



REVUE DE L'U.KA

Volume 10, n. 20 (décembre 2022)

A l'ère du numérique

**Université Notre-Dame du Kasayi
KANANGA**

Déploiement d'une solution IoT Application d'une maison intelligente

Blaise MUBADI BAKAJIKA
Assistant à la Faculté d'Informatique (U.KA)

Introduction

L'évolution de la technologie et du mode de vie nous permet aujourd'hui de prévoir des logements mieux adaptés. De même, la majorité des individus, et plus particulièrement les personnes âgées ou handicapées, passent beaucoup de leur temps à domicile, d'où l'influence considérable de l'habitat sur la qualité de vie. L'amélioration de la fonction de sécurité et de confort dans l'habitat apparaît donc comme une tâche d'une grande importance sociale.

En effet, la domotique ou encore la maison intelligente est définie comme une résidence équipée de technologies de l'électronique, de l'automatique, de l'informatique et des télécommunications permettant d'améliorer le confort, la sécurité, la communication et la gestion d'énergie d'une maison ou d'un lieu public. Elle assure différentes fonctions : la fonction de confort, la fonction d'économie d'énergie et la fonction de sécurité. La domotique repose sur trois principes : la liaison entre les appareils, la communication entre l'utilisateur et les appareils et l'automatisation.

Certes, avoir une maison intelligente devrait aider à réduire la facture d'électricité, donner un bon confort aux habitants, renforcer la sécurité des occupants et donner la chance aux handicapés de mieux s'épanouir dans une maison sans même un guide. Pour arriver à construire une maison intelligente (du côté technologie bien-sûr), les techniques et les mécanismes à utiliser sont illustrés dans ce travail. Cette étude comprend quatre points : l'IoT et la domotique, les cartes raspberry, la description du projet, la mise en œuvre à travers une architecture matérielle et logicielle.

1. L'IoT et la domotique

Nous allons présenter de manière synthétique l'IoT, ses composants et son domaine d'application.

1.1. L'IoT

L'Internet des objets est apparu dans le cadre d'une tendance lourde, issue de la mécanisation et de la standardisation appliquée à l'automatisation du traitement de document et de l'information sur support matériel puis numérique (donc au service de la production et recherche documentaire). Apparu aux États-Unis dès 1982, il s'est rapidement diffusé avec la mondialisation, aboutissant à connecter des machines à des serveurs capables de le superviser ; ces machines étant notamment des ordinateurs mis en réseau dans ce que certains ont nommé l'«Internet des machines »¹.

Selon l'Union internationale des télécommunications, l'Internet des objets (IdO) est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ». En réalité, la définition de ce qu'est l'internet des objets n'est pas figée. Elle regroupe des dimensions d'ordres conceptuel et technique².

1.1.1. Qu'est-ce qu'un objet connecté ?

Les objets connectés sont des dispositifs permettant de collecter, stocker, transmettre et traiter des données issues du monde physique ou réel. Les objets dont il est question ici sont donc des sources de données, identités et identifiables de façon unique et ayant un lien direct ou indirect via un concentrateur avec Internet. Il existe deux types d'objets (passif et actif).

1.1.2. Les composants d'IdO

Une solution s'articule autour de 5 composants essentiels qui sont : les objets (capteur), les réseaux (connectivité), les données, les informations, les applications d'exploitation.

1 https://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_des_objets#Histoire, consulté le 04/09/2021.

2 <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>, consulté le 04/09/2021.

1.1.3. Les domaines d'application d'IoT3

Il est important de souligner qu'actuellement l'IdO couvre beaucoup de domaines citons : les applications dans la médecine, les applications dans les industries ainsi que dans le bien-être et le confort.

1.2. La domotique

Tout le monde rêve de pouvoir automatiser plusieurs fonctions de sa maison (allumer la lumière, ouvrir la porte du garage, commander les appareils électro-ménagers) sans bouger le petit doigt. Il s'est ainsi développé un domaine particulier de l'automatique dédié à l'usage de la maison appelé domotique. La domotique existe depuis longtemps, mais elle reste très peu connue du public de la RDC. Pourtant elle serait d'une grande aide dans la vie quotidienne, surtout pour les personnes à mobilité réduite (personnes âgées, handicapées, etc.).

Le mot domotique a été introduit dans le dictionnaire « le petit Larousse » en 1988. Il vient du latin « *domus* », maison, domicile. Il est associé au suffixe « *tique* » qui fait référence à la technique. La domotique regroupe l'ensemble des technologies de l'électronique, de l'informatique et des télécommunications qui sont utilisées dans les domiciles pour rendre ceux-ci plus « intelligents »⁴. Elle milite avant tout pour l'amélioration du quotidien au sein de notre habitat. Elle vise à apporter des solutions techniques pour répondre aux besoins de confort, de sécurité et de communication que l'on peut trouver dans les maisons, les hôtels, les lieux publics, les villes, etc.

1.2.1. Fonctions et domaines d'application de la domotique⁵

Les services offerts par la domotique couvrent trois domaines principaux :

- assurer la protection des personnes et des biens en domotique de sécurité ;
- veiller au confort quotidien des personnes âgées et des personnes à mobilité réduite ;

3 B. KABUATILA, *Comprendre l'IoT par l'entremise de la carte arduino*, Ed universitaires Européennes, 2019, p. 2.

4 M. BOUAKLINE Nassim & M. BENCHABA Aghiles, *Conception et Réalisation d'une Maison Intelligente via Raspberry Pi 3*, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Mémoire soutenu le 01 octobre 2018, p. 9.

5 F. JEULAND, *Réussir son installation domotique et multimédia*, Paris, Eyrolles, 2015, p. 16-24.

- faciliter les économies d'énergie grâce à la réactivité maîtrisée d'une maison intelligente.

Une maison confortable (ou la fonction de confort) : s'il va de soi que chacun préfère vivre dans un espace harmonieux et fonctionnel, la perception et les attentes que nous avons du confort de notre environnement varient suivant notre personnalité, notre éducation ou notre propre expérience. En dépit de cette diversité d'appréciation, il est clair que le chauffage et l'éclairage constituent les éléments de base du confort domestique.

Pour un bon confort dans un habitat, penser à :

- automatiser la température de la maison aux conditions climatique de la région ;
- automatiser l'ouverture des ouvrants au besoin ;
- automatiser le démarrage des éclairages après le coucher du soleil.

La fonction de scénarisation : au moment de quitter un habitat ou un commerce, la mise en fonction de l'alarme déclenche une série de contrôles et d'actions (centralisation des commandes) :

- fermeture de toutes les lumières ;
- coupure de l'arrivée de gaz ;
- vérification de la fermeture de toutes les fenêtres ;
- allumage de la lumière extérieure durant quelques minutes s'il fait nuit.

À partir d'un bouton unique, tous les éclairages du living seront ajustés pour le dîner, une soirée télévision ou la création d'une ambiance lumineuse adaptée à l'activité de l'occupant.

La fonction de communication : aujourd'hui, une centrale domotique sait communiquer :

- par téléphone, ordinateur (internet), des interfaces tactiles ;
- par les ondes sonores (microphone pour la commande vocale associés à des logiciels de reconnaissance vocale ; haut-parleur pour une restitution du message par les ondes sonores).

Ceci permet à une personne de recevoir l'état de son installation et d'émettre des alertes et de piloter sa maison de n'importe quel endroit du monde, de son bureau ou de sa voiture.

La fonction de gestion d'énergie : la programmation des seuils de température est l'une des principales sources d'économie. La programmation peut être journalière ou hebdomadaire. Elle tient compte de la présence d'un occupant et s'adapte automatiquement à son emploi du temps. Dans un souci de confort, un simple appel téléphonique suffit pour augmenter le chauffage et préparer l'habitat en prévision de l'arrivée des occupants.

1.3. La maison intelligente

Quand nous parlons d'une maison intelligente ou maison connectée, nous faisons référence à la domotique mais, on ne se limite pas à commande à distance des lampes, ou de la climatisation, car les possibilités vont bien au-delà. Certaines réalisations peuvent être complexes et permettre à la maison de réagir automatiquement à certains événements ou à certains moments dans la journée et déclencher une succession de commandes qu'on appelle des scénarios. C'est bien à ce moment-là que le terme maison intelligente prend tout son sens⁶.

1.3.1. Caractéristiques d'une maison intelligente

Une maison est intelligente si elle est communicante, évolutive, confortable, autonome, sûre, économique.

A. *Une Maison Communicante* : Comme l'illustre la **figure 2.1**, nos maisons disposent de très nombreux moyens de communication, que ça soit par voie terrestre (téléphone fixe, réseau ADSL, réseau électrique, câble, etc.) ou aérienne (téléphone mobile, boucle locale radio, Wi-Fi, satellite, etc.).



B. *Une maison évolutive* : la conception d'une maison ou d'un appartement doit s'envisager sur le long terme. Dans la mesure où nous ne nous contentons plus d'y manger et d'y dormir mais également d'y travailler, de nous divertir, de nous informer, etc., et ce de plus en plus longtemps compte tenu de l'allongement de la durée de vie, les notions d'évolutivité, de polyvalence des pièces et des équipements et de modularité des espaces deviennent essentielles.

⁶ <https://www.madomotique.ma/maison-intelligente/>, consulté le 02/09/2021.

- C. *Une maison autonome* : à l’instar de ce qui se passe dans l’industrie automobile, l’introduction de l’électronique et de l’informatique dans l’habitat ouvre de nombreuses perspectives en termes de sécurité, de confort et d’économies d’énergie. Non seulement la maison devient capable de détecter d’elle-même des dysfonctionnements ou des changements de paramètres susceptibles de présenter un danger, mais elle peut réagir en conséquence.
- D. *Une maison sûre* : personne n’a envie de subir un cambriolage ou de voir sa maison partir en fumée, mais peu d’entre nous se dotent de moyens de prévention adaptés. Pour y arriver notre maison intelligente doit être capable de détecter une intrusion, un risque domestique, ou un risque électrique.
- E. **Une maison économe** : qui réduit en fait la durée de fonctionnement de système gourmand d’énergies comme la climatisation et le chauffage.

1.4. Les réseaux dans la domotique⁷

Un réseau informatique est un ensemble d’ordinateurs et autres équipements reliés entre eux pour échanger des informations⁸. Pour rendre son habitation communicante, trois possibilités et manières s’offrent devant nous : avec un câblage domotique bien pensé ; en domotique sans fil (Wi-Fi, ondes radio, infrarouge, etc.) ; par CPL (courant porteur) appelé aussi X10.

1.4.1. Les protocoles⁹

Le protocole domotique est le langage utilisé pour établir la communication entre les différents appareils connectés. Pour pouvoir communiquer entre eux, deux appareils doivent avoir le même langage de communication, c’est-à-dire le même protocole.

De la même manière que plusieurs langues existent, il existe aussi plusieurs protocoles en domotique. Ainsi, au moment où l’on opte pour une technologie en domotique, il est nécessaire de se doter d’appareils et d’objets connectés qui partagent un protocole similaire. En général il existe deux catégories : les protocoles à courte portée¹⁰ (Z-WAVE,

7 MM. ALLEGUEDE et al., *Le guide de la domotique*, Paris, éd. Fine Media, 2012, p 71.

8 https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Réseau_informatique/, consulté le 17/03/2021.

9 <https://www.idelecplus.com/blog/domotique-protocole>, consulté le 02/09/2021.

10 C. A. BELL, *Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi*, Bristol, éd. Apress, 2013, p. 40.

ZIGBEE, WIFI, BLUETOOTH) et les protocoles à longue portée¹¹ (LORA, SIGFOX, CELLULAIRE, ENOCEAN).

Dans notre cas, nous avons utilisé le protocole à courte portée qui est le WIFI, car il est installé sur la plupart de nos appareils mobiles.

1.5. Fonctionnement de système de domotique

Le principe de fonctionnement d'un système domotique contient certains dispositifs pour récupérer les informations, pour commander. Ainsi, un système domotique fait appel aux capteurs et aux actionneurs.

1.5.1. Capteurs¹²

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique à une autre grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique ou une intensité. On fait souvent la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur. Le capteur est souvent le premier dispositif de la chaîne d'acquisition, il s'agit d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable.

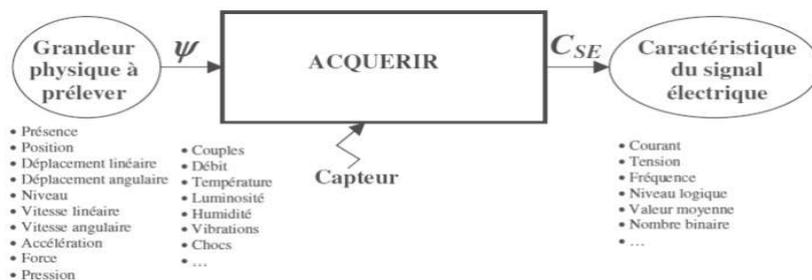


Figure 2 : Schéma Fonctionnel d'un capteur

a. Caractéristiques d'un capteur

- ✓ *Étendue de mesure* : valeurs extrêmes pouvant être mesurées par le capteur ;
- ✓ *Résolution* : plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur ;
- ✓ *Sensibilité* : variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée ;

11 *Ibid.*, p. 50.

12 *Ibid.*, p. 51.

- ✓ *Précision* : aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie ;
- ✓ *Rapidité* : temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante ;
- ✓ *Linéarité* : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure.

b. Types des capteurs

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories :

- *capteurs actifs* : fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie à la grandeur physique à prélever : énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.
- *capteurs passifs* : ont besoin dans la plupart des cas d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner. Ce sont des capteurs modélisables par une impédance. Une variation du phénomène physique étudié engendre une variation de l'impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie.

c. Familles des capteurs

Les capteurs sont des composants d'automatisme qui ont pour but de récolter une information sur la partie opérative et de la retransmettre à la partie commande qui pourra ainsi la traiter. On trouve trois familles essentielles :

1. Capteurs TOR (tout ou rien). Exemples : boutons poussoir, clavier, PIR.
2. Capteurs analogiques : la sortie est une grandeur électrique dont la valeur est une fonction de la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues. Le signal des capteurs analogiques peut être du type :
 - Sortie tension ;
 - Sortie courante ;
 - Règle graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide).Exemples d'un capteur analogique : DS18B20 ¹³, capteur de lumière.
3. Capteurs numériques : la sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une

¹³ Un capteur de température qui est en boîtier TO-92 ou en une sonde étanche.

infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être du type :

- Train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise ;
- Code numérique binaire ;
- Bus de terrain.

Exemple d'un capteur numérique : pluviomètre¹⁴, caméra.

1.5.2. Actionneurs

Dans une machine ou un système de commande, semi-automatique ou automatique, un actionneur est l'organe de la partie opérative qui, dès qu'il reçoit un ordre de la partie commande via un éventuel capteur ou pré-actionneur, convertit l'énergie qui lui est fournie en un travail utile à l'exécution des tâches, éventuellement programmées, d'un système automatisé. En d'autres termes, un actionneur est l'organe fournissant la force nécessaire à l'exécution d'un travail ordonné par une unité de commande. Il existe trois types d'actionneur :

- actionneur électrique ;
- actionneur pneumatique ;
- actionneur hydraulique.

Exemples des actionneurs : servomoteur, haut-parleur, led, relais.

*1.6. Cerveau de la domotique*¹⁵

Après que les capteurs récupèrent les informations sur l'environnement, ils les envoient à la partie cerveau. Cette partie va se charger du traitement de données et commander les actionneurs voulus. Ce traitement va tenir compte de ce que nous voulons faire de ces données. Pour y arriver, les microcontrôleurs sont à notre disposition. Mais un microcontrôleur n'est pas fourni seul ; en fait, c'est comme un microprocesseur qui est accompagné d'autres composants comme le circuit d'alimentation, le bios et autres. Il existe déjà des cartes dédiées à cette tâche comme : carte Arduino, carte Raspberry Pi, carte Beaglebone. Dans ce travail le cerveau pour notre système domotique sera composé de la carte Raspberry.

¹⁴ Un capteur qui mesure la quantité d'eau versée par la pluie.

¹⁵ M. SCHWARTZ, *Arduino Home Automation Projects : Automate your home using the powerful Arduino platform*, Birmingham-Mumbai, éd. Packt, 2014, p. 100-101.

2. Les cartes Raspberry

Nous allons parler de la carte Raspberry, la présenter et montrer comment la manipuler.

2.1. Le Raspberry

Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur conçu par le créateur de jeux vidéo David Braben (concepteur du jeu Elite et ses suites), dans le cadre de sa fondation Raspberry Pi. Les premiers exemplaires sont sortis début 2012. Plus de 10 millions de Raspberry Pi ont été vendus depuis. Cet ordinateur, qui a la taille d'une carte de crédit, a été créé dans un but éducatif afin de mettre à la disposition des enfants un ordinateur low-cost leur permettant de découvrir l'informatique et d'apprendre la programmation.

La carte Raspberry Pi 3v.2 est un ordinateur low-cost leur permettant de découvrir l'informatique et l'apprentissage de la programmation. Il comporte un processeur ARM, des ports USB, un port Ethernet RJ45, de la mémoire vive, un circuit graphique, un lecteur de carte mémoire et des entrées/sorties supplémentaires via un connecteur GPIO. Tout ça pour moins de 40 €.

2.1.1. Présentation de la carte Raspberry

La carte Raspberry Pi est composée d'un micro USB pour l'alimentation et de 4 ports USB2 pour pouvoir brancher la souris, le clavier et d'autres périphériques. Dans notre cas, on ne les utilise que pour le clavier et la souris. Nous avons aussi un port LAN 10/100Mps, une carte wifi pour la connexion internet et le Bluetooth 4.1.

Elle est composée aussi d'une sortie HDMI et d'un composite vidéo et audio.

- ∑ N'étant pas composée de mémoire, le support de carte microSD permet de compenser ce manque et nous permet d'y installer un système d'exploitation. La carte mémoire la plus adaptée à notre projet est la 16 GB.
- ∑ Le processeur est le Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 quad core cadencé à 1.2 GHz et une RAM de 1Gb.
- ∑ Elle est dotée de 40 PIN GPIO nous permettant de communiquer avec les équipements externes. Nous expliquerons plus loin ce qu'est le GPIO.

Le minimum indispensable : cette carte se vend seule pour équilibrer le prix, d'où il nous faut quelques accessoires pour le premier démarrage.

L'alimentation : le Raspberry Pi s'alimente sous tension unique de 5 volts, tension sur laquelle il peut consommer jusqu'à 1.8A selon les tâches qu'il exécute. Cette alimentation doit être normalement fournie via le connecteur micro USB placé dans un angle de la carte.

Une carte MicroSD de qualité : le Raspberry Pi n'intègre pas d'espace de stockage. Il possède en revanche un port MicroSD. La carte MicroUSB que vous mettrez dedans contiendra votre système d'exploitation et vos données. Elle sera sujette à de nombreuses lectures / écritures qui influenceront directement les performances de votre système.

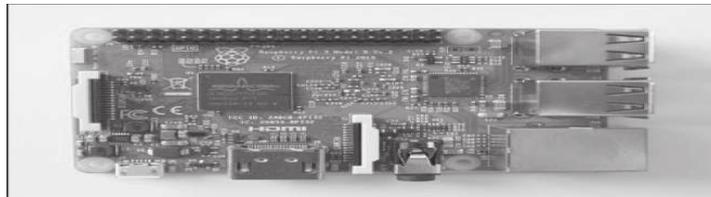


Figure 3 : Carte Raspberry pi 3v.2

2.1.2. Vue d'ensemble

En réalité, et même si par abus de langage on parle du processeur qui équipe le Raspberry Pi, il s'agit en fait de ce que l'on nomme aujourd'hui un SoC qui est l'acronyme de system on chip soit, mot à mot système sur une puce. Si l'on sait ce qu'est un microcontrôleur, on peut très bien considérer qu'un SoC n'est rien d'autre qu'un « gros » microcontrôleur sur une seule puce.

2.1.3. Que peut-on faire avec un Raspberry Pi ? ¹⁶

On peut pratiquement faire tout ce que l'on fait avec un ordinateur de bureau sous Linux, à quelques exceptions près. Le Raspberry Pi utilise une carte SD à la place d'un disque dur, bien que l'on puisse le brancher à un disque dur USB. On peut modifier des documents bureautiques, surfer sur internet, jouer à des jeux, etc. Le Raspberry Pi est un appareil extrêmement souple qu'on peut utiliser dans toutes sortes de situations, que ce soit pour remplacer un ordinateur de bureau, profiter d'un media center ou contrôler un système à l'aide d'un ordinateur embarqué.

¹⁶ M. BOUAKLINE NASSIM & M. BENCHABA AGHILES, *op. cit.*, p. 26.

2.1.4. OS pour Raspberry

Notons que ce nano ordinateur tourne avec les distributions Linux, il existe plusieurs OS pour son bon fonctionnement. Citons :

- UBUNTU MATE 15.10 ,
- Le OSMC Open Source Media Center ,
- OpenELEC
- Le RASPBIAN : comme le nom le sous-entend, il est basé sur Debian. Le plus connu et le plus fluide pour notre Raspberry 2, il exploite non seulement le wifi et le Bluetooth intégré mais les ports GPIO qui nous permettront de réussir notre projet. Nous allons utiliser cette distribution pour des raisons d'habitude et de conformabilité à Debian.

2.1.5. Installation de Raspbian

Pour l'installer on a besoin d'un PC sous Windows et d'une carte SD d'au moins 16 Go pour le bon fonctionnement de notre micro ordinateur. Télécharger le Raspbian, surfer sur le site officiel de Raspberry pi <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>



Figure 4 : Ouverture de Raspbian

2.1.6. Instruire un Raspberry

Un ordinateur sans programme est comparable à un véhicule sans chauffeur. De même pour connecter des objets de la maison et interagir avec eux, il faut donner les ordres à notre central (ordinateur) qui est le Raspberry. Instruire un Raspberry c'est lui dire quand faire, et pourquoi ?

Pour programmer un Raspberry, il existe une diversité de langages de programmation : Python, PHP, C, C++, Java, ... Mais notre choix est

porté sur le python car une diversité de bibliothèques existe déjà pour la manipulation de broches GPIO et le célèbre PHP pour la gestion via le WEB.

2.1.7. Python et GPIO ¹⁷

Les GPIOs sont des connecteurs du Raspberry pi lui permettant d'acquérir les données du monde extérieur et interagir avec ce dernier. Ces broches seront utilisées tout au long de notre projet comme entrée/sortie.

Afin de bénéficier des bienfaits de ces bornes, il faut installer une bibliothèque Python appelée `python-rpi.gpio` puis l'importer dans notre application.

2.2. Interaction avec le monde extérieur

Le Raspberry est le cœur de notre maison intelligente ; comme le cœur, il a besoin des autres organes humains pour bien fonctionner. Pour qu'il arrive à piloter les appareils domestiques et automatiser les fonctions d'une maison ordinaire, il a besoin d'être en relation avec d'autres composants, dont l'électricité¹⁸.

L'électricité est une énergie qui existe à l'état naturel. Sa manifestation la plus connue est l'éclair lors d'un orage. Mais elle présente un inconvénient de taille : elle est difficilement stockable. Il est nécessaire de la produire en permanence à partir d'autres énergies (centrales thermiques, hydrauliques, nucléaires ou systèmes de production photovoltaïque, éolienne, de cogénération, etc.).

Elle a l'avantage d'être facilement transportable, de ne pas nécessiter de lieu de stockage, d'être immédiatement utilisable et propre. Le seul point que l'on pourrait lui reprocher est l'aspect inesthétique des lignes aériennes à haute tension, ainsi que de certaines installations dans nos habitations.

Au cours de cette réflexion, nous utiliserons le terme électricité pour parler de courant électrique, tension électrique, résistance électrique, condensateur, circuit électrique, diode, transistor, etc.¹⁹.

17 A. GALODE, *Python et le port GPIO*, Tutoriel publié le 16 mai 2015, sur developpez.com, p. 11.

18 F. LUCAS, P. CHARRUAULT, *Électricité générale*, Paris, éd. Delagrave, 1992, p. 8.

19 *Ibid.*, p. 9.

3. Description du projet

En plus de simplifier la vie, une maison intelligente devient tout à la fois confortable, communicante, évolutive, autonome, sûre et économe. Notre mission consiste à réaliser une maison intelligente en implémentant des fonctions de la domotique à savoir la gestion, l'ouverture sécurisée des portes, des fenêtres, le système d'alarme, l'acquisition de la température à l'intérieur de l'habitat et le contrôle de la ventilation.

3.1. Développement de notre système domotique

Pour arriver à suivre correctement notre cahier de charge, la démarche à suivre pour la réalisation de notre projet est la suivante :

- ✓ apprêter notre Raspberry Pi (installation, configuration du SSH, VNC) ;
- ✓ assembler les différents composants, à savoir les capteurs et les actionneurs ;
- ✓ assembler les composants électroniques comme les transistors, les résistances, les condensateurs, les relais, les fils, les diodes, les photocoupleurs, les circuits intégrés ;
- ✓ réaliser le montage de la carte mère ;
- ✓ mettre en place un réseau informatique pour la communication de la maison ;
- ✓ mettre en place un système d'acquisition des données (température, présence des objets, fumée) ;
- ✓ interconnecter les systèmes ;
- ✓ programmer ;
- ✓ créer une application web avec PHP pour la manipulation à distance ;
- ✓ gérer les données ;
- ✓ réaliser un prototype d'une maison intelligente.

3.1.1. Apprêter notre Raspberry Pi

Avant de commencer à présenter et décrire notre travail, comme tout est articulé sur un nano ordinateur, commençons par l'apprêter pour le rendre utilisable.

3.1.2. Installation de Raspbian

Afin de matérialiser la théorie vue au 2.1.5. , notre choix est porté sur l'O.S raspbian, car c'est une distribution dérivée de Debian.

3.1.3. Prendre le contrôle du Raspi

Plusieurs moyens s'offrent pour la prise de contrôle.

- ♣ Par le branchement d'un moniteur sur son port HDMI
- ♣ Par SSH
- ♣ Par VNC

Pour ce projet, nous avons choisi la connexion par SSH, pour la mobilité et la simplicité. Les lignes qui suivent nous proposent la procédure :

1. démarrer le Raspberry Pi sur la distribution Raspbian ;
2. se connecter au terminal avec CTRL+ALT+T ;
3. saisir la commande «`sudo raspi-config`» puis valider ;
4. sélectionner «`Interfacing Options`» ;
5. sélectionner l'option «`ssh`» ;
6. sélectionner le choix «`Enable`» ;
7. confirmer le message par «`Ok`» ;
8. terminer la configuration avec le bouton «`Finish`».

3.2. Projet

3.2.1. Vue sur la solution²⁰

Ce projet aura le schéma synoptique (Maquette) ci-après et subdivisé en plusieurs fonctions.

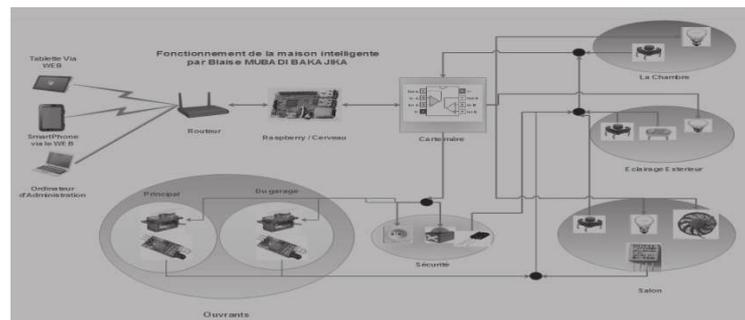


Figure 5 : Vue globale du système

²⁰ S. WATKISS, *Learn Electronics with Raspberry Pi Physical Computing with Circuits, Sensors, Outputs, and Projects*, Bristol, éd. Apress, 2016, p. 100.

3.2.1. Fonction de gestion d'éclairage

La gestion d'éclairage fait partie du confort et de l'économie d'énergie dans notre maison intelligente. Dans les lignes qui suivent, nous prendrons le soin d'expliquer les composants utilisés pour réaliser cette fonction.

À titre d'exemple, examinons l'éclairage extérieur. Les lampes offrent trois possibilités pour la manipulation, manuellement (par un bouton poussoir), par le web (à distance) et par le système lui-même (automatique). Le système ne doit prendre le contrôle que si l'extérieur commence à devenir sombre, disons à 25% de ténèbres.

Composants utilisés : le bouton poussoir, un relais, un transistor pour piloter ce relai, des lampes (Pour notre projet, le choix est tombé sur l'utilisation des lampes économiques, les LED, fluo compacte), un capteur LDR ou photorésistance en français, un amplificateur opérationnel (AOP).

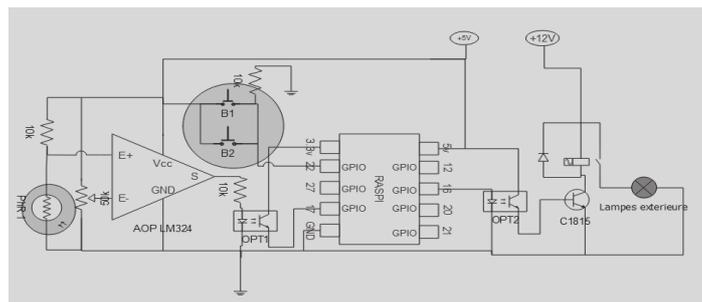


Figure 6. Gestion des lampes extérieures

Le fonctionnement pour ce système se fait en deux parties. La première partie est déclenchée par la photorésistance éclairée qui envoie la valeur par un comparateur qui fixe la lumière acceptée. Si le seuil est dépassé, le comparateur s'active et envoie un signal positif au cerveau, celui-ci comprend qu'il fait sombre et commande les lampes à travers la sortie numérique (GPIO 16) qui pilote le transistor.

La deuxième partie commence lorsque l'utilisateur veut allumer ou éteindre les lampes. On envoie le signal au cerveau et ce dernier commande le transistor qui pilote le relais afin que les lampes soient éteintes ou allumées.

3.2.2. Fonction de gestion de la température

Cette fonction est un confort pour que les habitants se sentent à l'aise en contrôlant à leur guise la température de l'habitat.

Dans notre projet, nous avons réduit l'échelle juste pour représenter la fonction et savoir de quoi il s'agit et comment il fonctionne.

Nous avons utilisé : un ventilateur de 12V DC, un transistor pour gérer sa vitesse, un optocoupleur pour séparer le circuit de commande au RASPI, un capteur de température de type TMP 22.

Ce système ne doit s'allumer que lorsqu'il fait chaud dans l'habitat.

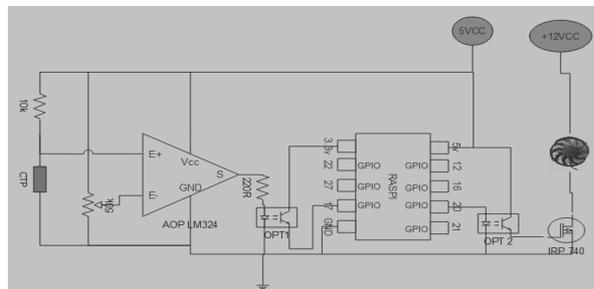


Figure 7. Gestion de ventilation

Lorsque la température du corps de CTP²¹ augmente et dépasse un seuil fixé par le potentiomètre, le comparateur LM324 compare et donne à sa sortie un signal positif appliqué directement sur notre RASPI, lui à son tour fait son rôle pour allumer le moteur ventilant via un MOSFET.

3.2.3. Fonction des ouvrants

Parmi les tâches gênantes de la maison, l'ouverture et la fermeture des fenêtres et des portes ainsi que d'autres. Raison pour laquelle, il est important d'automatiser cette fonction.

Concernant ce projet, nous avons automatisé la porte du garage et celle de l'entrée principale. Celle du garage ne s'ouvre que si la maison détecte la présence d'un véhicule et celle de la principale que si la personne se tenait en face de la porte qui s'ouvre avec la présence de la personne.

²¹ Une CTP est une résistance dont la valeur augmente lors d'une augmentation corporelle.

Pour sa réussite nous avons utilisé : deux capteurs infrarouges pour capter les infrarouges émis par les émetteurs IR, deux émetteurs infrarouges pour la production des infrarouges, un AOP (dans LM324), un servomoteur de 5V pour ouvrir la porte principale à un angle voulu, un moteur 12V /DC pour faire une porte coulissante, un circuit intégré L293D pour la commande du moteur DC (contrôler le sens de rotation et la vitesse).

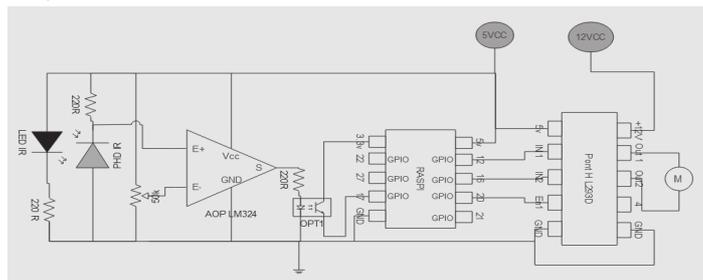


Figure 8. Gestion des ouvrants

Fonctionnement : retenons que ces systèmes utilisent la technologie Infra rouge. Le principe est clair : établir une connexion infrarouge c'est-à-dire utiliser un émetteur infra rouge (la LED en noir) et un récepteur infra rouge (la LED en bleu). Si le lien établi entre ces deux dispositifs est interrompu, on comprend qu'il y a un obstacle (un engin automobile ou un être humain) et là le système se déclenche. Le potentiomètre est là pour augmenter la sensibilité du récepteur afin d'élargir la distance entre la source et le récepteur.

Si le lien est interrompu, le comparateur envoie un signal au RASPI qui, à son tour, commande le circuit L293D qui est un pont H, son rôle est d'inverser le sens de rotation du moteur car la porte du garage est coulissante et celle de l'entrée principale est commandée par un servomoteur.

Si le RASPI émet sur son GPIO 12 un signal négatif (un 0) et sur le GPIO 16 un signal positif (un 1), le pont H fait tourner le moteur dans un sens ; et si l'on inverse ces sorties, le pont H fait changer aussi le sens de rotation du moteur. Et là, le sens est inversé afin de fermer la porte après que le véhicule soit stationné à l'intérieur du garage.

Dans le cadre de la porte principale, l'ordinateur pilote directement le servomoteur, la sortie est tirée sur une sortie PWN afin de déterminer l'angle de l'ouverture. Après une durée définie, la porte se ferme de soi.

3.2.4. Fonction de sécurité

La sécurité d'un habitat ne consiste pas seulement à lutter contre l'intrusion, mais aussi contre le risque domestique. C'est ainsi que nous avons songé à mettre deux dispositifs de sécurité :

- La sécurité des prises des courants arrive chaque fois que les adultes quittent la maison en laissant par exemple les enfants seuls. Le système peut désactiver les prises du courant jusqu'à l'arrivée d'un adulte.
- La détection d'une fuite de gaz : le système pourra détecter la fumée de la maison, faire sonner une alarme en même temps, et mettre toutes les prises du courant hors service.

A. Sécurité des prises : afin d'y parvenir nous avons utilisé un relais pour mettre hors service les prises de courant, un transistor pour piloter le relais, un optocoupleur pour isoler la partie de commande et le RASPI.

B. Détection de gaz : un buzzer (comme un haut-parleur) mais qui retentit comme un sifflement gênant à l'oreille humaine , un capteur d'infrarouge associé à un montage électronique permet de capter les lumières invisibles émises par le gaz ainsi que le feu, un AOP (dans LM324).

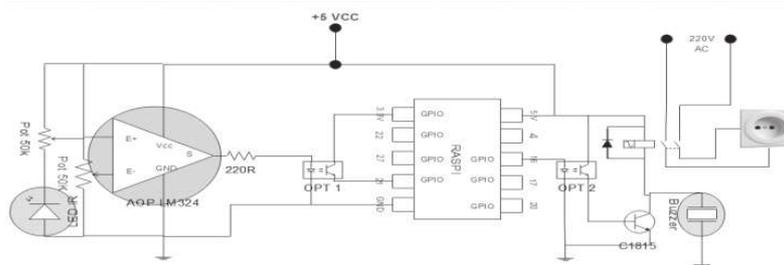


Figure 7. Le schéma de la sécurité

Fonctionnement : la sécurité consiste à désactiver les prises en cas de détection d'un incendie et lors de l'absence des personnes adultes dans l'habitat.

Chaque fumée est composée de radiations infrarouges, c'est ainsi que notre capteur infrarouge est calibré pour capter ces radiations grâce au fameux comparateur. S'il y a la présence de la fumée, le comparateur compare le niveau et envoie le signal au RASPI, celui-ci commande le

transistor bipolaire NPN C1815 qui, à son tour, va piloter un relais en même temps avec un buzzer¹ qui va retentir.

Si un adulte veut quitter l'habitat en laissant les enfants seuls, il accède à la centrale de commande via le web, pour désactiver les prises ; celles-ci seront réactivées à son retour.

4. Mise en œuvre au travers une architecture matérielle et logicielle

Nous présentons à ce niveau ce qui a constitué notre maison intelligente et comment nous y sommes parvenus. Notons que cette maison peut encore être améliorée.

4.1. Plan architectural et d'implémentation de la maison

Avant toute chose, il faut connaître le plan de la maison à domotiser ; car nous partons de là pour évaluer, connaître, proposer les emplacements des appareils électriques et domotiques. Au cas où une maison serait déjà construite et que l'on aurait déjà posé une installation électrique, si le client ne veut pas mettre hors d'usage l'ancienne installation, on doit avoir le plan de l'installation de ladite maison afin d'adapter la nouvelle installation domotique à l'installation électrique existante.

Dans notre cas, nous partons d'une maison non installée, tout en étant en contact avec l'architecte afin de travailler en collaboration et ressortir un plan architectural conforme et réel. Et nous devons passer à l'implémentation des appareils en connaissant leurs emplacements réels (électroménagers, lampes, appareils de commande, capteurs, actionneurs, etc.). En tenant compte de ces emplacements, on associe les différentes interconnexions entre les appareils.

¹ Un buzzer est une application de piézoélectricité, qui s'il est appliqué à une tension il subit une dilatation proportionnellement au courant.

Déploiement d'une solution IoT

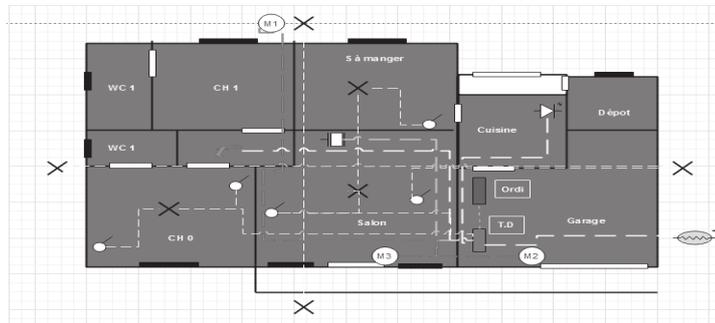


Figure 10. Plan d'implémentation

Sur ce plan nous distinguons les différentes lignes par les couleurs :

- ✓ La couleur rouge : une ligne dédiée au moteur (moteur de la porte du garage et moteur de la porte principale);
- ✓ La couleur blanche : cette ligne concerne l'interconnexion des capteurs ;
- ✓ La couleur jaunâtre : elle désigne la ligne qui permet à l'interconnexion des lampes ;
- ✓ La couleur verte concerne la connexion des actionneurs à notre TD.

Nous avons des actionneurs et des capteurs :

- ÿ actionneurs : moteurs (à 12V), ventilateur (à 12V), lampes (LED à 5V), buzzer (à 5V), prises du courant de 220V/10A.
- ÿ capteurs : photorésistance, photodiode, sonde thermique (TMP29).

4.2. Réalisation de la centrale

Comme décrit dans notre cahier de charge, la réalisation de la centrale est une étape importante car, pour avoir une sécurité, il faut une authentification de chaque connexion pour toutes les fonctions et un menu qui a un accès à toutes ces fonctions.

4.3. Installation du serveur web

La manipulation de ladite maison doit se faire via le web, d'où la nécessité d'installer un serveur web en local. Notre choix est porté sur apache.

Sur Raspbian qui est une distribution dérivée de Debian, apache se présente comme un paquet à installer avec la commande : `sudo apt-get`

install apache2. Lors de l'installation, il crée un dossier sous le nom de www dans le dossier parent /var. C'est dans ce dossier que nous avons mis notre application pour qu'il soit accessible à tous. Comme nous programmons en PHP, il nous faut un interpréteur de code PHP. Alors, nous avons installé aussi le paquet PHP avec la commande : `sudo apt-get installphp`.

4.4. Configuration du réseau

Pour avoir accès à distance dans notre maison, il faut dorénavant être sur un même réseau. Nous avons utilisé un routeur de la marque Planet, qui nous a offert la connectique et la technologie Ethernet et le WIFI. Concernant sa configuration, nous avons commencé par mettre une politique de sécurité comme la non diffusion du SSID et nous avons crypté le mot de passe avec le WPA2.

Ce réseau ainsi créé aura comme adresse 192.168.10.0/29, qui donnera une plage réduite comme une technique de sécurité, la plage n'aura que 6IPs attribuables aux machines.

4.5. Programmation

A ce stade, nous allons nous intéresser à la programmation de la centrale. Elle consistera à présenter une interface d'authentification aux utilisateurs, interface web, offrant une zone de saisie pour le login et une autre pour le mot de passe.

Elle comparera ensuite ces données à celles stockées dans le fichier contenant tous les utilisateurs créés par l'administrateur. Si ces coordonnées sont valides, le système affichera. Cette fonction est un confort pour que les habitants se sentent à l'aise en contrôlant au goût la température de l'habitat.

Dans notre projet, nous avons réduit l'échelle juste pour représenter la fonction et savoir de quoi il s'agit et comment ça fonctionne.

Déploiement d'une solution IoT

Voici son interface :



Figure 11. le menu

4.6. Réalisation de chaque fonction

Il convient, à ce stade, de montrer comment réaliser indépendamment chaque fonction de notre maison, quel composant utiliser, quels schémas et quelle programmation effectuer.

4.6.1. Gestion de l'éclairage

Les matériels utilisés sont : des lampes pour chaque pièce, de préférence les lampes économiques ; deux relais 220V/10A, 12V/12A, surtout les relais de la gamme GOLDEN ; un transistor Mosfet IRF3205, et 2 transistors de type Mosfet IRF730 ; un AOP de type 741, mais nous avons pensé à économiser avec un circuit contenant 4 AOPs LM324 ; trois Résistances de 100 k Ω , une de 10 K Ω et une de 50 Ω ; une LDR (une photorésistance) ; trois boutons poussoir ; une plaquette perforée ; un photocoupleur ; du fil conducteur.

- A. Schéma : voir la figure 6 concernant la gestion des lampes extérieures.
- B. Programmation : le langage choisi est le python, un langage souple permettant de programmer les GPIO de notre carte Raspberry.

Pour arriver à dialoguer avec le monde extérieur, le nano ordinateur a besoin d'acquérir les données venant de l'extérieur, d'où la nécessité de configurer les GPIO. Nous devons faire deux programmes, un sur python pour la gestion centralisée de PIN et un autre écrit en PHP pour l'accès et la commande à distance.

Python

Quelques PINs ont été définis de la sorte : 24 pour brancher la lampe de l'extérieur, 19 pour brancher le capteur de l'extérieur, donc la sortie de notre circuit AOP . Voici son interface (sa page web) :



Figure 12. Page de gestion d'éclairage

4.6.2. *Gestion de la température*

Les matériels utilisés sont : un ventilateur 12V ; un transistor IRF3205 ; une sonde de température TMP29 ; un AOP (nous utilisons toujours l'AOP dans notre LM324) ; deux photocoupleurs ; une résistance de 50k Ω , 10k Ω , et 220 Ω ; une plaquette perforée ; du fil conducteur.

- A. Schéma : voir la figure 7 sur la gestion de la ventilation.
- B. Programmation Python : quelques PINs ont été définis de la sorte : 25 pour brancher le climatiseur ; 10 pour brancher la sortie de notre AOP venant du capteur.

Voici son interface donc sa page web (figure 13) :



Figure 13. La page de la gestion de température

Nous remarquons sur cette interface deux boutons (un pour l'automatisation ou une manipulation manuelle et l'autre pour éteindre et al-

lumer). Si le système est mis en mode manuel, nous pouvons allumer et éteindre le système. En l'absence d'un habitant le système doit être mis en low. Si le système est mis en automatique, il saura quand allumer et éteindre la climatisation en cas d'une augmentation de la température.

4.6.3. Gestion des ouvrants

Les matériels utilisés sont : un moteur électrique de la marque RF-300C1-11440 D/V5.0 ; un servomoteur de type deux AOPs ; deux restants dans notre circuit LM324 ; deux capteurs infra-rouges ; deux diodes infra-rouges ; un pont H que nous retrouvons dans le circuit L293 ; deux photos-coupleurs ; 6 résistances de 220 Ω , deux potentiomètres de 50 k Ω ; deux résistances de 10k Ω ; du fil conducteur.

- A. Schéma : voir la figure 8 concernant la gestion des ouvrants.
- B. Programmation : ce programme ne commande les portes que si une personne se présente à l'entrée du salon et un véhicule devant le portail du garage. La contrainte de la reconnaissance des objets ne fait pas l'objet de nos recherches. Pour échapper à cet inconvénient l'utilisateur désactive les scénarios en son absence.

Quelques PINs ont été définis de la sorte : 7 vers le circuit L293D pour inverser le sens de rotation ; 8 vers le circuit L293D pour inverser le sens de rotation ; 13 pour faire varier la vitesse du moteur ; 4 pour contrôler la fin de l'ouverture ; 5 pour contrôler la fin de la fermeture ; 11 pour brancher la sortie du circuit AOP pour la détection du véhicule devant la porte du garage ; 12 pour brancher le servomoteur ; 9 pour brancher la sortie de l'AOP qui contrôle la présence d'une personne devant la porte principale.

Voici son interface (sa page web) :



Figure 14

4.6.4. La sécurité

Les matériels utilisés sont : une prise du courant, une seule dans notre cas ; un relais 220V/10A, 12V/12A surtout les relais de la gamme GOLDEN ; un transistor de type Mosfet IRF730 ; un AOP, le LM324 ; un buzzer ; un capteur d'infrarouge ; deux photos-coupleurs ; deux potentiomètres de 50k Ω , une résistance de 220 Ω ; une plaquette perforée ; du fil conducteur.

A. Schéma : voir la figure 9 à propos de la sécurité.

B. Programmation Python

Les PINs ont été définis de la sorte : 6 pins seront branchées à la sortie de la détection du fumée ; 20 pour brancher le buzzer ; 16 Pour piloter la grille du mosfet afin de commander le relais qui reliera aussi la prise.



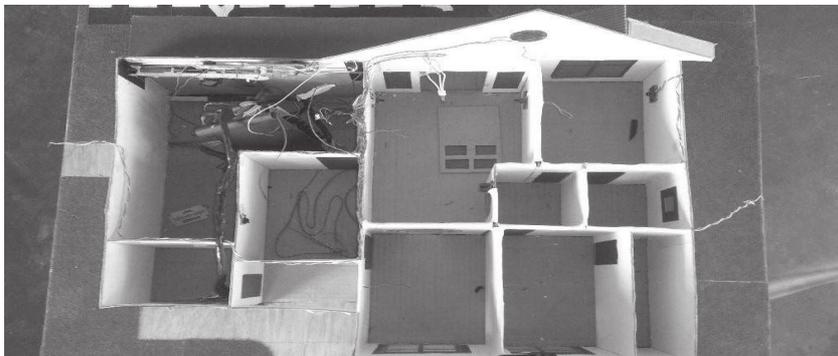
Avec cette page on peut gérer toutes les actions liées à la sécurité, entre autres, activer ou désactiver le système d'alarme et les prises de la maison manuellement.

Annexe

Annexe 1 : le lien de téléchargement du projet

Il est stocké sur un dépôt public de GITHUB voici le lien : <https://github.com/Blaise Mubadi/domotique>

Annexe 2 : l'image du prototype





Conclusion

Dans notre projet, nous avons mis en œuvre un système embarqué qui répond à des fonctions principales de la domotique, à savoir la gestion d'éclairage, l'ouverture à distance des volets, la détection d'une fuite de gaz (fumée) qui est dans le système d'alarme et le contrôle de la ventilation.

Nous avons conçu une application PHP associée à l'application python pour répondre aux besoins quotidiens de confort, de sécurité et d'économie d'énergie. En outre, nous avons expliqué les concepts de l'IoT et la domotique, ainsi que le fonctionnement d'une maison intelligente. Bien plus, nous avons présenté les différentes cartes Raspberry, leur composition ainsi que leurs modes de fonctionnement. Quant à la description du projet, nous avons présenté les éléments ou les fonc-

Déploiement d'une solution IoT

tions qui concourent à la réalisation de cette maison intelligente et la démarche poursuivie pour son effectivité.

Au total, nous avons réalisé une maison avec ces composantes (capteurs et actionneurs) : la sonde ; le LDR ; les capteurs de l'infrarouge ; les moteurs ; les lampes.

Ces composantes sont tissées autour de notre nano ordinateur qui est le Raspberry. Chaque fonction réalisée devrait être commandée à distance via l'interface web après une authentification.