : indique l'activation du relais [20]

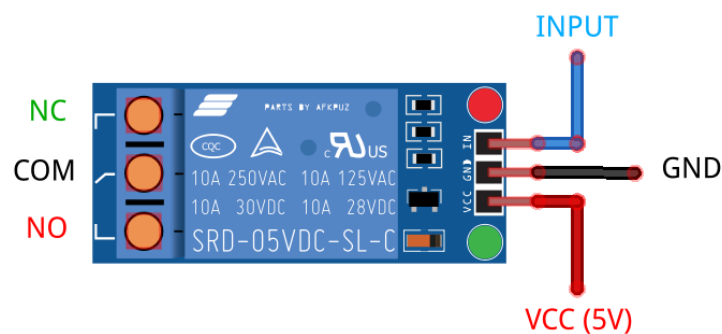


Figure 13:Relais

- **Les servomoteurs :**

Les servomoteurs, souvent abrégés en « servo » tout court par leurs utilisateurs, sont des moteurs d'un type particulier, très appréciés pour faire tourner quelque chose jusqu'à une position bien précise et capable de maintenir cette position jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle instruction. Ils sont très utilisés dans le modélisme (direction des voitures télécommandées, commande des gouvernes de dérive et de profondeur sur les avions, etc.). [21]



Figure 14: Servomoteur

- **Ventilateur :**

Ce **mini ventilateur 12V** est particulièrement bien adapté pour les applications nécessitant un refroidissement efficace dans un espace restreint. Que ce soit pour des projets de bricolage électronique, des systèmes embarqués, des kits de robots ou encore pour augmenter la durée de vie des composants sensibles à la chaleur [22]



Figure 15: Ventilateur

6. Architecture globale du système :

Le système domotique suggéré se base sur une structure modulaire qui comprend des capteurs, une unité de traitement, un réseau de communication et une interface utilisateur. Cette structure facilite la capture, le traitement et la diffusion des informations en temps réel.

[Capteurs] → [ESP32] → [Réseau (Wi-Fi/Internet)] → [Application mobile]

7. Conception de la chaîne d'acquisition :

Élaboration de la chaîne d'acquisition des données :

Dans un système domotique IoT, la chaîne d'acquisition est un composant crucial. Elle assure la conversion des grandeurs physiques mesurées en données numériques que l'unité de

traitement peut utiliser. Elle comprend plusieurs phases clés : la sélection des capteurs, le traitement des signaux et la transformation analogique/numérique.

Choix des capteurs :

La sélection des capteurs se base sur l'évaluation des exigences fonctionnelles du système, notamment pour ce qui est de la surveillance, de la sécurité et du confort. Le choix des capteurs doit se faire en tenant compte de plusieurs facteurs tels que l'exactitude, la réactivité, le coût, la sensibilité et l'adéquation avec l'unité de traitement.

Dans ce cadre, on intègre des capteurs appropriés pour quantifier diverses mesures physiques (comme la température, le gaz, la luminosité, le mouvement, etc.), assurant de ce fait une collecte fiable des données environnementales.

Conditionnement des signaux :

Le conditionnement des signaux fait référence à l'ajustement des signaux provenant des capteurs pour les adapter aux entrées du système de traitement. Cette phase a pour objectif d'optimiser la précision des mesures et pourrait comprendre : L'amplification des signaux de faible intensité, le filtrage pour minimiser le bruit et les interférences, ainsi que l'ajustement de l'impédance et du niveau de tension. Un conditionnement approprié est indispensable pour assurer la fiabilité et l'exactitude des données recueillies.

Conversion analogique/numérique (ADC) :

Les capteurs qui produisent des signaux analogiques doivent être convertis en données numériques pour être gérés par le microcontrôleur ESP32. Un convertisseur analogique-numérique (ADC) intégré réalise cette conversion. L'ESP32, équipé d'une ADC généralement de 12 bits de résolution, a la capacité de convertir une tension analogique en une valeur numérique discrète. Cette phase est essentielle pour garantir une représentation précise du signal capté et autoriser son utilisation dans les algorithmes de traitement et de prise de décision.

Conception logicielle :

Le système domotique IoT est conçu pour gérer, communiquer et visualiser les données provenant des capteurs grâce à sa conception logicielle. Elle s'appuie sur trois éléments clés : le programme intégré au microcontrôleur, la structure de l'application mobile et la gestion des données.

8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'analyse des besoins et la conception du système Smart Home proposé. Nous avons étudié les capteurs utilisés, défini l'architecture globale ainsi que la chaîne d'acquisition des données. Cette étape a permis d'établir une base solide pour la réalisation et l'implémentation du système dans le chapitre suivant.

Chapitre 3: Réalisation et implementation

1. Introduction:

Ce chapitre présente la phase de réalisation pratique du système Smart Home. Il décrit les composants matériels utilisés, l'architecture de connexion, l'environnement logiciel adopté ainsi que l'implémentation des différentes fonctionnalités du système basé sur l'ESP32-S3.

2. . Implémentation matérielle :

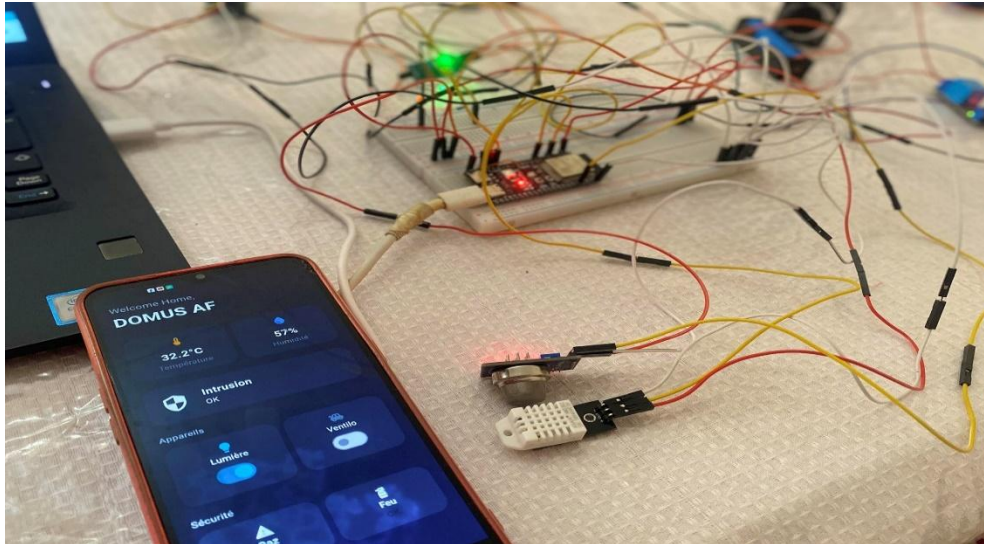


Figure 16:Montage matériel

Composant	Broche ESP32-S3
DHT22	GPIO 4
MQ2	GPIO 34
Capteur de flamme	GPIO 35
PIR	GPIO 27
Relais	GPIO 25
Servomoteur	GPIO 26
Led	GPIO 2
Capteur d'empreinte	UART(RX/TX)

Tableau 4:Brochage de l'ESP32-S3

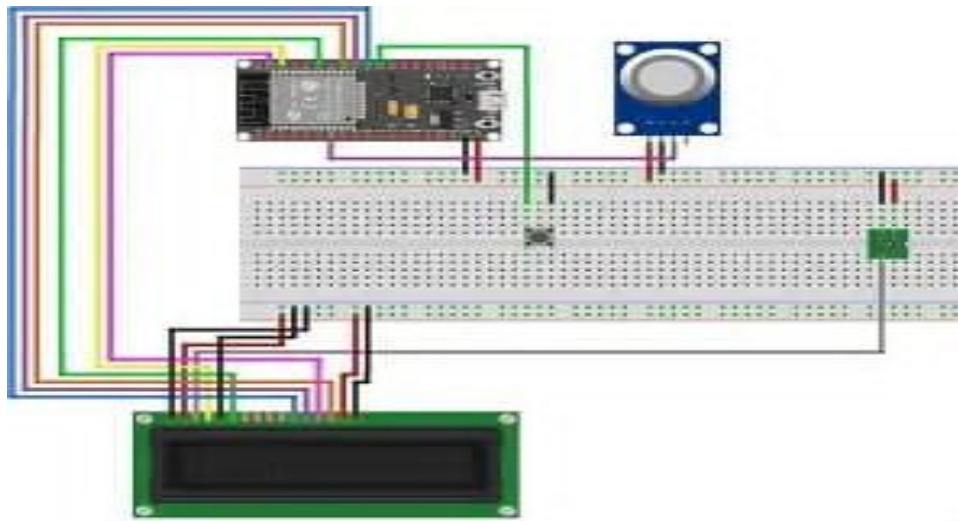


Figure 17: Câblage capteur MQ2 avec ESP32

Matériels utilisés	Caractéristiques	Nombre
Capteur du gaz	MQ-2	1
Résistances	220 ohms	2
ESP 32	S 3	1
Câbles	M-M ; M-F	//
Source du gaz	GPL, H2, CO	/

Tableau 5: Matériels utilisés pour le système de la détection du gaz

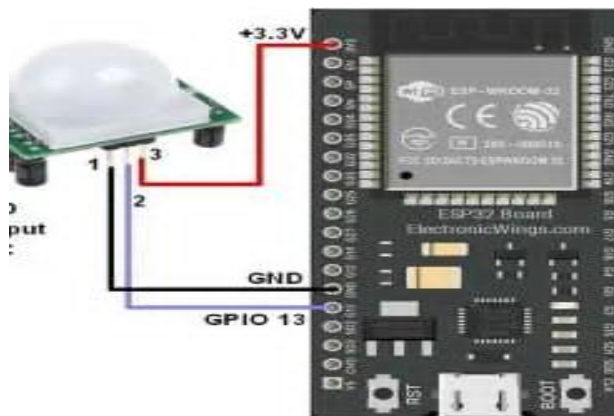


Figure 18 : Câblage capteur de mouvement avec ESP32

Matériels utilisés	Caractéristiques	Nombre
Capteur de mouvement	HC-SR501	1
Résistances	220 Ohm	1
ESP 32	S3	1
Câbles	M-M ; M-F	//

Tableau 6: Matériels utilisés pour le système de la détection de mouvement

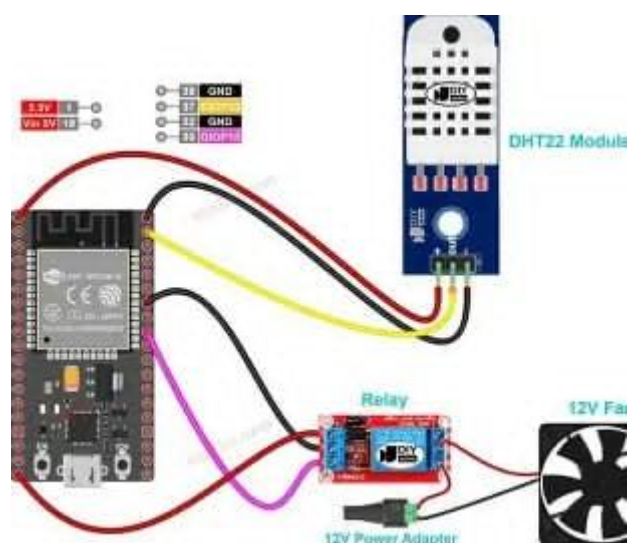


Figure 19: Cablage capteur dht22 avec ESP32

Matériels utilisés	Caractéristiques	Nombre
Capteur de température et Humidité	DHT 22	1
Résistances	220 Ohm	2
ESP 32	S3	1
Câbles	M-M ; M-F	//
Ventilateur	5v	1
Relai	5v	1

Tableau 7: Matériels utilisés pour le DHT22

Dans notre projet, nous avons réalisé un prototype Smart Home basé sur une carte ESP32-S3 comme unité principale de traitement. Plusieurs capteurs ont été intégrés au système afin d'assurer la surveillance des paramètres environnementaux et de sécurité

Notre prototype intègre différents composants tels que le capteur d'empreinte, le capteur MQ2 pour la détection de gaz, le capteur de flamme, le DHT22 pour la température et l'humidité, le capteur de mouvement (PIR) pour Détecter la présence ou le déplacement d'une personne dans une zone donnée et le capteur d'empreinte ainsi que des actionneurs comme le relais, le buzzer, les LEDs .

Après l'assemblage du matériel, nous avons effectué plusieurs tests afin de vérifier le bon fonctionnement des capteurs et la communication avec l'ESP32-S3. Les résultats obtenus ont montré que notre système détecte correctement les événements tels que la présence de gaz, la détection de flamme et les changements environnementaux, puis déclenche automatiquement les actions nécessaires.

Avant la réalisation matérielle du système, une phase de conception et de modélisation 3D a été effectuée afin de définir la structure de la porte et de ses composants

Première étape (Conception) : Tout d'abord nous passons par la conception et la modélisation 3D de la porte. Nous modélisons une porte et un cadre en utilisant logiciel Fusion 360, pour l'imprimer ensuite en 3D. Fusion 360 est une plateforme CAO, pour effectuer des opérations lourdes en ressources, comme le rendu, la simulation, l'optimisation de formes et la conception générative [23]

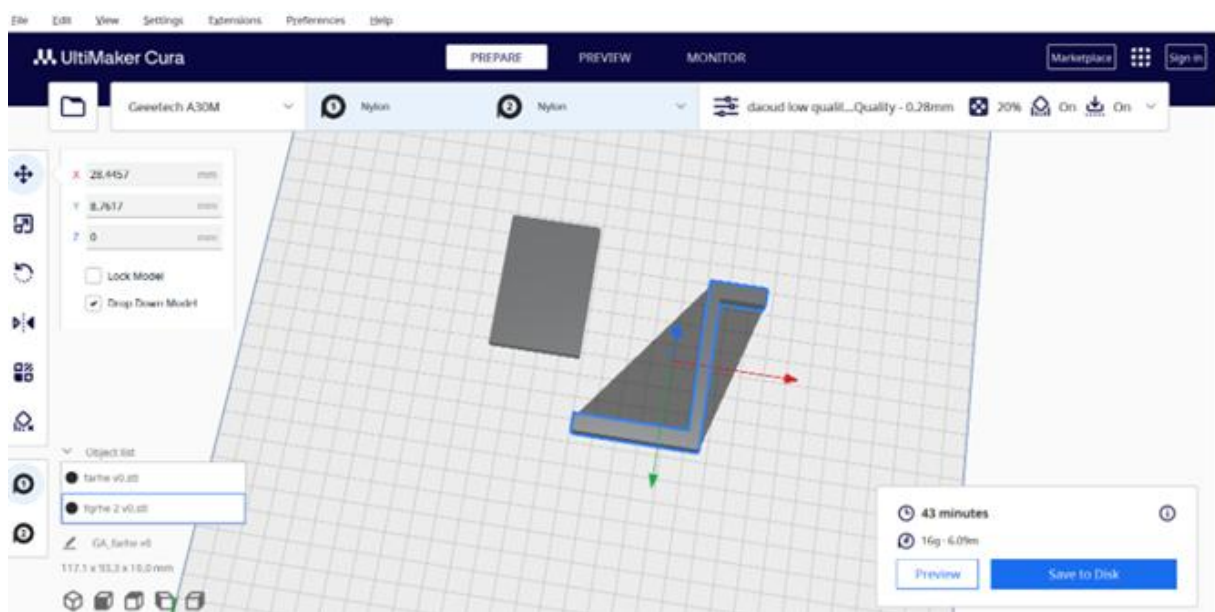


Figure 20: Esquisse de la porte avec logiciel Fusion 360

Deuxième étape (Impression) : L'impression de la porte et le support se fait via l'imprimante 3D Geeetech A30. Elle possède les caractéristiques suivantes : 320 x 320 x 420 mm de volume d'impression, détecteur de filament, connexion wifi et simple extrudeur compatible PLA, ABS, nylon, bois, etc (température maximale de 250°C). Le lit d'impression chauffe jusqu'à 110°C pour une précision de 50 microns minimum [24]

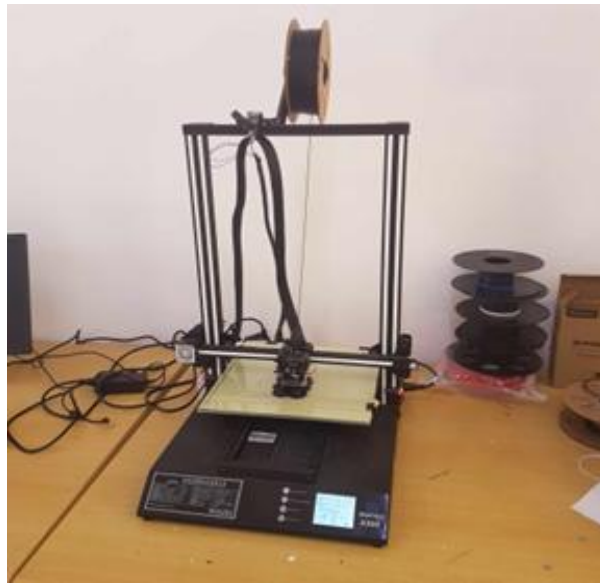


Figure 21:Imprimante 3D GEEETECH

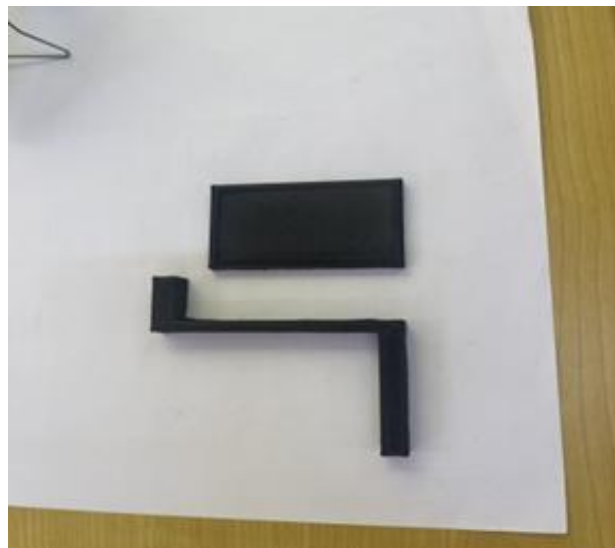


Figure 22:L'impression 3D de la porte

Après avoir modéliser puis imprimer la porte et le support, nous les relierons au servomoteur. L'étape suivante consiste en la connexion du servomoteur avec le microcontrôleur et le capteur d'empreinte et leurs programmations. Cette étape entre dans le cadre du contrôleur de sécurité. En effet, nous avons réalisés deux cas : 1. Premier cas (autorisation d'accès) : dans cette étape nous autorisons uniquement l'utilisateur 1 (C.A.) à accéder à l'intérieur de la maison. Après avoir posé son doigt sur le capteur d'empreinte, le servomoteur tourne de 90° et la porte s'ouvre (L'empreinte digitale est correcte), puis lorsqu'elle retire son doigt, le servomoteur revient à son état normal (porte fermée) après un laps de temps. Dans ce cas, l'empreinte de C.A. est reconnue et stocké dans une constante que nous avons nommée « ID 1 »

Deuxième cas : Afin de prouver le bon fonctionnement de la porte ainsi que du programme, nous utilisons n'importe quelle autre empreinte de n'importe quel autre individu. Dans ce cas nous avons pris l'exemple de l'empreinte de l'utilisateur 2 (A.B). Lorsque M.F. pose son doigt sur le capteur d'empreinte, le servomoteur ne tourne pas (La porte reste fermée) car le capteur reconnaît uniquement l'empreinte stocké dans ID1.

3. Programmation du système embarqué (ESP32) :

Dans notre projet, la programmation du système embarqué a été réalisée à l'aide de la carte ESP32-S3, qui constitue l'unité centrale de traitement du système Smart Home. Cette carte assure la gestion des différents capteurs, le traitement des données collectées ainsi que la communication entre les composants matériels et l'application. Le développement du programme a été effectué à l'aide de l'environnement Arduino IDE, permettant l'écriture, la compilation et le transfert du code vers la carte.

La première étape consiste à effectuer la lecture des capteurs. L'ESP32-S3 interroge périodiquement les différents capteurs intégrés au système afin d'acquérir les données nécessaires au fonctionnement du projet. Ces capteurs comprennent le DHT22 pour la mesure de la température et de l'humidité, le MQ2 pour la détection de gaz, le capteur de flamme pour la détection d'incendie, le capteur de mouvement PIR pour détecter la présence humaine ainsi que le capteur d'empreinte pour l'authentification des utilisateurs.

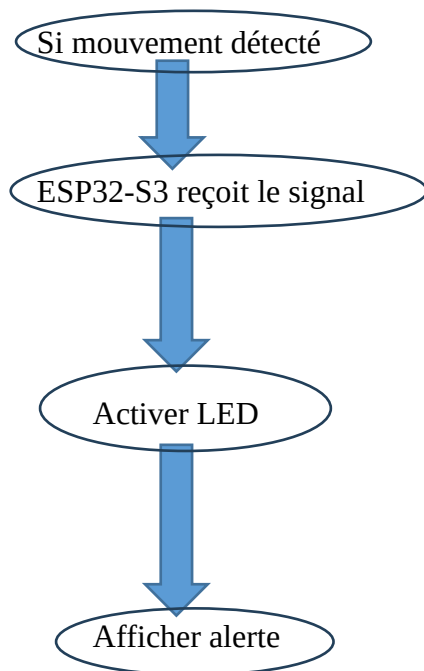
Après l'acquisition des informations, une phase de traitement des données est réalisée. L'ESP32-S3 analyse les valeurs reçues et les compare à des seuils prédéfinis. Lorsque des conditions particulières sont détectées, comme une fuite de gaz, une flamme, un mouvement ou un accès non autorisé, le système prend automatiquement les décisions correspondantes. Ces actions peuvent inclure l'activation du buzzer, l'allumage d'une LED, l'activation du relais ou l'affichage d'un message d'alerte sur l'écran LCD.

Enfin, une phase de transmission via Wi-Fi est mise en œuvre grâce aux capacités de communication sans fil intégrées à l'ESP32-S3. Les données collectées et les états du système sont transmis en temps réel vers l'application ou une plateforme cloud afin d'assurer une surveillance à distance. Cette communication permet à l'utilisateur de consulter les informations du système, recevoir des alertes et suivre l'état des différents capteurs depuis n'importe quel endroit disposant d'une connexion Internet.

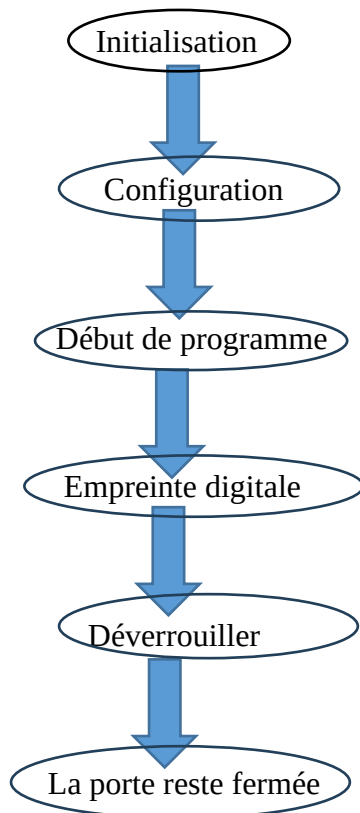
Ainsi, la programmation du système embarqué assure une gestion intelligente des capteurs, l'automatisation des actions et la communication à distance afin de garantir le bon fonctionnement de notre système Smart Home.

En fonction des valeurs détectées, le système exécute automatiquement les actions correspondantes. Par exemple :

- Détection de gaz → activation du système d'alarme
- Détection de flamme → activation du système d'alarme
- Détection de mouvement → signalement de présence
- Vérification d'empreinte → autorisation ou refus d'accès
- Mesure température, humidité et luminosité → affichage dans application



➤ **Pour contrôle d'accès :**



1. Configuration des bibliothèques :

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <ESP32Servo.h>
```

A screenshot of the Arduino IDE interface. The top bar shows icons for check, back, library, upload, and download. Below the bar, the word 'domus' is in a search box. The main area displays a list of installed libraries: WiFi.h, PubSubClient.h, DHT.h, Adafruit_Fingerprint.h, and ESP32Servo.h.

Figure 23: Configuration des bibliothèques

Les bibliothèques WiFi.h, PubSubClient.h et DHT.h ont été utilisées respectivement pour assurer la connexion réseau, la communication MQTT et la lecture des données du capteur DHT22.

2. Connexion Wi-Fi et MQTT :

```
const char* ssid = "iPhone de Asmaa";  
const char* password = "00000000";  
const char* mqtt_server = "broker.emqx.io";
```

Figure 24: Connexion Wi-Fi et MQTT

```
WiFi.begin(ssid, password);  
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { delay(500); Serial.print("."); }  
  
client.setServer(mqtt_server, 1883);  
client.setCallback(callback);
```

Cette partie du programme assure d'abord la connexion de l'ESP32-S3 au réseau Wi-Fi à l'aide du nom du réseau et du mot de passe définis dans les variables ssid et password. Une boucle de vérification est utilisée afin d'attendre jusqu'à l'établissement complet de la connexion. Ensuite, le programme configure la communication MQTT en spécifiant l'adresse du broker ainsi que le port 1883. Enfin, la fonction callback() est associée au client MQTT afin de permettre la réception et le traitement automatique des commandes envoyées depuis l'application mobile.

3. Lecture des capteurs :

```
timestamp = now,  
float t = dht.readTemperature();  
int gasVal = analogRead(MQ2_PIN);  
int flameVal = digitalRead(FLAME_PIN);
```

Figure 25: Lecture des capteurs

- Acquisition des données,
- Surveillance environnementale.

4. Détection des alertes :

```
client.publish("maison/distance", move == HIGH ? 20  
  
if (gasVal > 700 || flameVal == LOW) {
```

Figure 26: Détection des alertes

- Seuil de sécurité,
- Fuite de gaz,
- Incendie.

5. Commande des actionneurs :

```
digitalWrite(RELAY_FAN, VENTILO_ON);
```

Figure 27: Commande des actionneurs

- Activation automatique,
- Ventilation,

4. Environnement logiciel et protocole de communication:

1. Arduino IDE :

L'IDE Arduino (IDE = Environnement de Développement Intégré) est le logiciel qui permet d'écrire des programmes pour ces cartes.

Avec l'Arduino IDE, on peut :

- Écrire le code en langage C/C++ simplifié
- Vérifier si le code contient des erreurs
- Envoyer le programme à la carte par un câble USB [25]



Figure 28: Arduino ide

2. Flutter :

Flutter est un cadre open source développé et pris en charge par Google. Les développeurs front-end et full-stack utilisent Flutter pour créer l'interface utilisateur (UI) d'une application pour plusieurs plateformes avec une seule base de code.

Lorsque Flutter a été lancé en 2018, il prenait principalement en charge le développement d'applications mobiles. Flutter prend désormais en charge le développement d'applications sur six plateformes : iOS, Android, le web, Windows, MacOS et Linux.

Flutter utilise le langage de programmation open source Dart, qui a été mis au point par Google. Dart est optimisé pour la création d'interfaces utilisateur, et nombre de ses atouts sont inclus dans Flutter.

Par exemple, « sound null safety » est une fonction de Dart employée dans Flutter. Sound null safety de Dart permet de détecter facilement les bugs courants, appelés erreurs de null. Cette fonction réduit le temps consacré par les développeurs sur la maintenance du code et leur permet de se concentrer davantage à la création de leurs applications. [26]



Figure 29:Flutter/ Dart

3. Visual Studio Code :

Visual Studio Code (VSCode) est un éditeur de code source et un environnement de développement intégré (IDE) de Microsoft. Il est open-source et cross-platform, c'est-à-dire qu'il fonctionne sur Windows, Linux et Mac. Il a été conçu pour les développeurs web, mais il prend en charge de nombreux autres langages de programmation tels que C++, C#, Python, Java, etc. Il offre de nombreuses fonctionnalités comme la coloration syntaxique, l'auto-complétion, la mise en évidence des erreurs, la navigation de code, le débogage, la gestion de versions, l'intégration avec Git, et beaucoup d'autres. Il est également extensible à l'aide d'une grande variété d'extensions développées par la communauté, permettant aux développeurs de personnaliser l'éditeur selon leurs besoins. [27]



Figure 30: Vs code

4. Le protocole MQTT :

Le protocole MQTT, ou Message Queuing Telemetry Transport, est un protocole de messagerie léger conçu initialement pour répondre aux besoins des communications entre machines, ce qu'on appelle souvent M2M, dans des environnements où les connexions sont limitées ou peu fiables. Développé en 1999 par IBM, il s'est rapidement imposé comme une solution clé pour

l'Internet des Objets (IoT), grâce à sa simplicité, sa faible consommation en bande passante, et sa capacité à fonctionner sur des réseaux instables. Son principe repose sur un modèle de publish/subscribe. Contrairement à une architecture client-serveur classique, MQTT introduit un intermédiaire, appelé broker ou courtier, qui joue un rôle central. Les appareils ou programmes connectés, appelés clients, ne communiquent pas directement entre eux. Au lieu de cela, un client peut publier des messages sur un certain sujet, que l'on nomme topic, ou bien s'abonner à des topics spécifiques pour recevoir les messages correspondants. Le broker gère ces échanges, distribuant les messages aux clients abonnés aux topics concernés. Cela permet un découplage total entre les émetteurs et les récepteurs. [28]

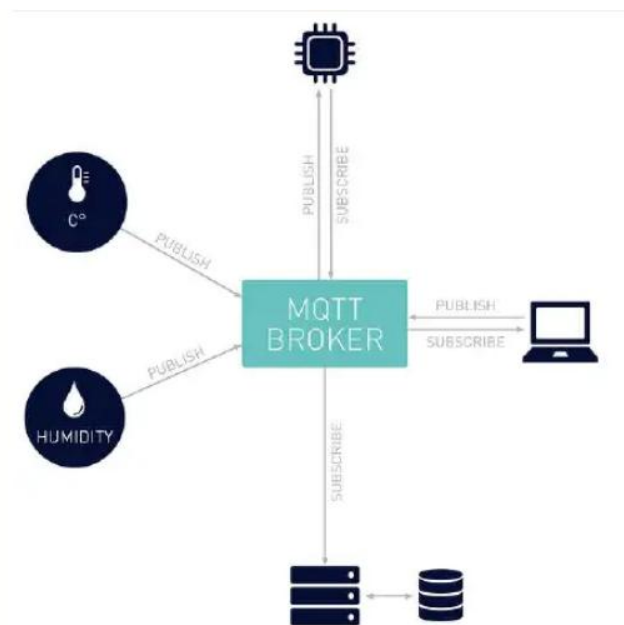


Figure 31: Protocole MQTT

5. Communication et synchronisation :

Dans le cadre de notre projet, nous avons mis en place un mécanisme de communication et de synchronisation afin d'assurer l'échange des données entre notre système embarqué basé sur l'ESP32-S3 et notre application mobile. Cette communication joue un rôle essentiel dans le fonctionnement global du système puisqu'elle permet la transmission des informations collectées par les capteurs ainsi que la réception des commandes envoyées par l'utilisateur.

Nous avons assuré l'échange des données entre l'ESP32-S3 et notre application mobile à travers une connexion Wi-Fi, en exploitant les capacités de communication intégrées à la carte ESP32-

S3. Les données acquises à partir des différents capteurs, notamment la température, l'humidité, la luminosité, la détection de gaz, la détection de flamme ainsi que la détection de mouvement, sont transmises automatiquement vers l'application mobile afin d'être affichées et exploitées. De la même manière, les commandes générées depuis l'application, telles que l'activation ou la désactivation de l'éclairage, de la ventilation ou d'autres équipements connectés, sont envoyées vers l'ESP32-S3 pour être exécutées.

Par ailleurs, nous avons intégré une stratégie de **gestion en temps réel** afin d'assurer une synchronisation continue entre les différents composants du système. Les informations sont mises à jour dynamiquement dès qu'un changement d'état est détecté par les capteurs. Cette approche permet à l'utilisateur de visualiser instantanément l'état du système et garantit une réaction rapide face aux situations critiques telles qu'une fuite de gaz, une détection d'incendie, une intrusion ou un mouvement suspect.

Ainsi, la solution de communication et de synchronisation que nous avons adoptée permet d'assurer une interaction efficace entre la partie matérielle et l'application mobile, tout en améliorant la fiabilité, la réactivité et les performances globales de notre système Smart Home.

6. Développement de l'application mobile :

Dans notre projet, une application mobile a été développée afin d'assurer la supervision et le contrôle du système Smart Home en temps réel. L'interface a été conçue avec un design simple, moderne et intuitif afin d'offrir une meilleure expérience utilisateur et faciliter l'accès aux différentes fonctionnalités du système.

Notre application comprend une interface principale de type Dashboard qui affiche les informations essentielles collectées par les capteurs. Comme illustré dans la figure ci-dessous, l'utilisateur peut consulter en temps réel plusieurs paramètres tels que la température, l'humidité, ainsi que l'état général du système de sécurité.

Nous avons également intégré une section dédiée aux appareils connectés, permettant le contrôle de différents équipements tels que l'éclairage et le système de ventilation à travers des boutons d'activation et de désactivation. Cette fonctionnalité offre à l'utilisateur une gestion simple et rapide des équipements domestiques.

Par ailleurs, nous avons ajouté une section de sécurité critique permettant d'afficher les alertes importantes du système. Cette interface informe l'utilisateur en cas d'événements anormaux

tels qu'une fuite de gaz, un incendie, une intrusion ou toute autre situation nécessitant une intervention rapide.

Grâce à la connexion Wi-Fi assurée par l'ESP32-S3, les données affichées dans notre application sont mises à jour en temps réel, permettant ainsi une surveillance continue et une meilleure réactivité face aux situations critiques.



Figure 32: Application Domus AF

Une application mobile a été conçue afin d'assurer la supervision et le contrôle centralisé du système domotique. Elle offre à l'utilisateur une visualisation en temps réel des paramètres environnementaux (température et humidité) ainsi que de l'état des dispositifs de sécurité. L'application permet également la commande à distance de différents équipements, tels que l'éclairage et la ventilation. De plus, elle intègre un système d'alerte pour la détection d'événements critiques, notamment les intrusions, les fuites de gaz et les départs d'incendie, contribuant ainsi à renforcer la sécurité et le confort des occupants.



Figure 33: Domus AF: Danger Gaz

En cas de détection d'une fuite de gaz, le système déclenche automatiquement une alerte et met en marche le ventilateur afin d'assurer l'évacuation du gaz et le renouvellement de l'air. Cette action préventive permet de limiter les risques liés à l'accumulation de gaz dans l'habitation. Simultanément, l'application informe l'utilisateur en temps réel de l'état du système et des mesures de sécurité activées.

L'ouverture de la porte est autorisée uniquement après la reconnaissance d'une empreinte digitale enregistrée, assurant ainsi un accès sécurisé aux utilisateurs autorisés.



Figure 34: Domus AF : Danger incendie

Cette interface illustre le fonctionnement du système en situation d'alerte. Un mouvement a été détecté par le capteur PIR, ce qui déclenche une notification d'intrusion affichée sur l'application. Par ailleurs, le capteur de flamme a détecté un début d'incendie, signalé par une alerte visuelle de niveau critique. Grâce à la surveillance en temps réel, l'utilisateur est immédiatement informé des événements anormaux afin de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité de l'habitation.

1. Connexion MQTT :

```
void setupMqtt() async {
  client = MqttServerClient(
    broker,
    'domus_af_${DateTime.now().millisecondsSinceEpoch}',
  );
}
```

```

client!.subscribe("maison/temp", MqttQos.atMostOnce);
client!.subscribe("maison/hum", MqttQos.atMostOnce);
client!.subscribe("maison/distance", MqttQos.atMostOnce);
client!.subscribe("maison/alerte", MqttQos.atMostOnce);
client!.subscribe("maison/ventilo/etat", MqttQos.atMostOnce);

```

Cette partie du code permet d'établir une connexion MQTT avec le broker et de s'abonner aux différents topics afin d'assurer la réception des données et la communication en temps réel.

2. Réception des données :

```

client!.updates!.listen((List<MqttReceivedMessage<MqttMessage>> messages) {

```

Cette partie du code permet de recevoir automatiquement les données MQTT et d'assurer la mise à jour dynamique des informations en temps réel.

3. Commande des appareils :

```

setstate() -> ISLightON = v);
publishCmd("maison/led", v ? "ON" : "OFF");

```

Cette partie permet d'envoyer des commandes aux appareils connectés afin d'assurer leur contrôle à distance via MQTT.

4. Interface graphique :

```

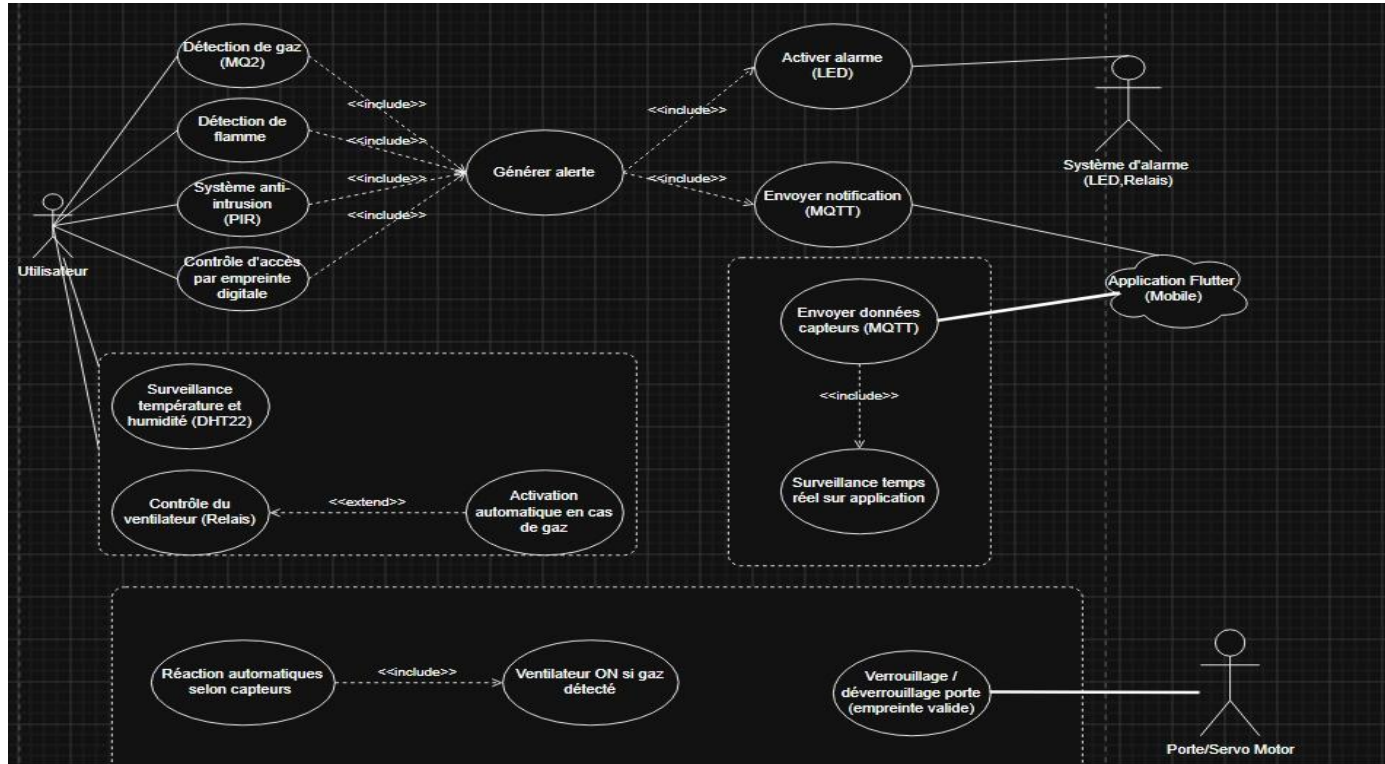
Widget _card(String t, String v, IconData i, Color c) {
  return Expanded(
    child: Container(
      padding: const EdgeInsets.all(15),
      decoration: BoxDecoration(
        color: const Color(0xFF282A3E),
        borderRadius: BorderRadius.circular(20),

```

Cette partie du code permet de créer une interface graphique interactive pour afficher les données et faciliter l'interaction avec l'utilisateur.

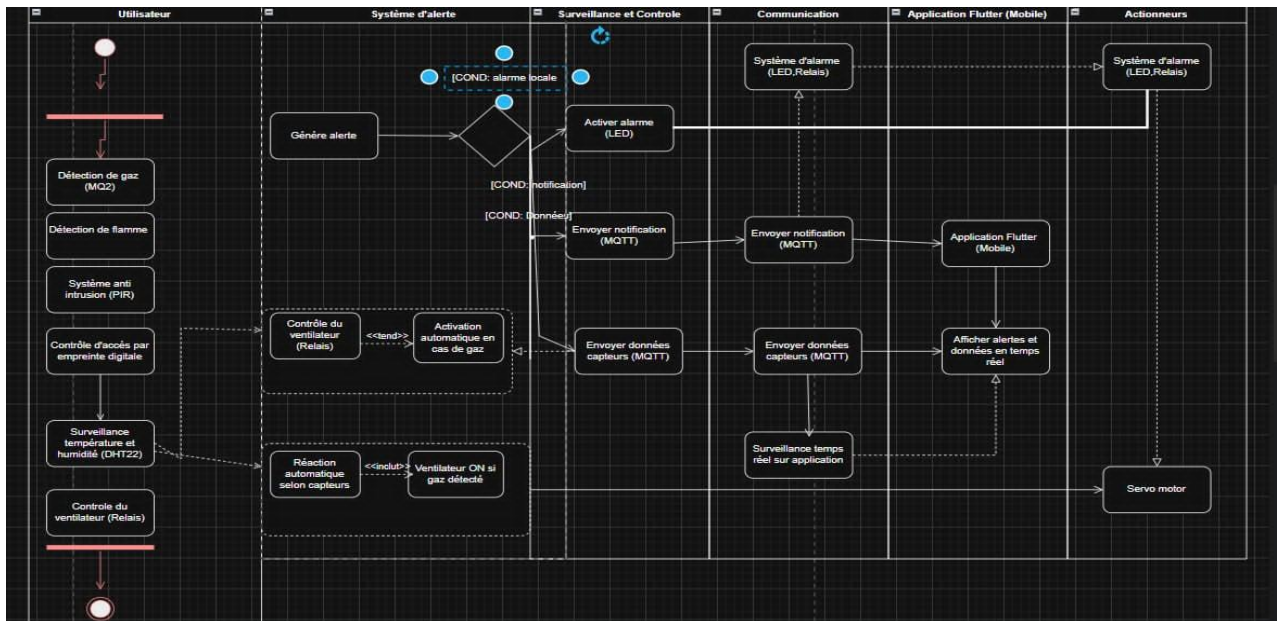
7. Création de l'application :

1. Diagramme de cas d'utilisation :



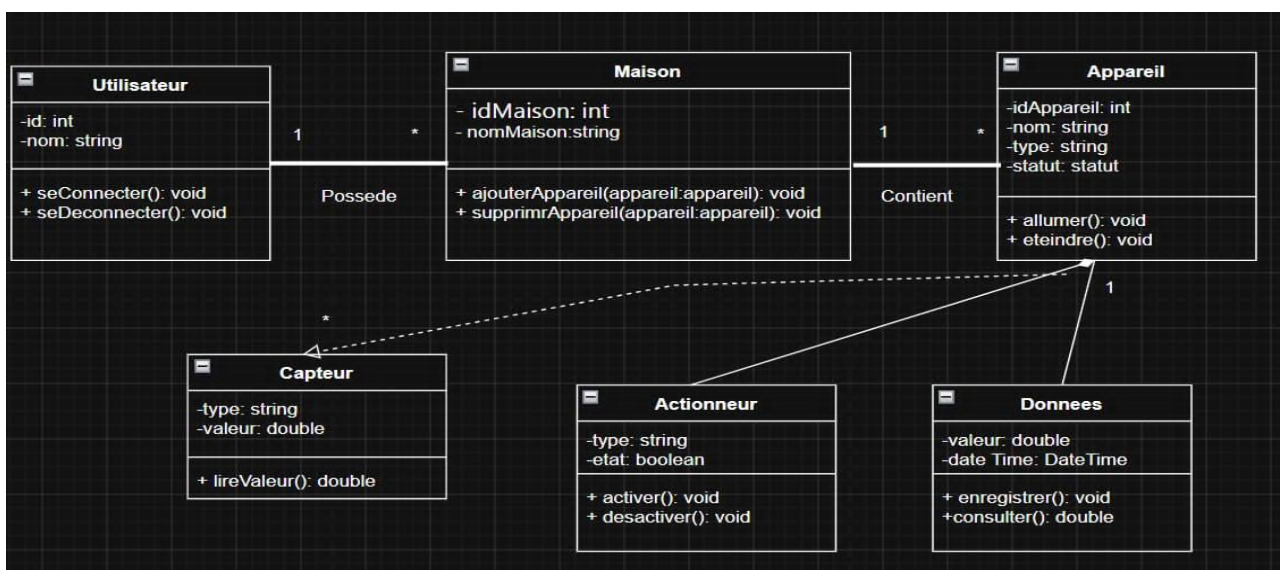
Ce schéma de cas d'utilisation présente le mécanisme général de notre système de domotique. L'utilisateur a la possibilité d'interagir avec divers capteurs, tels que la détection de gaz, de flammes et le système de protection contre les intrusions, en plus du contrôle d'accès basé sur les empreintes digitales. Lorsqu'une anomalie est détectée, le système émet automatiquement des alertes, déclenche l'alarme et transmet des notifications à l'application mobile Flutter via le protocole MQTT. Cette solution permet de surveiller en temps réel les données issues des capteurs. Le système comprend aussi des actions automatisées telles que le démarrage du ventilateur en cas de détection de gaz, et la gestion de la porte grâce à un servo moteur, garantissant ainsi sécurité, aisance et automatisation du foyer.

2. Diagramme d'activité :



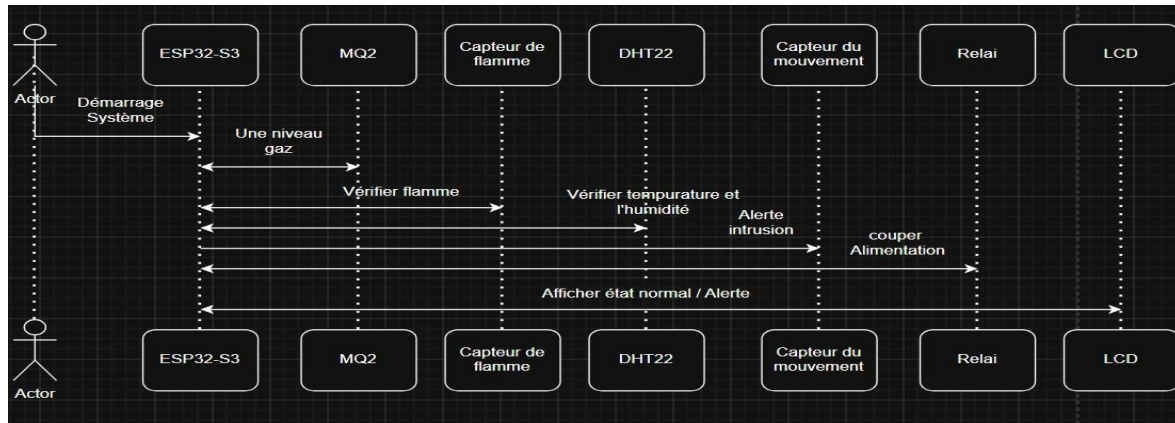
Ce diagramme d'activité illustre le fonctionnement d'un système domotique. Les détecteurs identifient les occurrences (gaz, flamme, intrusion ou empreinte digitale) et transmettent les données au système. Ce dispositif déclenche une alerte, active l'alarme si requis et transmet des notifications à l'application mobile grâce au protocole MQTT. Il offre aussi la possibilité de surveiller et de contrôler automatiquement les appareils, tels que le ventilateur ou la porte intelligente, en temps réel.

3. Diagramme de classes UML de l'application Smart Home :



Ce diagramme de classes représente les principales entités de notre système Smart Home ainsi que les relations entre elles. Il montre comment l'utilisateur gère les maisons, les appareils connectés, les capteurs, les actionneurs et les données collectées en temps réel.

4. Diagramme de séquence :



Ce schéma présente le mode de fonctionnement général de notre système basé sur l'ESP32-S3 et les divers capteurs incorporés. Lors de l'initialisation du système, l'ESP32 récupère les données issues de différents capteurs comme le MQ2 pour identifier les gaz, le capteur de flamme, le DHT22 pour mesurer la température et l'humidité, sans oublier le capteur de mouvement. D'après les données relevées, le système entreprend diverses actions telles que la vérification des conditions habituelles ou la détection d'une alarme d'intrusion. Si une anomalie se produit, le relais est capable de couper l'approvisionnement en énergie et le système montrera l'état sur un écran LCD. Ce processus offre donc un suivi intelligent et une réponse automatisée en temps réel, assurant la sécurité et le bien-être de la maison.

5. Les interfaces de l'application :

1. Interface « Connexion » :

En premier lieu, la première interface affichée lors de l'ouverture de notre application est l'interface de **connexion**. Cette interface permet de sécuriser l'accès au système et d'assurer que seules les personnes autorisées peuvent utiliser les fonctionnalités disponibles. L'utilisateur doit saisir ses informations d'authentification afin d'accéder à son espace personnel. Cette étape permet d'assurer la confidentialité des données et de renforcer la sécurité globale du système.

Les informations de connexion sont vérifiées à travers la base de données du système afin de confirmer l'identité de l'utilisateur avant l'accès aux différentes interfaces de l'application.

2. Interface « Dashboard » :

L'interface Dashboard représente l'interface principale de notre application mobile. Elle permet à l'utilisateur de visualiser les informations essentielles provenant des différents capteurs intégrés à notre système Smart Home.

Cette interface affiche en temps réel plusieurs paramètres environnementaux tels que la température, l'humidité, la luminosité, ainsi que l'état des capteurs de sécurité. Elle fournit également une vue globale sur l'état du système afin de faciliter la surveillance des différentes données collectées.

Les valeurs affichées sont mises à jour automatiquement grâce à une communication continue entre l'ESP32-S3 et l'application via une connexion Wi-Fi. Ainsi, toute variation détectée au niveau des capteurs est transmise instantanément vers l'application.

3. Interface « Appareils connectés »

Nous avons intégré une interface dédiée à la gestion des appareils connectés afin de permettre à l'utilisateur de contrôler différents équipements du système Smart Home. Cette interface offre la possibilité d'activer ou désactiver certains dispositifs tels que l'éclairage, la ventilation ou les équipements commandés par relais.

Cette fonctionnalité facilite l'interaction entre l'utilisateur et le système et permet une gestion simple et rapide des équipements connectés.

4. Interface « Alertes »

Nous avons également développé une interface spécifique destinée à la gestion des alertes et notifications. Cette interface a pour objectif d'informer l'utilisateur lorsqu'un événement anormal est détecté par le système.

En cas de fuite de gaz détectée par le capteur MQ2, de présence de flamme, d'intrusion détectée par le capteur PIR ou de toute autre situation critique, une alerte est générée automatiquement afin de signaler immédiatement le problème à l'utilisateur.

5. Visualisation des données en temps réel

Notre application assure également une visualisation des données en temps réel grâce à la synchronisation continue entre l'ESP32-S3 et la base de données utilisée. Les données collectées par les différents capteurs sont transmises et mises à jour automatiquement, permettant à l'utilisateur de suivre l'état du système sans interruption.

Cette approche améliore la supervision globale du système et permet une réaction rapide face aux situations critiques.

8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes étapes de réalisation et d'implémentation de notre système Smart Home basé sur l'ESP32-S3. Nous avons décrit l'architecture matérielle adoptée, l'intégration des différents capteurs et actionneurs ainsi que la programmation du système embarqué permettant la collecte, le traitement et la transmission des données.

Nous avons également présenté le développement de notre application mobile, les interfaces réalisées ainsi que le mécanisme de communication et de synchronisation assurant l'échange des informations en temps réel entre l'ESP32-S3 et l'application. L'intégration de ces différentes composantes nous a permis de concevoir une solution intelligente capable d'assurer la surveillance, la sécurité et le contrôle de l'environnement domestique.

Les tests réalisés sur notre prototype ont montré le bon fonctionnement des différentes fonctionnalités intégrées. Les résultats obtenus confirment ainsi la faisabilité de notre solution et démontrent l'efficacité de notre système dans la gestion et la supervision d'un environnement Smart Home connecté.

Chapitre 4 : Tests, Validation et Analyse métrologique

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes phases de tests, de validation et d'analyse métrologique réalisées sur notre système Smart Home basé sur l'ESP32-S3. L'objectif principal est d'évaluer les performances des capteurs intégrés, de vérifier la fiabilité des mesures acquises et d'analyser le comportement global du système dans différentes situations. Cette étape permet également d'identifier les limites potentielles ainsi que les principales sources d'erreurs pouvant influencer les résultats obtenus.

2. Méthodologie de test

Afin d'évaluer les performances de notre système, nous avons adopté une méthodologie expérimentale basée sur plusieurs scénarios de fonctionnement réels. Les tests ont été réalisés sur l'ensemble des capteurs intégrés au système afin de vérifier leur comportement individuel ainsi que leur interaction avec les autres composants.

Les essais ont été effectués selon des protocoles expérimentaux précis permettant de reproduire différentes situations telles que la détection d'une présence humaine, la présence d'une source de chaleur, l'exposition à un gaz ou encore des variations de luminosité et de température.

Les mesures ont été réalisées dans des conditions contrôlées afin de réduire l'influence des facteurs externes. Nous avons également pris en considération différents paramètres susceptibles d'affecter les résultats tels que la distance de détection, la stabilité de l'alimentation électrique et les conditions environnementales.

3. Validation des capteurs

Dans notre projet, nous avons effectué une phase de validation afin de vérifier la cohérence des données acquises par les capteurs intégrés au système. Cette étape a consisté à comparer les mesures obtenues avec des valeurs de référence ou avec les résultats attendus dans des conditions spécifiques.

Le capteur DHT22 a été utilisé pour mesurer la température et l'humidité, tandis que. Le capteur MQ2 a été testé à l'aide de sources simulant la présence de fumée ou de gaz. De même, le capteur de flamme et le capteur de mouvement PIR ont été soumis à plusieurs essais afin de vérifier leur capacité à détecter correctement les événements ciblés. Les résultats obtenus ont montré un fonctionnement satisfaisant et une bonne cohérence entre les mesures relevées et les valeurs attendues.

Capteur	Temps de réponse
DHT22	2s
MQ2	1s
Flamme	0.5s
PIR	0.8s

Tableau 8:Temps de réponse des capteurs

Plusieurs essais ont été réalisés afin d'évaluer le temps de réponse des différents capteurs intégrés au système.

4. Analyse des performances

L'analyse des performances constitue une étape importante permettant d'évaluer la qualité et la fiabilité de notre système.

La précision représente la capacité des capteurs à fournir des mesures proches des valeurs réelles. Les résultats expérimentaux obtenus montrent une précision satisfaisante pour les différentes grandeurs mesurées.

La répétabilité a également été évaluée en effectuant plusieurs mesures successives dans les mêmes conditions expérimentales. Les résultats observés présentent une faible variation entre les essais, ce qui indique une bonne stabilité des capteurs.

Le temps de réponse correspond à la durée nécessaire entre la détection d'un événement et la réaction du système. Les essais réalisés montrent que le système réagit rapidement aux événements détectés tels qu'une présence humaine, une fuite de gaz ou une détection de flamme.

Plusieurs essais ont été réalisés afin d'évaluer le temps de réponse des différents capteurs intégrés au système :

Test	Taux de réussite
Détection gaz	100%
Détection de flamme	100%
Détection de mouvement	95%
Lecture DHT22	98%
Communication MQTT	99%

Tableau 9:Résultats expérimentaux

Les résultats expérimentaux obtenus montrent que le système développé offre une bonne précision de mesure et une communication fiable en temps réel. Les faibles écarts observés entre les mesures expérimentales et les valeurs de référence témoignent de la précision des

capteurs utilisés. De plus, le protocole MQTT assure un échange rapide et efficace des données entre l'ESP32 et l'application mobile

$$\text{Taux de réussite (\%)} = \frac{\text{Nombre de détections correctes}}{\text{Nombre total d'essais}} \times 100$$

Pour MQTT Le 99 % peut correspondre à : 100 messages envoyés ; 99 messages reçus correctement ; 1 message perdu. Ainsi : Taux de réussite MQTT= $\frac{99}{100} \times 100 = 99\%$

5. Tests du système global

Plusieurs scénarios ont été réalisés afin d'évaluer le comportement global de notre système Smart Home.

Le test de détection d'incendie a consisté à approcher une source de chaleur ou une flamme afin de vérifier la réaction du capteur. Lorsqu'une flamme est détectée, le système déclenche automatiquement une alerte sonore et affiche une notification.

Le test de détection de gaz a été effectué à l'aide d'une source simulant une fuite de gaz ou de fumée. Les résultats montrent que le système identifie correctement les variations détectées et active les mécanismes d'alerte.

Le scénario de détection d'intrusion repose sur le capteur de mouvement PIR permettant d'identifier une présence dans la zone surveillée. Lorsqu'un mouvement est détecté, une alerte est générée automatiquement.

Des essais ont également été réalisés pour vérifier les fonctions d'automatisation, notamment le contrôle automatique de l'éclairage et de la ventilation selon les informations collectées par les capteurs.

6. Limites et sources d'erreurs

Malgré les résultats satisfaisants obtenus, certaines limitations ont été observées durant les expérimentations.

La présence de bruit électronique peut provoquer des fluctuations dans les mesures acquises par certains capteurs. De plus, certains composants peuvent présenter une dérive des capteurs, entraînant une légère variation des résultats au fil du temps.

Par ailleurs, des pertes de communication Wi-Fi peuvent occasionnellement apparaître en raison d'interférences réseau ou de limitations liées à la portée du signal. Ces phénomènes peuvent influencer la transmission en temps réel des informations.

7. Répétabilité des mesures :

Moyenne des mesures :

On obtient : $\bar{x} = 25.18^{\circ}C$

Écart-type L'écart-type permet de quantifier la dispersion des mesures. On trouve :

$$\delta = 0.08^{\circ}c$$

Les résultats affichent une dispersion minimale des mesures autour de la moyenne. Comme le coefficient de variation et l'écart-type sont bas, le capteur DHT22 démontre une bonne répétabilité. On considère donc que les mesures sont stables et suffisamment fiables pour être utilisées dans un système de surveillance de la température au sein d'une maison intelligente.

8. Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons réalisé une série de tests expérimentaux permettant de valider le fonctionnement de notre système Smart Home et d'évaluer ses performances. Les résultats obtenus montrent une bonne précision, une réponse rapide ainsi qu'une intégration satisfaisante des différents composants. Néanmoins, certaines limites liées aux capteurs et à la communication ont été identifiées, ouvrant la voie à d'éventuelles améliorations futures.

Chapitre 5 : start up

1. Présentation du projet

1. L'idée du projet :

Le projet consiste à développer un système de maison intelligente (Smart Home) permettant la surveillance, la sécurité et le contrôle automatisé des équipements domestiques en temps réel. Le système utilise plusieurs capteurs intelligents tels que le capteur de gaz MQ2, le capteur de flamme, le capteur de température et d'humidité DHT22, un capteur d'empreinte digitale, un capteur de mouvement PIR, ainsi qu'un module relais pour automatiser différentes actions.

Les données collectées par ces capteurs sont traitées par une carte ESP32-S3, qui assure la communication via Wi-Fi avec une application mobile dédiée. Le capteur PIR permet de détecter les mouvements et les présences dans l'habitation afin d'améliorer la sécurité. Le module relais permet quant à lui de contrôler automatiquement des équipements électriques tels que l'éclairage, les ventilateurs ou les systèmes d'alarme.

L'application mobile permet aux utilisateurs de surveiller leur maison à distance, consulter les données des capteurs, recevoir des alertes instantanées et contrôler les équipements connectés, garantissant ainsi sécurité, confort et gestion intelligente de l'habitat.

2. Les valeurs suggérées :

- **Sécurité** : Détecter les intrusions, les mouvements suspects, les fuites de gaz et les risques d'incendie grâce aux différents capteurs intégrés.
- **Automatisation** : Utiliser le module relais pour déclencher automatiquement certains équipements selon les données détectées par les capteurs.
- **Réactivité** : Envoyer des notifications en temps réel et activer le buzzer ou l'alarme lors d'une situation anormale.
- **Accessibilité** : Permettre aux utilisateurs de surveiller et contrôler leur domicile depuis une application mobile accessible partout.
- **Confort** : Faciliter l'interaction avec la maison via des commandes intelligentes et un contrôle tactile simplifié.
- **Économie d'énergie** : Optimiser l'utilisation des équipements électriques en fonction de la présence, de la luminosité ou des paramètres environnementaux.
- **Fiabilité** : Assurer une communication stable entre les capteurs, l'ESP32-S3 et l'application mobile.
- **Évolutivité** : Concevoir un système pouvant intégrer facilement de nouveaux capteurs et fonctionnalités à l'avenir.

3. Equipe de travail :

Etudiants :

- Meghit Farah - Chenini Asmaa Dalila – Etudiantes en Master 2 Instrumentation et métrologie

Encadrants :

- Mr BEKKAR Azzedine – Docteur en Informatique

2. Objectifs du projet :

- Mettre en place un système intelligent de surveillance et de contrôle permettant le suivi en temps réel des paramètres de sécurité et de confort au sein d'une habitation.
- Assurer la détection rapide des situations à risque telles que les fuites de gaz, la présence de flammes, les mouvements suspects ou les accès non autorisés grâce aux différents capteurs intégrés.
- Automatiser certaines actions domestiques à l'aide du module relais afin d'améliorer la sécurité, le confort et l'efficacité du système.
- Réduire les interventions manuelles grâce à une gestion intelligente des équipements connectés et à l'intégration de fonctionnalités automatisées.
- Fournir un accès simple, rapide et sécurisé aux données via une application mobile permettant la surveillance et le contrôle à distance de la maison.
- Envoyer des alertes instantanées aux utilisateurs en cas d'événements critiques afin de garantir une réaction rapide et efficace.
- Optimiser la consommation énergétique grâce à une gestion intelligente de l'éclairage et des équipements électriques selon les conditions détectées.
- Concevoir une architecture évolutive permettant l'intégration future de nouveaux capteurs et fonctionnalités pour améliorer les performances du système.
- Améliorer la qualité de vie des occupants en proposant une solution de maison intelligente combinant sécurité, confort et automatisation.

3. Calendrier de réalisation du projet :

Études préalables du projet (3 mois) :

- ✓ Analyse des besoins des utilisateurs afin d'identifier les fonctionnalités essentielles d'un système de maison intelligente (sécurité, automatisation, surveillance et contrôle à distance).
- ✓ Recherche des technologies adaptées et sélection des composants nécessaires tels que l'ESP32-S3, les capteurs (MQ2, DHT22, capteur de flamme, capteur PIR, capteur d'empreinte digitale) ainsi que les dispositifs complémentaires (relais, Led, résistance).
- ✓ Élaboration du cahier des charges définissant les exigences fonctionnelles et techniques du système Smart Home.
- ✓ Étude des méthodes de communication entre les capteurs, la carte ESP32 et l'application mobile via Wi-Fi.

- ✓ Évaluation et sélection des composants matériels et logiciels selon leurs performances, leur coût et leur compatibilité.
- ✓ Validation des besoins et des solutions proposées avant le lancement du développement.

Lancement de l'activité (3 mois) :

- ✓ Conception et réalisation du prototype matériel intégrant les capteurs et les dispositifs de contrôle.
- ✓ Développement du programme embarqué sur l'ESP32-S3 pour l'acquisition des données et l'automatisation des actions.
- ✓ Développement de l'application mobile permettant l'affichage des données, la surveillance et le contrôle à distance.
- ✓ Réalisation de tests préliminaires sur les différents capteurs et modules afin de vérifier leur fonctionnement.
- ✓ Tests approfondis du système en conditions réelles pour évaluer la fiabilité des détections et des automatisations.
- ✓ Vérification de la communication entre l'application mobile et le système embarqué.
- ✓ Intégration du module relais pour le contrôle automatique des équipements domestiques (éclairage, alarme, ventilation, etc.).
- ✓ Formation des utilisateurs sur l'utilisation du système et de l'application mobile.
- ✓ Mise en service du prototype et suivi initial des performances.
- ✓ Finalisation du produit (1 mois) :
- ✓ Collecte des retours utilisateurs afin d'identifier les améliorations possibles du système.
- ✓ Réalisation des ajustements nécessaires au niveau matériel et logiciel.
- ✓ Optimisation de l'interface mobile et amélioration des fonctionnalités intelligentes.
- ✓ Mise en œuvre des corrections et mises à jour basées sur les résultats des tests.
- ✓ Validation finale du système afin de garantir ses performances, sa sécurité et sa fiabilité.
- ✓ Préparation du produit pour une utilisation continue et une évolution future avec l'intégration de nouveaux capteurs ou fonctionnalités.

4. Aspects innovants :

1. Innovations sur le marché :

Le projet introduit une solution intégrée de maison intelligente combinant l'Internet des Objets (IoT), l'électronique embarquée, les systèmes de sécurité et une application mobile interactive. Le système rassemble plusieurs technologies au sein d'une seule plateforme : des capteurs intelligents (MQ2, DHT22, capteur de flamme, capteur PIR, capteur tactile, BH1750, capteur d'empreinte digitale) associés à une carte ESP32-S3 et une application mobile permettant la surveillance et le contrôle à distance.

Contrairement à plusieurs solutions existantes qui se concentrent uniquement sur la sécurité ou l'automatisation, ce projet offre une intégration complète regroupant détection des risques, contrôle intelligent, automatisation et supervision en temps réel. Cette approche centralisée constitue un avantage important en matière de simplicité d'utilisation et d'efficacité.

De plus, la possibilité de recevoir des alertes instantanées, d'activer automatiquement certains équipements grâce au module relais, et de contrôler la maison depuis une application mobile améliore considérablement la réactivité des utilisateurs face aux situations critiques telles que les intrusions, les incendies ou les fuites de gaz.

2. Innovations technologiques :

Internet des Objets (IoT) : Utilisation d'une architecture IoT basée sur la carte ESP32-S3, permettant l'interconnexion des différents capteurs et actionneurs au sein d'un réseau intelligent. Les données sont collectées automatiquement puis transmises via une connexion Wi-Fi pour assurer une surveillance continue et à distance.

Communication en temps réel : Intégration d'une communication bidirectionnelle entre le système embarqué et l'application mobile afin d'assurer une synchronisation instantanée des données et des commandes. Cette communication améliore la rapidité d'exécution et la réactivité du système.

Application mobile intelligente : Développement d'une application mobile dynamique offrant une interface conviviale permettant aux utilisateurs de consulter l'état de leur maison, recevoir des notifications instantanées, visualiser l'historique des événements et contrôler différents équipements à distance.

Base de données en ligne (Cloud) : Mise en place d'une base de données distante permettant le stockage sécurisé des données collectées par les capteurs. Cette solution assure la sauvegarde, l'accès à distance et l'analyse historique des événements détectés.

Système d'alerte intelligent : Développement d'un mécanisme d'alerte en temps réel capable de détecter des situations critiques telles qu'un incendie, une fuite de gaz ou une intrusion. Les utilisateurs sont informés par notifications mobiles et par un avertissement sonore via le buzzer.

Automatisation basée sur des scénarios intelligents : Le système peut prendre automatiquement des décisions selon les données reçues des capteurs. Par exemple, l'activation d'une alarme lors d'une détection de mouvement, l'allumage automatique d'un éclairage ou le déclenchement d'une ventilation en cas de fuite de gaz.

Contrôle intelligent par module relais : Utilisation d'un module relais pour commander automatiquement différents appareils domestiques comme les lampes, ventilateurs, serrures électroniques ou systèmes d'alarme sans intervention humaine.

Détection de présence avec capteur PIR : Intégration d'un capteur de mouvement PIR permettant d'identifier les déplacements dans l'habitation afin d'améliorer la sécurité et de déclencher automatiquement certaines actions.

Interaction tactile intelligente : Utilisation d'un capteur tactile offrant une méthode simple et intuitive pour contrôler certaines fonctionnalités du système par simple contact.

Sécurité biométrique : Intégration d'un système d'authentification par empreinte digitale pour renforcer la sécurité des accès et limiter l'utilisation à des personnes autorisées

Gestion intelligente de l'environnement : Utilisation du capteur *DHT22* pour surveiller la température et l'humidité, ainsi que du capteur *BH1750* pour mesurer la luminosité ambiante et adapter automatiquement certaines actions.

Architecture évolutive : Le système est conçu selon une structure modulaire permettant l'intégration future de nouveaux capteurs ou fonctionnalités sans modifier l'architecture principale.

Optimisation énergétique : Mise en œuvre d'une gestion intelligente des équipements électriques afin de réduire la consommation d'énergie en activant les dispositifs uniquement lorsque cela est nécessaire.

Surveillance multi-capteurs : Combinaison simultanée de plusieurs capteurs pour améliorer la précision des décisions et limiter les déclenchements erronés, garantissant une meilleure fiabilité du système.

Approche centralisée : Regroupement des fonctions de sécurité, d'automatisation, de confort et de surveillance dans une seule plateforme mobile pour simplifier l'utilisation et améliorer l'expérience utilisateur.

Accessibilité et prix :

L'accessibilité représente un facteur essentiel dans le développement du système *Smart Home*, car elle garantit une utilisation simple, pratique et adaptée à différents profils d'utilisateurs. Le système est conçu autour d'une application mobile ergonomique permettant aux utilisateurs d'accéder facilement aux fonctionnalités de surveillance, de sécurité et de contrôle à distance depuis leurs smartphones. Grâce à la connectivité Wi-Fi et aux technologies IoT, les informations provenant des capteurs peuvent être consultées en temps réel, quel que soit l'emplacement de l'utilisateur.

L'interface utilisateur est développée de manière intuitive afin de faciliter la navigation, l'affichage des données et l'interaction avec les équipements connectés. Cette approche permet une utilisation simplifiée sans nécessiter de compétences techniques avancées. De plus, le système est pensé pour être compatible avec plusieurs plateformes mobiles afin d'améliorer son accessibilité et son utilisation quotidienne.

Concernant le coût, l'objectif est de concevoir une solution intelligente offrant un équilibre entre performance, fonctionnalités et coût de réalisation. Le choix de composants électroniques à coût réduit et largement disponibles, tels que l'ESP32-S3, les capteurs MQ2, DHT22, PIR, capteur d'empreinte, capteur de flamme, ainsi que les modules relais et servo-moteur, contribue à limiter les dépenses tout en assurant des performances satisfaisantes.

Une analyse des solutions concurrentes sur le marché de la domotique permettra de proposer un système économiquement compétitif tout en conservant un niveau élevé de sécurité et de fonctionnalités. Cette stratégie vise à rendre la technologie Smart Home plus accessible à un large nombre d'utilisateurs, favorisant ainsi son adoption et son intégration dans les habitations modernes.

En intégrant ces aspects, le projet cherche à offrir une solution pratique, accessible et économiquement adaptée, répondant aux besoins actuels en matière de sécurité, d'automatisation et de confort domestique.

5. Analyse stratégique du marché :

L'analyse stratégique du marché constitue une étape importante dans le développement du projet Smart Home, car elle permet de comprendre l'environnement technologique et commercial dans lequel le système évoluera. Cette analyse vise à identifier les besoins des utilisateurs en matière de sécurité, de surveillance, de confort et d'automatisation domestique, tout en évaluant les tendances actuelles liées aux maisons intelligentes et à l'Internet des Objets (IoT).

Elle permet également d'identifier les différents segments de clientèle ciblés, tels que les particuliers souhaitant améliorer la sécurité de leur habitation, les utilisateurs intéressés par les solutions domotiques, ainsi que les personnes recherchant des systèmes de contrôle à distance simples et intelligents.

L'étude du marché permet aussi d'analyser les solutions concurrentes existantes afin d'identifier leurs points forts, leurs limites et les fonctionnalités proposées. Cette comparaison aide à mettre en évidence les avantages du projet, notamment l'intégration de plusieurs capteurs dans une seule plateforme, la surveillance en temps réel, les alertes intelligentes, l'automatisation des équipements grâce au relais et le contrôle à distance via une application mobile.

De plus, cette analyse contribue à identifier les opportunités offertes par la croissance rapide du marché des objets connectés et des technologies Smart Home, ainsi que les défis potentiels tels que la concurrence, les coûts technologiques ou les exigences liées à la sécurité des données.

Ainsi, cette démarche stratégique permettra de définir une approche adaptée pour positionner efficacement la solution sur le marché, améliorer sa valeur ajoutée et assurer sa viabilité ainsi que son évolution à long terme. [29]

6. Le segment du marché :

Clients cibles :

- **Particuliers (maisons et appartements intelligents) :** utilisateurs souhaitant améliorer la sécurité, le confort et l'automatisation de leur habitat grâce à un système Smart Home accessible via une application mobile.
- **Propriétaires de logements et locataires :** personnes intéressées par des solutions de surveillance et de contrôle à distance pour protéger leur habitation contre les intrusions, les incendies ou les fuites de gaz.
- **Secteur immobilier :** agences immobilières, promoteurs et gestionnaires de biens cherchant à valoriser leurs logements grâce à l'intégration de solutions Smart Home, afin d'augmenter l'attractivité des biens et leur valeur sur le marché.
- **Bureaux et petits locaux commerciaux :** espaces nécessitant une surveillance simple et efficace (présence, éclairage, sécurité, contrôle d'accès).
- **Petites entreprises et startups :** structures cherchant à automatiser la gestion de leurs locaux (éclairage, sécurité, énergie) à moindre coût.
- **Institutions éducatives et laboratoires :** établissements pouvant utiliser le système pour des projets de recherche, de formation ou de démonstration en IoT et systèmes embarqués.

Marché cible :

Mesure de l'intensité de la concurrence :

Le marché de la *domotique et des systèmes Smart Home en Algérie* présente une concurrence en développement mais encore relativement fragmentée. On retrouve principalement des solutions importées ou des systèmes partiels proposés par certains intégrateurs locaux, sans véritable standardisation.

Bien qu'il existe plusieurs acteurs proposant des équipements domotiques (caméras de surveillance, alarmes, capteurs isolés ou systèmes de contrôle d'éclairage), peu de solutions offrent une *plateforme complète et intégrée* regroupant à la fois la détection multi-capteurs, le contrôle à distance, l'automatisation et la supervision via une application mobile.

La majorité des systèmes disponibles sur le marché se limitent souvent à des fonctionnalités spécifiques (sécurité ou contrôle basique), sans véritable intégration entre les capteurs, le cloud et l'interface utilisateur mobile.

Cela crée une opportunité importante pour le projet *Smart Home*, qui se distingue par une approche globale combinant :

- ✓ Une architecture IoT complète basée sur ESP32-S3,
- ✓ Une surveillance multi-capteurs en temps réel,
- ✓ Une application mobile intuitive,
- ✓ Un système d'alertes instantanées, et une automatisation intelligente via relais.

Ainsi, l'intensité concurrentielle est considérée comme modérée, avec un potentiel d'innovation élevé permettant au projet de se différencier par sa simplicité, son coût réduit et son intégration complète.

- **Stratégie marketing** : Le projet Smart Home se positionne comme une solution de domotique intelligente, intégrée et à faible coût, destinée à améliorer la sécurité, le confort et l'efficacité énergétique des habitations. Il met en avant une approche complète combinant IoT, application mobile et automatisation en temps réel, ce qui le différencie des solutions traditionnelles partielles.
- **Segmentation et ciblage** : La stratégie cible principalement les particuliers, les propriétaires de logements, le secteur immobilier, ainsi que les petites entreprises et bureaux. Chaque segment bénéficie de fonctionnalités adaptées, telles que la sécurité pour les maisons, la valorisation des biens pour l'immobilier, et la gestion intelligente pour les espaces professionnels.
- **Canaux de distribution** : Le projet peut être distribué directement via des ventes locales, des installateurs de systèmes domotiques, ou des partenariats avec des entreprises spécialisées en électronique et smart building. Une distribution progressive permet de tester le marché avant une expansion plus large.
- **Communication et démonstration** : La communication repose sur la présentation de démonstrateurs fonctionnels (prototype Smart Home), permettant de montrer en conditions réelles les fonctionnalités du système : détection de mouvement, alertes gaz/incendie, contrôle d'éclairage et automatisation via relais. Des vidéos explicatives et démonstrations techniques peuvent renforcer la compréhension du système.

- **Marketing digital** : Une stratégie digitale basée sur les réseaux sociaux (Facebook, Instagram, TikTok, LinkedIn) est utilisée pour promouvoir le projet, partager des démonstrations et toucher un public intéressé par les technologies IoT et la domotique. Le contenu visuel et éducatif joue un rôle important dans la diffusion du projet.
- **Présence dans les événements et salons** : La participation à des salons technologiques, expositions d'innovation et événements universitaires permet de valoriser le projet, de gagner en visibilité et de créer des opportunités de collaboration avec des professionnels du secteur technologique et immobilier.
- **Publicité et visibilité en ligne** : Des campagnes publicitaires ciblées peuvent être utilisées pour atteindre des utilisateurs potentiels intéressés par les solutions Smart Home. Ces annonces permettent d'augmenter la notoriété du projet et de générer des contacts qualifiés.
- **Offres commerciales et modèles économiques** : Le système peut être proposé sous forme de différentes versions (basique, avancée, premium) afin de répondre aux besoins et budgets variés des utilisateurs. Des offres promotionnelles ou des packs groupés (capteurs + application + installation) peuvent favoriser l'adoption du système.
- **Stratégie de fidélisation** : L'ajout de mises à jour logicielles, de nouvelles fonctionnalités et d'améliorations continues permet de fidéliser les utilisateurs et d'assurer une évolution constante du système.
- **Partenariats stratégiques** : Le développement de partenariats avec des entreprises de construction, des agences immobilières ou des installateurs domotiques peut renforcer la diffusion du système et accélérer son adoption sur le marché.

Cette stratégie marketing vise à positionner le projet Smart Home comme une solution innovante, accessible et évolutive, capable de répondre aux besoins actuels du marché de la domotique et de la maison intelligente.

7. Plan de production et organisation :

a. Processus de production :

- **Conception et développement** : Cette phase consiste à définir les besoins fonctionnels du système Smart Home et à élaborer les spécifications techniques. Elle inclut la conception de l'architecture globale du système, le choix des capteurs (MQ2, DHT22, PIR, BH1750, capteur de flamme, capteur tactile, etc.), la sélection de la carte *ESP32-S3*, ainsi que la conception de l'application mobile et de la base de données. Un prototype initial est ensuite développé pour valider les principales fonctionnalités.

- **Fabrication et assemblage :** Cette étape comprend l'approvisionnement des composants électroniques nécessaires (capteurs, modules relais, buzzer, LED, alimentation, carte de développement) et leur intégration matérielle. Les connexions sont réalisées selon le schéma électronique défini, afin de garantir une communication fiable entre les différents éléments du système. Le montage du prototype Smart Home est ensuite effectué et optimisé.
- **Tests et validation :** Des tests fonctionnels sont réalisés pour vérifier le bon fonctionnement de chaque composant (capteurs, relais, communication Wi-Fi, application mobile). Le système est ensuite testé dans des conditions réelles afin d'évaluer sa précision, sa stabilité et sa réactivité. Cette phase permet également de corriger les erreurs et d'améliorer la performance globale du système avant sa validation finale.

Approvisionnement :

- **Identification et sélection des fournisseurs :** Cette étape consiste à rechercher et sélectionner des fournisseurs fiables pour les différents composants du système Smart Home, notamment la carte *ESP32-S3*, les capteurs (MQ2, DHT22, PIR, capteur de flamme, capteur tactile), ainsi que les modules *relais*, *buzzer* et autres éléments électroniques nécessaires. Le choix des fournisseurs est basé sur la qualité des composants, la disponibilité et la réputation sur le marché.
- **Gestion des coûts et disponibilité :** Une attention particulière est accordée à l'optimisation des coûts d'acquisition afin de réduire le budget global du projet tout en maintenant une bonne qualité des composants. Des comparaisons entre plusieurs fournisseurs sont effectuées afin de garantir le meilleur rapport qualité/prix.
- **Négociation et planification des achats :** Des négociations peuvent être réalisées avec les fournisseurs pour assurer des conditions d'achat avantageuses, notamment en termes de prix, délais de livraison et disponibilité des stocks. Une planification des approvisionnements est mise en place afin de garantir la continuité du développement du projet sans interruption liée au manque de matériel.

Main d'œuvre :

- **Équipe de développement logiciel :** Une équipe de 2 à 3 développeurs est responsable de la conception et du développement du système Smart Home. Elle intervient sur la programmation embarquée (ESP32-S3), le développement des fonctionnalités IoT, ainsi que la création de l'application mobile et l'intégration avec la base de données cloud.

- **Ingénieurs en électronique :** Un ou deux ingénieurs en électronique assurent la conception matérielle du système, le choix des composants, la réalisation des schémas de connexion et l'assemblage du prototype. Ils veillent également à la fiabilité des circuits et à la compatibilité entre les différents modules (capteurs, relais, alimentation, etc.).
- **Personnel de support et commercialisation:** Une équipe dédiée au support technique et à la relation client est chargée de l'accompagnement des utilisateurs, de la maintenance du système et de la gestion des retours. Elle contribue également à la promotion et à la commercialisation de la solution Smart Home.
- **Ingénieur en systèmes embarqués / IoT :** Un ingénieur spécialisé supervise l'intégration globale du système, en assurant la communication entre les capteurs, la carte ESP32 et l'application mobile, ainsi que l'optimisation des performances et de la stabilité du système.
- **Technicien de maintenance et tests :** Un technicien est responsable des tests fonctionnels, de la vérification du bon fonctionnement des capteurs et des modules, ainsi que de la maintenance du prototype en cas de défaillance.
- **Responsable sécurité et fiabilité :** Une personne peut être dédiée à la supervision de la sécurité du système, notamment la gestion des alertes, la validation des scénarios critiques (gaz, incendie, intrusion) et la fiabilité des communications.

8. Partenaires principaux :

- **Fournisseurs de composants électroniques :** Partenaires essentiels pour l'approvisionnement en matériel nécessaire au développement du système Smart Home, notamment les capteurs (MQ2, DHT22, PIR, BH1750, capteur de flamme, capteur tactile), la carte *ESP32-S3*, ainsi que les modules relais, buzzer et autres composants électroniques. Ces fournisseurs garantissent la disponibilité, la qualité et la continuité des approvisionnements.
- **Développeurs et entreprises de logiciels :** Collaboration avec des développeurs ou entreprises spécialisées dans le développement mobile et les systèmes IoT afin d'assurer la conception, l'optimisation et la maintenance de l'application mobile ainsi que de la plateforme cloud. Ces partenaires contribuent également à l'amélioration de la sécurité logicielle et de l'expérience utilisateur.
- **Partenaires en électronique et systèmes embarqués :** Des spécialistes en électronique et en systèmes embarqués peuvent intervenir pour l'optimisation de l'architecture matérielle, la fiabilité des circuits et l'amélioration des performances du système global.

- **Laboratoires et environnements de test** : Collaboration avec des laboratoires ou environnements techniques permettant de tester le système dans des conditions réelles. Ces partenaires contribuent à la validation des performances des capteurs, de la communication IoT et des scénarios d'automatisation.
- **Secteur immobilier et intégrateurs domotiques** : Partenariats potentiels avec des agences immobilières, promoteurs ou intégrateurs de solutions Smart Home afin de faciliter l'adoption du système dans les habitations et de valoriser les biens équipés de technologies intelligentes.
- **Institutions académiques**: Collaboration avec des universités et centres de recherche pour le développement, l'expérimentation et l'amélioration continue du système, notamment dans le domaine de l'IoT et des systèmes embarqués.

9. Plan financier :

1. Les coûts des charges :

Charges variables :

Produit brut	Quantité globale	Unité	Valeur du produit brut (DA)	Quantité unitaire (pour 1 unité)	Unité	Coût de revient unitaire (DA)
Carte ESP32-S3	200	Pièces	320000,00	1	Pièce	1600,00
Capteur DHT22	200	Pièces	120000,00	1	Pièce	600,00
Capteur MQ2 (gaz)	200	Pièces	180000,00	1	Pièce	900,00
Capteur PIR (mouvement)	200	Pièces	140000,00	1	Pièce	700,00
Capteur de flamme	200	Pièces	120000,00	1	Pièce	600,00
Capteur BH1750 (lumière)	200	Pièces	160000,00	1	Pièce	800,00
Capteur tactile	200	Pièces	100000,00	1	Pièce	500,00
Module relais	200	Pièces	140000,00	1	Pièce	700,00
Buzzer (Piezzo)	200	Pièces	50000,00	1	Pièce	250,00
LED + résistances	200	Kits	30000,00	1	Kit	150,00
Câbles jumpers	1000	Pièces	200000,00	5	Pièces	1000,00
Boîtier (housing)	200	Pièces	25000,00	1	Pièce	125,00
Câble USB Type-C	200	Pièces	120000,00	1	Pièce	600,00

Adaptateur secteur 5V	200	Pièces	140000,00	1	Pièce	700,00
Fil de soudage	1	Kg	28000,00	0,0005	Kg	1,40

Tableau 10: Les coûts des charges

Total charge variables $\approx$ 1 755 000 DA

Coût unitaire estimé : $\approx$ 8 276 DA

Equipements :

Désignation	Valeur unitaire (DA)	Quantité	Valeur totale (DA)
PC	150 000	3	450 000
PC portable	200 000	1	200 000
Imprimante	50 000	1	50 000
Serveur	800 000	1	800 000
Notebook	35 000	2	70 000
Modem Wi-Fi	30 000	1	30 000
Onduleur	8 000	3	24 000
Fer à souder	8 500	3	25 500
Détecteur de tension	35 900	3	107 700
Boîte à outils	3 000	2	6 000

Tableau 11: Equipement

Total équipements : 2 063 200 DA

• Dotation à l'amortissement (sur 5 ans) :

$2\,063\,200 \div 5 = 412\,640$ DA / an

Organisation \Main d'œuvre :

Poste	Nombre	Salaire Mensuel (DA)	Salaire Brut Annuel (DA)
Secrétaire	1	35 000	420 000
Aide comptable	1	55 000	660 000
Technicien électronique	3	55 000	1 980 000
Agent commercial	1	50 000	600 000
Designer	1	45 000	540 000

Tableau 12: Organisation

Services divers :

Frais & Services divers	Nombre	Montant Mensuel (DA)	Montant Annuel (DA)
Abonnement internet	1	150 000	1 800 000
Abonnement électricité	1	150 000	1 800 000
Nettoyage	1	20 000	240 000
Licence Microsoft	2	6 000	144 000
Antivirus	6	6 000	432 000

Licence développement logiciel	4	20 000	960 000
Hébergement site web	1	120 000	1 440 000
Hébergement cloud computing	1	120 000	1 440 000
Frais de location	1	60 000	720 000
Cyber sécurité	1	20 000	240 000
Maintenance	2	25 000	600 000
Abonnement base de données	1	500 000	6 000 000
Abonnement FlutterFlow	1	60 000	720 000

Tableau 13:Service divers

Total services :

18 696 000 DA / an

Frais d'investissements : Agencement et installation

Désignation	Valeur (DA)
Local	60 000
Peinture	15 000
Décoration	12 000
Travaux divers	25 000
Installation électrique	25 000
Eau	25 000
Téléphone	12 000
Autres frais	60 000

Tableau 14:Frais d'investissements

Total investissements :

384 000 DA

• **Dotation aux investissements (sur 10 ans) : $384\,000 \div 10 = 38\,400$ DA / an**

Marketing :

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Budget (x1000 DA)	10	10	10	30	5	5	5	5	5	5	5	5

Tableau 15:Marketin

Total marketing annuel : 100 000 DA / an

Chiffre d'affaires :

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Produit Smart Home – Unités vendues (Q1)	0	0	0	10	10	10	15	20	60	90	100	200	515
Prix de vente (x1000 DA) P1	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	///
Chiffre d'affaires (x1000 DA) CA1	0	0	0	1200	1200	1200	1800	2400	7200	10800	12000	24000	61800

Tableau 16: Chiffre d'affaires

Chiffre d'affaires :

Formule	Montant (DA)
A Coût unitaire initial (DA)	8 276,40
B Charges fixes unitaires (DA)	48 302,91
C Dotation à l'amortissement unitaire (sur 5 ans)	801,24
D Dotation aux investissements unitaire (sur 10 ans)	74,56
E Coût unitaire final (DA) = A+B+C+D	57 455,11
F Capacité de production (unités/an)	515
G Budget Marketing (DA/an)	100 000,00
H Coût du projet annuel (DA) = (E×F)+G	29 689 381,65
I Chiffre d'affaires annuel (DA)	61 800 000,00
J Bénéfice annuel (DA) = I–H	32 110 618,35
K Marge bénéficiaire (%) = (J×100)/I	51,96 %
Formule	Montant (DA)

Tableau 17: Chiffre d'affaires

Interprétation :

Le chiffre d'affaires prévisionnel du projet Smart Home est estimé à **61 800 000 DA/an** pour une capacité de production annuelle de **515 unités**. Après prise en compte des coûts de production, des charges fixes, des investissements et des dépenses marketing, le projet génère un bénéfice annuel estimé à **32 110 618,35 DA**, correspondant à une marge bénéficiaire d'environ **52 %**.

Ces résultats montrent que le projet présente une rentabilité intéressante et un potentiel économique favorable pour un déploiement sur le marché algérien.

10.Représentation graphique du bilan final :

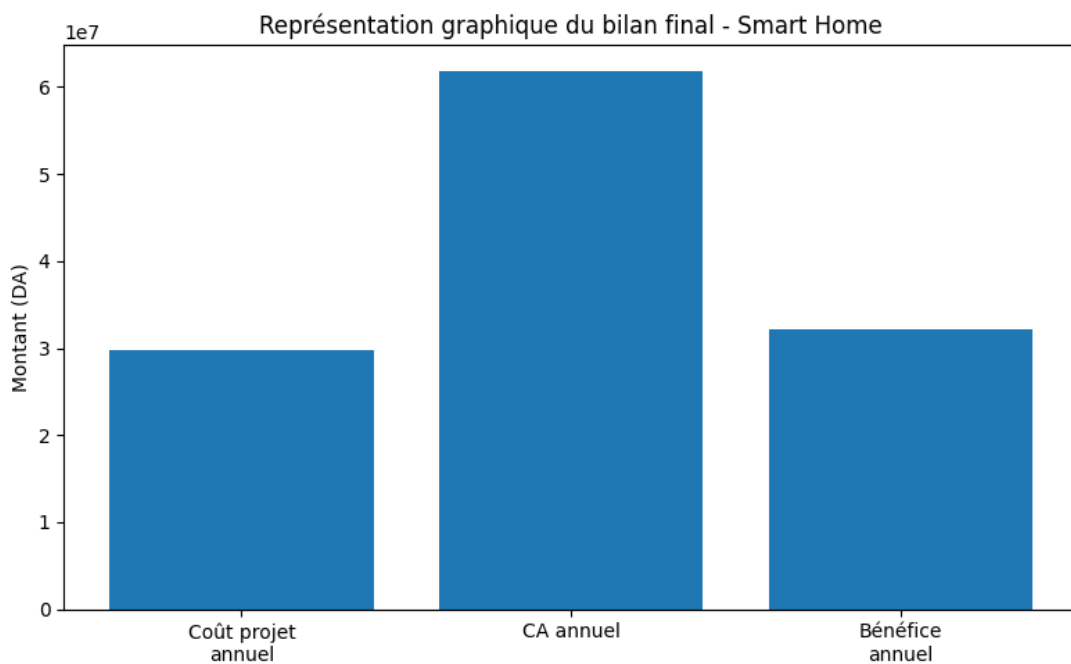


Figure 35:Représentation graphique du bilan final

Business Model Canevas :

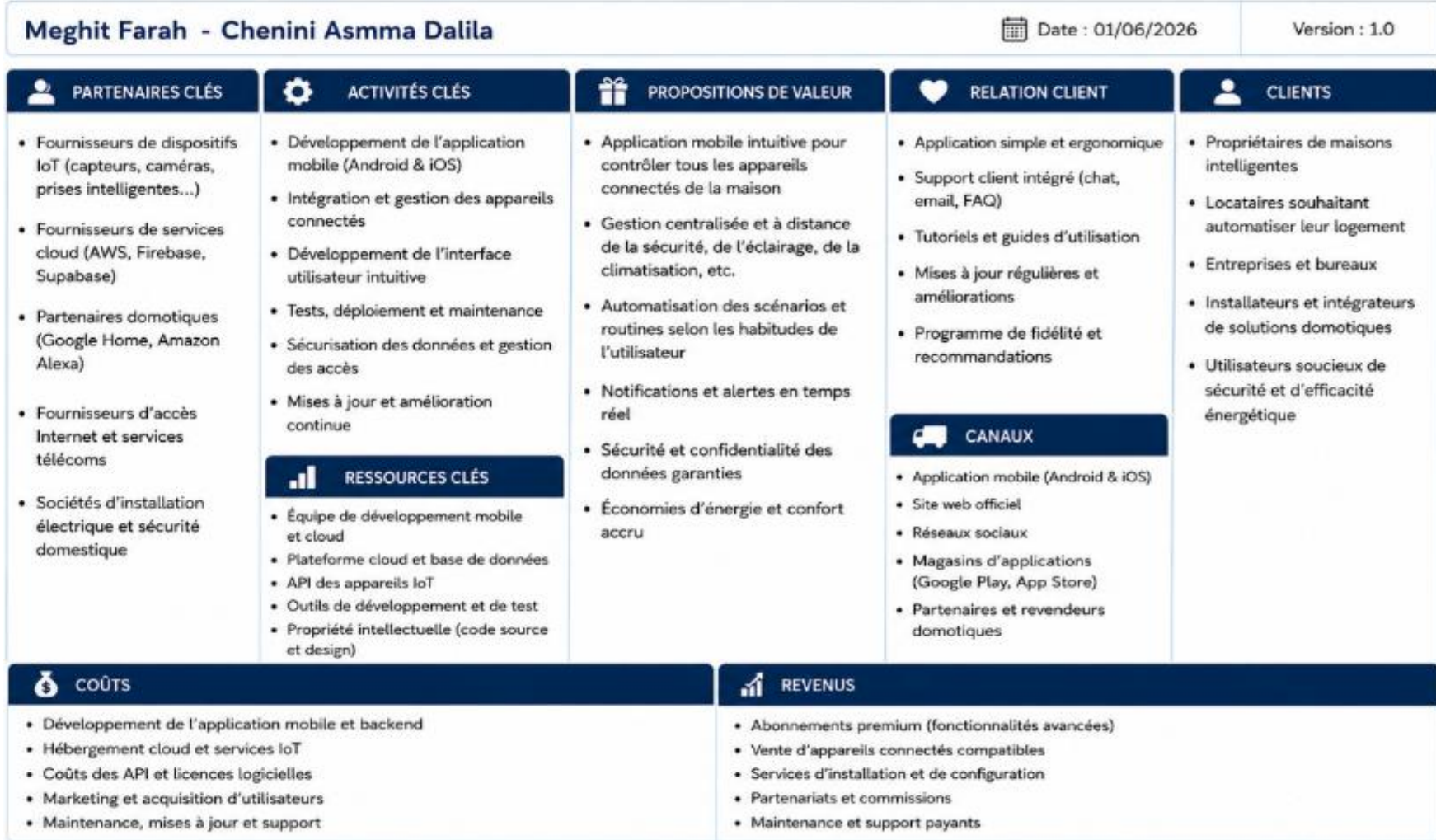


Figure 36:Business Model Canevas

Conclusion générale :

Au terme de ce projet de fin d'études, nous avons réalisé une solution de maison intelligente (Smart Home) basée sur les technologies de l'Internet des Objets (IoT), permettant la surveillance, la sécurité et l'automatisation des équipements domestiques à travers une application mobile connectée. L'objectif principal était de développer un système intelligent capable d'améliorer le confort des utilisateurs tout en renforçant la sécurité et la gestion à distance de l'environnement domestique. Durant la réalisation de ce projet, plusieurs étapes ont été menées, allant de l'analyse des besoins jusqu'à la conception et l'implémentation du système. Nous avons intégré différents capteurs et modules, notamment des capteurs de gaz, de mouvement, de température, d'humidité, de luminosité ainsi que des dispositifs de contrôle tels que les relais et systèmes d'alerte. L'ensemble de ces composants communique à travers une carte ESP32-S3, assurant une transmission efficace des données et une interaction en temps réel avec l'application mobile. Les différents tests réalisés ont permis de valider le bon fonctionnement du système et de démontrer sa capacité à détecter différents événements, générer des alertes instantanées et automatiser certaines actions selon les situations rencontrées. Les résultats obtenus montrent que la solution développée répond aux besoins initiaux définis et offre une plateforme fiable, évolutive et adaptée aux environnements domestiques intelligents. Ce projet a également constitué une expérience enrichissante sur les plans technique et pratique. Il nous a permis d'approfondir nos connaissances dans plusieurs domaines tels que les systèmes embarqués, les réseaux IoT, le développement mobile, la communication sans fil et l'intégration des systèmes intelligents. De plus, cette expérience nous a sensibilisés aux défis rencontrés lors de la conception d'un système connecté, notamment en termes de compatibilité, de fiabilité et de sécurité.

Afin d'améliorer davantage cette solution, plusieurs perspectives peuvent être envisagées : Intégrer des algorithmes d'intelligence artificielle afin d'analyser les habitudes des utilisateurs et automatiser davantage les décisions du système. Ajouter une fonctionnalité de commande vocale intelligente permettant une interaction plus naturelle avec la maison via des assistants virtuels. Renforcer les mécanismes de cybersécurité afin de protéger les données et les communications contre les accès non autorisés. Étendre le système par l'intégration de nouveaux capteurs et dispositifs intelligents afin d'augmenter les fonctionnalités proposées.

Développer une gestion avancée de la consommation énergétique pour optimiser automatiquement l'utilisation des appareils électriques. Adapter la solution à d'autres domaines d'application tels que les bâtiments intelligents, les infrastructures industrielles, les hôpitaux connectés ou les systèmes de surveillance avancés.

Références

- [1] «NOTES SUR LES Systèmes intelligents et l'Internet des objets».
- [2] [En ligne].
- [3] «WIIO. IOT industriel: 5 points clés pour réussir son projet. s.l. : LEADS GENERATION,,» 2020. [En ligne].
- [4] O. YACINE, «Simulation d'un réseaux domotique à base d'Internet».
- [5] «<https://blog.octo.com/modeles-architectures-internet-des-objets>,» [En ligne].
- [6] MQTT. [En ligne].
- [7] «https://www.sigmdel.ca/michel/ha/domo/domo_03_fr.html,» [En ligne].
- [8] «https://www.lemagdeladomotique.com/dossier-1-domotique-definition-applications.html?fbclid=IwY2xjawRS599leHRuA2FlbQIxMABicmlkETFCcnJjS3IwTURta2VIZW1Kc3J0YwZhcHBfaWQQMjIyMDM5MTc4ODIwMDg5MgABHIVE5EfGlufoVgoeGZfOtPKyG137pc49dYmBS-6rAIMUDq_B8V7-rdTyZQRG_aem_A,» [En ligne].
- [9] -. L. Borhane, «Conception et réalisation d'un prototype d'une maison intelligente optimale,» 2021.
- [10] «B. Djamila, Cour capteur.».
- [11] «cour Mr.Chaib».
- [12] «https://developer.amazon.com/en-US/alexa?fbclid=IwY2xjawSjxuRleHRuA2FlbQIxMABicmlkETEWQ3IwEdEp0WDZCa2pYaThQc3J0YwZhcHBfaWQQMjIyMDM5MTc4ODIwMDg5MgABHjBwzSNG0eQPforwiIVDrYRE9sKtqZY13BGSEpfs60_eL1bTo7V_BvbVKnk3_aem_jnMlC4DR4P9MLIXjoZbwyg,» [En ligne].
- [13] «https://www.home-assistant.io/?fbclid=IwY2xjawSjxyFleHRuA2FlbQIxMABicmlkETEWQ3IwEdEp0WDZCa2pYaThhQc3J0YwZhcHBfaWQQMjIyMDM5MTc4ODIwMDg5MgABHmPbienisvKjSwWym3F7TOJ6yDxEllQzSGyUm1xsHHB-lWaWzlAFKyhyftP8_aem_6LazH1PAIPZNYoQN-tukxQ,» [En ligne].

- [14] «Espressif Systems, ESP32-S3 Series – 32-bit MCU & 2.4 GHz Wi-Fi and Bluetooth 5 (LE), disponible sur le site officiel d'Espressif,» [En ligne].
- [15] dht22, «boutique.semageek.com/fr/416-dht22-capteur-de-temperature-et-humidite-digital-t,» [En ligne].
- [16] M. MQ2, «/letmeknow.fr/fr/environnementaux/1302-module-mq2-capteur-d-incendie,» [En ligne].
- [17] «<https://tikno.edutech.dz/>,» [En ligne].
- [18] BH150, «<https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-lumiere-bh1750-ada4681-33469.htm?srsId=AfmBOoo6vs0qg2sNfOIzIQVqInuHXhA6hsoa9mXfLr-SO-FfjMFCVRDz>,» [En ligne].
- [19] s. verlag, «springer,» 1842.
- [20] «tikno dz,» [En ligne].
- [21] «Cours pour l'apprentissage des bases de l'électronique et de la programmation sur Arduino».
- [22] «moussa soft,» [En ligne].
- [23] «https://formlabs.com/fr/blog/fusion-360-conseils-bases-impression-3d/?fbclid=IwY2xjawSjxXhleHRuA2FlbQIxMQBzcnRjBmFwcF9pZA80Mzc2MjYzMTY5NzM3ODgAAR5YUrPIYF2RbLAbOpKVQgIUkrf5bVWoEJsk0oayYNOSpGglFgXRrPM66qn_aA_aem_vPAD_-DPRIPkXeYShmcjfg,» [En ligne].
- [24] «<https://www.lesimprimantes3d.fr/comparateur/imprimante3d/geeetech/a30/>,» [En ligne].
- [25] «<https://innovation.iha.unistra.fr/books/robotique-educative/page/decouvre-arduino-ide-et-la-logique-dun-programme>,» [En ligne].
- [26] «<https://aws.amazon.com/fr/what-is/flutter/>,» [En ligne].
- [27] «<https://bility.fr/>,» [En ligne].
- [28] «fr.scribd,» [En ligne].
- [29] H. Khadidja, «Mémoire Mise en place d'un système de surveillance automatique des conditions ambiantes d'un laboratoire de métrologie».
- [30] L. Salamolard, «Anthropologie culturelle et sociale,» [En ligne].
- [31] j. fraden, handbook of modern sensors, fifth edition, 2016.

