



N° Réf :.....

Centre Universitaire
Abd Elhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et Technologie

Département de Mathématiques et Informatique

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

En : Informatique

Spécialité: Sciences et Technologies de l'Information et de la
Communication (STIC)

*Réalisation d'un système base sur l'Internet des
objets et les agents pour lutter contre les incendies de
forêt à Mila*

Préparé par: BENRABAH romissa
AMRI maha

Soutenu devant le jury

Encadré par BOUZAHZAH mounira
Président HETTAB abdelkamel
Examineur ZEKIOUK mounira

Grade MCB
Grade MCB
Grade MAA

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciement

Nous remercions tout d'abord Allah le tout Puissant de nous avoir aidé et donné la patience et le Courage durant ces longues et dures années d'études,

En second lieu, nous tenons à remercier notre Encadreur Mme « Bouzahzah Mounira » Pour son aide et ses encouragements et Surtout pour ses précieux conseils Qui nous ont assistés pour réaliser ce travail.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à Messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous remercions aussi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, et ainsi tous les gens de pré et de loin qui ont aidé à l'élaboration de ce sujet.



Dédicaces

On dédie ce modeste travail

Aux êtres les plus chers de ma vie, mon père, symbole de courage et de volonté et ma mère, source de tendresse qui ont été les Bougies allumant mon chemin vers la réussite, qui m'ont tout donnés, leurs amours, leurs sacrifices pour que je puisse suivre mes études dans de bonnes conditions et qui ne cessent pas de m'encourager et de veiller pour mon bien.

À mes chers et adorables frères 'Walid' et 'Mohammed' qui étaient toujours à mes côtés pour m'encourager et me conseiller.

A mon binôme, 'Maissa' pour la patience dont il fait preuve envers moi.

A tous mes amis avec lesquels j'ai partagé des moments de joie et de bonheur, à tous ceux qui ont été à mes côtés jusqu'à aujourd'hui.

A tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Amri Maha

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات الحمد لله الذي وفقنا و سدد خطانا الى ان وصلنا و حققنا مبتغانا
و بوصولنا هذا لا ننسى من كانوا سندا و عوننا لنا في مشوارنا بعد الله عز وجل فاهدي تخرجي هذا
الى الغالي للنجم الساري في سما افقي الى الغالي الذي سكن في اعماقي الى منبع الحنان الوافر
الى المربي الفاضل الذي نسج لي طريق النجاح في حياتي اليك ايها الوالد الحبيب.

ابي اشكرك شكرا لا حد له فقد رببتي احسن تربية و اعنتني في اكمال دراستي و كنت عوننا لي في كل
شؤوني و عطرت لي كل حياتي و انرت لي كل دروبي فأسال الله ان يبارك في عمرك و يعينني على
برك.

الى من ملكت حواسي و احساسي و احتوت عقلي و افكاري و هامت بها نفسي و الى الحب الصادق و
المربية الفاضلة و الشمس الوضاعة التي انارت لي دروب النجاح اليك ايتها الوالدة الحبيبة اليك يامن
كانت تنتظر عودتي من جامعتي بشوق كل يوم ها األ اليوم خريجة .

امي اشكرك شكرا لا حد له فقد رببتي احسن تربية و اعنتني في اكمال دراستي و كنت عوننا لي في كل
شؤوني و عطرت لي كل حياتي و انرت لي كل دروبي فأسال الله ان يبارك في عمرك و يعينني على
برك.

الى اخوتي الى من كانوا السند الى من كانوا الدافع الى من زرعوا الامل حين رأو دموع الخيبة
في هذا المشوار الى من كانوا العون الى كانوا من كانوا درعا حاميا لي طول الطريق (حمزة،
امينة، حليلة، ياسين)

الى احباب قلبي الى من يسعد القلب برؤيتهم محمد "الامين وجدان".
الى كل افراد عائلتي الى من احبوني الى من دعموني و تمنوا وصولي الى هنا.
الى من جمعتنا بهم مدرجات الجامعة الى من لم يكونوا مجرد زميلات بل كانوا صديقات بمثابة
أخوات (نهال، ملاك، اسماء، زينب، كهينة، اميمة، بسمة، ريان)
الى من جمعتنا الصدفة لنكون سويا في هذا العمل الى من تشاركنا و تقاسمنا العمل في هذه المذكرة
الى من تشاركت معها الطريق للوصول الى هنا و الى هذا اليوم ثنائيتي "مها".

رئيسة

Résumé

Ce projet a pour but de concevoir un système intelligent de surveillance forestière basé sur l'internet des objets et la technologie d'agent.

Ce système surveille la forêt et utilise les résultats de cette surveillance dans la prise de décision concernant la présence d'un incendie dans la forêt, puis envoie une alerte à l'application Web de la Direction de la protection civile.

Nous avons développé une application web qui permet la réception des alertes émet par l'agent intelligent. Cette application permet aussi la génération des statistiques concernant l'incendie et les pertes causées par cet incendie (matérielles et humaines).

A travers ce système, notre objectif est la détection des incendies dans leurs premières minutes, et donc l'intervention rapide des agents de la Direction de la Protection Civile pour éteindre l'incendie avant qu'il devienne incontrôlable.

Mots clés : Agent, capteur, application web, IOT, incendie.

Summary

This project aims to deal with forest monitoring system based on the Internet of Things and agent technology. This system monitors the forest and uses the results of this monitoring in decision-making regarding the presence of fire in the forest, then sends an alert to the web application of the Civil Protection Department.

We have developed a web application that allows the reception of alerts issued by the intelligent agent. This application also allows the generation of statistics concerning the fire and the losses caused by fire (material and human).

The main objective of this system is the detection of fires in their first minutes, and therefore the rapid intervention of the agents of the Civil Protection Department to extinguish the fire before it becomes uncontrollable.

Keywords: Agent, sensor, web application, IOT, fire.

ملخص

يهدف هذا المشروع إلى تصميم نظام ذكي لمراقبة الغابات يعتمد على إنترنت الأشياء وتقنية الوكيل . يقوم هذا النظام بمراقبة الغابة ويستخدم نتائج هذه المراقبة في اتخاذ القرار فيما يتعلق بوجود حريق في الغابة ، ثم يرسل تنبيهًا إلى تطبيق الويب الخاص بمديرية الحماية المدنية.

لقد قمنا بتطوير تطبيق ويب يسمح بتلقي التنبيهات الصادرة عن الوكيل الذكي. يسمح هذا التطبيق أيضًا بتوليد إحصائيات عن الحريق والخسائر (المادية والبشرية).

هدفنا من خلال هذا النظام هو الكشف عن الحرائق في دقائقها الأولى ، وبالتالي التدخل السريع من قبل عملاء إدارة الحماية المدنية لإطفاء الحريق قبل أن يصبح خارج السيطرة.

الكلمات المفتاحية: الوكيل ، حساس ، تطبيق ويب ، إنترنت الأشياء ، حريق

Table de Matière

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Table de matière	
liste des figure	
Liste des tableaux	
Introduction General	02
Chapitre 01: La surveillance intelligente des forêts	
1. Introduction	05
2. Les stratifications de végétations	05
3. la végétation principale combustible	06
4. Ecllosion et Facteurs influents dans les feux de forêt	07
5. Dynamique du feu de forêt	08
6. Les différents types de feux de forêt	09
6.1. Les feux profonds (sols)	09
6.2. Les feux de surfaces	10
6.3. Les feux de cimes)	10
7. les statistique des feux de forêt en Mila	11
8. Dégâts de feu de forêt	13
9. la surveillance intelligente de forêt	14
9.1. Les facteur à surveiller en forêt (les conditions à surveiller)	14
9.2. Le contrôle automatique des conditions	14
10. Les systèmes existents	14
11. Conclusion	17
Chapitre 02 : Internet des objets	
1. Introduction	19
2. Définition de l'internet des objets (IoT)	19
3. Caractéristiques d'un système d'Internet des objets	19
4. Objets connectés	20
5. Cycle de vie d'un objet connecté dans l'IoT	21
6. Les Composants de L'IOT	22
7. Normes et standards utilisées dans l'IdO	23
7.1. WiFi	23
7.2. Bluetooth	23
7.3 .Zigbee	23
7.4. quatrième et cinquième génération (4G et 5G)	24
8. Technologies fondatrices de l'IoT	24
8.1 .RFID (Radio Frequency Identification)	25
8.1.1 .La RFID active	25
8.1.2. La RFID passive	26

8.2. Les réseaux de capteurs sans fil	26
9. Architecture de l'Internet des Objets	27
9.1. Couche perception	28
9.2. Couche réseau	28
9.3. Couche traitement	28
9.4. Couche application	28
9.5. Couche Business	28
10. Fonctionnement de l'IoT	29
10.1. Collecter /Actionner	29
10.2. Communiquer	30
10.3. Exécuter	30
10.4 .Visualiser	30
11. Domaines d'application de l'IdO	30
12. Les objets connectés dans l'environnement	32
13. Les enjeux de l'Internet des objets	32
13.1. La sécurité	34
13.2. La protection de la vie privée des utilisateurs	34
13.3 Les limitations de ressources	34
13.4 L'interopérabilité	34
13.5 La virtualisation	34
13.6 La transparence	34
13.7 Le nombre croissant d'objets connectés	34
13.8 La mobilité	34
13.9 La qualité de service des communications	34
14. Les Travaux qui existent	34
14.1. Système à base de module (utilisation des algorithmes d'apprentissage)	34
14.2. Système a base des agents mobile	35
14. 2.1. Agents mobiles	35
14.3. Système à base de système multi-agents	36
14.3.1 Définition d'agent	36
14.3.2 .Types d'agent	37
14.3.3. Systèmes multi-agents	39
15. Conclusion	40
Chapitre 03 : Étude conceptuelle	
1. Introduction	42
2. Objectif du projet	42
3. Principe de la solution proposé	42
4. Architecture globale du système	43
4.1 .la couche capteur /actionner	43
4.1.1 Le capteur de température	44
4.1.2 Le Capteur de fumée et gaz (dit MQ2)	44
4.1.3 Capteur de flamme	45
4.1.4 Capteurs des satellites	46
4.2. L'image satellite	47
4.2.1 Définition	47
4.2.2. Méthodes de détection des changements des	47

images satellite	
4.3. La couche de décision	48
4.4. Application web	50
4.5. La base de données	51
5. Conclusion	53
Chapitre 04 : Réalisation et Implémentation	
1. Introduction	55
2. Vision globale	55
3. Interface physique de capture et d'actionnement	56
3.1. Schéma de raccordement	56
3.2. Composants	56
3.2.1. Carte Arduino UNO WIFI	56
3.2.2. Capteur	56
3.3. Environnement logiciel et langage	60
3.3.1. Arduino	60
3.3.2. Langage C++	60
4. Le système multi-agents système de contrôle local	60
4.1. Environnement matériel	60
4.2. La plateforme jade et les bibliothèques utilisées	60
4.2.1. Java Agent Développement Framework JADE	60
4.2.2. NetBeans	61
4.3. Les interface graphique	62
5. Site web	62
5.1. Langages et environnements de programmation et bibliothèques	62
5.2. PagesWEB	64
6. Conclusion	67
Conclusion générale	69

LISTE DES FIGURE

Chapitre01: La surveillance intelligente des forêts	
Figure 1.1 : Les quatre stratifications de végétations	05
Figure 1.2 : Dynamique du feu de forêt	08
Figure 1.3 : Les feux profonds (sols)	09
Figure 1.4: Les feux de surfaces	10
Figure 1.5: Les feux de cimes	11
Figure 1.6:Image illustrant comment installer les capteurs dans le projet Burne Monitor	16
Chapitre 02 : Internet des objets	
Figure 2.1:Cycle de vie de l'objet	21
Figure 2.2: Logo du standard Bluetooth	23
Figure 2.3:Logo du protocole ZigBee	24
Figure 2.4 : Schéma principe de la RFID	25
Figure 2.5 : Les étiquettes RFID	26
Figure 2.6 : Architecture de communication d'un réseau de capteur sans fil	26
Figure 2.7 : Technologies fondatrices de l'Internet des objets	27
Figure 2.8 : L'architecture cinq couches	27
Figure 2.9 : Fonctionnement de l'IoT	29
Figure 2.10: Applications de l'IdO	31
Figure 2.11: Agent mobile détection des mouvements	35
Figure 2.12 : présentation classique d'un agent et son environnement	36
Figure2.13 : Agent réactif	37
Figure 2.14 : Agent cognitif	38
Figure 2.15 : Représentation d'un agent en interaction avec son environnement, et les autres agents	39
Chapitre 03 : Étude conceptuelle	
Figure 3.1 : Éléments du système	43
Figure 3.2 : Branchement du capteur DHT avec Arduino	44
Figure 3.3 : Branchement du capteur MQ2 avec Arduino	45
Figure 3.4 : Branchement du capteur de flamme avec Arduino	46
Figure3.5 : diagramme de séquence d'agent Manager	50
Figure3.6: diagramme de séquence gestion des informations et des statistiques	50
Figure3.7: Architecture global du système	51
Figure3.8 : Diagramme de classe gestion de statistique	52
Chapitre 04 : Réalisation et Implémentation	
Figure 4.1 : Éléments du système	55
Figure 4.2: Schéma de raccordement de l'interface de capture	56
Figure 4.3 : Carte ARDUINO UNO WIFI	56
Figure 4.4: Exemple de nœud capteur	57
Figure 4.5 : Anatomie d'un capteur	58
Figure4.6 : figure qui représente le logo de JADE	61

Figure 4.7 : figure qui représente le logo deNetbeans	61
Figure 4.8 : figure qui représente l'interface jade avec l'agent créés	62
Figure 4.9 : figure qui représente le logo de phpmyadmin	63
Figure 4.10: page d'Accueil	64
Figure 4.11: présentation d'interface Ajouter Dégâts	65
Figure 4.12 : Accéder au statistique	65
Figure 4.13: Afficher statistique des dégâts humains	66
Figure 4.14 : Afficher statistique des dégâts matérielle	66
Figure 4.15 : Afficher statistique des incendies	66

Liste des tableaux

Chapitre01: La surveillance intelligente des forêts	
Tableau 1.1 : Déclencheurs et non-motivateur des incendies de forêt	6
Tableau 1.2: tableau représentant le nombre de feux de forêts au cours de l'année 2020	11
Tableau 1.3 : tableau représentant le nombre de feux de forêts au cours de l'année 2020	11
Tableau 1.4 : Un tableau représentant le nombre de feux de forêts au cours de l'année 2021 dans chaque arrondissement	12
Chapitre 02 : Internet des objets	
Tableau 2.1 : Les composants de base d'un système IOT	21
Chapitre 03 : Étude conceptuelle	
Tableau3.1 : Les capteurs et l'agent utilisés	49
Tableau3.2 : description textuelle d'agent manager	
Tableau 3.3: tableau qui représenté les informations nécessaires pour faire les statistique	52
Chapitre 04 : Réalisation et Implémentation	
Tableau4.1 : Capteurs utilisés	59

Introduction

General

Introduction générale

Le développement croissant de l'informatique a encouragé l'intégration d'une variété de dispositifs sophistiqués. Ces dispositifs communiquent entre eux pour aider les utilisateurs dans des situations particulières et selon leurs besoins comme dans la sécurité, le confort, et même la santé. Les dispositifs forme un environnement de connexion d'objets cet environnement est mis en œuvre par des systèmes d'objets connectés connue sous le nom internet des objets (internet of things).

Cette nouvelle discipline ouvre plusieurs axes de recherche telle que la modélisation des objets, et la gestion automatique des taches. L'Internet des objets représente une infrastructure qui remplit le gap entre les capteurs simples qui fournit des données bruts, bruités et imparfaites et la virtualisation basée sur des applications de haut niveau qui fournissent des services sophistiqués.

La surveillance intelligente des forêt simplique l'utilisation des technologies de la communication de l'information (TIC) et en particulier de l'Internet des objets (IoT) et de l'analyse de données associées pour faire face à ces défis via la surveillance électronique des forêts .

Ces données de surveillance peuvent ensuite être analysées pour identifier les décisions qui répondent le mieux aux objectifs de la prévention.

L'objectif de notre projet est de développer une application basée sur l'internet des objets et la technologie d'agent pour lutter contre les incendies de forêt dans la wilaya de Mila.

Problématique

Le problème des incendie de forêt peut être résume par les points suivant :

- Les grandes pertes matérielles et humaines causées par les incendies de forêt chaque année pendant la saison estivale.
- Le Défaut de détection des incendies dans leurs premières minutes, ce qui entraîne leur propagation rapide et la difficulté à les contrôler.
- L'absence d'un système ou de moyens avancés sur lesquels s'appuient les districts forestiers et les directions de la protection civile pour détecter les incendies dès leur apparition.
- Les directions de la protection civile se sont appuyées sur les moyens traditionnels pour détecter les incendies de forêt, comme contacter les citoyens et les informer de la présence d'un incendie.

Le fait qui nous avons encouragé pour décider de travail sur un projet qui permet la détection des incendie d'une façon rapide.

Objectif

Notre système vise à atteindre les objectifs suivants :

- Introduire un système à la Direction de la Protection Civile qui permet de détecter les incendies de forêt dans leurs premières minutes.
- Développer les moyens adoptés par la Direction de la Protection Civile dans la détection des incendies de forêt.
- Réduire les différentes pertes causées par les incendies de forêt.
- Préserver la richesse forestière.
- Maîtriser facilement les incendies grâce à leur détection dans les premières minutes.

Organisation du mémoire

Nous avons structuré ce mémoire en quatre chapitres:

Chapitre 1 : La surveillance intelligente des forêts

Chapitre 2 : Internet des objets

Chapitre 3 : Etude conceptuelle

Chapitre 4 : Réalisation et Implémentation

Nous terminons ce travail par une conclusion général qui résume le travail et donne ses perspectives.

Chapitre 01

*La surveillance
intelligente des forêts*

1. Introduction

Les feux de forêt sont des sinistres qui se déclarent et se propagent sur une surface minimale d'un hectare, forestière (composée principalement par des arbres et des arbustes d'âges et de densité variables) ou sub forestière (formations d'arbres feuillus ou de broussailles appelées maquis ou garrigue). Les incendies de forêt sont beaucoup moins meurtriers que la plupart des catastrophes naturelles. Ils n'en restent pas moins très coûteux, tant au niveau des moyens matériels et humains mis en œuvre, que des conséquences environnementales et économiques qui en découlent.

Dans ce chapitre, nous allons présenter en premier lieu des généralités sur les feux de forêt. En deuxième lieu, nous allons parler sur la surveillance intelligente des forêts et les travaux qui existent dans ce domaine.

2. Les stratifications de végétations

Dans les écosystèmes forestiers tempérés, on reconnaît généralement quatre strates :

2.1 .La strate muscinale: (0 à 5 cm) est composée des mousses, des lichens terrestres et de diverses plantes naines. [1]

2.2. La strate herbacée: (5 à 80 cm) est constituée essentiellement de graminées, des plantes à fleurs, de fougères, ainsi que de petits végétaux ligneux sous-arbustifs comme les bruyères, les airelles ou les myrtilles, les rhododendrons, etc. [1]

2.3. La strate arbustive: (1 m à 8 m) comprend soit les végétaux ligneux qui ne dépassent guère cette hauteur (houx, sorbiers, ifs, buis, etc.), soit les jeunes arbres. [1]

2.4. La strate arborescente : ou arborée au-delà de 10 mètres de hauteur, les végétaux appartiennent dans les écosystèmes forestiers tropicaux, cette stratification est parfois plus difficile à mettre en évidence, soit parce que la canopée est trop dense pour admettre une réelle stratification, soit parce que l'abondance des lianes ou de plantes épiphytes fausse la perception de la stratification. [1]

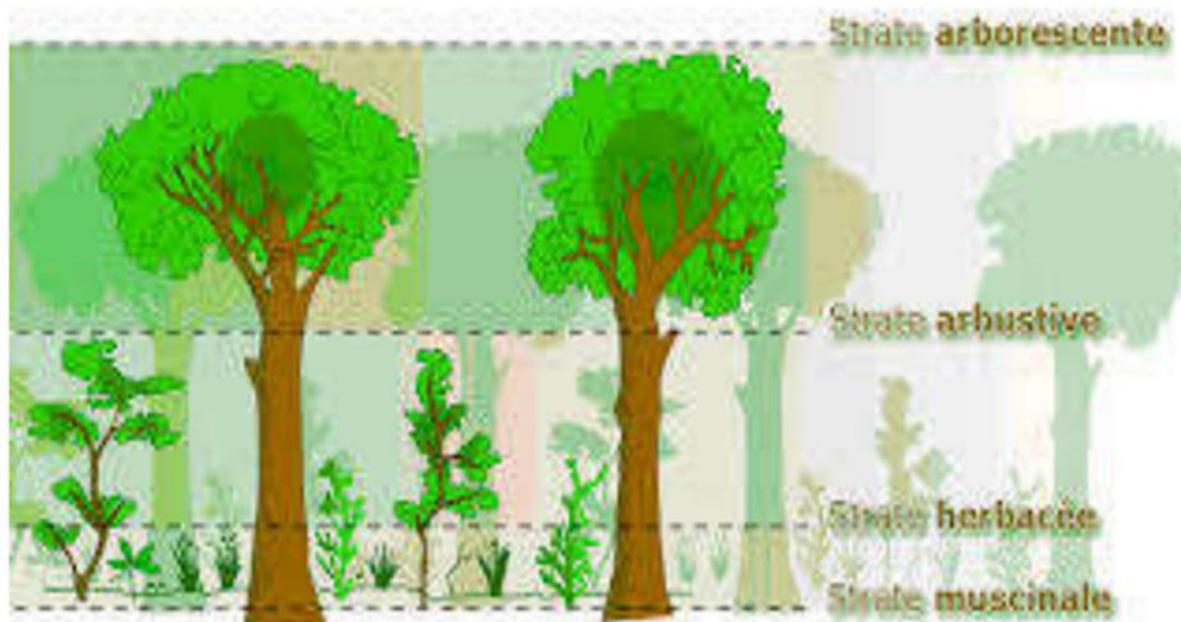


Figure 1.1 : Les quatre stratifications de végétations

3. la végétation principale combustible

La végétation va permettre au feu de se développer. Il s'agira de déterminer les zones qui favoriseront le développement du sinistre et celle qui le diminueront.

Favorisant		Défavorisant	
La hauteur	de la végétation accroît la hauteur des flammes et la virulence du feu. Elle rend les manœuvres offensives délicates à engager.	La Discontinuité horizontale	perturbe la progression du feu .Elle facilite les manœuvres offensives.
La Densité	accroît la force et la virulence du feu. Elle rend les manœuvres offensives délicates à engager.	La Discontinuité verticale	perturbe la propagation verticale du feu. Elle facilite les manœuvres offensives, mais impose une grande attention.
La sécheresse	accroît la rapidité d'inflammabilité .Elle rend les manœuvres offensives délicates à engager.		
L'humus	augmente le risque de reprise.		

Tableau 1.1 : Déclencheurs et non-motivateur des incendies de forêt

Il impose une bonne alimentation en eau et/ou un traitement des lisières par du forestage Conséquences à retenir Plus la végétation est haute, dense, sèche et continue plus le feu sera violent et les manœuvres défensives seront à privilégier. Plus la végétation est basse, éparse, verte et discontinue moins le feu sera violent et les manœuvres offensives seront à privilégier. Plus l'épaisseur d'humus ou de litières est importante plus l'extinction sera difficile à obtenir l'alimentation en eau et le matériel de forestage seront à privilégier.

[1]

4. Ecllosion et Facteurs influents dans les feux de forêts

La formation d'un feu de forêt se caractérise par une inflammation et une combustion (Propagation du feu), il faut qu'il y ait :

- ✓ un combustible : n'importe quel végétal dans la forêt.
- ✓ une source de chaleur : étincelle ou flamme générée par l'homme.
- ✓ l'oxygène : gaz hautement inflammable.

Les plus grands combustibles restent les résineux, les épineux, le maquis (sol siliceux), la garrigue (sol calcaire), les landes (petits arbustes). Ces trois derniers combustibles sont plus assujettis au feu. Plusieurs phases de formation du feu entrent alors en jeu :

Evaporation de l'eau dans la plante :

De l'énergie cinétique se crée alors, le mouvement généré par le vent fait que l'énergie cinétique a une intensité de plus en plus élevée permettant la propagation à l'ensemble du massif par conduction (mouvements de matières avec échanges de chaleur).

Rayonnement terrestre:

Le soleil contient des rayons infrarouges pénétrant le sol et le chauffant par conséquent, des échanges de chaleur se font alors permettant l'assèchement du sol et donc la propagation du feu. C'est d'ailleurs pour ça que les incendies se déclenchent le plus souvent en été et au début du printemps (début de la poussée racinaire)

Les gaz inflammables:

Ils favorisent comme l'oxygène la formation d'étincelles.

Les mouvements de convection :

Ils se produisent surtout au niveau des reliefs (là où l'air chaud est sans cesse en mouvement), ils transportent les particules inflammables sans qu'il y ait des échanges de chaleur. Du coup, ces particules inflammables sont la hantise des agents de la protection civile car favorables à la formation de sautes de feu (formation d'autres foyers d'incendies).

[1]

5. Dynamique du feu de forêt :

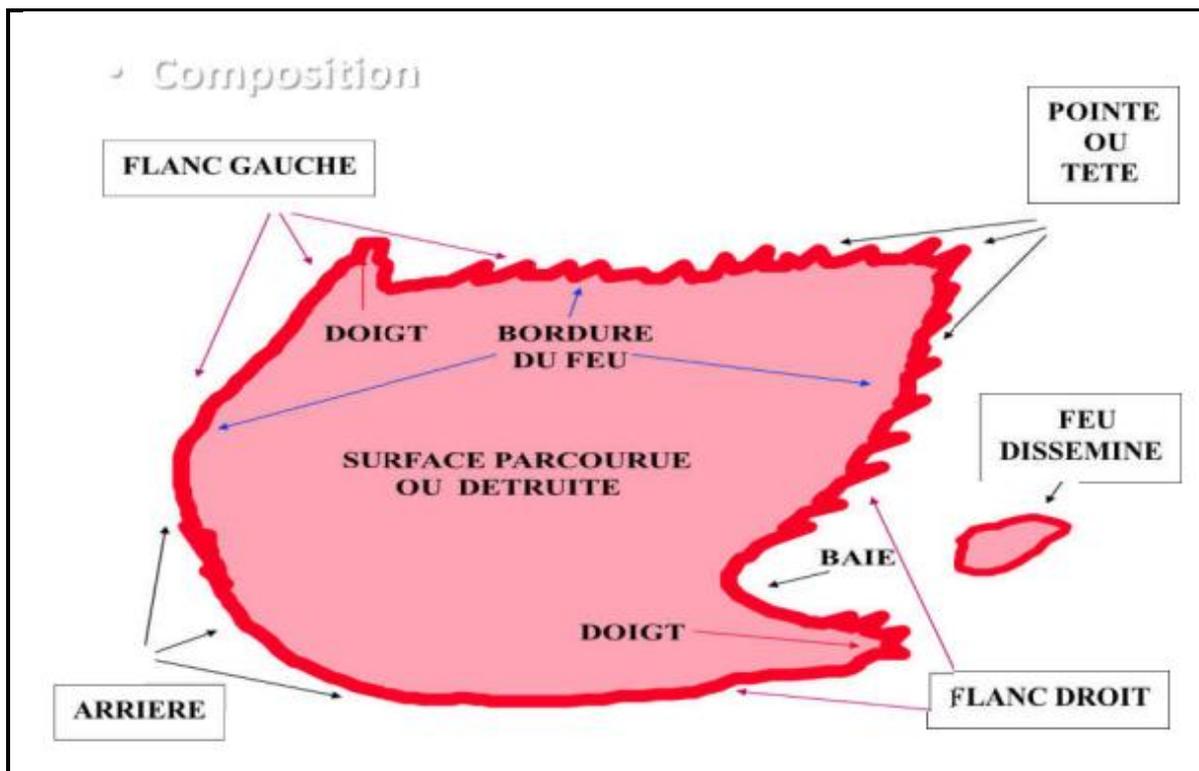


Figure 1.2 : Dynamique du feu de forêt

- ✓ **Bordure du feu** : où la propagation est la plus grande.
- ✓ **Flancs ou Cotes** : entre le front et la lisière arrière.
- ✓ **Flancs droit et gauche** : en regardant le feu depuis l'arrière.
- ✓ **Queue ou arrière** : le feu se développe lentement à rebrousse.
- ✓ **Bordure ou lisière** : ligne irrégulière délimitant le brûlé du non-brûlé.
- ✓ **Périmètre** : longueur de la bordure du feu.
- ✓ **Foyer** : masse de matières en ignition.
- ✓ **Point chaud** : même chose que le foyer, mais souvent non visible
- ✓ **Feux Disséminés** foyers secondaires, extérieurs à la bordure principale, allumés par des projections enflammées
- ✓ **Fumerolle** terme employé pour désigner un dégagement de fumée blanche, en dehors du périmètre du feu, précédant une combustion
- ✓ **Fumée** provient d'un foyer qui n'a pas été encore éteint.
- ✓ **Doigts** petites pointes de feu, s'écartant sur le côté et pouvant se développer isolément.
- ✓ **Baies** parties incurvées de la bordure du feu qui se développe plus lentement (pentes, négatives, feuillus, rochers ,...)

6. Les différents types de feux de forêt

En général, le comportement du feu est influencé par le climat, le milieu physique, les combustibles (composition, structure, taux d'humidité contenue dans la végétation, soit morte ou vivante et les débris. Tous ces éléments travaillent en harmonie pour déterminer comment le feu se comporte, Cela est du au nombre infinie de combinaisons entre ces éléments. Les caractéristiques du comportement du feu sont différentes par rapport au froid et l'humidité, par exemples les versants nord sont plus frais et plus humides que les versants sud. Les forêts et la végétation qui se développent en conditions frais et humides, tendent à avoir une longue fréquence des feux (intervalle plus long entre deux feux), dans les forêts où les conditions sont plus sèches, l'intervalle est court entre les deux feux. Les caractéristiques du comportement du feu incluent, le taux de propagation, l'intensité, le temps de résistance (du feu), transition aux feux de cimes, apparition des îlots (foyers secondaires) le front de flammes.

6.1. Les feux profonds (sols) :

Les feux profonds sont importants, mais souvent considérés comme une petite partie de plus grands feux (feux de surface, feux de cimes), malgré leurs dégâts. Il y a trois strates de combustibles qui contribuent à l'initiation de ce type de feu. Le combustible profond, constitué principalement par les horizons du sol organique (humus), contribuant d'une façon majeurs pour donner la matière combustible, ce type de feu brûle lentement pendant des jours même des mois, si le combustible est mouillé. Les couches profondes de combustible sont aussi trouvées dans les forêts qui n'ont pas été soumises aux feux pendant des décennies, avec des grandes accumulations près des bases des arbres.

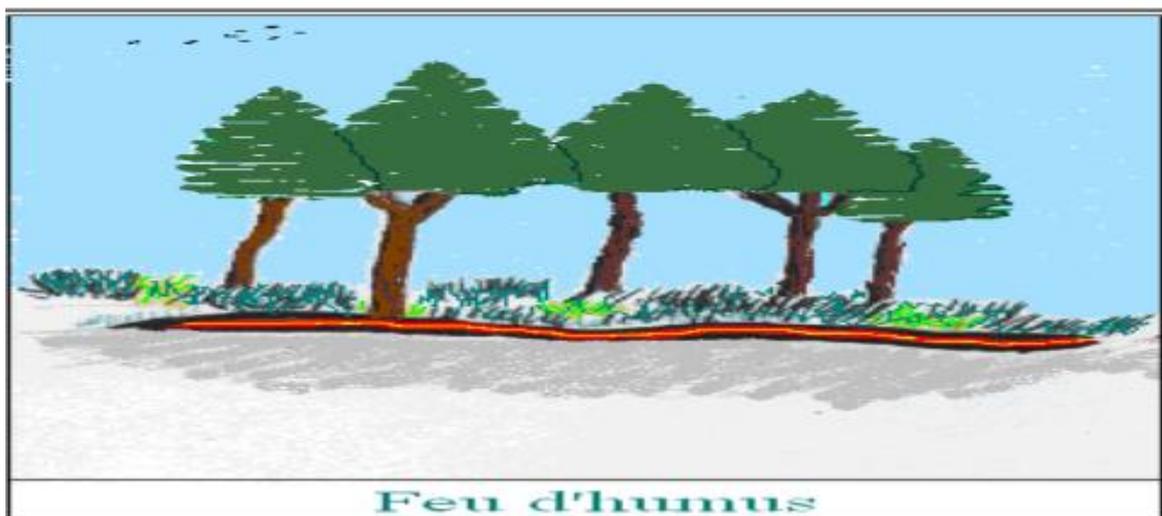


Figure 1.3 : Les feux profonds (sols)

Les mousses, les lichens, la litière, qui ont une surface importante, peuvent faciliter dans les conditions de sécheresse la propagation des feux profonds et la transition en feux de

surface. Les combustibles ligneux (les bûches enfoncées dans le sol, les racines, les souches d'arbres), sont souvent sous-estimés, mais peuvent brûler pour des semaines à savoir des mois. La combustion des débris ligneux dans le sol contribue à la production de fumée et à des négatifs impactes sur les sols (par exemple, perte de la matière organique, l'érosion, volatilisation des éléments nutritifs. [1]

6.2. Les feux de surfaces :

L'intensité et la durée des feux de surface dépendent de la disponibilité du combustible de surface et de ses caractéristiques. Il y a trois strates de combustible (la végétation basse, combustibles ligneux, les mousses, les lichens et la litière) qui contribuent à l'initiation et la propagation des feux de surface. Ces matériaux peuvent être distribués à travers la forêt, ou concentrés dans des lieux donnés par les activités d'aménagement ou par les évènements naturels (vents, neiges).



Figure 1.4: Les feux de surfaces

Les combustibles ligneux peuvent augmenter l'énergie dégagée par les feux de surface, et dans quelques cas augmenter la longueur des flammes suffisamment pour brûler le combustible aérien. Les feux de surfaces peuvent se propager rapidement à travers les différentes strates jusqu'aux cimes des arbres (spécialement des arbres avec des cimes basses). [1]

6.3. Les feux de cimes :

La continuité spatiale et la densité de la canopée (dais), avec la combinaison du vent et le milieu physique fournissent les conditions demandées pour déclencher les feux qui consomment les cimes (aiguilles et petites branches) des arbres. La hauteur et la densité ainsi que la continuité de la voûte (canopée), sont des caractéristiques clé de la structure de la forêt qui affectent la naissance et la propagation des feux de cimes (Albini, 1976, Rothermel, 1991). La canopée moins dense, constituée d'unités espacées réduisent la propagation du feu. Les éclaircies par le haut sont plus recommandées pour réduire le taux de propagation des feux de cimes. L'humidité de l'air et le vent; ont un effet important sur le comportement du feu, le vent peut transporter les brandons à des distances importantes

en sautant les différentes barrières naturelles, berges, oueds, roches (sauts de feu). Au cours de la combustion et avec le temps les fronts du feu peuvent augmenter à la fois de taille et de nombres conjugués avec la disponibilité du combustible, ils peuvent atteindre les cimes des arbres. [1]



Figure 1.5: Les feux de cimes

7. les statistique des feux de forêt en Mila

Durant le stage réalisé dans la direction de la protection civil de la wilaya de Mila nous avons collecté les informations suivant qui représente des Statistiques des feux de forêt pour l'année 2020 et 2021 :

- ✓ Statistiques des feux de forêt pour l'année 2020 :

Type de feu	nombre d'interventions	Pertes par hectare
Foret	219	480.5

Tableau 1.2:tableau représentant le nombre de feux de forêts au cours de l'année2020

- ✓ Statistiques des feux de forêt pour l'année 2021

Type de feu	nombre d'interventions	Pertes par hectare
Foret	90	177

Tableau1.3 : tableau représentant le nombre de feux de forêts au cours de l'année 2020

Ces informations sont tirées des documents et des fichiers des services des statistiques de la direction.

Une comparaison entre les années 2020 et 2021, l'année 2021 a connu une diminution significative des pertes causées par les feux de forêt et de brousse, s'élevant à 83,9%, en plus d'une diminution des pertes causées par les incendies d'arbres fruitiers, qui s'élevaient à 58%, avec un augmentation des pertes de récoltes agricoles de 138%.

- ✓ Statistiques des feux de forêts au cours de l'année 2021 dans chaque arrondissement.

Pertes par hectare	Arrondissement
46.6	Chellgoum el aïd
0.5	Ferdjioua
38.062	Taraaibainan
26.28	Tssaadanhadada
24.22	Graramkouka
38.5	Rouachad
3.5	Sidi marouan

Tableau 1.4 : Un tableau représentant le nombre de feux de forêts au cours de l'année 2021 dans chaque arrondissement.

8. Dégâts de feu de forêt

Les dommages des incendies de forêt à l'environnement Les incendies de forêt font partie de la nature car ils jouent un rôle important dans la formation des écosystèmes en travaillant sur le renouvellement et le changement, mais les incendies peuvent être mortels, détruire les habitations et les habitats fauniques et polluer l'air avec des émissions nocives pour l'homme. La santé, et les incendies émettent du dioxyde de carbone, l'un des principaux gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les dommages et effets les plus importants que les incendies de forêt laissent sur l'environnement sont les suivants :

8.1. Dégradation des écosystèmes et de la biodiversité

Les incendies de forêt détruisent les habitats des animaux et affectent les relations complexes entre la diversité de la flore et de la faune, entraînant la perte des écosystèmes et de la biodiversité, voire l'extinction de certains animaux. [1]

8.2. Pollution de l'air

Les arbres et les plantes purifient l'air de l'atmosphère dont nous dépendons pour respirer, car les plantes absorbent le dioxyde de carbone, les gaz à effet de serre et les impuretés de l'air, puis libèrent de l'oxygène dans l'atmosphère. Lorsque les incendies détruisent la vie végétale, la qualité de l'air que nous respirons diminue et les gaz à effet de serre augmentent dans l'atmosphère, ce qui entraîne des changements climatiques et le réchauffement de la planète. [1]

8.3. Dégradation des forêts

Les incendies de forêt, tels que ceux qui se produisent généralement dans les forêts tropicales sèches, sont une cause majeure de dégradation des forêts Chaque fois que des incendies de forêt se déclarent, des milliers d'arbres et de couverture végétale sont détruits, et presque chaque année, des incendies de forêt se produisent qui réduisent la qualité de certaines forêts telles que la fertilité des sols et la biodiversité et les systèmes environnementaux. [1]

8.4. Les Dégradation des sols

Les incendies de forêt tuent les micro-organismes bénéfiques du sol responsables de l'ameublissement du sol et de la promotion des activités microbiennes du sol Brûler les arbres et la végétation laisse le sol à nu, le rendant vulnérable à l'érosion du sol La température élevée causée par les incendies de forêt détruit toute la valeur nutritionnelle du sol. [1]

8.5. Destruction des bassins

Les arbres et la végétation protègent les bassins versants car presque toute l'eau provient de l'eau provenant des forêts et, lorsqu'elle brûle, les systèmes de protection naturelle des ruisseaux et des rivières peuvent être affectés. [1]

9. La surveillance intelligente des forêts

Pour remédier au problème d'incendie de la forêt on propose la réalisation d'un système pour la surveillance intelligente des forêts qui permet une détection rapide de feux afin de réduire les dégâts.

9.1. Les facteurs à surveiller en forêt (les conditions à surveiller)

9.1.1. La température : est l'un des indicateurs les plus importants d'un incendie et de la présence d'un incendie, dans lequel la température de la forêt est mesurée pendant des périodes de temps espacées et comparée à la température de la forêt naturelle et attendue du service météorologique

9.1.2. La fumée : est le deuxième facteur après la température, car la présence de fumée dans certaines proportions dans la forêt est l'un des plus grands indicateurs du déclenchement d'un incendie et de la présence d'un incendie

9.1.3. Changements dans l'image de la forêt : En cas d'incendie et de départ de feu, des modifications se produiront sur l'image de la forêt prise par le satellite ou la caméra située à proximité de la forêt.

9.2. Le contrôle automatique des conditions à surveiller

On utilise généralement des capteurs qui permettent l'automatisation du contrôle des conditions qui permettent la prise de décision

9.2.1. Le contrôle de température : Les températures estivales oscillent entre 35 degrés et 45 degrés maximum. Et afin de surveiller ces changements de température, un capteur de température est installé qui fonctionne sur la mesure de la température à différents moments

Si la température dépasse le maximum (45 degrés), cela indique la possibilité d'un incendie dans la forêt

9.2.2. Capteur de fumée : Pour surveiller et de détecter la présence de fumée dans la forêt, un capteur de fumée est installé qui détecte s'il y a de la fumée dans la forêt

9.2.3. Les capteurs des satellites : Un capteur d'image satellite est utilisé pour surveiller l'image de la forêt, puis la comparer avec l'image de la forêt dans son état naturel. S'il y a un changement dans l'image capturée de la forêt, c'est une indication d'un incendie dans la forêt.

10. Les systèmes existents

10.1. Baptisée Silvanet

La solution de l'allemand Dryad Networks repose sur des capteurs à énergie solaire qui sont suspendus à un arbre et le réseau maillé sans fil LoRaWAN. Environ 500 capteurs (environ 50 euros l'unité) sont nécessaires pour couvrir une superficie de 10 km².

Les capteurs intègrent une puce Bosch BME688 qui détecte la composition gazeuse de l'air (hydrogène, dioxyde de carbone, monoxyde de carbone). Ensuite, ils s'appuient sur une solution d'intelligence artificielle pour déterminer plus précisément les risques d'incendie. Selon Dryad, la détection d'un feu de forêt peut être obtenue en moins d'une heure. [2]

10.2. Le projet *BurnMonitor*

Le projet *BurnMonitor* est mené par l'équipe-projet EVA (Inria de Paris), UC Berkeley, AnalogDevices, Planet et ZoneHaven pour répondre aux besoins des pompiers de Moraga-Orinda (MOFD).

Le MOFD avait besoin d'un système permettant de surveiller de près les zones très sensibles, comme par exemple une école dans une zone boisée, d'être alerté grâce à des alarmes en temps réel dès qu'un incendie se déclare et d'avoir les informations nécessaires afin de pouvoir réagir en conséquence et coordonner l'action.

Tous les acteurs ont établi ensemble une solution IoT (Internet des objets, en anglais *Internet of Things*) de détection anticipée des incendies de forêt qui combine capteurs au sol, outils d'analyse de données et images satellites. [3]

Le fonctionnement du système

Une clôture virtuelle de capteurs sans fil autour des zones à protéger est installée : les boîtiers en plastique sont ignifugés et contiennent des capteurs permettant de détecter le feu, et les composants électroniques permettant une communication sans fil. Le boîtier des capteurs est conçu pour résister à une température allant jusqu'à 125°C, la solution continuera donc de fonctionner pendant un incendie, le feu restant dans la plupart des cas proche du sol.

Les capteurs sont montés sur un poteau de 1 mètre de haut et installés à 50 mètres l'un de l'autre pour former une clôture virtuelle. L'espacement de 50 mètres garantit qu'aucun feu ne traverse la clôture sans être détecté.

Les capteurs forment ainsi un réseau maillé sans fil à faible consommation et hautement fiable, autour de dispositifs de passerelle. La fiabilité du réseau, supérieure à 99,999 %, est cruciale pour ne manquer aucune alerte d'incendie.



Figure 1.6:Image illustrant comment installer les capteurs dans le projet Burne Monitor

Au fur et à mesure que le front de l'incendie progresse, il franchit la clôture virtuelle de capteurs qui, les uns après les autres, détectent la présence du feu.

Lorsqu'un capteur détecte un incendie, il envoie cette information vers ce qu'on appelle une « passerelle ». Si cette passerelle est hors de portée du capteur, les données seront relayées par d'autres capteurs : c'est ce que l'on appelle le « saut » des données. Dans le cas inverse, la passerelle elle-même transmet les données au *cloud BurnMonitor* à l'aide de son modem 3G. [3]

Les serveurs du *cloud BurnMonitor* sont localisés au sein des locaux [Inria de Paris](#).

10.3. Fire Urgency Estimator in Geosynchronous Orbit

La Californie est tristement connue pour ses problèmes récurrents d'incendies forestiers et depuis 2013, l'Université de Berkeley a mis en place une équipe qui travaille sur un projet appelé « Fire Urgency Estimator in Geosynchronous Orbit » (FUEGO). Ce système mobilise conjointement des technologies satellites et des drones pour surveiller les incendies et les détecter à un stade précoce avant qu'ils ne deviennent incontrôlables. Satellites et logiciels sur mesure sont utilisés pour localiser les feux potentiellement dangereux et des drones équipés de caméras infrarouges sont envoyés pour suivre la progression de l'incendie. En cas de menace majeure, le système alerte et envoie des canadiens et des pompiers au sol afin de contrôler les départs du feu avant qu'il ne se propage.

Les drones ont une utilité complémentaire dans la lutte contre les incendies de forêt. Ils peuvent être équipés de caméras classiques mais aussi thermiques et traverser les zones où les avions ne peuvent pas se rendre, y compris la nuit lorsque les vents tombent et que les incendies sont théoriquement plus faciles à maîtriser. [4]

11. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une vision générale sur les feux de forêt, nous avons entamé le chapitre par des généralités concernant les types végétations, et les facteur influent les feux de forêts puis nous avons donné des statistiques des feux de forêt à Mila retirer de l'étude de l'existant réalisée aux niveaux de la direction civile de la wilaya de Mila.

Nous avons cite des solutions existants dans différents pays pour remédier aux problèmes des feux de forêt.

Chapitre 02

Internet des objets

1. Introduction

L'**Internet Of Things (IoT) – ou Internet des objets** – représente le réseau d'objets physiques « Things » qui sont intégrés à des capteurs, des logiciels et d'autres technologies dans le but d'échanger des données avec d'autres dispositifs et systèmes sur Internet.

Dans ce chapitre, nous présenterons des généralités sur l'internet des objets (IoT) d'une manière générale et les aspects qui s'y rapportent, ainsi ses principaux acteurs tels que les capteurs avec les différentes caractéristiques.

2. Définition de l'internet des objets (IoT)

L'Internet des choses, abrégé généralement IoT à cause de sa formulation anglaise (Internet of Things), est un néologisme utilisé pour la première fois en 1999 par Kevin Ashton, co-fondateur et directeur de l'Auto-ID Center qui référence tous ces appareils (en dehors des ordinateurs et des smartphones) connectés à Internet. Qu'il s'agisse de voitures, de bracelets de fitness, de réfrigérateurs, de systèmes électriques ou d'autres choses encore, tous sont connectés à Internet et nous permettent d'échanger des données grâce aux capteurs. [5]

En bref, l'Internet des objets est l'évolution naturelle de l'utilisation des réseaux : elle a pour objectif de rendre le monde réel plus intelligent grâce à la connexion des objets, ces derniers obtiennent des informations qu'elles transmettent par réseau. N'importe quel objet autonome qui peut être connecté à Internet et qui peut être utilisé à distance peut être considéré comme un membre de la famille de l'Internet des objets. N'importe quel objet physique disposant d'une adresse IP et permettant de communiquer grâce à un réseau est donc l'un des objets de l'Internet des objets. [5]

L'IdO est un réseau créé à partir d'appareils intelligents qui sont connectés et qui communiquent entre eux via un réseau comme Internet. Les appareils connectés recueillent et échangent de l'information entre eux grâce à des logiciels, caméras et capteurs capables de détecter la lumière, les sons, la distance, les mouvements, etc. Ils peuvent être contrôlés et surveillés à distance, mais la plupart fonctionnent automatiquement. Parmi les appareils intelligents, on trouve des électroménagers, des serrures, des caméras de sécurité, des équipements de production et des véhicules connectés. [6]

3. Caractéristiques d'un système d'Internet des objets

Les caractéristiques fondamentales de l'IdO sont les suivantes :

- **Inter-connectivité** : tout peut être interconnecté avec l'infrastructure globale d'information et de communication. [11]

- **Services liés aux objets connectés** : L'IdO est capable de fournir des services liés aux objets dans les limites des contraintes, telles que la protection de la vie privée et la cohérence sémantique entre les choses physiques et leurs objets virtuels associés. Afin de fournir des services liés aux choses (i.e. objets) dans les contraintes sur les choses, les technologies dans le monde physique et le monde de l'information vont changer. [11]
- **Hétérogénéité** : Les périphériques de l'IoT sont hétérogènes en fonction des plates-formes matérielles et des réseaux. Ils peuvent interagir avec d'autres appareils ou plates-formes de services via différents réseaux. [11]
- **Changements dynamiques** : L'état des dispositifs change dynamiquement, par exemple dormir et se réveiller, être connecté et / ou déconnecté ainsi que le contexte des dispositifs, y compris l'emplacement et la vitesse. De plus, le nombre d'appareils peut changer de façon dynamique. [11]
- **Énorme échelle** : Le nombre de périphériques qui doivent être gérés et qui communiquent entre eux sera d'au moins un ordre de grandeur supérieur à celui des périphériques connectés à Internet. Encore plus critique sera la gestion des données générées et leur interprétation à des fins d'application. Cela concerne la sémantique des données, ainsi que la gestion efficace des données. [11]
- **Sécurité** : Comme nous gagnons des avantages de l'IoT, nous ne devons pas oublier la sécurité. En tant que créateurs et destinataires de l'IoT, nous devons concevoir des mécanismes assurant la sécurité. Cela inclut la sécurité de nos données personnelles et la sécurité de notre bien-être physique. La sécurisation des points de terminaison, des réseaux et des données qui les traversent signifie la création d'un paradigme de sécurité qui évoluera. [11]
- **Connectivité** : La connectivité permet l'accessibilité et la compatibilité du réseau. L'accessibilité se met sur un réseau alors que la compatibilité fournit la capacité commune de consommer et de produire des données. [11]

4. Objets connectés

Définition1: C'est un dispositif permettant de collecter, stocker, transmettre et traiter des données issues du monde physique. Ils sont identifiables de façon unique avec un lien direct ou indirect via un concentrateur avec Internet. [8]

Définition 2:Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent de transcender son usage initial pour proposer de nouveaux services. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (Wi-Fi, Bluetooth, réseaux de téléphonie mobile, réseau radio à longue portée , etc.), qui le relie à Internet ou à un réseau local. [7]

On distingue communément deux grands groupes d'objets connectés :

- **Les objets passifs** : ils utilisent généralement un tag (puce RFID, code barre 2D). Ils embarquent une faible capacité de stockage (de l'ordre du kilo-octet) leur

permettant d'assurer un rôle d'identification. Ils peuvent parfois, dans le cas d'une puce RFID, embarquer un capteur (température, humidité) et être réinscriptibles. [7]

- **Les objets actifs** : ils peuvent être équipés de plusieurs de capteurs, d'une plus grande capacité de stockage, être doté d'une capacité de traitement ou encore être en mesure de communiquer sur un réseau.[7] Les capteurs installés sur ces objets connectés sont plus ou moins intelligents, selon qu'ils intègrent ou non eux même des algorithmes d'analyse de données, et qu'ils soient pour certains auto-adaptatifs.[7]

5. Cycle de vie d'un objet connecté dans l'IoT

Dans l'IoT, les objets intelligents passent par trois _étapes : la phase préparatoire (bootstrapping, la phase opérationnelle et la phase de maintenance [8].

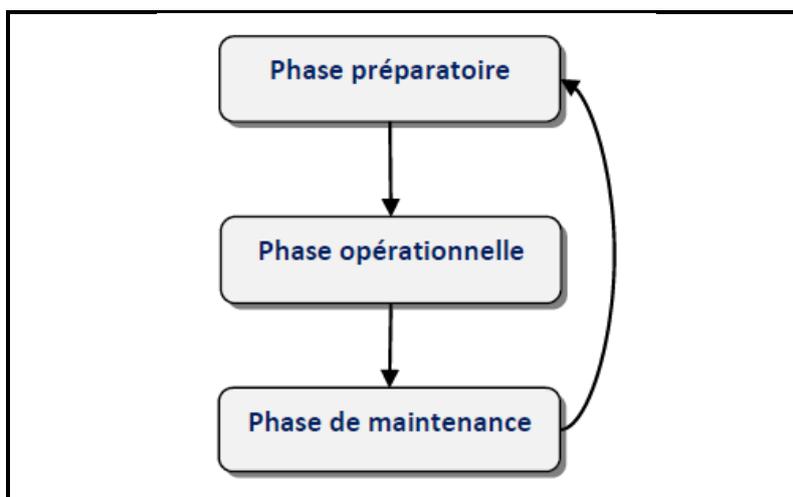


Figure 2.1: Cycle de vie de l'objet.

La phase préparatoire (bootstrapping) : déploiement des objets (capteurs, tags), leur configuration avec les informations nécessaires, par exemple les identificateurs, les clés de sécurité, etc.

La phase opérationnelle : dans la phase opérationnelle, l'objet connecté se met à réaliser sa mission qui diffère d'une application à une autre.

La phase de maintenance : effectuer des mises à jours, régler les problèmes en faisant d'éventuelles réparations des objets en cas de défaillances par exemple Il est même possible de remplacer carrément des objets et redémarrer à nouveau à partir de la phase préparatoire. [8]

6. Les Composants de L'IOT

Composants IoT	La description
Objets physiques	Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent de transcender son usage initial pour proposer de nouveaux services. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (Wi-Fi, Bluetooth, réseaux de téléphonie mobile, réseau radio à longue portée de type Sigfox ou LoRa, etc.), qui le relie à Internet ou à un réseau local
Capteurs	Ils sont installés sur les es objets connectés, ils sont plus ou moins intelligents, selon qu'ils intègrent ou non eux-mêmes des algorithmes d'analyse de données, et qu'ils soient pour certains auto-adaptatifs. Les capteurs connus sont : Capteurs de température et thermostats, Capteurs de pression, Humidité / niveau d'humidité, Détecteurs d'intensité lumineuse, Capteurs d'humidité, Détection de proximité, Étiquettes RFID....
Gens	Exemple : Les humains peuvent contrôler l'environnement via des applications mobiles
Prestations de service	Exemple : Services Cloud - peuvent être utilisés pour: <ul style="list-style-type: none"> • Traiter les Big Data et les transformer en informations précieuses • Construire et exécuter des applications innovantes • Optimiser les processus métier en intégrant les données de l'appareil.
Plateformes	Elle est considérée comme un type d'intergiciel utilisé pour connecter les composants IoT (objets, personnes, services, etc.) à l'environnement l'IoT. Elle fournit de nombreuses fonctions : <ul style="list-style-type: none"> • Accès aux appareils • Assurer une installation / un comportement correct de l'appareil • Analyse des données • Connexion interopérable avec le réseau local, le cloud ou d'autres périphériques.
Réseaux	Les composants IoT sont liés entre eux par des réseaux, utilisant diverses technologies, normes et protocoles sans fil et filaire .

Tableau 2.1 : Les composants de base d'un système IOT [9]

7. Normes et standards utilisés dans l'IdO

7.1. Wifi:

Correspondant à la famille des standards IEEE 802.11) qui équipe aujourd'hui tous les nouveaux Smartphones, et est utilisée principalement par les réseaux locaux sans fil. Le Wifi permet l'accès à Internet avec des vitesses de transfert atteignant facilement des dizaines de méga bits par seconde. Il est caractérisé par une consommation relativement importante, et donc une autonomie faible pour les équipements qui l'embarquent. [6]

7.2. Bluetooth

Qui équipe également la plupart des terminaux intelligents. Un grand nombre d'objets communicants l'adopteront aussi. Elle est définie par le groupement d'intérêt Bluetooth, pour les réseaux sans fil personnel. Dans ses versions de base, Bluetooth se caractérise par une communication à faible portée et un débit beaucoup plus faible que le WiFi, de l'ordre de quelques centaines de kilo bits par seconde. Néanmoins dans sa dernière version 4.2, qui met l'accent sur les objets communicants, on promet des débits 2 fois et demi plus rapides que les versions précédentes, tout en ayant une faible consommation d'énergie. Des objets tels que les montres connectées, équipées de cette dernière version, seront capables de dialoguer directement avec un routeur, afin d'accéder à Internet en utilisant le protocole 6LowPan d'IPv6, sans passer par un Smartphone. [6]



Figure 2.2: Logo du standard Bluetooth. [13]

7.3. Zigbee

Elle est basée sur le standard IEEE 802.15.4 pour les couches physique et liaison. Elle est définie par la Zigbee Alliance, et a été spécialement conçue pour des équipements à faible consommation d'énergie, avec un très bas débit n'excédant pas 250 kilo bits par seconde, et une taille de paquets ne dépassant pas 127 octets.. Zigbee intègre un protocole de routage

mesh, permettant une connectivité au-delà de la portée radio, en utilisant les nœuds intermédiaires comme relais et en utilisant un plan d'adressage qui lui est propre. Cela dit, une version plus récente, Zigbee IP, supporte désormais les standards 6LowPan d'IPv6, ouvrant le champ de l'interopérabilité avec le reste du monde. [6]



Figure 2.3: Logo du protocole ZigBee. [13]

7.4. Quatrième et cinquième génération (4G et 5G)

La quatrième technologie peut être considérée comme le futur de l'IdO c'est la **5G**, tout simplement la 5G est une évolution supplémentaire des technologies de la téléphonie mobile. Ce réseau de cinquième génération s'annonce tout d'abord comme une **technologie** très puissante puisqu'elle permettra la transmission de données à une vitesse de 10 Gbit/s. Un débit 100 fois plus élevé que la 4G. [6]

La cinquième génération de téléphonie mobile faisant suite à la 4G, permet des débits plus importants, le débit maximum devrait se situer entre 1 et 10 Gbit/s soit 100 à 1000 fois plus rapide que celui de la 4G. L'une des caractéristiques principales concerne l'internet des objets (IoT) qu'on va voir juste après, les applications IoT couvriront plus le domaine médical, le domicile (application domotique) et d'autres domaines. [13]

8. Technologies fondatrices de l'IoT

L'IOT permet l'interconnexion des différents objets intelligents via l'Internet. Ainsi, pour son fonctionnement, plusieurs systèmes technologiques sont nécessaires. L'IOT désigne diverses solutions techniques (RFID, TCP/IP, technologies mobiles, etc.) qui permettent d'identifier des objets, capter, stocker, traiter, et transférer des données dans l'environnement physiques, mais aussi entre des contextes physiques et des univers virtuels.

En effet, bien qu'il existe plusieurs technologies utilisées dans le fonctionnement de l'IOT, nous mettons l'accent seulement sur quelques-unes qui sont, selon Han et Zhongshan, les

technologies clés de l'IOT. Ces technologies sont les suivantes : RFID, WSN (RCSF) et elles sont définies ci-dessous. [10]

8.1 RFID (Radio Frequency Identification)

C'est une technologie sans fil qui est utilisée pour l'identification des objets, elle englobe toutes les technologies qui utilisent des ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes. C'est une technologie qui permet de mémoriser et de récupérer des informations à distance grâce à une étiquette qui émet des ondes radio. Il s'agit d'une méthode utilisée pour transférer les données des étiquettes à des objets, ou pour identifier ces objets à distance. L'étiquette contient des informations stockées électroniquement être lues à distance.[10]

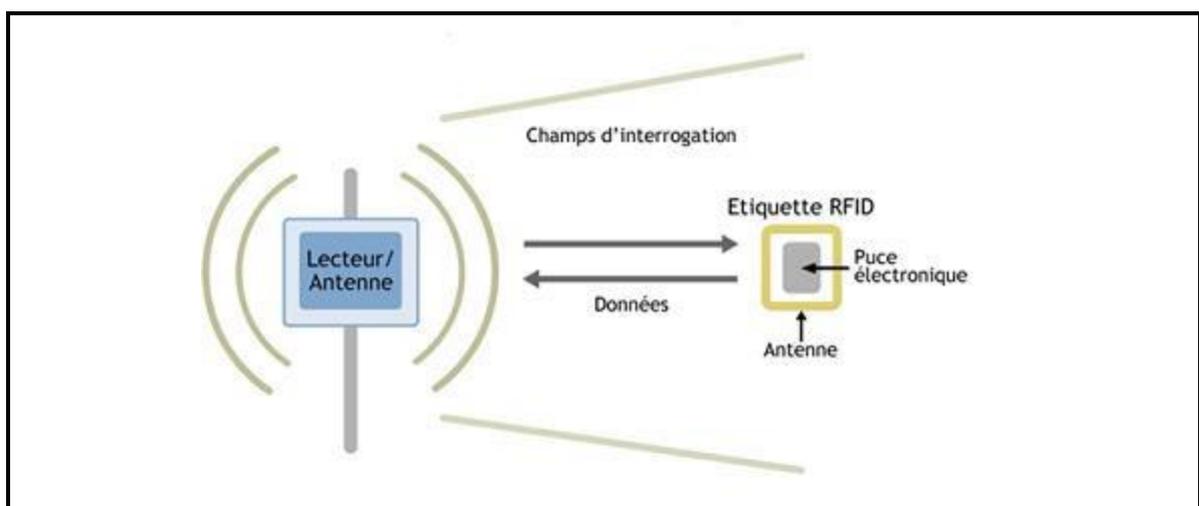


Figure 2.4 : Schéma principe de la RFID

Les étiquettes sont des dispositifs minuscules équipées d'une puce contenant des informations et une antenne pour la communication radio. Elles sont placées sur les éléments que l'on veut identifier d'une manière unique ou tracer. Les étiquettes peuvent avoir différentes formes et peuvent être passives ou actives. [6]

8.1.1 .La RFID active

Les étiquettes actives sont équipées d'une batterie, elles diffusent des signaux automatiquement et d'une façon autonome les étiquettes passives sont plus déployées que celles qui sont actives car leur usage est beaucoup plus flexible avec un cout nettement réduit (comparé au cout relatif aux étiquettes actives qui est nettement élevé). Une autre spécificité pas moins importante dans les étiquettes passives qui est la durée de vie. Par le fait d'être passive, la durée de vie de l'étiquette est importante (elle reste valable tant qu'elle garde son bon état),ce qui n'est pas le cas pour une étiquette active ou la durée de vie est restreinte(s'achève avec l'épuisement de la batterie. [6]

8.1.2. La RFID passive

Les étiquettes passives ne disposent d'aucune source d'énergie et attendent à ce qu'un signal électromagnétique leur arrive et munit de l'énergie pour pouvoir envoyer leurs propres signaux. [6]

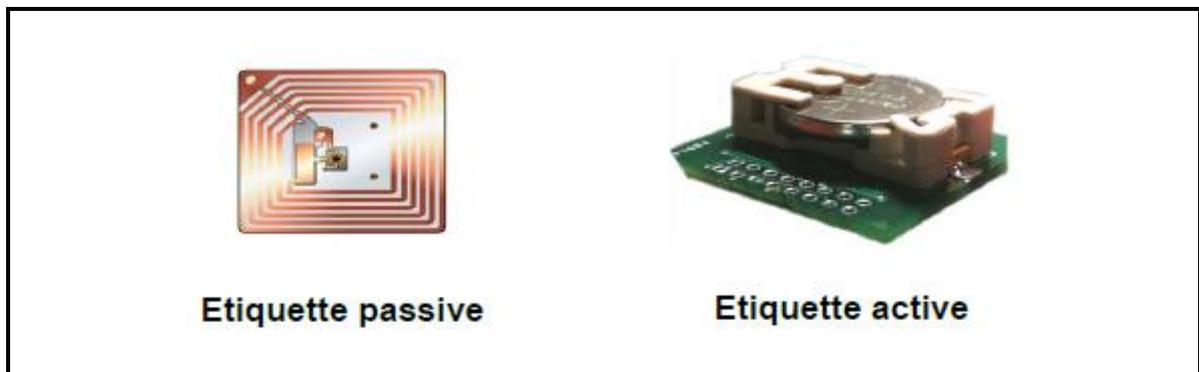


Figure 2.5 : Les étiquettes RFID

8.2. Les réseaux de capteurs sans fil

C'est un ensemble de noeuds qui communique sans fil et qui sont organisés en un réseau coopératif. Chaque noeud possède une capacité de traitement et peut contenir différents types de mémoire, un émetteur-récepteur RF et une source d'alimentation. Il peut aussi tenir compte des divers capteurs et actionneurs. Constitue un réseau de capteurs sans fil qui peut être une technologie nécessaire au fonctionnement de l'IIoT. [10]

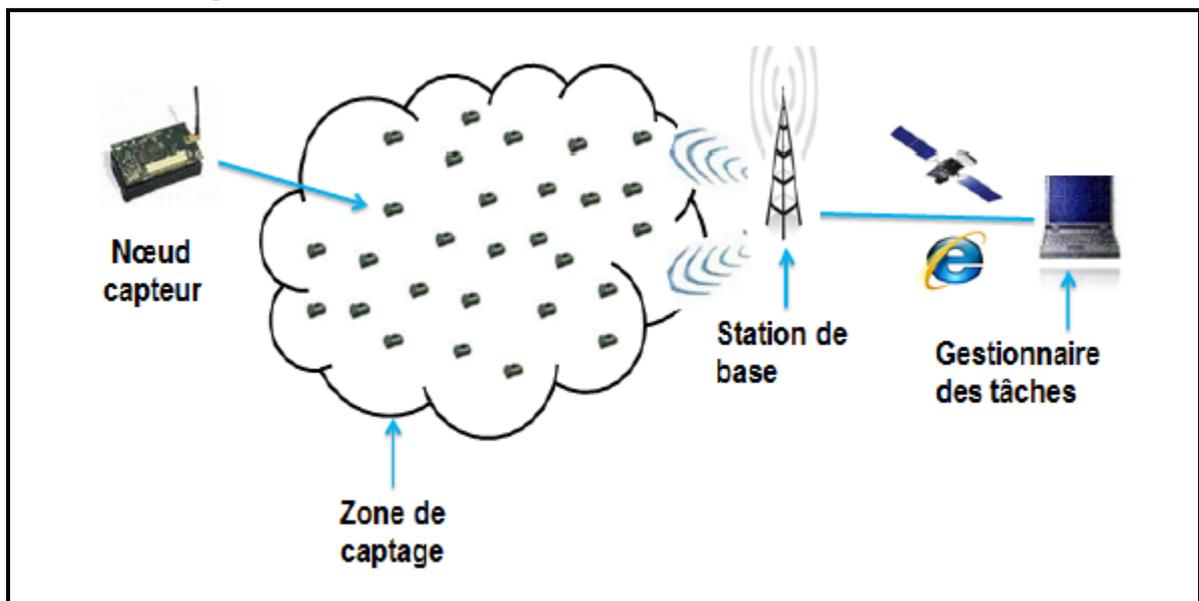


Figure 2.6 : Architecture de communication d'un réseau de capteur sans fil.

En plus de ces deux technologies principales (RFID et RCSF), on trouve également d'autres technologies qui contribuent à la concrétisation du principe de l'Internet des objets. On parle alors des systèmes embarqués et la nanotechnologie (rétrécissement et incorporation

des capteurs et autres dispositifs miniatures dans les objets à faire connecter à Internet), comme montré dans la figure suivante.

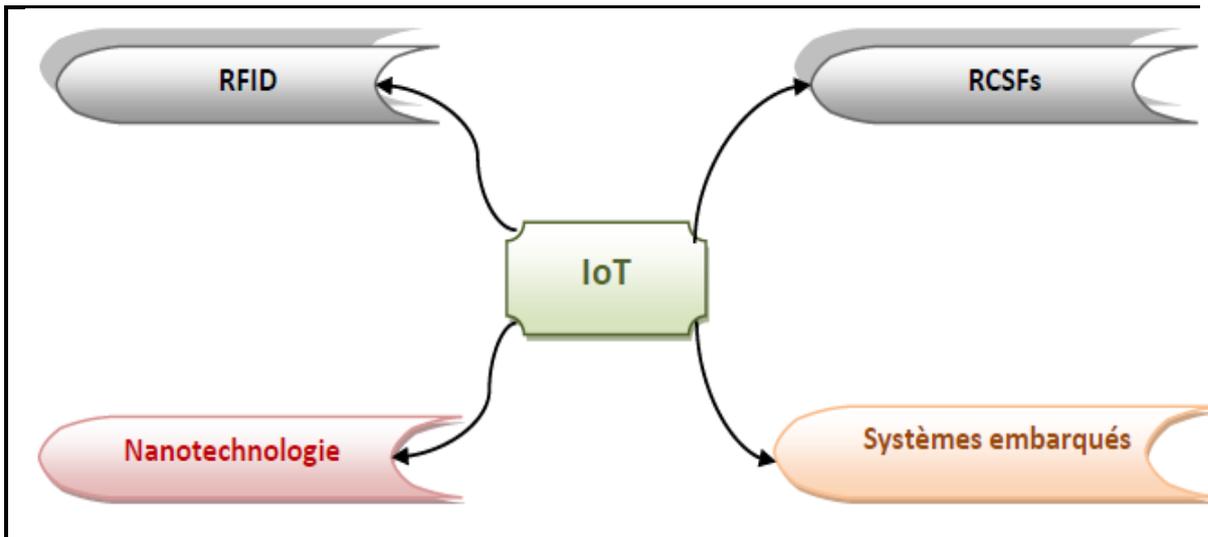


Figure 2.7 : Technologies fondatrices de l'Internet des objets.

9. Architecture de l'Internet des Objets

Il s'agit d'un modèle qui organise l'Internet des objets en cinq différentes couches. Ci-dessous une description de chacune d'entre elles

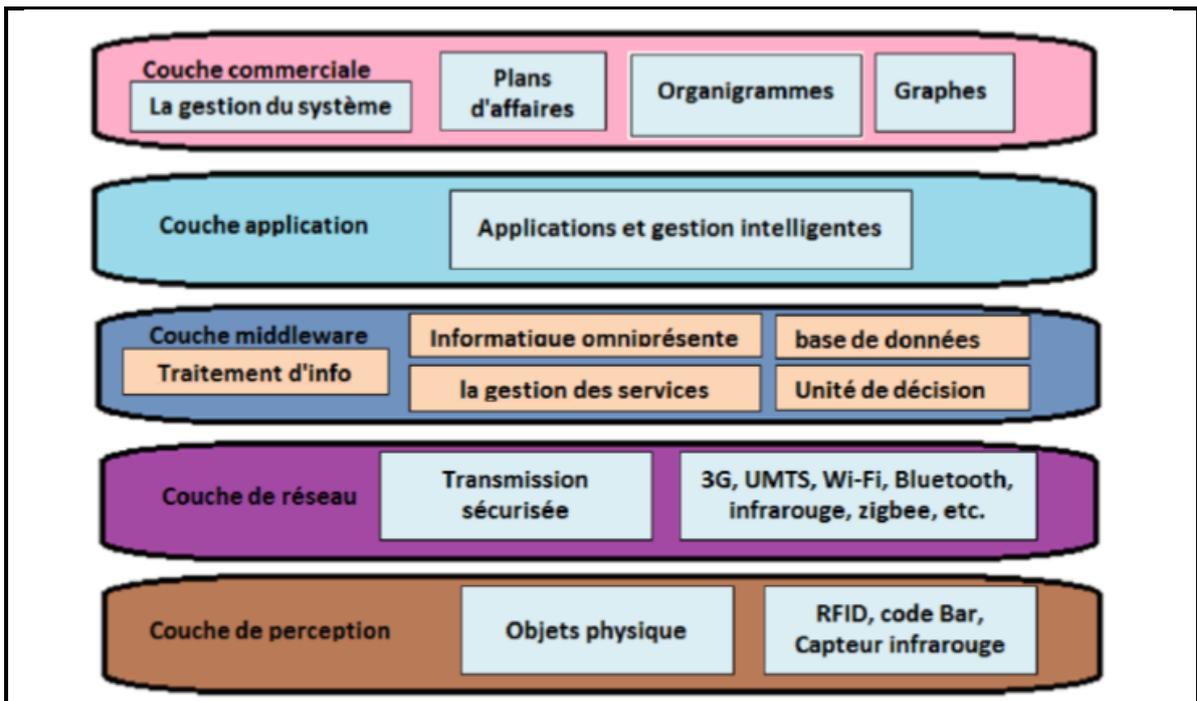


Figure 2.8 : L'architecture cinq couches [6]

9.1. Couche perception

La couche de perception (peut être appelé "couche de périphérique", "couche sensorielle" ou "couche de reconnaissance") qui est la couche la plus basse de l'architecture IoT, est responsable de la capture des informations du monde réel et leur représentation au format numérique. Elle inclut les technologies utilisées pour la détection (collecte des données de l'environnement), l'identification (identification d'objets), l'activation (réalisation données détectées) et la communication (établissement de la connectivité entre appareils intelligents hétérogènes) avec un minimum d'interaction humaine. Selon les fonctionnalités qu'elle assure, cette couche peut être divisée en deux sous-couches: les nœuds de perception (ou nœuds sensoriels) et le réseau de perception (comme réseau des capteurs). [11]

9.2. Couche réseau

Cette couche s'occupe du transport de la donnée vers le centre de traitement de l'information. Le moyen de transmission peut être filaire ou non et les principales technologies utilisées dans cette couche sont la 3G, Wifi, ZigBee, etc. C'est au niveau de cette couche que se trouvent les protocoles de communication, tels que 6LowPan, qui sont nécessaires pour l'adressage de millions d'objets connectés. [6]

9.3. Couche traitement

Chaque objet de l'IdO offre des services que cette couche (appelée aussi couche Middleware) est responsable de gérer et de lier avec des bases de données les informations collectées, pour ensuite y appliquer des traitements et des calculs, afin de prendre des décisions automatiques. Elle permet aussi au développeur d'application de l'IdO de faire appel à des services sans prendre en considération l'interopérabilité des objets, ou bien une plateforme matérielle spécifique. [6]

9.4. Couche application

Cette couche offre la possibilité d'utiliser les informations traitées par la couche traitement et les services des objets présentés par cette dernière, pour développer diverses applications de l'IdO. Ces applications seront ensuite directement être utilisées par des utilisateurs finaux. [6]

9.5. Couche Business

Le but de cette couche est la gestion des différentes applications de l'IdO. Les responsabilités de cette couche sont de construire un modèle de gestion, des graphes, des organigrammes, etc. en se basant sur les données reçues de la couche application, et sur le résultat de cette analyse. Cette couche permet de décider le chemin futur et la stratégie de

business. La gestion et la surveillance des quatre autres couches se font aussi à son niveau. [6]

10. Fonctionnement de l'IoT

Les objets connectés se multiplient et se déversent sur le marché grand public que professionnel. Ceci a engendré un nouveau besoin : celui de créer des interactions entre ces objets, au-delà de leurs constructeurs ou secteurs d'activités, afin d'apporter de nouveaux services et casser ainsi les silos. Automatiser certaines tâches de la vie quotidienne ou professionnelle deviendra ainsi possible. Les plateformes IoT ont vocation à connecter ces objets hétérogènes et les faire communiquer entre eux. Comme introduit au début, l'écosystème IoT est assez complexe, car il intègre plusieurs technologies et domaines de compétences. Un système IoT englobe, généralement, à la fois du hardware, des protocoles de communication, du software, du cloud et du mobile. Ainsi, un projet IoT nécessite d'avoir une équipe pluridisciplinaire. On peut décomposer un système IoT en 4 fonctionnalités distinctes comme la montre la figure ci-dessous

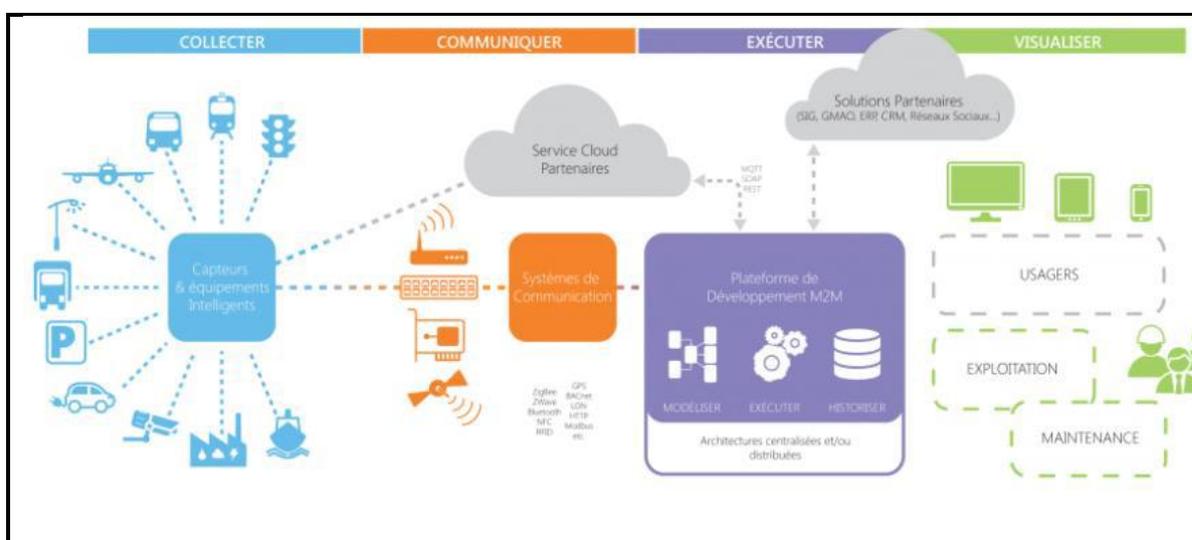


Figure 2.9 : Fonctionnement de l'IoT

10.1. Collecter /Actionner

A cette étape, on est au niveau de l'objet connecté. On parle de capteurs qui permettent de faire des mesures de l'environnement physique (ex : température, humidité, bruit) et des actionneurs qui peuvent agir sur l'environnement (ex : des moteurs pour fermer ou ouvrir une porte). Certains objets peuvent être dotés de capacités électroniques, informatiques et réseaux qui leur permettent de se connecter directement au réseau Internet. Mais généralement, ayant des contraintes matérielles et logicielles (autonomie limitée, capacité de traitement limitée, pas de stock réseau, etc), les objets implémentent des protocoles de

communication a basse énergie / bas débit et communiquent avec le réseau internet à travers une passerelle (Gateway).

10.2. Communiquer

C'est l'étape qui permet l'envoi des données depuis le réseau local vers le cloud. On parle essentiellement des protocoles pour transporter la donnée et on peut en distinguer deux modèles : Le modèle Publish / Subscribe avec des protocoles de type MQTT et le modèle REST avec des protocoles comme HTTP ou encore CoAP.

10.3. Exécuter

C'est l'étape de stockage et de traitement de la donnée. A cette étape on parle souvent de " Plate-forme IoT " qui est souvent une solution cloud capable de connecter plusieurs objets connectés, stocker leurs données, les traiter, les analyser et les exposer à travers différentes applications. Les plateformes IoT permettent aussi de faire communiquer d'objets hétérogènes. Ces plateformes se multiplient de nos jours (Amazon, Google, Microsoft, etc.) et on parle même de " guerre des plateformes IoT".

10.4 .Visualiser

C'est l'étape qui permet d'exposer les services des objets connectés à travers différentes applications dédiées. Un utilisateur, à travers une application mobile, peut par exemple communiquer avec ses objets en consultant leurs données ou en envoyant des actions vers ses objets.

11. Domaines d'application de l'IdO

Les applications potentielles de l'IdO sont nombreuses et variées, pénétrant dans pratiquement tous les domaines de la vie quotidienne des individus, des entreprises et de la société dans son ensemble. [11]

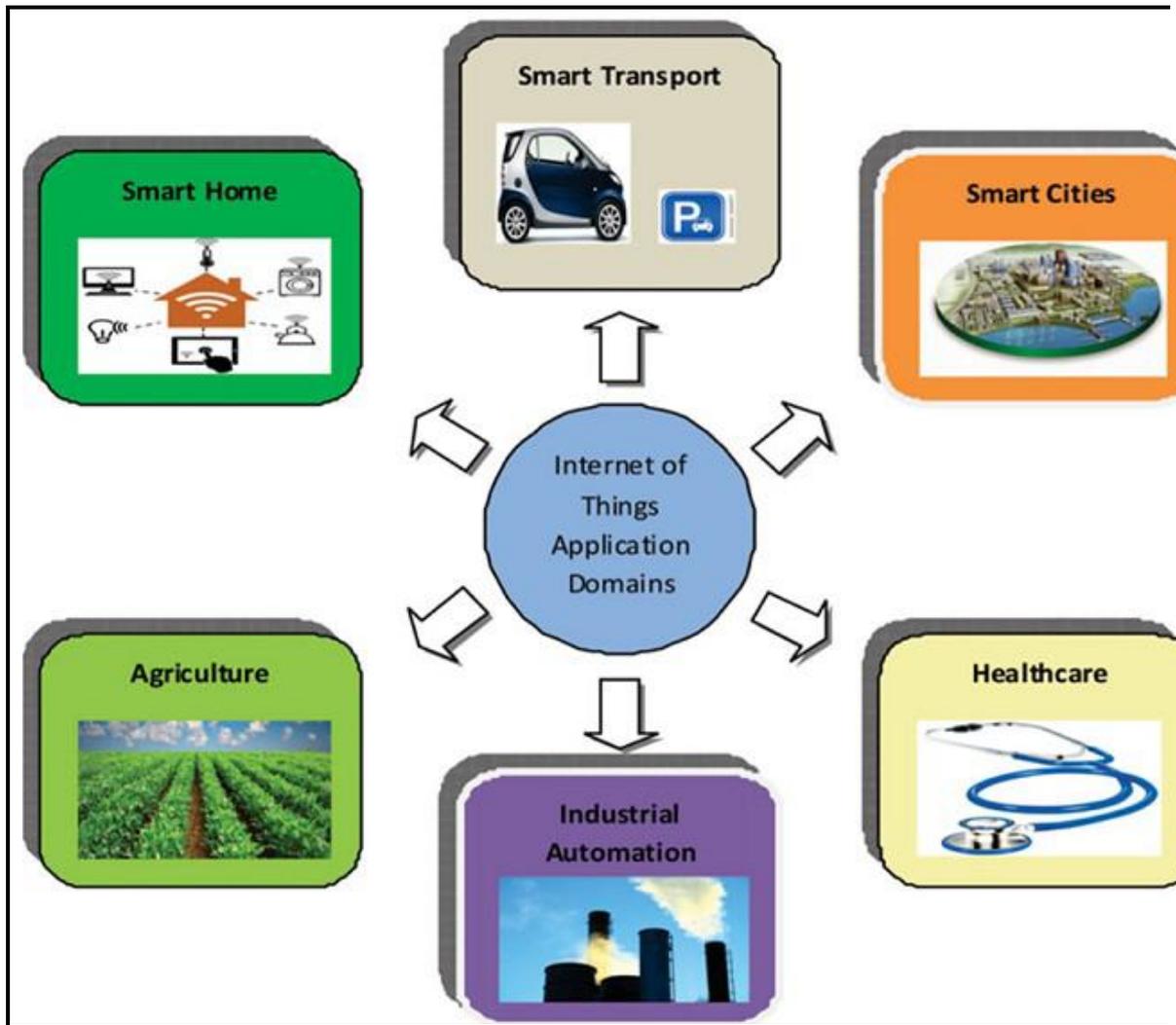


Figure 2.10: Applications de l'IdO [11]

En fonction de leurs fonctionnalités, les applications IdO peuvent être divisées en trois catégories :

- applications de collection d'informations : elles sont chargées de collecter les données des nœuds de perception et de leur stockage local
- applications d'analyse : elles sont concernées par le prétraitement hors ligne des données collectées pour créer un modèle générique à utiliser pour l'évaluation de futures données à collecter ultérieurement.
- applications prise de décision en temps réel : elles sont impliquées dans la prise des mesures et actions appropriées en fonction des données capturées et analysées.

L'IdO possède un vaste domaine d'applications, comme illustré à la figure 2.10 en relation avec des demandes de l'industrie. Celles-ci comprennent des applications destinées aux consommateurs, telles que les appareils portables, les maisons intelligentes (Smart Home) et les soins de santé intelligents (Healthcare) ; applications commerciales telles que la logistique et la vente au détail ; applications industrielles telles que la gestion des ressources

et de l'énergie, le transport intelligent (Smart Transport) et la fabrication (industriel automation) ; et des applications spécifiques au secteur public telles que les villes intelligentes (Smart cities), la sécurité et la surveillance, etc., qui visent à améliorer la qualité de la vie humaine.

Les applications et les services IoT sont directement accessibles aux utilisateurs via l'utilisation de divers appareils de poche tels que les téléphones portables, les ordinateurs, les assistants numériques personnels (PDA), etc. [11]

12. Les objets connectés dans l'environnement

Le contrôle des paramètres environnementaux par les réseaux de capteurs peut donner naissance à plusieurs applications. Par exemple

- Les réseaux de capteurs sans fils aident à l'étude de phénomènes complexes tels que les tremblements de terre, les éruptions volcaniques, les ouragans et les tsunamis. Ils fournissent des données permettant d'établir des modèles de prévision. Pour quelques applications présentées dans cette section, des systèmes filaires existaient déjà mais étaient plus difficiles à déployer et n'offraient parfois pas autant de fonctionnalités.
- La prévention des risques d'incendie ou d'inondation fait partie des domaines où les réseaux de capteurs sans fils apportent les plus grandes perspectives. Dans ce type d'applications, les capteurs sans fil sont en charge de la détection de tous phénomènes anormaux observés dans leur périmètre d'action. Il peut s'agir d'une brusque augmentation de la température ou du taux d'humidité caractéristique d'un début d'incendie ou d'inondation.
- L'observation des animaux dans leur habitat prend une place importante dans les applications environnementales. Les capteurs sans fil déployés dans une réserve naturelle donnent des informations de localisation sur les animaux, leur état de santé, sur leur intégration dans un nouvel habitat.

Les réseaux de capteurs sans fils ont permis l'observation d'oiseaux sans troubler leur habitude en évitant une intervention humaine. [7]

13. Les enjeux de l'Internet des objets

13.1. La sécurité : la sécurité des personnes, des communications, des données, des services, des réseaux et des équipements était et continue à être un problème sévère observé par l'internet courant. Aujourd'hui avec la naissance de l'IoT, l'amplitude du problème va prendre un autre ordre de gravité. Des milliers d'objets contraints connectés en permanence à internet et intégrés dans toute sorte d'objets dans notre vie quotidienne, vont porter le risque d'être ciblés par les menaces classique de l'Internet. Il est même possible que de nouvelles générations d'attaques apparaissent. [8]

Donc, les objets intelligents dans l'IoT, la transmission et le stockage de leurs données sur Internet devraient être sécurisés. D'autre part, l'IoT peut lui-même menacer la sécurité des individus ou des institutions. L'armée chinoise proscrit les officiers et les soldats de porter des objets connectés (comme les montres et les lunettes connectées à Internet) et considère leur utilisation comme une violation de la réglementation sur le secret dans les casernes. [8]

13.2. La protection de la vie privée des utilisateurs : un grand nombre de capteurs connectés à Internet et intégrés dans des objets d'usage quotidien révèlent nos habitudes, notre état de santé, notre localisation géographique et autres types d'informations qui nous sont privées. Il devra absolument y avoir des mécanismes robustes qui peuvent assurer la confidentialité des données que l'utilisateur qualifie d'être sensibles. Les utilisateurs devraient également pouvoir savoir qui accède à quelles données (concernant les utilisateurs) sur Internet et pour quelle raison. [8]

13.3. Les limitations de ressources : les capteurs et les tags RFID sont très limités en ressources de calculs, de stockage mémoire et d'énergie. À cet effet, les solutions (protocoles de communications ou de sécurité, technologies de transmission, etc.) destinées à l'Internet des objets doivent prendre en considération telles contraintes et limitations. L'hétérogénéité : des dispositifs de divers types ayant des capacités variées et appartenant à des réseaux de différentes natures, vont intégrer l'Internet en utilisant différentes technologies de communication (filaire, sans fil, satellitaire, . . .). Avec toutes ces formes d'hétérogénéités matérielles et technologiques, il serait primordial de mettre en place des mécanismes bien avertis qui soient capables d'encadrer et gérer.

13.4. L'interopérabilité : c'est parmi les plus grands défis de la réalisation de l'Internet des objets. L'interopérabilité c'est, en réalité, la cohabitation des dispositifs, des systèmes et des mécanismes disjoints et la possibilité de les faire coopérer et interagir en toute flexibilité. Une tendance récente tend vers la standardisation et l'unification des systèmes et protocoles opérationnels dans l'IoT et de les présenter en open source (à accès libre). Ceci afin de faciliter la collaboration entre objets connectés, ainsi que le couplage avec les entités externes se trouvant sur Internet. [8]

13.5. La virtualisation : plusieurs capteurs connectés peuvent représenter un seul capteur virtuel qui rapporte une mesure virtuelle résultant de l'agrégation de plusieurs états secondaires. Ainsi, un modèle générique de virtualisation des objets connectés à l'IoT, nommé VoT (Virtualization of Things) permet une représentation abstraite des objets et l'accumulation des données qui en proviennent, depuis différents endroits, pour faciliter leur contrôle. [8]

13.6. La transparence : l'objectif de l'informatique transparente est de rendre les systèmes informatiques des boîtes noires transparentes à travers des communications sans fil, automatiques et invisibles ne nécessitant pas l'interaction avec les utilisateurs. La transparence est la base de l'informatique pervasive qui est à son tour un facteur essentiel dans l'Internet des objets. [8]

13.7. Le nombre croissant d'objets connectés : il est prévu que le nombre d'objets intelligents qui vont peupler l'Internet du futur franchira les millions, voir les milliards. Avec

cela, l'adoption de nouveaux mécanismes qui supportent efficacement l'évolutivité continue dans le nombre d'objets connectés, est vivement recommandée. [8]

13.8 La mobilité : un nombre immense d'objets connectés à Internet en tant que partie de l'Internet des objets, seront le plus souvent mobiles. De ce fait, des solutions flexibles de gestion de la mobilité doivent être mises en place pour permettre à tels objets d'accomplir leurs missions efficacement indépendamment de la fréquence et la vitesse de la mobilité. [8]

13.9 La qualité de service des communications : suivant que l'application est critique ou non, les communications inter objets connectés dans l'IoT et entre ces derniers et les hôtes ordinaires de l'internet, peuvent exiger ou non un minimum de qualité de service en termes de délais, débits, fiabilité, etc. [8]

14. Les Travaux existant

14.1 Système à base de module (utilisation des algorithmes d'apprentissage)

Le Système des serres intelligentes a été réalisé par [11]. Ce système permet de contrôler intelligemment un ensemble des serres en vue de garantir une bonne performance, de réduire les efforts des agriculteurs et d'améliorer la productivité en termes de quantité et de qualité. Une hybridation entre un contrôle automatique et semi-automatique, Basé sur l'utilisation des réseaux de neurones et des arbres de décision, le contrôle automatique permet au système de réagir d'une manière intelligente pour établir les conditions climatologiques idéales pour les plantes. Les réseaux de neurones sont utilisés pour reconnaître des situations contextuelles de haut niveau à partir des données de capteurs et les arbres de décision pour associer les actions à entreprendre par le système aux différentes situations. [11]

Le contrôle semi-automatique est le mode de contrôle alternatif où l'opérateur humain peut se renseigner sur les conditions climatologiques intérieures des serres via une interface graphique appropriée et peut intervenir (en réalisant d'éventuelles actions) dans le processus de contrôle comme celui d'irrigation, d'aération, etc.

Par l'intermédiaire d'un site web le système assure une surveillance à distance d'un ensemble de serres. L'opérateur ou l'expert humain peut collecter à distance un ensemble des données sur le climat intérieur et extérieur des serres, d'établir des statistiques et des études stratégiques et de faire des prédictions (en utilisant les réseaux bayésiens) à la base de ces données. [11]

14.2 .Système a base des agents mobile:

14.2.1. Agents mobiles

Les agents mobiles sont des entités logicielles qui peuvent se déplacer dans le réseau de leur propre initiative ; ils se déplacent d'une machine à une autre et communiquent avec d'autres agents ou accèdent aux ressources du serveur. Les agents mobiles ont suscité un

grand intérêt pendant les dernières années pour leur capacité à supporter les interactions asynchrones et à réduire le trafic dans le réseau pendant les interactions client/serveur [6]. Dans la plupart de cas, les systèmes d'agents mobiles fournissent un ensemble de services de haut niveau tels que les fonctions de surveillance, la planification de voyage, la gestion de ressources, des mécanismes d'introspection et des langages de communication de haut niveau. [14]



Figure 2.11 : Agent mobile détection des mouvements

Le travail [14] étudie le concept de l'Internet des choses, basé essentiellement sur le paradigme agent mobile. Aussi, on se concentre sur le concept de l'environnement pour concevoir un modèle qui prend en compte l'agent mobile, afin de faciliter le processus d'implémentation des systèmes IoT dans un environnement distribué. [14]

14.3. Système à base de système multi-agents:

Les agents sont donc les entités actives du système multi-agent. On entend par là que ce sont des entités autonomes (qui poursuivent leurs propres buts) qui peuvent prendre des décisions.

14.3.1 Définition d'agent

Il existe plusieurs définitions d'un agent, mais la définition plus adoptée et plus complète d'un agent est celle de J. FERBER qui est la suivante [15] :

« On appelle agent une entité réelle ou virtuelle plongée dans un environnement sur lequel elle est :

- **Capable** d'agir
- Qui peut **communiquer** directement avec d'autres agents
- Qui est mue par un **ensemble de tendances** (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie, qu'elle cherche à optimiser)
- Qui possède des **ressources** propres,
- Qui est capable de **percevoir** (mais de manière limitée) son environnement.
- Qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (éventuellement aucune),
- Qui possède des **compétences** et offre des **services**
- Qui peut éventuellement **se reproduire**,
- Dont le **comportement** tend à satisfaire **ses objectifs**, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit. »

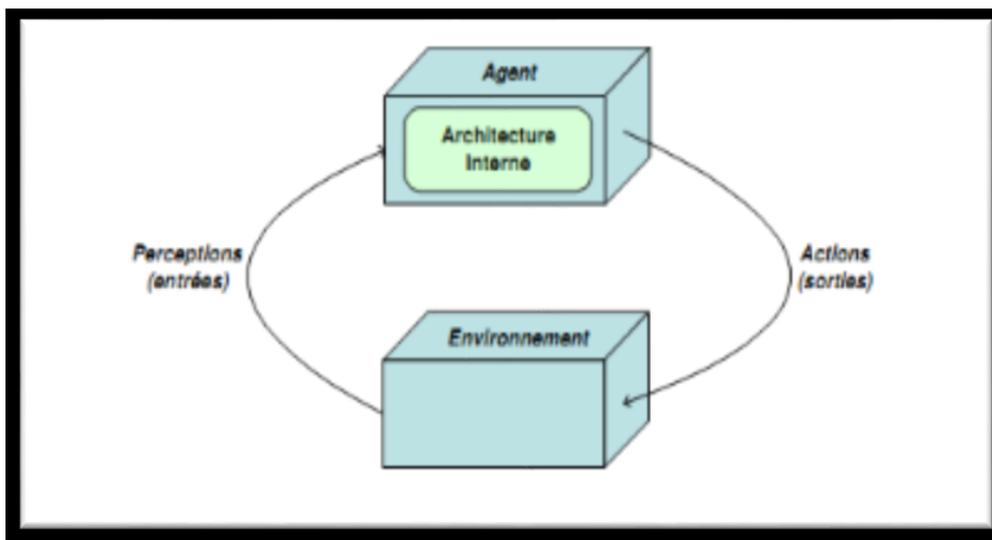


Figure 2.12 : présentation classique d'un agent et son environnement [15]

14.3.2 .Types d'agent

➤ Agent réactif

Un agent réactif ne fait que réagir aux changements qui surviennent dans l'environnement. Autrement dit, un tel agent ne fait ni délibération ni planification, il se contente simplement d'acquiescer des perceptions et de réagir à celles-ci. Etant donné qu'il n'y a pratiquement pas de raisonnement, ces agents peuvent agir et réagir très rapidement. [15]

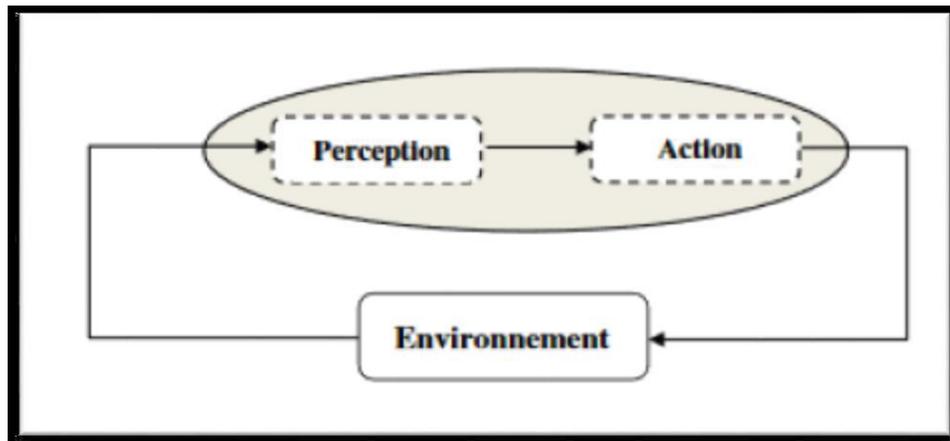


Figure2.13 : Agent réactif [15]

➤ **Agents Cognitifs (intelligents)**

Il est appelé aussi agent délibératif. il est doté de capacités de raisonnement importantes et disposant d'une représentation de son environnement.

Un agent cognitif est muni d'une base de connaissances comprenant un ensemble d'informations et des savoir-faire nécessaires à la réalisation de sa tâche ainsi qu'à la gestion des interactions avec les autres agents et avec son environnement.

L'une des architectures cognitives les plus connues est l'architecture BDI (Beliefs, Desires, Intentions) qui signifie «croyances, désirs, intentions». Les agents BDI se basent alors sur ces trois aspects pour choisir leurs actions :

- **Les croyances** : correspondent aux informations dont dispose l'agent sur son environnement et sur les autres agents qui agissent sur le même environnement. Les croyances peuvent être incorrectes, incomplètes ou incertaines et, à cause de cela, elles sont différentes des connaissances de l'agent, qui sont des informations toujours vraies.
- **Les désirs** : correspondent aux états de l'environnement que l'agent souhaiterait voir réalisés. Ce sont les objectifs que fixe un agent.
- **Les intentions** : correspondent aux projets de l'agent pour satisfaire ses désirs.[15]

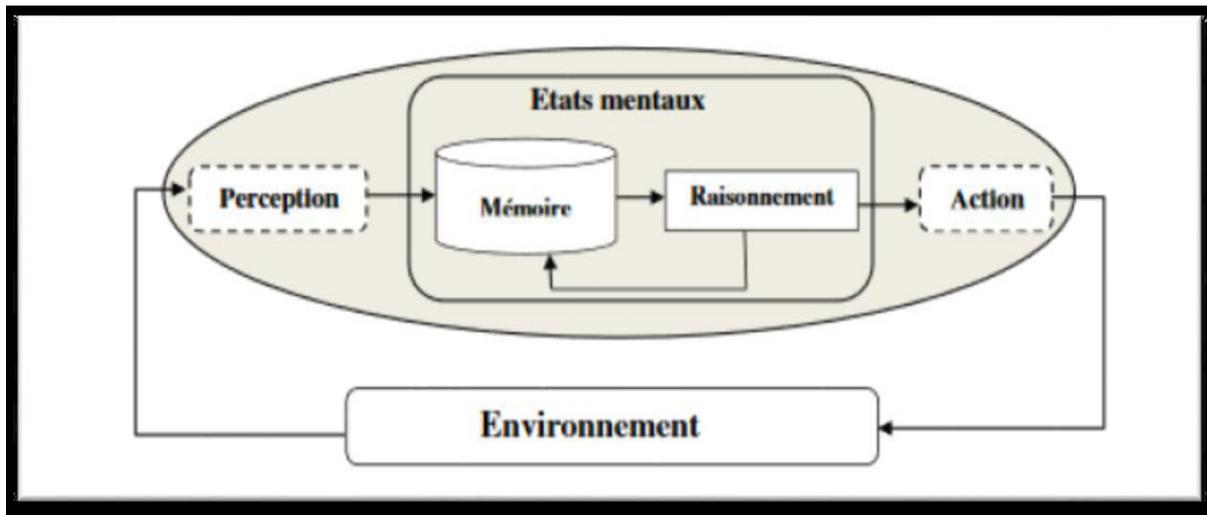


Figure 2.14 : Agent cognitif [15]

➤ **Agent hybride**

Un agent hybride est un agent conçu en couches. Les couches inférieures assurent des comportements réactifs. Par contre, les couches supérieures sont responsables de capacités cognitives complexes comme les aspects sociaux. Bien entendu, les couches supérieures manipulent des connaissances alors que les couches inférieures manipulent directement des données. En conséquence, des couches intermédiaires sont responsables de transformer des données en connaissances. Ce type d'agent se caractérise par :

- Combinaison des capacités d'agent réactif et d'agent cognitif.
- Adaptation du comportement en temps réel à l'évolution de l'environnement.
- Un agent est composé d'une architecture multicouche qui se base sur la hiérarchie de niveaux.
- Puisque différents composants peuvent fonctionner en même temps, la puissance de traitement peut être améliorée. [15]

14.3.3. Systèmes multi-agents :

Il est plutôt rare que les concepteurs d'agents n'aient besoin que d'un seul agent dans l'environnement qu'ils construisent. Lorsque plusieurs agents se retrouvent dans un même environnement et que ces agents ont besoin d'interagir entre eux, on parle alors de système multi-agents. [17]

Définition

Un système multi agent est un ensemble organisé d'agent qui travaille selon les modes complexes d'interaction, pour réaliser leurs propres buts et par-là même atteindre l'objectif global désiré. Les agents peuvent interagir en communiquant directement entre eux ou par l'intermédiaire d'un autre agent ou en agissant sur leur environnement. Ferber est défini Le SMA est généralement caractérisé par :

1. Chaque agent a des informations ou des capacités de résolutions des problèmes limités, ainsi chaque agent a un point de vue partiel.
2. Il n'ya aucun contrôle global du système multi-agents.
3. Les données sont décentralisées.
4. Le calcul est asynchrone. [17]

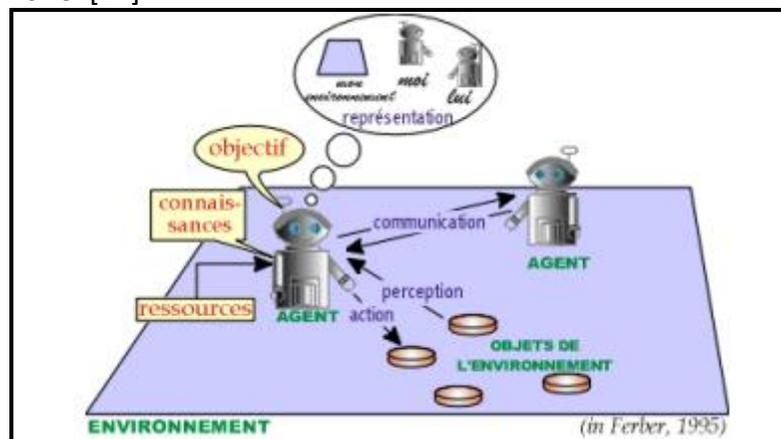


Figure 2.15: Représentation d'un agent en interaction avec son environnement, et les autres agents [16]

✓ Etude de cas sur un système médical domotique contrôlé par un SMA

Le travail [6] représente un système médical dans un environnement IOT contrôlé par un SMA pour garantir le bon fonctionnement du système même en cas de panne

✓ Avantage de l'utilisation de SMA:

L'utilisation de SMA permet de :

- La prise de décision collective.
- La tolérance aux fautes en utilisant la n-version de programmation.
- L'intelligence distribuée.

15. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présentée des généralités sur l'internet des objets (IoT) d'une manière générale et les aspects qui s'y rapportent.

Dans le prochain chapitre, nous allons utiliser les connaissances acquises pour entamé la Réalisation d'un système basé sur l'internet des objets et les systèmes multi-agents pour lutter contre les incendies de forêt à Mila.

Chapitre 03

Étude conceptuelle

1. Introduction

La phase de conception est très importante pour fixer les choix techniques et de préparer l'implantation, elle décrit la solution (comment le problème est résolu) et elle doit servir de support pour l'implantation et la maintenance. Dans ce chapitre, nous présentons les objectifs et principe de la solution proposée et l'architecture global du système

2. Objectif du projet :

L'objectif de ce projet est de créer un système intelligent de détection d'incendie des forêts. Ce système assure les fonctionnalités suivantes :

- La capture de l'augmentation de la température.
- La sensibilité à la fumée.
- La découverte de tout changement dans l'image de la forêt captée par le satellite indique la présence d'un incendie dans la forêt.
- L'envoi d'une alerte à l'interface du système informant l'utilisateur qu'il y a un incendie dans la forêt.
- L'établissement des statistiques et des études stratégiques à distance le fait qui permet de réaliser des prédictions futures.

Notre travail permet d'améliorer la lutte contre les feu de forêt par :

- La Détection du feu dans ses premières minutes et dans les plus brefs délais.
- L'utilisation des moyens mieux adoptés par la Direction de la Protection Civile pour la détection des incendies de forêt (les moyens utilisés dans ce domaine sont traditionnels).
- La réduction de la quantité de pertes matérielles et humaines causées par les incendies de forêt chaque année, en particulier pendant la saison estivale car notre but est de détecter l'incendie dans des délais brefs.

3. Principe de la solution proposé

Nous avons opté la décomposition de notre système en trois parties (figure 3.1) :

- la première partie correspond au sous-système physique de capture et d'actionnement. Ce sous système sert d'interface physique entre le reste du système et l'environnement la forêt. Il permet de collecter en permanence des données en temps réel sur la température, le gaz, image satellite et la présence du flou de la forêt concerne. Ce système est mis en œuvre en utilisant la carte microcontrôleur Arduino, des capteurs physiques et des composants pour l'actionnement. Le langage de programmation pour ce système est une version simplifiée du langage C++ dédiée pour ce genre de cartes.

- La deuxième partie correspond à partie principale du système proposé. Cette partie est conçue pour l'abstraction des données des capteurs en identifiant les différentes situations contextuelles sur l'état du forêt et pour la prise des décisions convenables pour réaliser différents services. Cette partie implémente ainsi les fonctionnalités de perception, de décision, et d'action. Pour la réalisation de cette partie, nous avons choisir une solution basée sur la notion d'agent pour le déclenchement des services appropriés de décision. Cette partie est programmée eu utilisant la plateforme jade sensée exécuter sur un ordinateur dans la protection civile.

- La troisième partie est implémentée comme une application web. Elle est donc réellement hébergée dans un serveur Internet. Elle permet de d'établir plusieurs genres de statistiques. Ce site est donc accessible de n'importe quel appareil connecté à Internet comme le Smartphone, tablette, ordinateur, etc.



Figure 3.1 : Éléments du système

4. Architecture globale du système

Dans cette section, nous détaillons les parties de notre système, pour une architecture générale.

4.1 .la couche capteur /actionneur :

Dans cette couche nous avons proposé l'utilisation de quatre type des capteurs (Le capteur de température, Le capteur de fumée, Le capteur de flamme, Les capteurs des satellites)

4.1.1. Le capteur de température

Le capteur de température permet de fournir une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée par le capteur.

Il possède trois broches :

La broche VCC : c'est la broche d'alimentation du capteur.

La broche GND : la masse.

La broche data : sortie analogique.

La sortie du capteur doit être raccordée sur un des ports analogique de la carte Arduino. [18]

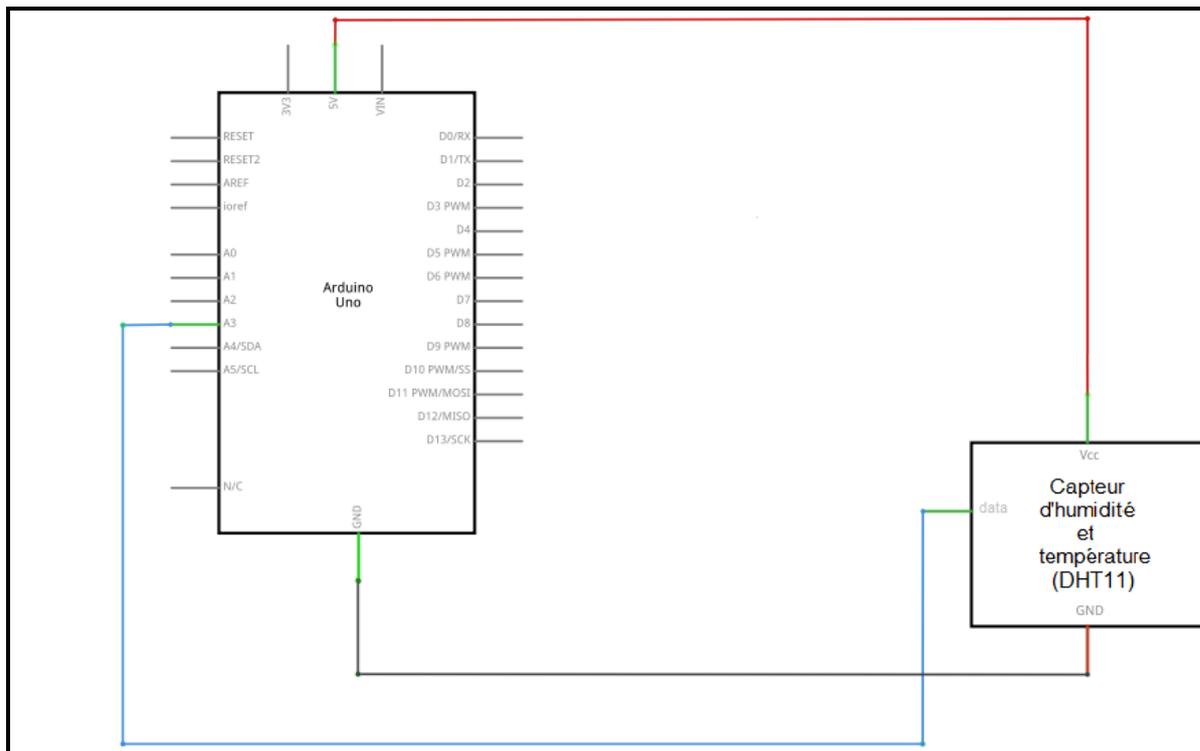


Figure 3.2 : Branchement du capteur DHT11 avec Arduino[18]

4.1.2 Le Capteur de fumée et gaz (dit MQ2) :

Le capteur permet la détection de fumée et des gaz (propane, hydrogène, méthane) dans l'air. Il a une grande sensibilité, mais il est doté d'un potentiomètre pour pouvoir ajuster sa sensibilité. Il possède quatre broches :

La broche VCC : c'est la broche d'alimentation du capteur avec une tension.

La broche GND : la masse.

La broche (AO) : sortie analogique.

Le capteur retourne via cette broche une valeur analogique lors de la capture de fumée/gaz dans l'air. La densité de fumée/gaz dans l'air est proportionnelle à la valeur retournée.

La broche (DO) : sortie digitale. Le capteur retourne via la sortie digitale la valeur 1 ou 0, si cette dernière est égale à 0 donc il y a une fumée/gaz dans l'air, sinon elle va prendre 1 qui signifie l'absence de fumée/gaz dans l'air. [4]

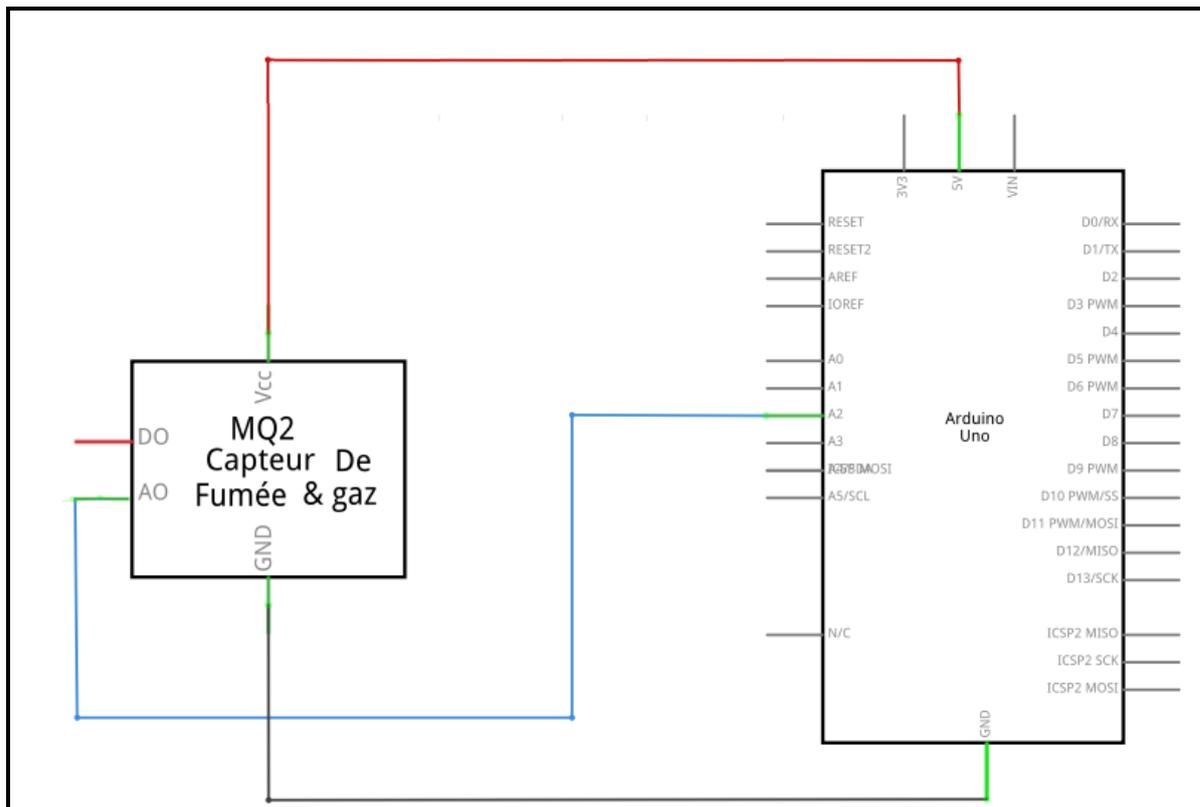


Figure 3.3: Branchement du capteur MQ2 avec Arduino[18]

4.1.3 Capteur de flamme :

Le capteur permet la détection d'une flamme de longueur d'onde comprises entre 760 et 1100 nm, mais détecte aussi d'autres sources lumineuses pour cela il faut le mettre à l'abri et le placer dans un endroit où il n'est pas exposé à ces dernières. Sa sensibilité peut être ajustée par un potentiomètre.

Il possède trois broches :

La broche VCC : c'est la broche d'alimentation du capteur.

La broche GND : la masse.

La broche S : sortie logique.

La sortie logique est raccordée au port A1 de la carte Arduino. [4][17]

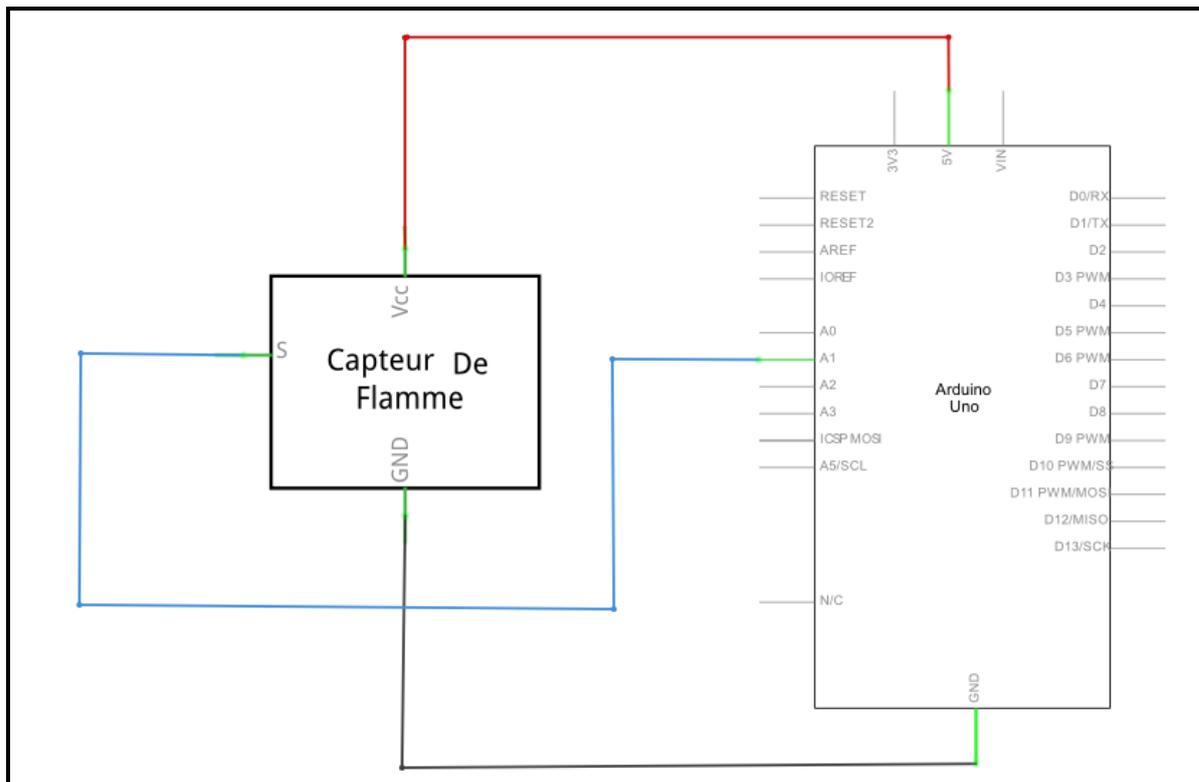


Figure 3.4 : Branchement du capteur de flamme avec Arduino [18]

4.1.4 Capteurs des satellites :

Pour pouvoir fournir des informations, les satellites peuvent être équipés de deux principaux types de capteurs :

- ✓ **Les capteurs optiques** fonctionnent sur le même principe que les appareils photographiques. Ils enregistrent des images à partir du rayonnement solaire réfléchi par la Terre. Ces capteurs passifs sont basés sur la seule réflectance. Leurs bandes multi spectrales leur permettent d'acquérir des images du visible, proche et moyen infrarouge (400 à 1 600 nm environ). [19]
- ✓ **Les capteurs radar** (plus précisément Radar à Synthèse d'Ouverture, RSO, ou SAR en anglais) produisent des images sur la base d'un signal micro-ondes (2 à 30 cm) émis et réceptionné par une antenne, après réflexion sur le sol. Ces capteurs actifs mesurent les caractéristiques de l'énergie rétrodiffusée. [19]

Nous proposons dans ce travail que est communiquée au système en temps réel, on doit comparer les deux images (ancienne, nouvelle).

En cas de changement détecté, le système réalise l'existence du feu.

-La comparaison des images satellite est très compliquée elle fait l'objet d'autre projet de fin d'étude. Concernant notre système on prend des résultats prédéfini par les travaux dirigés et réalisés dans ce domaine et on va les exploiter dans notre système.

Mais nous allons donner une bref description du domaine de comparaison des images satellite.

4.2. L'image satellite

4.2.1 .Définition

L'image satellitaire est un document contenant diverses informations relatives à des objets tels que le sol et la végétation, dans ce sens le traitement effectuée est telle que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence. [20]

4.2.2 Méthodes de détection des changements des images satellite

✓ Opérateurs naïfs

Détection des changements par différence : Nous allons d'abord présenter les premiers opérateurs, les plus simples, qui ont été utilisés. L'opérateur de quantité de changement le plus direct consiste à comparer les deux images, I1 et I2, pixel à pixel, par une simple différence d'intensité. [20]

$$CQ(I1, I2) = I1 - I2 \quad (2.1)$$

On pourra notamment utiliser la valeur absolue pour avoir une quantité de changement strictement positive :

$$CQ(I1, I2) = |I1 - I2| \quad (2.2)$$

Détection des changements par division : D'autres opérateurs un peu plus complexes ont également été proposés comme, par exemple, dans le domaine de l'imagerie Radar, le ratio d'images. Ce qui s'explique par le caractère multiplicatif du bruit dans les images radar :

$$CQ = I1/I2$$

Détection des changements par l'intensité moyenne : De façon similaire, les auteurs de Coppin et Bauer proposent de normaliser la différence d'image par l'intensité moyenne entre les deux images.

$$CQ(I1, I, 2) = I1 - I2 / I1 + I2$$

✓ La méthode logmean

Considérons deux images A et B de taille $M \times N$ acquises sur la même zone à différents intervalles de temps sont considérées comme images d'entrées. L'objectif principal est de générer une carte DC (Détection des Changements) qui doit donner l'interprétation des changements survenus à la surface. Les changements identifiés entre deux images peuvent être modélisés comme un problème de classification binaire. [20]

✓ **ACP -kmeans**

Les algorithmes ACP et clustering k-means sont combinés. Dans cette approche, l'ACP est appliquée sur l'image de différence; $ID = |image1 - image2|$. [20]

ACP : Cette dernière consiste à transformer les données d'images en un ensemble de variables non corrélées à l'aide de méthodes statistiques. Le résultat de l'ACP est un jeu d'images dans lequel chaque bande est non corrélée avec les autres bandes, en d'autres termes : chacune présente des informations uniques. [20]

La détection de changement par classification: La 2ème étape de cette approche est la classification, on utilise l'algorithme K-means.

Nous choisissons $k=2$ pour regrouper les pixels en 2 classes et affecte chaque pixel à une de ces 2 classes où la 1ère classe contient les pixels changés et la 2ème contient les pixels non changés. [20]

✓ **Approche d'algorithme génétique (AG)**

Considérons deux images $X1 = \{x1(i, j) \mid 1 \leq i \leq H, 1 \leq j \leq W\}$ et $X2 = \{x2(i, j) \mid 1 \leq i \leq H, 1 \leq j \leq W\}$ de taille $H \times W$ pixels acquis sur la même zone géographique mais à deux moments différents. Supposons en outre que ces images ont été enregistrées les unes par rapport aux autres. L'objectif principal de ce travail est de générer un binaire masque de détection de changement CM

$= \{cm(i, j) \mid 1 \leq i \leq H, 1 \leq j \leq W\}$, où $cm(i, j) \in \{0,1\}$, basé sur l'image de différence X_d calculé à partir d'images multi temporelles.

La méthode de détection des changements proposée est composée de deux étapes principales :

1) comparaison d'image pour calculer la différence image.

2) génération du masque de détection de changement final en utilisant le GA sur l'image de différence. [20]

4.3. La couche de décision :

Afin de réaliser, cette couche nous avons décidé utilisation un agent intelligent pour décider s'il y a un incendie ou non à la base des informations envoyées par les capteurs et envoyé d'une alerte au site de la protection civile informant les responsables par l'existence d'un incendie dans la forêt concernée.

- ✓ L'agent décide s'il y a du feu de forêt sur la base d'une comparaison entre les informations captées par les capteurs et ses conditions programmées

Il compare la température détectée par le capteur de température si elle est supérieure à 45 degrés, il y a possibilité de l'existence.

- ✓ Compare l'image de la forêt captée par le capteur d'image satellite avec l'image de la forêt à l'état naturel, en plus de la condition de présence de fumée (valeur=0 /1)

Et sur la base des résultats de ces comparaisons, l'agent décide qu'il y a un incendie dans la forêt et envoie une alerte à l'interface du système informant l'utilisateur qu'il y a un incendie dans la forêt.

Capteur	Type d'agent	perception	Action	But	Environnement
Le capteur de température	Agent intelligent	La température Est élevée (+45)	décider s'il y a un incendie ou non	Situation de température modérer	System
Le capteur de fumée		La présence de fumée	-Envoi d'une alerte à l'interface du système informant l'utilisateur qu'il y a un incendie dans la forêt.	Situation de fumée modérer	System
Le capteur de flamme		La présence de flamme		détecter la flamme	System
Les capteurs des satellites		Un Changement dans l'image de la forêt capturée par le satellite		Détecter le Changement dans l'image de forêt capturée par le satellite	System

Tableau3.1 : les capteurs et l'agent utilise

Acteur	Agent Manager
Acteur secondaire	/
Objectif	-L'agent manager décidé s'il y a un incendie ou non -Envoyer une alerte à l'interface du système informer l'utilisateur qu'il ya un incendie dans la foret.
Pré condition	L'agent manager récupère les informations capté par les capteurs (température, changement d'image satellite, la présence de flamme.....).
Post condition	L'agent manager envoyée une alerte à l'interface du système informer l'utilisateur qu'il ya un incendie dans la foret.
Scénario Nominal	-L'agent manager récupère les informations capté par les capteurs - L'agent manager décidé s'il y a un incendie ou non. -L'agent manager envoyer une alerte à l'interface du système informer l'utilisateur qu'il ya un incendie dans la foret.
Scénario Alternative	- L'agent manager ne récupère pas les informations - Les capteur tombe en panne.

Tableau3.2 : description textuelle d'agent manager

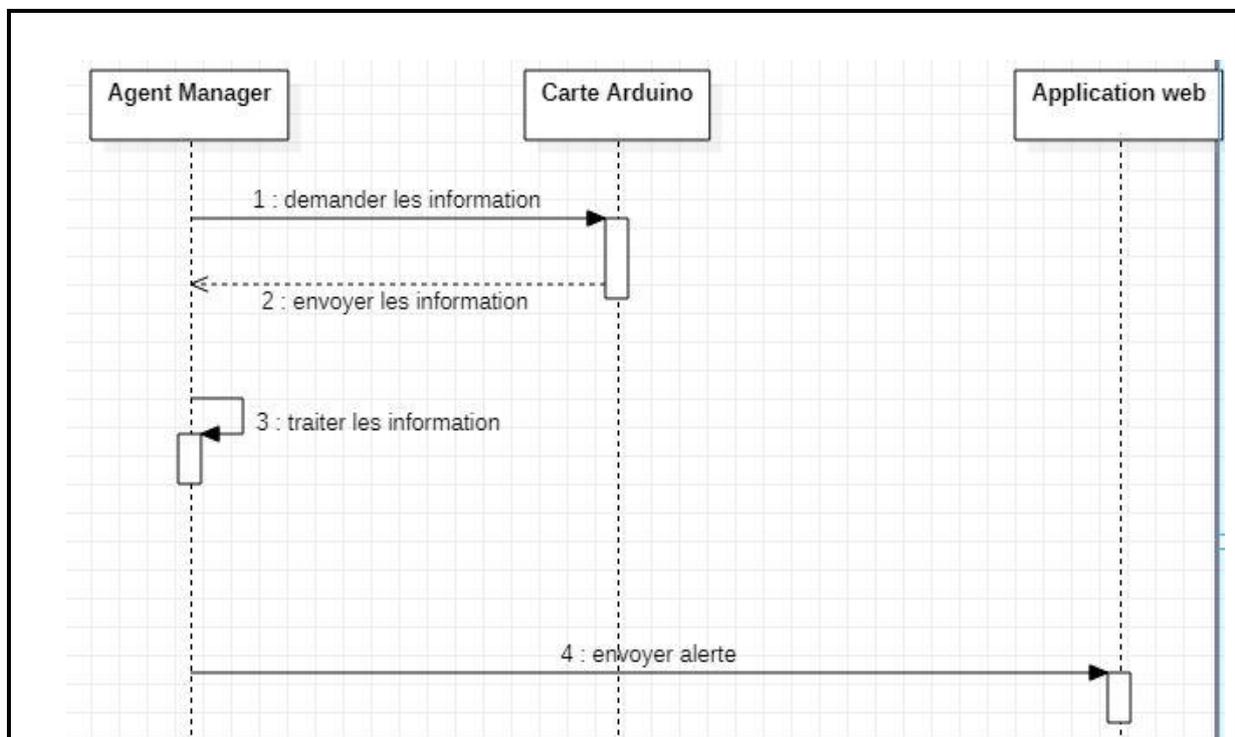


Figure3.5: diagramme de séquence d'agent Manager

4.4. Application web :

Cette application est réalisée pour faire des statistiques et des prédictions stratégiques futures.

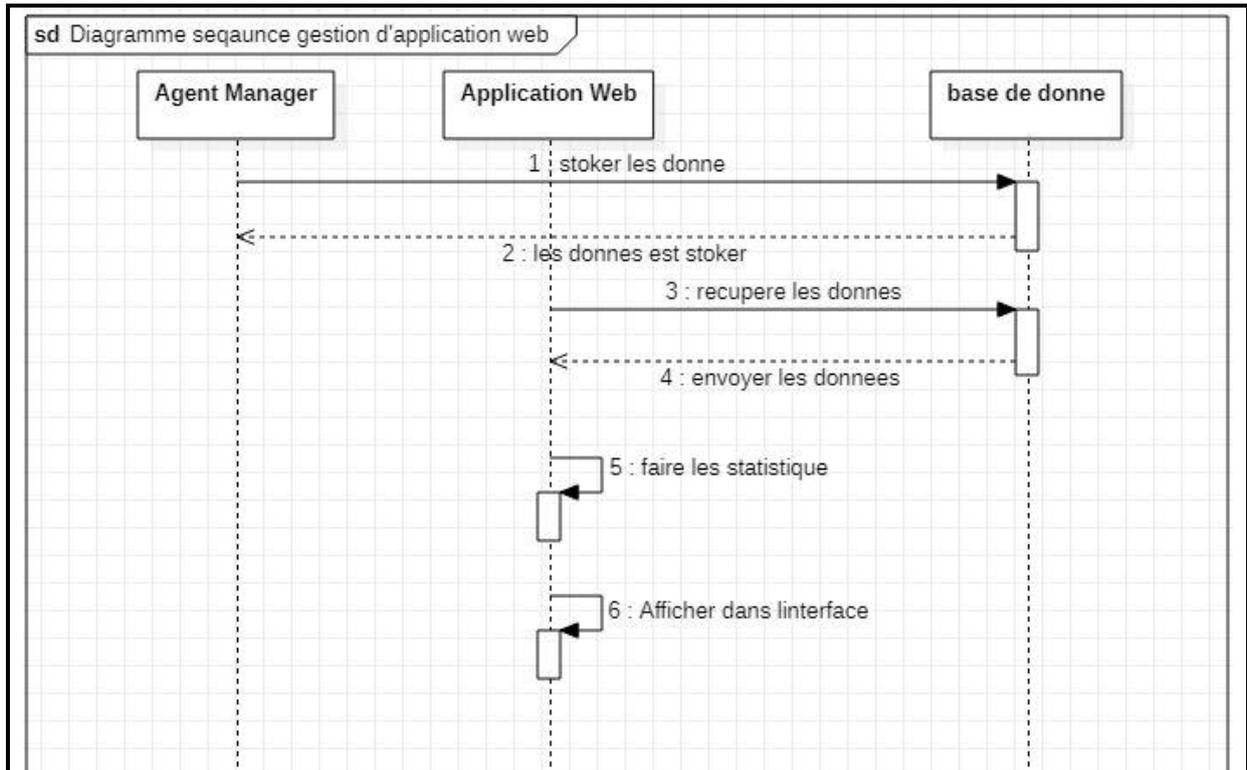


Figure3.6: diagramme de séquence gestion des informations et des statistiques

Cette figure représente une description Architecture global du système

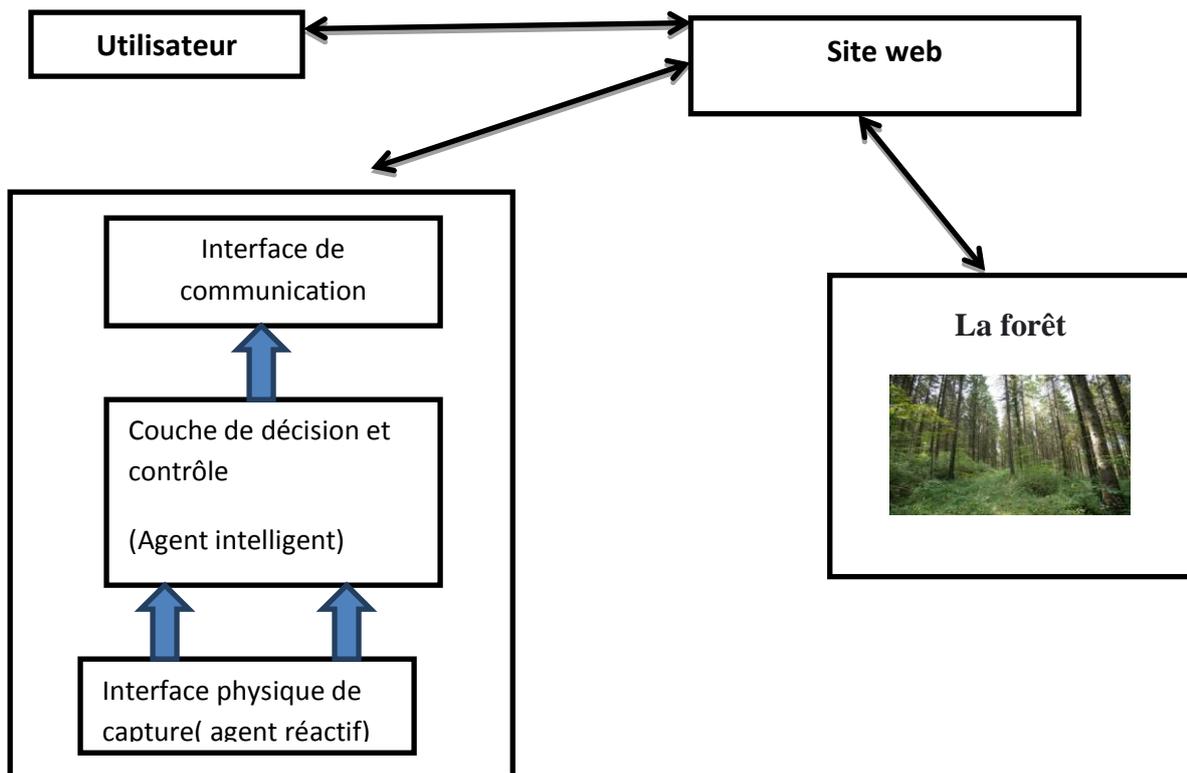


Figure3.7 : Architecture global du système

4.5. La base de données

➤ **Les données nécessaires pour les statistiques**

D'après les informations collectées durant le stage réalisé au sein de la Direction de la Protection Civile de Mila on a déterminé des informations nécessaires pour faire les statistique ont qui sont décrits par le tableau suivant :

Les données	Code	Description	Type de données
Date de l'incendie	date	YY/MM/JJ	Date
l'heure de l'incendie	heure	HH:MM:SS	Time
Nom de la commune	commune		Varchar
nom de la foret	nomf		Varchar
nombre de blesses	nbrBlesse		Int
nombre des morts	nbrMorts		Int
pertes par hectare	Pertes		Int

Tableau 3.2: tableau qui représenté les informations nécessaires pour faire les statistique

A la base de ces informations nous avons réalisé le diagramme de classe qui décrit la partie statistique de notre système :

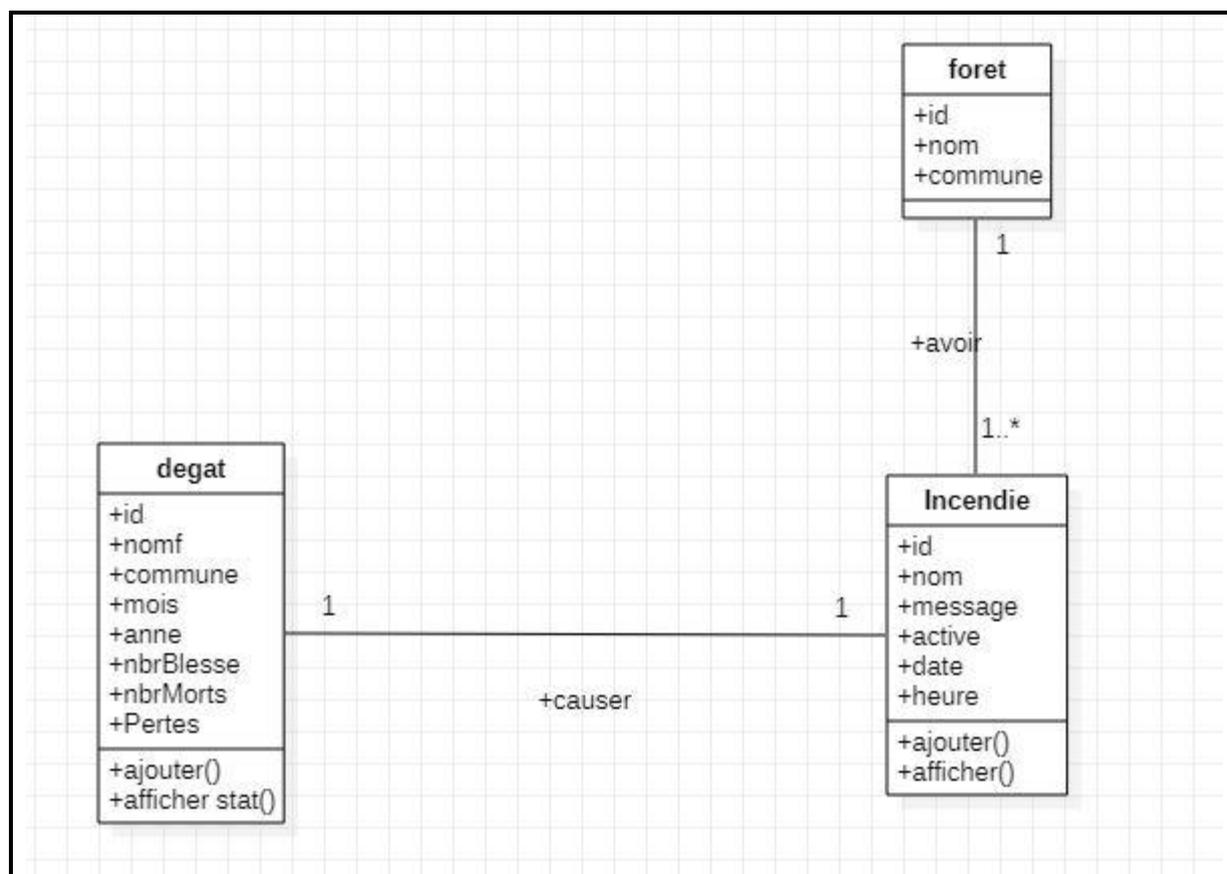


Figure3.8 : Diagramme de classe gestion de statistique

Schéma de la base de données

Forêt (id, nomf, commune, #id incendie)

Incendie (id, nom de forêt, message, active, date, heure, #idDegats)

Dégâts(id, nomf, commune, mois, anne, nbrBlesse, nbrMorts, Pertes, #id incendie)

5. Conclusion

A travers de ce chapitre, nous avons présenté toutes les détails de la conception de notre système de détection d'incendie. Nous avons présenté dans un premier lieu le principe de notre solution et l'architecture globale du système et nous avons expliqué le détail de chaque partie du système.

Le chapitre qui suit, est réservé à la présentation des détails de l'implémentation.

Chapitre 04

*Réalisation et
Implémentation*

1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les outils matériels et les environnements logiciels utilisés pour développer notre système et ainsi que les différentes plateformes d'exécution de ses différentes parties.

2. Vision globale

Les éléments qui composent notre système, les environnements de leur exécution et les langages de programmations utilisés sont résumés dans la qui suite.



Figure 4.1 : Éléments du système

3. Interface physique de capture

3.1. Schéma de raccordement

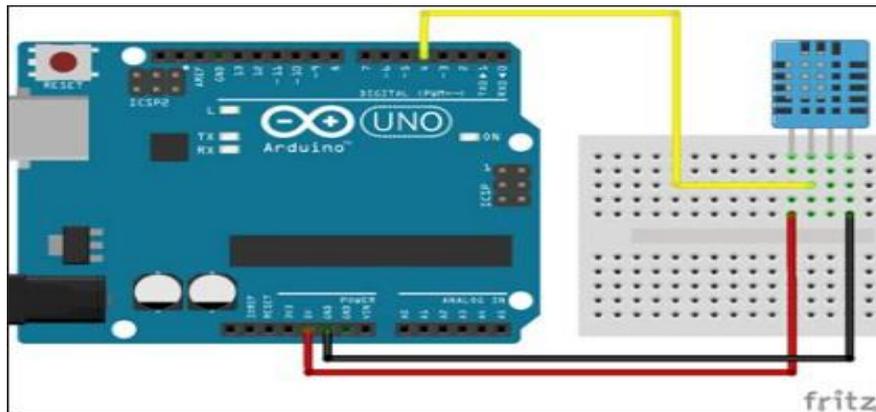


Figure 4.2: Schéma de raccordement de l'interface de capture

3.2. Composants

3.2.1. Carte Arduino UNO WIFI

La carte Arduino UNO WIFI est basée sur un ATmega328P (comme l'UNO) et sur un module WIFI ESP8266. Le microcontrôleur WIFI permettra l'Arduino de disposer d'une connectivité Internet.[10]

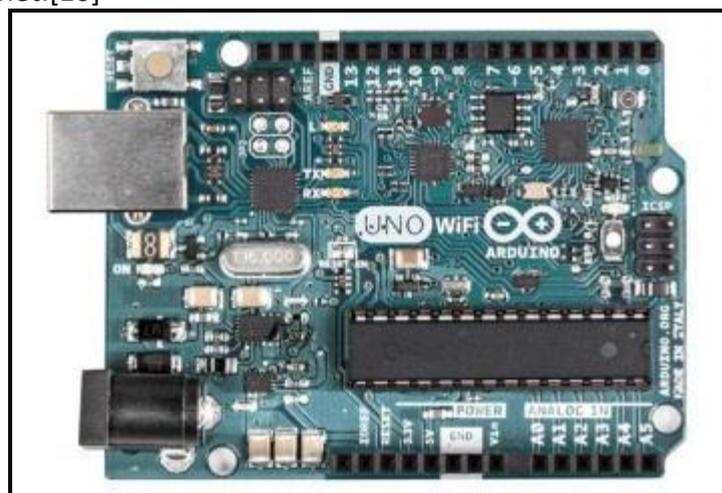


Figure 4.3 : Carte ARDUINO UNO WIFI

3.2.2. Capteur

✓ Définition d'un capteur

Un capteur sans fil est un petit dispositif électronique capable de mesurer une valeur Physique environnementale (température, lumière, pression, humidité, vibration, ..., etc.), et de la communiquer à un centre de contrôle via une station de base (puits, sink). [10]

Chaque capteur assure les fonctions suivantes :

- Acquisition des données
- Calcul des informations à l'aide des valeurs collecté
- Communiquer ces données à travers le réseau

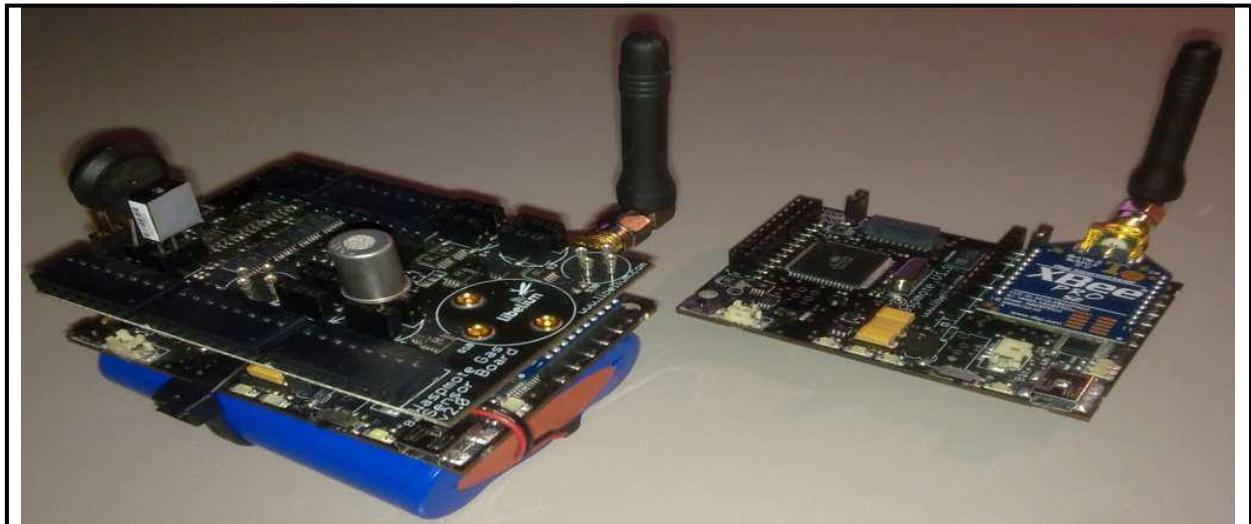


Figure 4.4: Exemple de nœud capteur

✓ **Architecture physique d'un capteur**

Une unité de détection (d'acquisition) : composées de deux (02) sous unités : Une sous unité de détection (capteur) qui permet de prendre des mesures physiques (pression, température, pollution, son, radiation...) et Une sous unité ADC (Analog Digital Converter) qui est un convertisseur analogique–numérique qui transforme le signal analogique en données numériques et les transmet à l'unité de traitement. [10]

Une unité de traitement : Composée d'un Processeur embarqué, son rôle est d'ordonnancer les tâches, traiter les données et contrôler les autres composants du senseur et l'unité de stockage qui inclut la mémoire de travail et la mémoire réservée aux données.[10]

Une unité de transmission/réception (communication):

Cette unité gère toutes les émissions/réceptions au sein du capteur. Ainsi, l'unité de transmission travaille essentiellement à connecter le nœud au réseau. [10]

Unité d'énergie

La gestion de l'énergie est un point primordial dans les réseaux de capteurs. Tout capteur est muni d'une ressource énergétique à durée de vie limitée, et ce, à cause de la taille réduite de la batterie et l'impossibilité de la recharger ou de la changer. Il est à noter que la gestion de l'énergie est un réel problème pour les réseaux de capteurs, et divers travaux tentent d'y remédier. De ce fait, l'unité de contrôle d'énergie est sans doute le composant le plus important du capteur. Elle s'occupe de la « répartition » de l'énergie au sein du capteur entre les divers modules. Elle permet également quelques fois de réduire la consommation d'énergie en agissant sur les modules inactifs. [10]

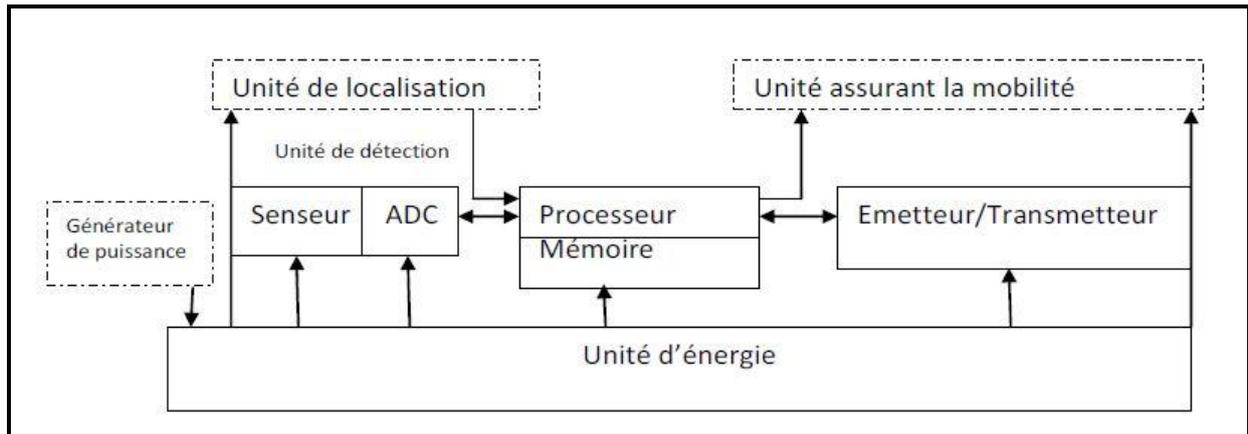


Figure 4.5 : Anatomie d'un capteur

✓ **Les capteurs de notre système :**

Le système que nous avons proposé nécessite de matériel décrits dans le tableau suivant :

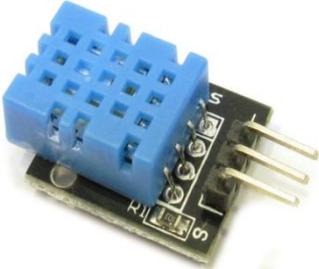
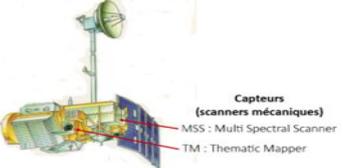
Capteur		Description
<p>Capteur de température DHT11</p>		<p>–Humidité (relative) : [20,80%] –Précision (humidité) :+/-5% aux extrême –température : [0, +50°C] –Précision (température) :+/- 2°C –Tension d’alimentation : [3, 5 volts]</p>
<p>un capteur de gaz / fumée MQ-2 avec Arduino</p>		<p>Le module capteur MQ-2 de fumée / gaz est un ensemble de composants monté sur PCB capables de mesurer la quantité d’hydrogène et gaz dans l’air. Doté d’un potentiomètre, il permet d’ajuster la valeur de détection. Le module MQ-2 peut détecter les gaz suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le GPL • Le Butane • Le propane • Le méthane • les émanations d’alcool • l’hydrogène 2
<p>Capteur de flamme KY-026</p>		<p>Le capteur de flamme KY-026 est un capteur qui permet de mesurer des longueurs d’onde sur une plage comprise entre 760 nm et 1100 nm. Ce capteur réagira donc en présence d’une flamme</p> <p>Caractéristiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Extrêmement sensible aux longueurs d’ondes entre 760-1100nm – Seuil de détection de flamme modifiable par un potentiomètre – Plage d’angle de détection: environ 60 degrés.[21] – Alimentation: 3.3-5.5 VDC 1
<p>Capteur d’image satellite Landsat TM (Thematic Mapper)</p>		<p>–Résolution Spatiale . 30m pour toutes les bandes .120m pour l’infrarouge thermique -utilisations : cartographie surveillance de l’environnement</p>

Tableau 4.1: Capteurs utilisés

3.3. Environnement logiciel et langage

3.3.1. Arduino

Le system Arduino est un outil permettant de créer un petit ordinateur capable de détecter et de contrôler plus de choses du monde matériel qu'un ordinateur de bureau. Il s'agit d'une plate-forme électronique de programmation open source basée sur un simple carte a microcontrôleur (de la série AVR) et un logiciel, véritable environnement de développement intègre pour écrire , compiler et transférer des programmes sur la carte microcontrôleur .Arduino peut être utilise pour développer des objets interactifs qui peuvent être autonomes ou communiquer avec un logiciel exécute sur un ordinateur tel que Flash, Processing ou Max MSP. [14]

3.3.2. Langage C++

Nous avons utilisé C++ est un langage de programmation compilé, permettant la programmation sous de multiples paradigmes comme la programmation procédurale, la programmation orientée objet et la programmation générique. Le langage C++ n'appartient à personne et par conséquent n'importe qui peut l'utiliser sans besoin d'une autorisation ou obligation de payer pour avoir le droit d'utilisation. C++ est l'un des langages de programmation les plus populaires, avec une grande variété de plates-formes matérielles et de systèmes d'exploitation. [14]

4. Le système multi-agents Système de contrôle local

4.1. Environnement matériel

Pour développer l'agent du système, nous avons utilisé un ordinateur portable présentant les caractéristiques suivantes:

Processeur Intel(R) Core(TM) i3-6006U CPU @ 2.00GHz RAM 4GO

Système d'exploitation 64 bits

4.2. La Plateforme Jade et les bibliothèques utilisées

4.2. 1.Java Agent Développement Framework JADE

2.3 Jade Java Agent Développement Framework, ou JADE (voir figure 20), est un Framework logiciel pour le développement d'agent intelligent, implémenté en Java. Le système JADE prend en charge la coordination entre plusieurs agents FIPA et fournit une implémentation standard du langage de communication FIPA-ACL, ce qui facilite la communication entre agents. JADE a été initialement développée par Telecom Italie et distribué sous forme de logiciel libre.

• **FIPA (Fondation for intelligent physical Agents)** En revanche, la communauté d'origine de FIPA étant celle des systèmes multi agents, plus proche de l'intelligence artificielle, FIPA s'intéresse plus particulièrement à l'interopérabilité des agents intelligents (les efforts sont placés au niveau du langage, des protocoles et des infrastructures de communication), elle va se situer à un niveau plus élevé c'est à dire le niveau applicatif, en décrivant les éléments nécessaires à la réalisation d'une application et principalement en détaillant la communication entre les agents. Le but est de décrire un ACL (Agents Communication Langage) et des protocoles de négociation permettant ainsi de définir parfaitement les interactions entre les agents.[9]



Figure4.6 : figure qui représente le logo de JADE

4.2.2. NetBeans

Netbeans est un logiciel souvent utilise par les programmeurs ou les développeurs. Contrairement aux éditeurs de texte ordinaires, Netbeans est un IDE ou une application d'environnement de développement intègre base sur le langage Java et fonctionnant sur swing. Le point ici est que swing est une technologie qui prend en charge le développement d'application de bureau pouvant s'exécuter sur différentes plates-formes telles que Windows, MacOS, Linux et Solaris.



Figure 4.7 : figure qui représente le logo de Netbeans

4.3. Les interface graphique

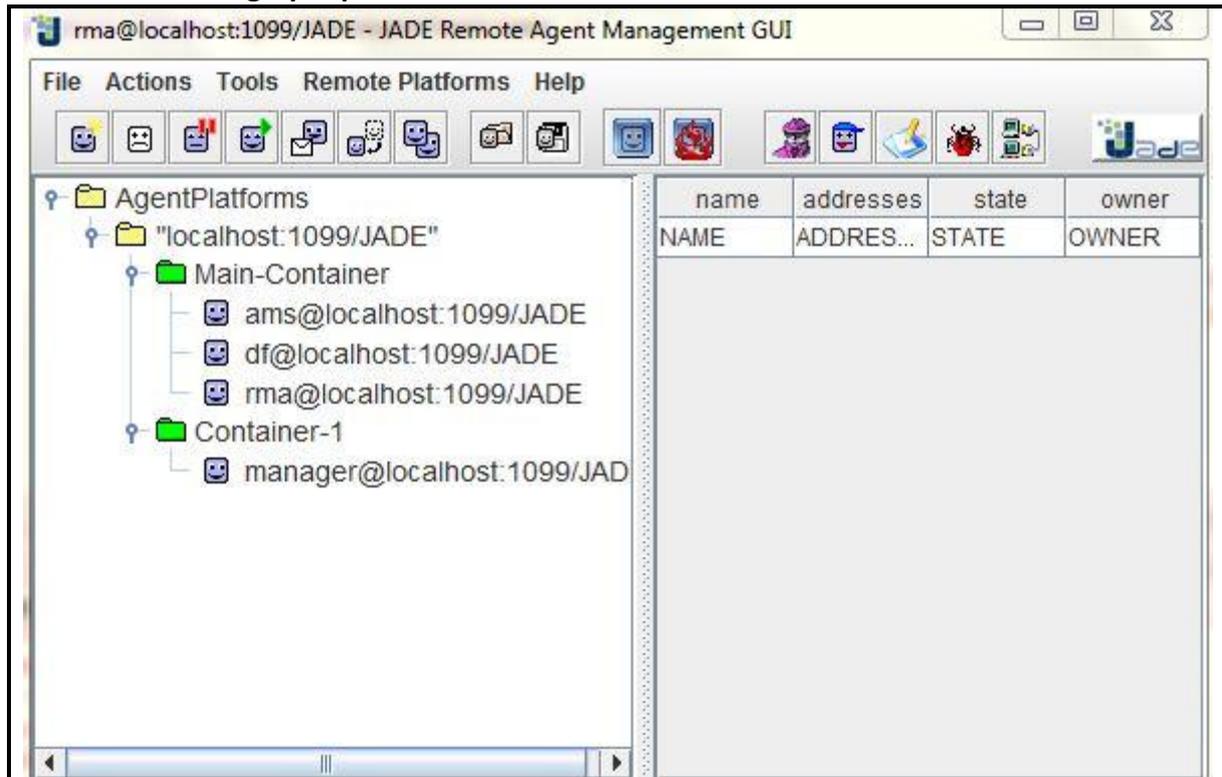


Figure 4.8: figure qui représente l'interface jade avec l'agent créés.

5.Site Web

5.1. Langages et environnement de programmation et bibliothèques

5.1.1. Le langage PHP (Personal Home Page --->Hyper text Preprocessor)

C'est un langage de programmation interprété utilisé pour créer des pages Web dynamiques. C'est parmi les langages de développement Web les plus utilisés actuellement

- Facile à apprendre et dispose d'une bibliographie importante
- Gratuit et supporté par la majorité des hébergeurs Web
- Dispose d'une multitude de frameworks

5.1.2. SQL Le langage SQL (Structured Query Language)

Est un langage informatique utilisé pour exploiter des bases de données. Il permet de façon générale la définition, la manipulation et le contrôle de sécurité de données. Dans la pratique, le langage SQL est utilisé pour créer des tables, ajouter des enregistrements sous forme de lignes, interroger une base de données, la mettre à jour, ou encore gérer les droits d'utilisateurs de cette base de données. Il est bien supporté par la très grande majorité des systèmes 50 de gestion de base de données (SGBD). Créé au début des années 1970 par

Donald D. Chamberlin et Raymond F. Boyce, tous deux chez IBM, le langage SQL est aujourd'hui reconnu comme une norme internationale. [21]

5.1.3. HTML L'HyperText Mark up Language :

Généralement abrégé HTML, est le langage de balisage conçu pour représenter les pages web. C'est un langage permettant d'écrire de l'hypertexte, d'où son nom. HTML permet également de structurer sémantiquement et logiquement et de mettre en forme le contenu des pages, d'inclure des ressources multimédias dont des images, des formulaires de saisie et des programmes informatiques. Il permet de créer des documents interopérables avec des équipements très variés de manière conforme aux exigences de l'accessibilité du web. Il est souvent utilisé conjointement avec le langage de programmation JavaScript et des feuilles de style en cascade (CSS). HTML est inspiré du Standard Generalized Mark up Language (SGML). Il s'agit d'un format ouvert. [21]

5.1.4. Le langage JavaScript

C'est un langage de programmation de scripts qui est exécuté principalement par le navigateur Web sur les machines clientes. JavaScript permet de donner du dynamisme au pages Web, on peut par exemple :

- Faire bouger (modifier, supprimer) les éléments d'une page Web
- Mettre à jour les éléments de la page sans la recharger
- Réagir aux événements produit par l'utilisateur (Clic, déplacement souris, presse d'une touche clavier etc.).[21]
- Utiliser des menus, des sélecteurs de date, des barres de progression ..etc

5.1.5. CSS

Langage de feuilles de style pour documents html Permet une séparation claire de la structure et du style plus grande indépendance avec le media utilisé.

Recommandation W3C depuis le 12 mai 1998.[21]

5.1.6. PhpMyAdmin

phpMyAdmin (PMA) (voir figure 18) est une application Web de gestion pour les systèmes de gestion de base de données MySQL réalisée principalement en PHP et distribuée sous licence GNU GPL.[9]



Figure 4.9: figure qui représente le logo de phpmyadmin

5.5.7. Visual Studio Code

Visual Studio Code est un éditeur de code simplifié, gratuit et open source développé par Microsoft. Il est disponible pour Windows, MacOS et Linux. Il fournit aux développeurs un environnement de développement intégré et des outils pour piloter des projets techniques de l'édition à la construction en passant par le débogage.

5.2. Page web

5.2.1. Page d'Accueil

La page d'Accueil contient deux boutons, le premier est d'ajouter des dégâts et le second est d'afficher des statistiques, ce qui amène l'utilisateur à d'autres interfaces lorsqu'il est pressé.

La page d'accueil de notre site est illustrée par la figure 4.10.



Figure 4.10: page d'Accueil

5.2.2. Ajouter dégâts

Cette page est accessible en cliquant sur le bouton le bouton Ajouter des dégâts sur la page d'Accueil. La page Ajouter des dégâts permet à l'utilisateur d'entrer les dégâts causées par les incendies dans la base de données.

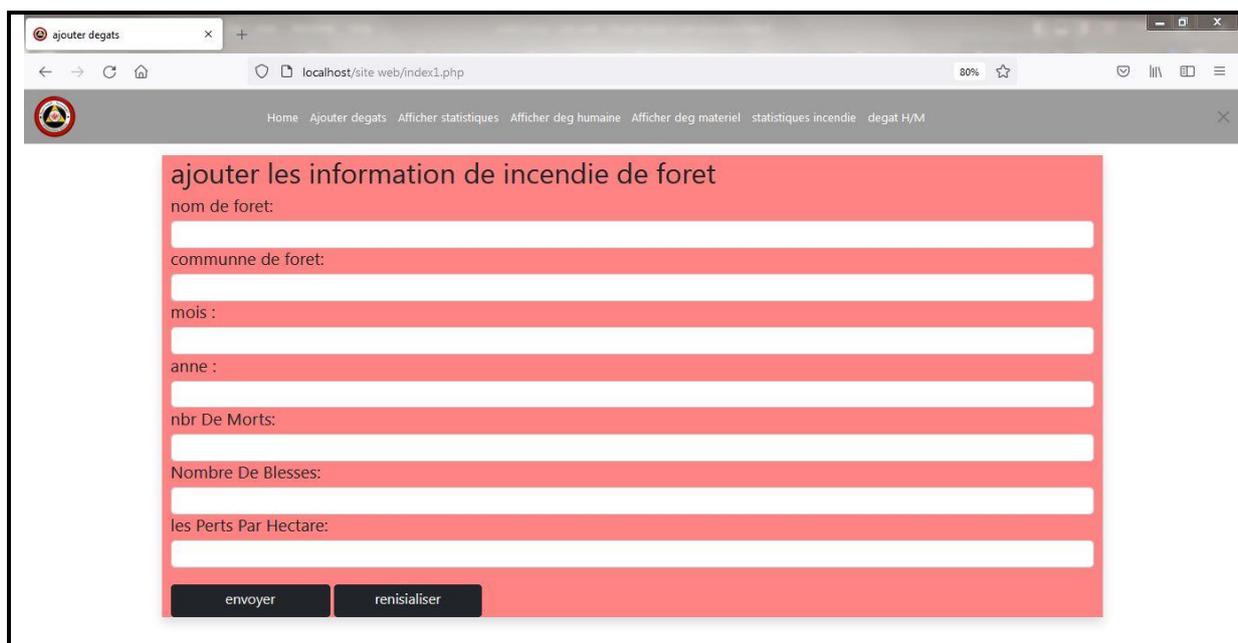


Figure 4.11 : présentation d'interface Ajouter Dégâts

5.2.3. Afficher statistique

Cette page est accessible en cliquant sur le bouton Afficher les statistiques sur la page d'accueil. La page d'affichage des statistiques contient deux boutons, l'affichage les incendies et l'affichage des dégâts.

Le premier amène l'utilisateur vers une interface qui affiche des statistiques sur les incendies au cours des différentes années, tandis que le second l'amène vers une interface qui affiche des statistiques sur les différents dégâts matériels et humains causées par les incendies.

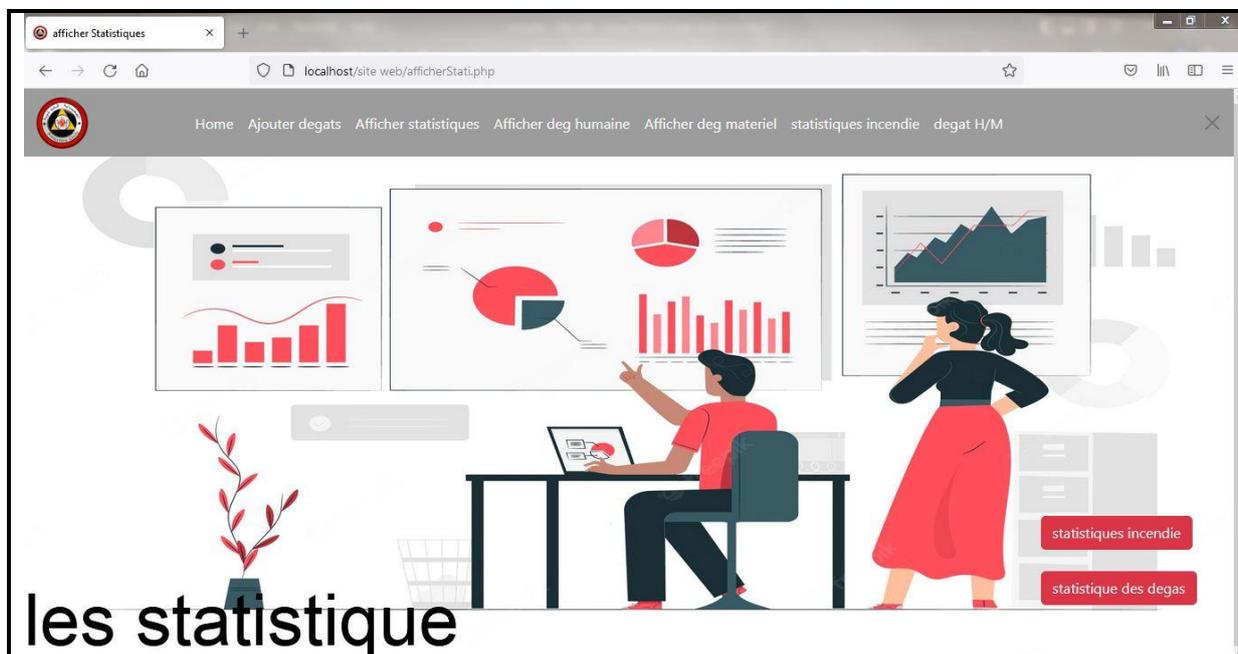


Figure 4.12 : Accéder au Statistique

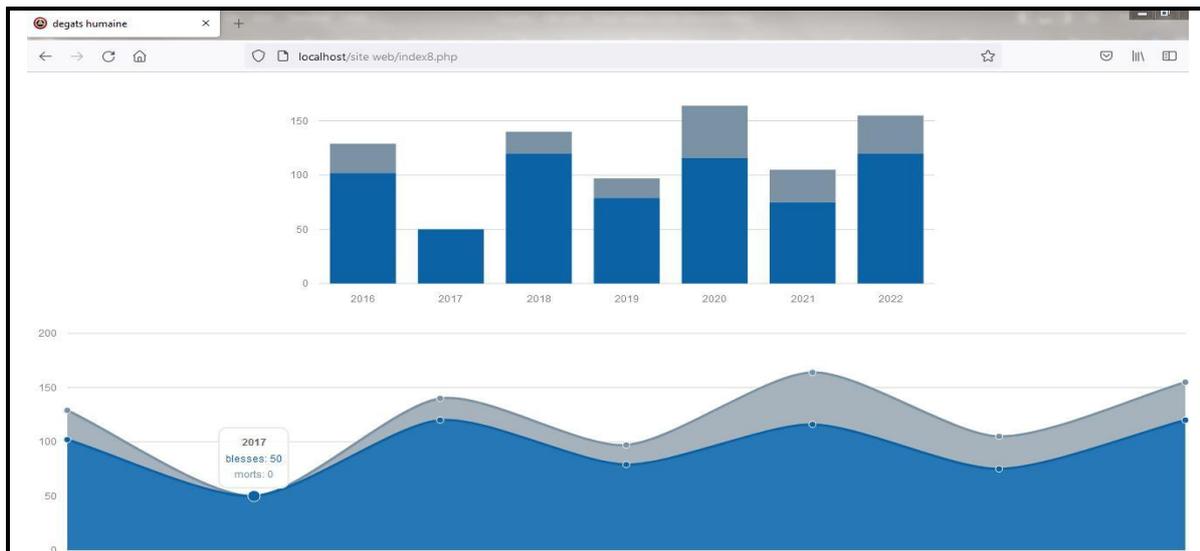


Figure 4.13 : Afficher statistique des dégâts humains

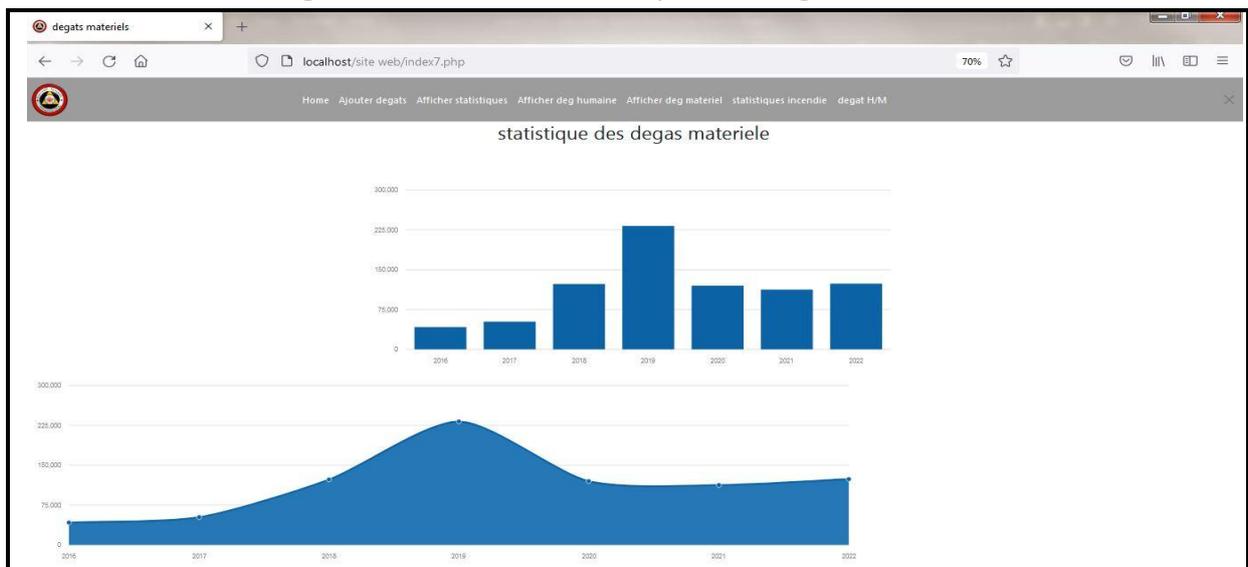


Figure 4.14 : Afficher statistique des dégâts matérielle

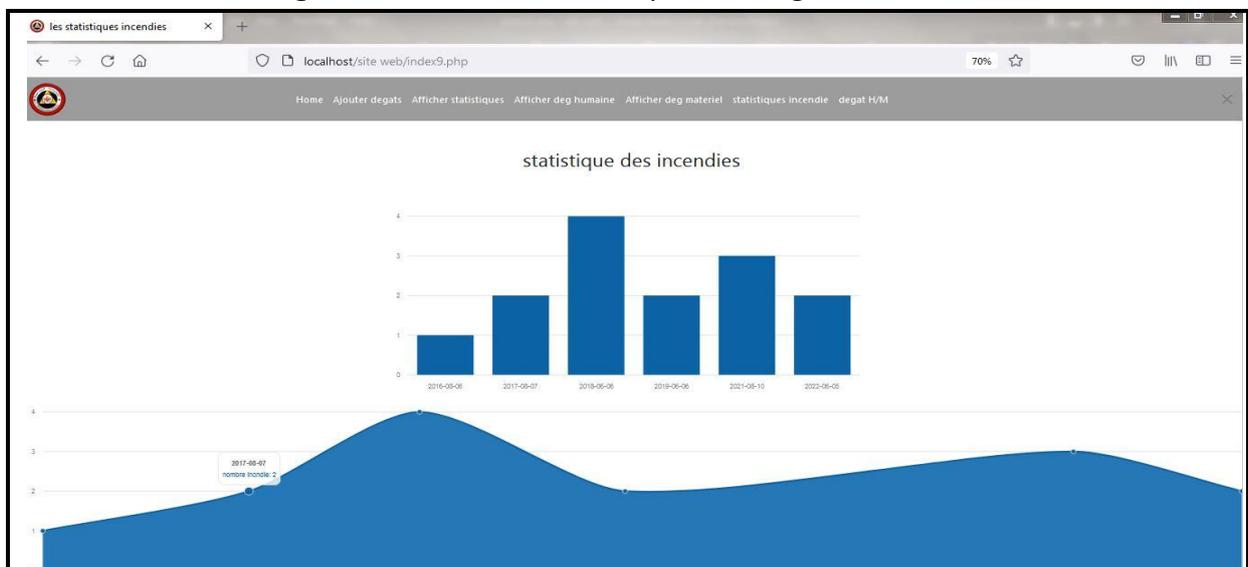


Figure 4.15: Afficher statistique des incendies

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les détails d'implémentation de notre système. Nous avons commencé par donner une vision globale du système. Ensuite, nous avons cité les outils, environnement et langages de programmation. La partie physique de perception de notre système s'est présentée également en détaille et avec son schéma de raccordement incluant tous les composants.

Conclusion

General

Conclusion général

Les systèmes intelligents sont de nos jours un outil incontournable et même indispensable pour garantir le bon fonctionnement des systèmes car ils sont pratique, rapide, assurent une surveillance permanente et répondent parfaitement aux besoins des domaines d'application.

Notre projet de fin d'étude intitulé conception et réalisation d'un système basé sur internet des objets et la technologie de l'agent pour lutter contre les incendies de forêt à Mila. Dans ce contexte, nous avons développé un système composé de trois parties :

La partie physique dans cette partie nous avons utilisé quatre types de capteurs (Le capteur de température, Le capteur de fumée, Le capteur de flamme, Les capteurs des satellites).

La partie de décision basée sur un agent intelligent qui permet de raisonner sur les données envoyées par les capteurs afin de décider l'existence ou non des feux de forêt.

L'application web : permet l'affichage de l'alerte et aussi les statistiques concernant les incendies.

L'objectif de notre travail était de faire :

- Introduire un système à la Direction de la Protection Civile qui permet de détecter les incendies de forêt dans leurs premières minutes.
- Développer les moyens adoptés par la Direction de la Protection Civile dans la détection des incendies de forêt.
- Réduire les différentes pertes causées par les incendies de forêt.
- Préserver la richesse forestière.
- Maîtriser facilement les incendies grâce à leur détection dans les premières minutes.

La réalisation pratique a été confrontée par des difficultés spécialement celle qui concerne la partie capteur. Mais on peut dire que malgré tous les obstacles rencontrés ce projet était bénéfique vu qu'il nous a permis de consolider nos connaissances théoriques et nous avons bien compris la technologie de l'IOT et le paradigme d'agent.

Les perspectives de notre travail peuvent être résumées dans les points suivants :

- Utiliser d'autres capteurs tels que le capteur de flamme et de gaz pour mieux tester le raisonnement du système.
- Ajouter des travaux concernant la comparaison des images satellites.
- L'utilisation des algorithmes d'apprentissage pour faire des études prédictives concernant les statistiques des systèmes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] : Formation chef de groupe feu de forêt : Ecole nationale de la protection civile, document prive de la direction de la protection civile de la wilaya de Mila.

[2] : <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/incendies-de-foret-des-capteurs-sans-fil-pour-sonner-lalarme-au-plus-vite-96746/>(consulter le 31/03/2022)

[3] : <https://www.inria.fr/fr/burnmonitor-iot-detection-feux-foret>(consulter le 31/03/2022)

[4] : <https://www.orange-business.com/fr/magazine/cinq-technologies-pour-lutter-contre-incendies-forestiers> (consulter le 31/03/2022)

[5] : <https://www.nextpit.fr/internet-des-objets-c-est-quoi>

[6] : MoussaouiNor El houda et BendjemaRoufaida «Etude et application de l'internet des objets (télémédecine comme application) » Université 8Mai 1945 – Guelma Juillet 2019.

[7] : M.HANICHE Malika et M.TABRAIT Nabila «Internet des objets dans le domaine de l'agriculture de demain» UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU 29 septembre 2019.

[8] : KARA Nadjah «Conception d'un réseau de communication pour une maison intelligente en utilisant la technique d'internet des objets» UNIVERSITÉ A.MIRA - Béjaia 2016/2017.

[9] : Hadjadj Walid «Etude de cas sur un système médical domotique contrôle par un SMA» Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi 13/06/2018.

[10] : KAMBOUCHE Sofiane ATTOU Ismail «Conception et réalisation d'un système d'agriculture intelligent» Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent 2017/2018.

[11] : Zahra Dafri «Réalisation d'un système basé sur Internet des Objets pour le contrôle des serres intelligentes» Université de 8 Mai 1945 – Guelma Juillet 2019.

[12] : LOUNIS Kahina «Déploiement d'un réseau de capteurs sans fils pour une installation pétrolière» UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU11/09/2019.

[13] : Maaza Hanane etBenmenni Amina « Conception d'une maison intelligente avec les réseaux M2M/IoT» Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj 16 / 09 / 2021.

[14] : Yakoub KHALDI«Une approche basée agent mobile pour l'internet des choses (Smart business environnement) » UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR –EL-OUED 2015-2016

[15] : OUABBA Lamia « Internet of Things, protocoles de communication et simulation d'un scénario [maison intelligente]» UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA DE BÉJAÏA 31/10/2021.

[16] : ABDOUNE Katia,BOURIAHI Lamia «Système Multi-Agents d’Aide à la Décision pour la Gestion des Services Préhospitaliers d’Urgence » Université A/Mira de Béjaia 26 octobre 2021 .

[17] : Bouchemal,Nardjes. Informatique : Résolution distribuée des problèmes, deuxième année master, 2021,85p.

[18] : HAMADI Lyes, HARBANE Fazia «Conception et réalisation d’un dispositif de surveillance-protection contre l’inondation et l’incendie» Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou 2015/2016.

[19] : <https://www.applisat.fr/generalites-satellites/les-satellites-capteurs-domaines-spectraux-et-caracteristiques#:~:text=Pour%20pouvoir%20fournir%20des%20informations,solaire%20r%C3%A9fl%C3%A9chi%20par%20la%20Terre> (consulter le 31/03/2022)

[20] : MOUSSELMEL ZOHRA et HOUTIA Cherifa «Détection des changements dans les images satellitaires» Université Ahmed Draia – Adrar 2019/2020.

[21] :Boukhechem, Nadir. Informatique : Développement Web Avancé, première année master, 2021,25p.