

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 – Guelma -

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



## Mémoire fin d'étude

**Filière :** Informatique

**Option :** Systèmes Informatiques

**Thème :**

---

---

**Reconnaissance automatique des situations de présence et ré-identification des personnes dans les maisons intelligentes**

---

---

**Encadré Par :**

Dr. Brahimi Said

**Présenté par :**

Ziani Moussaab

**Septembre 2020**

## **Remerciements**

Tout d'abord, nous devons remercions notre dieu, qui nous a donné l'effort pour la continuité et l'arrivée à ce travail et qui nous a conduits à la réussite durant nos vies.

Nous voudrions exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur Dr. Brahimi de nous avoir proposé un tel sujet intéressant, pour ses aides et ses conseils ainsi que ses remarques précieuses et ses injonctions justifiées qui nous ont été d'un apport inestimable, nous lui serions toujours reconnaissantes de tout cela.

Aux membres du jury, nous vous remercions d'avoir accepté d'évaluer notre travail et pour votre temps que vous nous avez consacré dans la lecture du mémoire.

Nous souhaiterons, remercier tout le personnel du département d'informatique Guelma et surtout les enseignants durant ces cinq dernières années.

Enfin, nous espérons que ce travail aura la valeur souhaitée.

Merci à tous

## Résumé

La Maison Intelligente est une maison équipée de technologies et systèmes informatiques dans le but de faciliter la vie de ses résidents. Elle permet d'améliorer de jour en jour la qualité de vie et ainsi que de fournir un certain degré de confort et sécurité personnalisé. Pour pouvoir atteindre son but, une maison intelligente doit collecter un ensemble de données acquises de son environnement et de ses habitants. L'une de ces données est celle relative à la position et l'identification des habitants dans les chambres de la maison.

Nous avons donc proposé de réaliser un système d'identification basé sur la vision par ordinateur et le Machine Learning. Ce système est conçu pour permettre non seulement de reconnaître les habitants dans la porte d'entrée grâce aux techniques de la reconnaissance faciale, mais aussi localiser et d'identifier chaque personne dans les différentes chambres en utilisant une combinaison des techniques différentes de Machine Learning. Ces techniques sont: reconnaissance faciale, reconnaissance des corps humains, et la reconnaissance de vêtements.

### **Mots clés :**

Maison Intelligente, Vision par ordinateur, Apprentissage Automatique, Reconnaissance Faciale, Reconnaissance à base de vêtements.

## **Abstract**

The Smart Home is a house equipped with technologies and computer systems in order to make life easier for its residents. It improves day by day the quality of life and also provides a certain degree of personalized comfort and safety. To be able to achieve its goal, a smart home must collect a set of data acquired from its environment and its inhabitants. One of these data is that relating to the position and identification of the inhabitants in the rooms of the house.

We therefore proposed to create an identification system based on computer vision and Machine Learning. This system is designed to not only recognize residents in the front door using facial recognition techniques, but also locate and identify each person in different rooms using a combination of different machine learning techniques. These techniques are: facial recognition, human body recognition, and clothing recognition.

### **Keywords:**

Smart Home, Computer Vision, Machine Learning, Facial Recognition, Clothing Based Recognition.

# Tables de matières

<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : État de l'art</b> .....	<b>3</b>
1 Introduction.....	3
2 Maison intelligente (Smart-Home) .....	4
2.1 Historique et définitions.....	4
2.1.1 Définitions .....	4
2.1.2 Historique .....	4
2.2 Services fournis par les maisons intelligentes .....	5
2.2.1 Confort.....	5
2.2.2 Sécurité .....	5
2.2.3 Économiser la consommation d'énergie .....	5
2.3 Personnalisation des services .....	6
2.3.1 Adaptation des services .....	6
2.3.2 Personnalisation.....	6
2.4 Composants principaux.....	6
2.4.1 Capteurs ou Cameras .....	6
2.4.2 Cerveau de contrôle (Ordinateur principal).....	6
2.4.3 Un Réseau.....	7
2.4.4 Actionneur .....	7
2.4.5 Interface entre l'humain et la maison intelligente .....	7
2.5 Types de capteurs d'identification et de reconnaissance de personnes .....	8
2.5.1 Capteurs portables .....	8
2.5.2 Caméras .....	8
2.5.3 Capteur à base de voix (microphone) .....	9
2.5.4 Autres.....	9
3 La reconnaissance basée sur la vision par ordinateur .....	9
3.1 Vision par ordinateur .....	9
3.1.1 Définitions .....	9
3.1.2 Étapes d'un système de Vision par Ordinateur.....	10
3.1.3 Tâches accomplies par la Vision par Ordinateur .....	11

3.2	Notion de Reconnaissance et Identification des personnes .....	12
3.2.1	Définition.....	12
3.2.2	Type de Reconnaissance des personnes .....	12
3.2.3	Méthodes.....	14
4	Apprentissage Automatique pour la reconnaissance des personnes .....	14
4.1	Apprentissage Automatique (Machine Learning).....	14
4.1.1	Définition.....	14
4.1.2	Types d'apprentissages .....	14
4.1.3	Méthodes d'apprentissage Supervisé.....	15
4.1.4	Méthodes d'apprentissage non-Supervisé .....	16
4.2	Apprentissage profond (Deep Learning).....	16
4.2.1	Définitions .....	16
4.2.2	Relation entre Deep Learning et les autres techniques du machine Learning	16
5	Conclusion.....	17

## **Chapitre 2 : Conception .....** 19

1	Introduction.....	19
2	Objectifs du projet et principe de la solution proposé .....	19
2.1	Fonctionnalités .....	20
2.1.1	Identifier la personne à la porte d'entrée .....	20
2.1.2	Identifier et suivre les personnes dans la maison.....	20
2.2	Principe de la solution proposée .....	20
2.3	Architecture générale du système .....	22
3	Identification des personnes à la porte d'entrée de la maison .....	23
3.1	Principe de fonctionnement .....	23
3.2	Intégration des techniques.....	24
4	Identification des personnes dans une chambre et dans la maison.....	25
4.1	Identification à base d'Apprentissage Automatique (Machine Learning).....	25
4.1.1	Principe d'intégration .....	25
4.1.2	Méthode d'intégration .....	26
4.1.3	Reconnaissance des corps humains .....	27
4.1.4	Division des corps humains .....	27
4.1.5	Reconnaissance des vêtements .....	28

4.1.6	Reconnaissance Faciale .....	28
4.1.7	Fusion des résultats .....	29
4.2	Intégration de raisonnement logique et d'Apprentissage Automatique .....	29
4.2.1	Principe .....	29
4.2.2	Intégration.....	30
4.2.3	Algorithme d'intégration pour une chambre i .....	31
5	Modélisation du système de reconnaissance .....	33
5.1	Sous système de surveillance de la porte d'entrés.....	33
5.2	Sous système d'identification des personnes dans la maison .....	35
6	Conclusion .....	36

### **Chapitre 3 : Implémentation..... 37**

1	Introduction.....	37
2	Environnement de développement .....	37
2.1	Partie matériel .....	37
2.2	Partie Logiciel.....	38
3	Mécanisme de fonctionnement des caméras.....	39
4	Mécanisme de la reconnaissance Faciale .....	39
5	Mécanisme de reconnaissance à base de vêtements .....	41
6	Reconnaissance du corps humain .....	43
7	Analyse des résultats.....	45
7.1	Apprentissage de la reconnaissance des vêtements .....	45
7.2	La Reconnaissance à la porte d'entrée .....	46
7.3	Reconnaissance dans les chambres de la maison.....	47
7.4	Limites de notre système.....	48
8	Conclusion .....	49

### **Conclusion générale .....**

### **Bibliographie .....**

## Liste des figures :

<b>Figure 1.1.</b> Architecture globale d'un system de maison intelligente.....	8
<b>Figure 1.2.</b> Etapes d'un Système de Vision par Ordinateur [5].....	11
<b>Figure 1.3.</b> Relation entre l'Apprentissage Profond, l'Apprentissage Automatique et l'Intelligence Artificielle.....	16
<b>Figure 1.4.</b> Différence entre l'Apprentissage Automatique et l'Apprentissage Profond.....	17
<b>Figure 2.1.</b> Architecture du système d'identification des personnes.....	21
<b>Figure 2.2.</b> Architecture générale du système.....	22
<b>Figure 2.3.</b> Intégration des techniques au niveau de la porte d'entrée.....	24
<b>Figure 2.4.</b> Intégration des techniques pour l'identification des personnes.....	26
<b>Figure 2.5.</b> Intégration de résonnement et d'Apprentissage Automatique.....	30
<b>Figure 2.6.</b> Diagramme d'activité représentant une itération du control d'accès au niveau de la porte d'entrée.....	34
<b>Figure 2.7.</b> Diagramme d'activité représentant une itération de la reconnaissance au niveau d'une chambre.....	35
<b>Figure 2.8.</b> Diagramme d'activité représentant une itération de la reconnaissance au niveau de la maison.....	36
<b>Figure 3.1.</b> Interface graphique de l'application mobile <i>IP-Webcam</i> .....	39
<b>Figure 3.2.</b> DataSet exemple de la reconnaissance faciale.....	40
<b>Figure 3.3.</b> DataSet d'exemple de la reconnaissance à base de vêtements.....	42
<b>Figure 3.4.</b> Résultat de la détection des objets par l'algorithme proposé avant le filtra.....	44
<b>Figure 3.5.</b> Résultat de la détection des objets par l'algorithme proposé après le filtrage.....	45
<b>Figure 3.6.</b> Graphe d'acuracy/loss Classification à base de keras multi-labeling.....	46
<b>Figure 3.7.</b> Résultat de l'exécution de la fonction de traitement de la porte d'entrée sur une image.....	47



**Figure 3.8.** Résultat de l'exécution de la fonction de traitement dans les chambres de la maison sur une image.....48

# Introduction Générale

Il n'y a pas longtemps, le concept d'une maison intelligente était considéré comme science-fiction. L'habilité d'automatiser les tâches et de contrôler les outils à distance était une idée beaucoup considérée comme un futur distant. Avec l'arrivée des outils intelligents dans les années 1960's et le développement technologique continu dans les différents domaines, cette idée a commencé à voir le jour. Aujourd'hui, la maison intelligente est un concept connue et utilisé par de nombreuses personnes.

Le but de la maison intelligente est d'utiliser les technologies courantes pour atteindre à des niveaux de confort pour le plus grand nombre de personnes possibles. Pour cela, le domaine des maisons intelligentes est considéré comme un des domaines les plus intéressants.

Mais parfois, lors de la réalisation des systèmes fonctionnels de maisons intelligentes, on peut tomber sur des obstacles tels que l'acquisition des données essentielles pour le fonctionnement du système. Par exemple, pour pouvoir intégrer un système de recommandation des activités à un habitant, il faut d'abord pouvoir reconnaître le type d'activité que cet habitant est en train de performer. En effet, la capacité du système de maison intelligente d'être intelligent se cache surtout derrière, d'une part, sa capacité de reconnaître le contexte global dans la maison et la situation dans laquelle se situe les habitants et d'autre part sa capacité de fournir des services adaptatifs et personnalisés. C'est dans ce dernier point que rentre notre travail dans le cadre de notre travail de fin d'étude. Nous nous intéressons ainsi à la recherche des techniques qui permettent d'automatiser l'opération de reconnaissance et d'identification des personnes dans ces maisons intelligentes afin de leur donner par la suite la capacité de personnaliser leurs services.

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous proposons de développer un système, basé à la fois sur la vision par ordinateur et le Machine et le Deep Learning, qui permet d'identifier et de localiser les habitants dans la maison. Nous entendons par localisation ici, l'identification des personnes présentes dans chaque chambre (salon, cuisine, salle de bain, etc.).

En fait, la reconnaissance faciale est l'une des techniques essentielles qui s'utilise pour l'identification des habitants dans les maisons. Cependant, elle a montré ses limitations dans beaucoup de situations, elle n'est pas toujours suffisante surtout dans le cas où le visage n'est pas en face à la caméra ou en cas de l'éclairage faible.

C'est pour cela que notre principale contribution dans le cadre de ce projet portera sur la combinaison de la technique de reconnaissance faciale avec celle de reconnaissance d'apparence de la personne. Nous proposons également un principe d'intégration de la déduction de raisonnement logique avec ces techniques à base de Machine Learning.

En plus de l'introduction et de la conclusion, notre mémoire est composé de trois chapitres:

- Le premier chapitre est réservé pour l'état de l'art où nous présentons le background et les concepts de base de notre travail.
- Le deuxième chapitre présente la conception de notre système
- Le troisième chapitre est réservé pour l'implémentation.

# Chapitre 1 : État de l'art

## 1 Introduction

Dans la maison intelligente, il est essentiel d'automatiser les tâches pour améliorer le style de vie de ces habitants et satisfaire leurs besoins tels que le confort, sécurité et divertissement. Les tâches elle-même ont besoins de certaines conditions ou informations pour qu'elles puissent être effectuées correctement. Par exemple, pour pouvoir accommoder la température dans une chambre ou dans la maison, le système doit connaître leur position au niveau des pièces dans la chambre.

Dans ce chapitre, nous présentons une vision globale sur le concept de maison intelligente, sur la vision par ordinateur et ainsi que sur le Machine Learning. Ces trois concepts constituent les trois dimensions autour desquelles tourne le contexte de notre travail. Nous nous concentrons ainsi sur l'aspect de reconnaissance et identification des personnes en se focalisant sur les techniques basées sur la vision par ordinateur et le Machine Learning.

Ce chapitre est structuré en trois parties principales. Dans la première partie, nous verrons la définition, les services et l'architecture globale de la maison intelligente. La deuxième partie présente une vision globale sur la Vision par Ordinateur. La dernière partie est réservée à l'Apprentissage Automatique et l'Apprentissage Profond.

## **2 Maison intelligente (Smart-Home)**

### **2.1 Historique et définitions**

#### **2.1.1 Définitions**

La maison intelligente ou bien **Smart Home** a plusieurs définitions.

Une maison intelligente est définie comme tout milieu de vie qui a été conçu soigneusement pour supporter ces habitants dans leur vie quotidienne et de promouvoir leur vie indépendante [2].

Domb Menachem l'a défini comme suite : «Smart home is the residential extension of building automation and involves the control and automation of all its embedded technology», qui se traduit en : la maison intelligente est le prolongement résidentiel de l'automatisation des bâtiments et implique là le contrôle et l'automatisation de toutes ses technologies embarquées [3].

Pour simplifier, une Maison intelligente est un domicile doté d'un ensemble d'équipement (informatique) qui communique entre eux avec un system interconnecté afin d'améliorer la vie quotidienne des habitants de cette maison. Par exemple, le contrôle automatique ou à distance de l'éclairage, la température, la ventilation et l'aération, les télévisions, les PC, les cameras mais aussi les appareils électroménagers comme les lave-linges, lave-vaisselles...etc. Les Maison intelligentes peuvent aussi permettre d'augmenter la sécurité, conservation d'énergie et le confort de façon générale.

#### **2.1.2 Historique**

Dans les années 1910's appareils alimenté par l'électricité ont été introduit. Comme les aspirateurs, robots culinaires et les machines à coudre...etc. Cette évolution des maisons a augmenté grâce à la popularisation de l'électricité dans les années 1920's [1].

En 1984, le terme "Smart House" a été utilisé pour la première fois, utilisé pour définir un groupe spéciale fondé par l'association Nationale des constructeurs dans les Etats-Unis. Ce groupe avait pour objectif de pousser l'inclusion des nouvelles technologies nécessaires dans le design des nouvelles maisons [1].

Depuis les années 1980's, les fabricants des équipements électriques ont commencé à développer des systèmes et composants utilisables dans la construction des domiciles. De plus, l'apparition des réseaux de communications qui permettent la communication bidirectionnelle. [1]

Durant les années 1990s, le concept des maisons intelligentes a été populariser pour la première fois et a entré la culture populaire. Des articles de maison intelligente ont commencé à apparaître dans des magazines de style de vie. A partir de 2000, de nouveaux concepts et réalisations des maisons intelligentes continuent d'apparaître et d'évoluer et de se concentrer sur l'intelligence des maisons (l'intelligence ambiante) [1].

## **2.2 Services fournis par les maisons intelligentes**

Généralement, les Smart homes produisent 3 types de services : confort, sécurité et économisations d'électricité.

### **2.2.1 Confort**

Contrôler les appareils dans le but d'améliorer et d'organiser la vie quotidienne comme le contrôle automatique de la température, humidité, télévision...etc. Ce si est fait généralement grâce aux capteurs électroniques a fin de stocker et d'utiliser les données [3].

### **2.2.2 Sécurité**

Tout ce qui aide à garantir la sécurité des habitants et leurs propriétés. Ce ci inclue le contrôle d'accessibilité non seulement à la maison mais aussi au niveau des pièces de la maison. Elle peut aussi assister à détecter le fumé en cas d'incendie et les fuites de gaz et d'eau.

### **2.2.3 Économiser la consommation d'énergie**

Contrôler le système (comme la luminosité et l'aération) dans le but de limiter la consommation inutile et conserver l'électricité, ce si est beaucoup plus utiliser dans les grands établissements comme les centres commerciaux.

## **2.3 Personnalisation des services**

Dans un contexte où il y a plusieurs habitants dans une même maison, les fonctionnalités que fournit une maison peuvent être adaptées et personnalisées par rapport aux profils habitant. Dans cette sous-section, nous présentons le concept d'adaptation et de personnalisation.

### **2.3.1 Adaptation des services**

La maison intelligente offre la possibilité d'adaptation au niveau de l'environnement, le temps, les habitants et leurs activités. Un système de maison intelligente peut par exemple entreprendre des actions en tenant compte du temps ou de la saison. Par exemple, le système ouvre les volets roulant dans le matin et les ferme dans la soirée.

### **2.3.2 Personnalisation**

Les personnes dans la maison intelligente peuvent être identifiées grâce à un ensemble de données qu'un système de maison intelligente peut collecter. La capacité de détecter et identifier une personne dans la maison est essentielle pour pouvoir adapter les services offerts. Par exemple, une personne préfère que la pièce soit dans une certaine température ou éclairage.

## **2.4 Composants principaux**

Pour mettre en œuvre un système dans une maison intelligente, on a généralement besoin de plusieurs composants que sont présentés dans ce qui suit.

### **2.4.1 Capteurs ou Cameras**

Pour mettre en œuvre un système dans une maison intelligente, on a généralement besoin de plusieurs composants que sont présentés dans ce qui suit.

### **2.4.2 Cerveau de contrôle (Ordinateur principal)**

Représente l'ensemble de matériel et logiciel qui permettent le bon fonctionnement de la maison intelligente en contrôlant l'ensemble des capteurs et des actionneurs. Cet ordinateur contient un ou plusieurs processeurs permettent le calcul des données collecté par les capteurs et les traiter dans un serveur local. Pour performer ces traitements, le système de

maison intelligente contient aussi un ensemble de logiciels sous forme d'un API (Application Programming Interface). Ces composants permettent le calcul des données capturé par les capteurs ou les caméras. Il a aussi besoin d'une mémoire pour stocker et gérer les données collectées. [3]

Le cerveau permettra l'accès à l'internet pour contrôler les différents composants ou être notifié à distance.

### **2.4.3 Un Réseau**

Ensemble de connexions entre les différentes composants soit à travers un réseau de câbles ou sans fil (Wi-Fi).

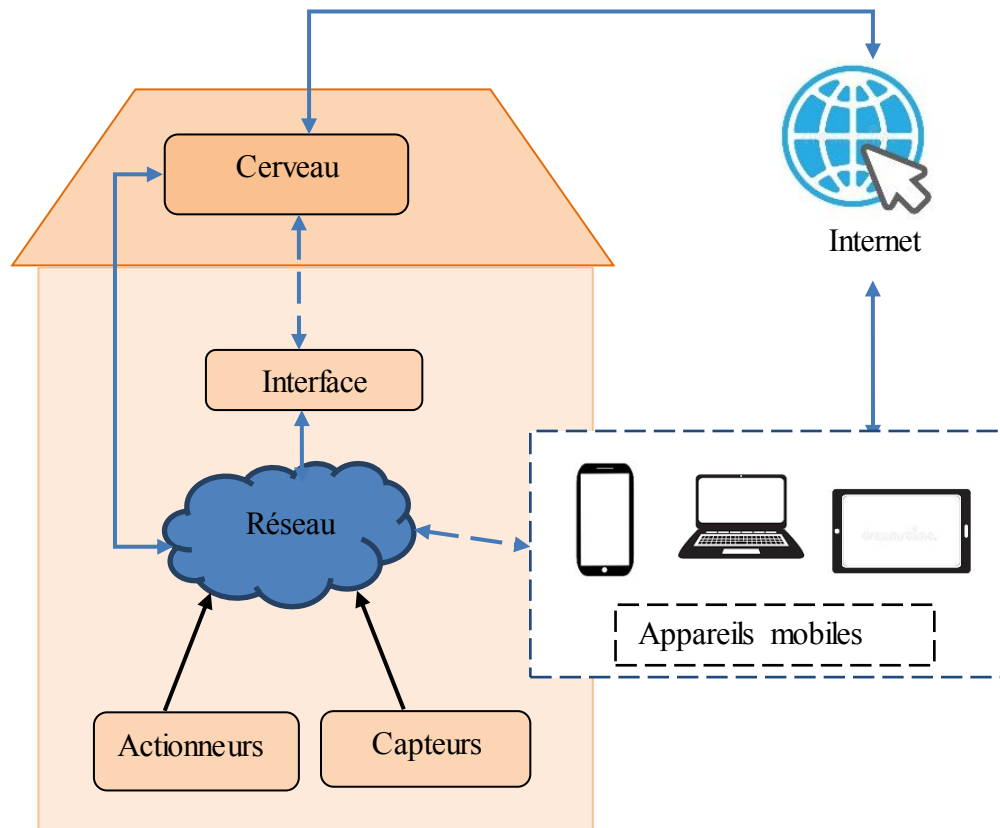
### **2.4.4 Actionneur**

Composant permettant l'exécution et le control des commandes et actions dans le serveur. Ces commandes peuvent lancer un appareil (machine à laver par exemple) ou bien changer leur état (changer la température d'un climatiseur).

### **2.4.5 Interface entre l'humain et la maison intelligente**

Un outil permettant la communication avec le système. L'interface peut être sous forme d'une interface graphique dans un smart phone, ordinateur ou tablette fixe. Elle peut être aussi à base vocale (des commandes vocales) ou gestuelle (Gestes de mains, têtes... etc.).





**Figure 1.1.** Architecture globale d'un system de maison intelligente

## 2.5 Types de capteurs d'identification et de reconnaissance de personnes

### 2.5.1 Capteurs portables

Des capteurs généralement sous forme de bracelet ou de ceinture facile a porté. Ces capteurs permettent de capter des données sur les personnes qui les portent, comme des accéléromètres et gyroscopes. Toutefois, cette forme de capteurs peut poser un problème d'énergie ce qui limite son utilisation. Certains capteurs peuvent aussi comporter plusieurs technologies en une fois. Le plus grand avantage de cette technologie est la capacité de capter les donnés biométriques qui permettent la réhabilitation et la prévention [4].

### 2.5.2 Caméras

Un réseau de caméras qui permettent, de capturer les différents scénarios qui se déroulent dans les maisons, permettant l'étude et le traitement de ces données. Malgré la difficulté

(surtout du côté logiciel) qui pose ce type de capteurs, les cameras fournissent des données plus riches. Les caméras jouent un rôle essentiel dans la reconnaissance des personnes grâce à la reconnaissance de visage, d'apparence ou autre.

### 2.5.3 Capteur à base de voix (microphone)

Un ou plusieurs microphones placés soit dans la maison soit dans la personne elle-même. Les microphones capturent les voix des personnes dans la maison généralement pour recéper des commandes. La capacité de capturer la voix puis la reconnaître peut permettre au système de reconnaître la personne dans la maison.

### 2.5.4 Autres

**Empreinte digitale :** l'utilisation des capteurs des empreintes digitales (généralement des doigts) pour identifier différentes personnes. Pour capturer les empreintes, on peut soit utiliser un Scanner optique ou bien un scanner capacitive.

**Capteur d'iris :** Une technique biométrique permettant la reconnaissance des personnes grâce à son iris.

## 3 La reconnaissance basée sur la vision par ordinateur

### 3.1 Vision par ordinateur

#### 3.1.1 Définitions

La Vision par Ordinateur ou bien **Computer vision** en anglais par Davies comme suite :

*« La vision par ordinateur comprend des méthodes et des techniques par quels les systèmes de vision artificielle peuvent être construits et utilisés de manière raisonnable dans des applications pratiques. Ce domaine de l'informatique comprend logiciels, matériel et les techniques d'imagerie nécessaires ».* [6]

D'après la définition, on peut dire que la vision par ordinateur est une simulation de la vision humaine dans la machine, permettant d'extraire des informations utiles à partir d'un ensemble d'images (ou même vidéo). Ces données permettent de quantifier les données du monde réel.

Les méthodes de la Vision par Ordinateur permettent effectivement d'automatiser les tâches humaines. Dans le début des années 1960, des efforts ont été consacrés pour l'appliquer ces méthodes, en commençant avec les informations sur les objets primitives (cercles, triangles...Etc.) en extrayant des données sur ces formes. Avec l'avancement des différentes représentations des images, la Vision par Ordinateur a pris en considération des méthodes plus complexes tel que (Optical Character Recognition : Reconnaissance Optique des Caractères) et la Reconnaissance Faciale. [7]

### 3.1.2 Étapes d'un système de Vision par Ordinateur

On peut distinguer deux étapes majeures : l'acquisition d'images et son traitement :

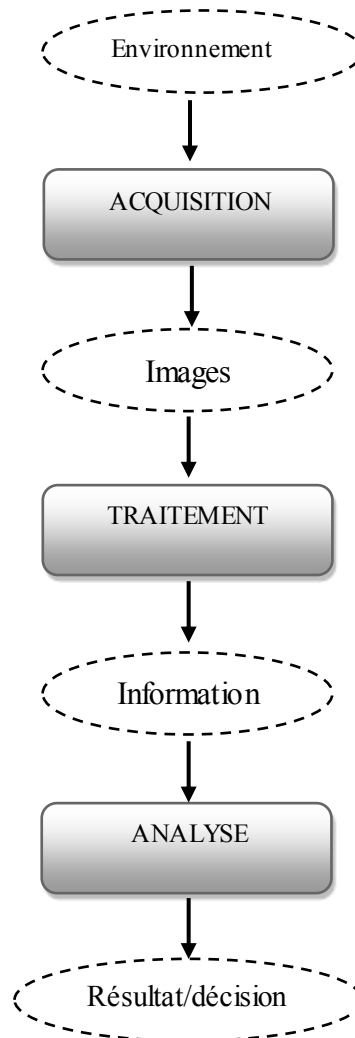
- **Acquisition d'images :**

Un capteur (généralement des caméras) qui transforme l'information visuelle en représentation numérique et communiquant cette information sous forme d'un signal électronique. On distingue deux types de caméras : les Caméras conventionnelles appelées **area-scanning cameras** en anglais signifiant « scanner en zone », ce type de caméras génère une image chaque cycle d'exposition. Le deuxième type appelé **line-scanning cameras** ou bien scanner-en-ligne, capture uniquement une ligne de pixel à la fois. Pour les captures 3D, il est nécessaire de capturer tous les côtés de l'objet soit en déplaçant l'objet sur tous les côtés soit par déplacer la caméra elle-même. [5]

- **Traitement de l'image :**

Tout traitement qui manipule l'image digitale dans le but d'améliorer la qualité (comme réduire le bruit et améliorer l'éclairage), performer des transformations sur cette image (transformer en **gray scale**) comme on peut aussi analyser cette image dans le but d'extraire des informations. Chaque traitement à un niveau défini de calcul (en terme de ressources de temps et de puissance de calcul nécessaire). **Low-level processing** ou bien traitement à niveau bas est tout ce qui modifie l'image pour améliorer la qualité. **Middle-level processes** ou bien traitement à niveau intermédiaire comme la partition de l'image, description, classification et segmentation des objets présents dans l'image. Pour **High-level processes** (traitement de niveau haut) on considère tout ce qui s'intéresse à la classification, reconnaissance de l'image et la classification des régions d'intérêt (Regions

Of Interest) qui sont effectués par des classificateurs statistiques ou des réseaux de neurones. [5]



**Figure 1.2.** Etapes d'un Système de Vision par Ordinateur [5]

### 3.1.3 Tâches accomplies par la Vision par Ordinateur

- Classification, identification, détection des objets et leur repère (landmarks)
- Analyse des mouvements dans les vidéos
- Segmentation et restauration des images
- Reconstruction des scènes

- ... Les applications qui s'intéressent aux pixels en utilisant des logiciels peuvent être considérées comme Vision par ordinateur.

La Vision par ordinateur est un domaine vaste, mais dans notre travail, on s'intéressera surtout par la reconnaissance des objets, plus spécifiquement, la reconnaissance des personnes.

## **3.2 Notion de Reconnaissance et Identification des personnes**

Dans cette section, nous présentons le concept et techniques de reconnaissance et identification des personnes basé sur la vision par ordinateur.

### **3.2.1 Définition**

La reconnaissance dans un contexte générale est l'habilité d'identifier quelqu'un (une personne) ou quelque chose (un objet ou un animal) à partir des caractéristiques (attributs) de cet objet.

En informatique, la reconnaissance, plus connue comme **Pattern Recognition** qui signifie la reconnaissance des formes est défini par Schalkoff comme : « *La science qui concerne la description ou classification (reconnaissance) des mesures* » [9]

La reconnaissance des formes est un domaine essentiel dans la vision par ordinateur permettant l'extraction des attributs essentiels sur l'image d'un objet donné à partir de leur description et leur classification. Nous s'intéresserons dans la prochaine partie par la reconnaissance des personnes.

### **3.2.2 Type de Reconnaissance des personnes**

Il existe plusieurs types de reconnaissance de personnes, les plus communs sont la reconnaissance faciale ainsi que la reconnaissance d'apparence.

#### **3.2.2.1 La reconnaissance Faciale**

La reconnaissance faciale, un des domaines les plus recherché dans la reconnaissance des formes, est essentiellement constitué de deux étapes, la détection du visage et ça reconnaissance :

- La détection d'un visage : signifie simplement que d'à partir d'une image, on peut dire s'il y a un visage ou non et reconnaître la région d'intérêt si oui. Il existe plusieurs méthodes permettant la détection du visage parmi eux l'utilisation de l'apprentissage automatique. (comme les Haar cascades)
- La reconnaissance faciale : A partir d'un ensemble de données (généralement des images), on crée un modèle représentant l'ensemble des caractéristiques de chaque ensemble de données (dans ce cas, les données sont un ensemble d'images de visage d'une personne donné). Ce modèle va permettre l'identification des personnes à partir d'une image de leur visage extrait à partir de la détection du visage.

Les algorithmes les plus reconnues de détection et de reconnaissance de visage sont généralement à base d'Apprentissage Automatique et d'Apprentissage Profond.

La reconnaissance Faciale peut avoir des problèmes qui limitent son utilisation. Par exemple, dans le cas où l'image n'est pas claire (c.-à-d. le visage de la personne est trop loin ou n'est pas détecté correctement). On considère aussi le problème de la pose du visage (par exemple capture d'un profil d'un visage) et le problème des expressions faciales ou dans le cas où une partie du visage est couverte par un masque ou une écharpe.

### *3.2.2.2 La reconnaissance d'apparence*

La reconnaissance faciale n'est pas suffisante dans certains contextes, alors la reconnaissance des personnes à partir de leur apparence est essentielle. La reconnaissance d'apparence consiste à détecter les caractéristiques physiques d'une personne à partir de leur corps et leur apparence tel que les vêtements, casquettes, lunettes, bijoux et montres.

Le problème de la reconnaissance d'apparence pour reconnaître les personnes (spécialement à partir de leurs vêtements) est la possibilité d'avoir plusieurs personnes avec les mêmes attributs, c.à.d. il est difficile de trouver l'unicité dans l'apparence. Un autre problème concernant la reconnaissance à base de vêtements est la grande variation des styles, types, textures et couleurs des vêtements, qui poseront un défi pour la réalisation d'un modèle d'apprentissage ou de classification.

Toutefois, l'apparence, contrairement au visage, est plus facile à collecter à partir de l'environnement public ou domicile.

### 3.2.3 Méthodes

On peut distinguer un ensemble de méthodes de reconnaissance. Certaines méthodes utilisent l'Apprentissage Automatique (**Machine Learning**) pour la reconnaissance, tel que le **Support Vector Machine (SVM)**, Arbres de décision, ou les méthodes de clustering tel que **hierachical** et **K-means**. Il existe aussi d'autres approches qui ne se basent pas de l'apprentissage automatique, ces approches sont de moins en moins utilisées, tel que **Template Matching**. [26]

## 4 Apprentissage Automatique pour la reconnaissance des personnes

Dans cette section, nous verrons L'Apprentissage Automatique, L'Apprentissage Profond et la relation entre les deux.

### 4.1 Apprentissage Automatique (Machine Learning)

#### 4.1.1 Définition

L'Apprentissage Automatique est l'habilité de programmer les ordinateurs à optimiser la performance en utilisant des données d'exemples ou expériences antérieures. L'Apprentissage automatique est considéré comme une branche de l'Intelligence Artificielle (IA). On peut définir l'apprentissage automatique comme : un algorithme appliqué sur un ensemble de données (galerie d'images par exemple) alors le système d'apprentissage automatique peut apprendre à partir des données d'apprentissage puis appliquer son apprentissage afin de faire une prédiction. Si ce système améliore ces paramètres de façon à ce que les performances augmentent, alors il est considéré comme avoir appris une nouvelle tâche. [16]

#### 4.1.2 Types d'apprentissages

On distingue deux types principaux d'apprentissage, dépendant du degré de supervision [17] :

**Apprentissage Supervisé** : L'apprentissage supervisé consiste à un ensemble de formation (Training Set) avec un pair entré/sortie désiré et l'objectif de l'apprentissage est d'établir

une correspondance entre les deux. Les modèles de l'apprentissage supervisé : les Réseaux de Neurones, Perceptron Multicouche et les Arbres de Décision

**Apprentissage Non-supervisé :** dans l'apprentissage non-supervisé, l'ensemble de formation est un groupe d'entrées non étiqueté c.-à-d. un ensemble d'entrées sans précision de sortie. Les modèles les plus connues de ce type : K-Means et Self Organizing Maps.

### 4.1.3 Méthodes d'apprentissage Supervisé

L'apprentissage supervisé consiste à un ensemble de formation (Training Set) avec un pair entré/sortie désiré et l'objectif de l'apprentissage est d'établir une correspondance entre les deux. Les modèles de l'apprentissage supervisé les plus connues :

- **Support Vector Machine :** l'approche SVM est une approche relativement simple, basé sur la théorie statistique. Le SVM est un outil effectif dans la reconnaissance des formes, facilitant la détection des visages, la vérification, la détection et reconnaissance des objets...etc. [11]
- **Naive Bayes Classifiers (classificateur naïve bayésien):** représente un algorithme bayésien de classification simple. Le classifieur bayésien assume que chaque caractéristique est statistiquement indépendant des classes.
- **Decision Trees (arbre de décision) :** l'apprentissage par arbre de décision est une méthode d'approximation des fonctions à valeur discrète, dans laquelle les fonctions apprises (déjà passé par l'apprentissage) sont représentées par un arbre de décision. Les arbres appris peuvent également être représentés par des ensembles de règles "si, alors" pour améliorer la lisibilité humaine. [28]
- **Neural Networks (multi-layer perceptron) :** un type de clustering basé sur les distances. Le concept de réseau de neurones est inspiré par la biologie des cerveaux permettant la reconnaissance des formes. Multi-layer perceptron est un type de réseau de neurones de « feed-forward » ou propagation avant.



#### 4.1.4 Méthodes d'apprentissage non-Supervisé

Dans l'apprentissage non-supervisé, l'ensemble de formation est un groupe d'entrées non étiquetées c.-à-d. un ensemble d'entrées sans précision de sortie. Les modèles les plus connus de ce type : K-means, Hierarchical clustering et Self-organizing map

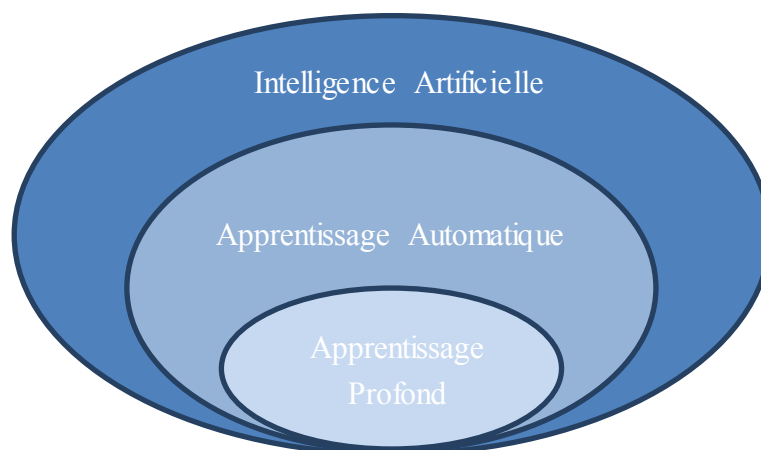
## 4.2 Apprentissage profond (Deep Learning)

### 4.2.1 Définitions

L'Apprentissage profond est un sous-domaine de l'Apprentissage Automatique. On peut le considérer comme une évolution de l'Apprentissage Automatique. L'apprentissage profond est la technique qui se rapproche le plus de la façon dont le cerveau humain apprend. La majorité des méthodes et d'algorithmes d'apprentissage approfondit se base sur une architecture de réseaux de neurones. La notion « Profond » fait référence à la profondeur des couches des réseaux de neurones.

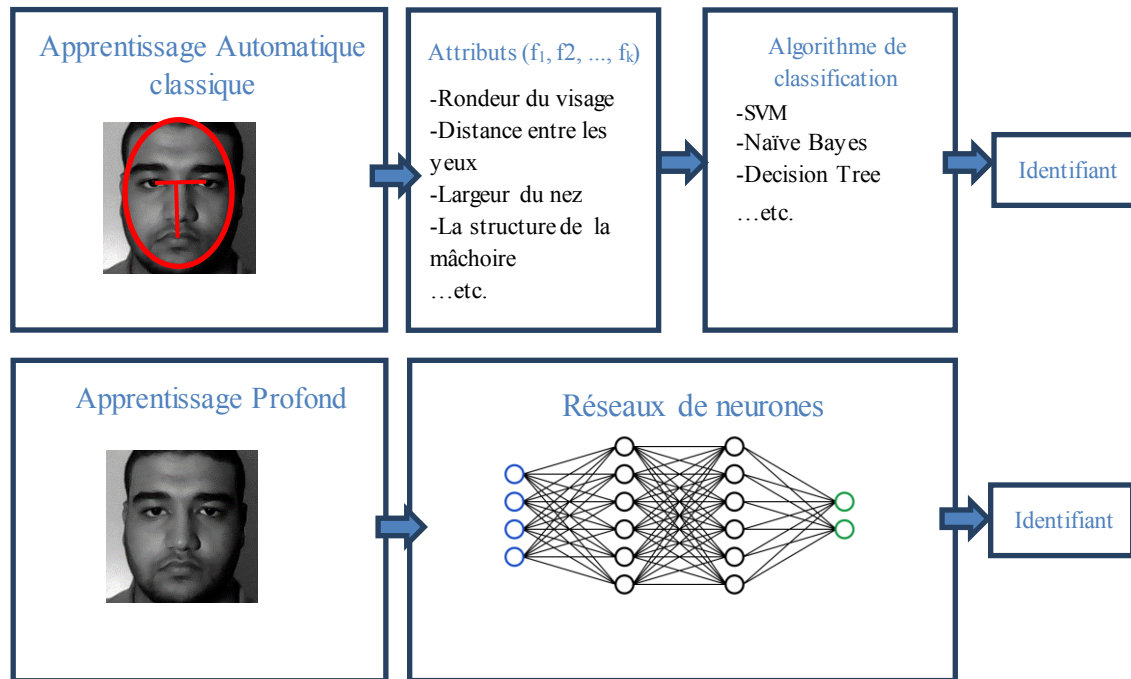
### 4.2.2 Relation entre Deep Learning et les autres techniques du machine Learning

Comme montré dans la figure 1.3, l'apprentissage profond est un sous-domaine de l'apprentissage automatique, qui à son tour un sous-domaine de l'Intelligence Artificielle.



**Figure 1.3.** Relation entre l'Apprentissage Profond, l'Apprentissage Automatique et l'Intelligence Artificielle

Bien que les deux soient similaires, les modèles d'Apprentissage Automatique s'améliorent progressivement, mais ont toujours besoin d'orientation. Dans le cas où un algorithme retourne une prédiction non précise, un ingénieur doit faire des ajustements. Tandis qu'un algorithme d'Apprentissage Profond peut déterminer lui-même le degré de précision grâce aux réseaux de neurones [s5].



**Figure 1.4.** Différence entre l'Apprentissage Automatique et l'Apprentissage Profond [s5]

## 5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté dans la première partie la définition, les services offerts et l'architecture globale des maisons intelligentes. Nous avons ainsi montré les types des capteurs de reconnaissance des personnes.

Nous avons présenté dans la deuxième partie le principe de la vision par ordinateur et sa relation avec la reconnaissance des personnes.

Dans la dernière partie, nous avons introduit le concept de l'Apprentissage Automatique ces types et les méthodes les plus utilisées. Nous avons vu aussi l'Apprentissage Profond et l'Apprentissage Automatique et leur relation avec la reconnaissance et l'identification des personnes.

Le contenu de ce chapitre est enchaîné pour que nous expliquions la reconnaissance et l'identification des personnes en se basant sur la vision par ordinateur et le Machine et Deep Learning dans le cadre des maisons intelligentes.

Dans le chapitre suivant nous détaillons comment intégrer dans une seule méthode plusieurs techniques de Deep Learning pour identifier automatiquement des personnes dans les maisons.

## Chapitre 2 :

# Conception

### 1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le système proposé, ces caractéristiques ces fonctionnalités puis le modéliser sous forme de diagrammes.

La première partie du chapitre, nous parlerons des objectifs de notre projet, le principe de notre solution puis on représentera ces fonctionnalités et son architecture générale. Dans la deuxième partie, nous allons expliquer le fonctionnement de chaque partie de notre système et présenter les méthodes de Machine Learning et de déductions utilisées. Enfin, la dernière partie représente la modélisation des fonctionnalités sous formes de diagrammes d'activités.

### 2 Objectifs du projet et principe de la solution proposé

L'objectif de notre travail et la conception et la réalisation d'un sous-système d'identification des personnes dans le cadre de maison intelligente. Basé principalement sur les caméras, ce sous-système sert d'un composant de base pour un système contrôle de la maison intelligente et beaucoup de services applicatifs.

Dans ce qui suit, on présente les fonctionnalités de base du sous-système d'identification, la problématique traité et le principe de notre proposition.

## **2.1 Fonctionnalités**

### **2.1.1 Identifier la personne à la porte d'entrée**

Dans une maison intelligente, la sécurité est un service essentiel. Donc, notre système va pouvoir identifier la personne devant l'entrée principale de la maison afin de gérer l'accès à la maison tel que :

- Autorise l'entrée uniquement aux personnes qui habitent dans la maison ou les personnes reconnues par le système.
- Si une personne non identifiée par le système souhaite d'entrer dans la maison, le système demande la permission aux propriétaires de la maison.

### **2.1.2 Identifier et suivre les personnes dans la maison**

Pour pouvoir assurer les services personnalisés offerts par un système de maison intelligente, il est nécessaire de détecter et identifier les personnes dans les différentes pièces de la maison. Pour cela, notre système doit permettre de détecter la présence des personnes dans les différentes pièces et de les identifier *à partir de leur visage* ou bien les prédire *à partir d'autres informations*.

Pour résumer, ce service permet au système de fournir les informations suivantes :

- Le nombre des personnes dans la maison (totale) dans chaque instant
- Le nombre des personnes dans chaque pièce dans chaque instant
- L'emplacement d'une personne dans une pièce
- Les vêtements qu'une personne porte ou a porté récemment

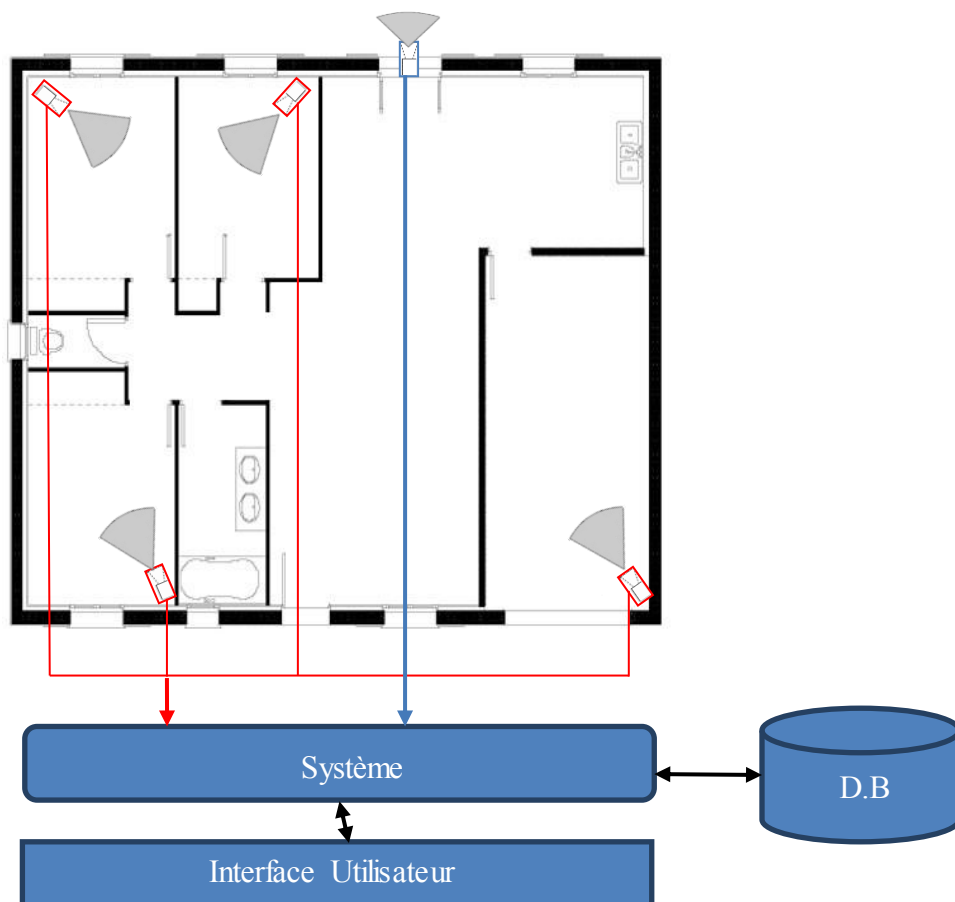
## **2.2 Principe de la solution proposée**

Pour identifier les personnes, le système que nous proposons est basé sur la vidéo. Pour assurer les deux fonctionnalités présentées dans la section précédente, le système va assurer l'accès à la maison grâce à une caméra (ou plusieurs) dirigée vers la porte d'entrée principale. Cette caméra permet de capturer le visage de la personne désirant entrer à la

maison et ainsi que son apparence et vêtements. Nous adoptons pour cela une technique de reconnaissance faciale pour identifier les différentes personnes.

Le système doit aussi assurer l'identification et le suivi des personnes dans la maison. Cette partie doit contrôler un ensemble de caméras déployées dans les différentes chambres ou endroits particuliers. La technique d'identification adoptée dans ce module est basée sur l'intégration de plusieurs techniques différentes avec celle de reconnaissance faciale.

Dans la maison, les visages des personnes ne sont pas toujours exposés à la caméra, et même dans le cas où le visage est détecté, la reconnaissance faciale peut ne pas toujours fonctionner correctement dans le cas où l'éclairage n'est pas satisfaisant. C'est pour cela, la reconnaissance faciale toute seule n'est pas suffisante, il faut intégrer un ensemble de méthodes de plus que la reconnaissance faciale pour pouvoir identifier les personnes dans les pièces. Ces méthodes constituent de la reconnaissance à partir de l'apparence (vêtements) et la déduction à partir des informations connue précédemment par le système.



**Figure 2.1.** Architecture du système d'identification des personnes.

## 2.3 Architecture générale du système

Pour assurer les fonctionnalités mentionnées précédemment, nous avons décidé de diviser le système en deux Modules principaux :

**Le Module 1** pour assurer l'accès à la porte d'entrée ainsi que la collecte de données nécessaire pour le fonctionnement de système. **Module 2** représente l'ensemble de traitements au niveau des chambres ou pièces de la maison qui permettent l'identification des personnes dans la maison.

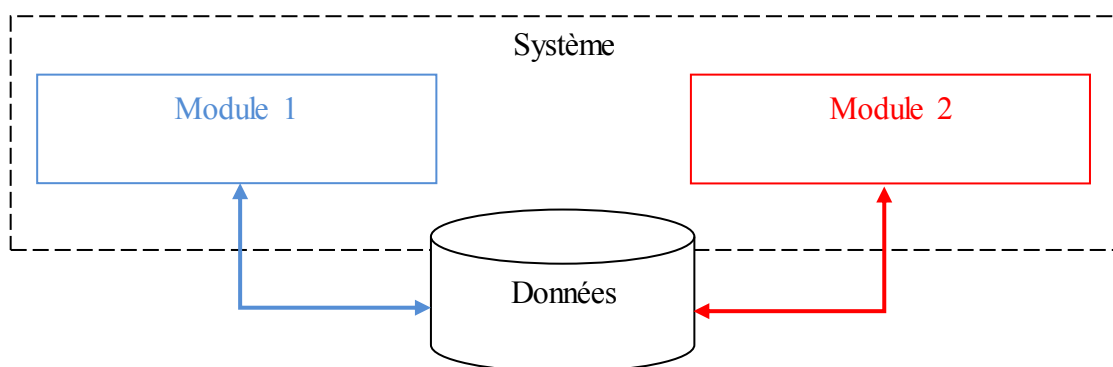


Figure 2.2. Architecture générale du système

La Partie « **données** » représente l'ensemble des données manipulées par le système. Elle concerne les données suivantes :

- **Nb\_maison** : variable portant le nombre total des personnes dans la maison.
- **Personne\_maison** : liste des identifiants des personnes dans la maison.
- **Nb\_chambre** : vecteur portant le nombre des personnes dans chaque chambre. Pour récupérer le nombre de personne dans une chambre particulière n° i nous utilisons la fonction **Nb\_chambre(i)** qui retourne ce nombre.
- **Personne\_chambre** : vecteur portant les listes des identifiants et les attributs (vêtement supérieur, vêtement inférieur) pour chaque chambre. Pour récupérer la liste des identifiants des personnes reconnues dans la chambre particulière n° i nous utilisons la fonction **Personne\_chambre(i)** qui retourne cette liste.
- **Personne\_chambre\_totale** : liste contenant les identifiants de toutes les personnes reconnues dans toutes les chambres

- **NonPersonne\_chambre(i)** : liste des attributs (vêtement supérieur, vêtement inférieur) des personnes non reconnues dans la chambre n° i
- **Nb\_chambres\_totale ( )** : nombre des personnes détecté dans toutes les chambres
- **Vêtement\_ID** : vecteur de deux dimensions qui permet d'associer pour chaque personne identifiée par un "id" les vêtements supérieurs et inférieurs. Nous utilisons la fonction **Fonction\_ID (vêtement\_supérieur, vêtement\_inferieur)** qui retourne l'identifiant des personnes qui portent les vêtements supérieurs **vêtement\_supérieur** et les vêtements inférieurs **vêtement\_inferieur**. Si la personne détectée n'est pas encore identifiée (s'il n'y a pas d'une association entre les attributs d'une personne et leur identifié), cette fonction retourne « **unknown** ».
- **Type\_v (vêtement)** : retourne le type du vêtement "**vêtement.**"
- **Couleur\_v (vêtement)** : retourne la couleur des vêtements "**vêtement.**"

### 3 Identification des personnes à la porte d'entrée de la maison

#### 3.1 Principe de fonctionnement

Dans la maison intelligente, l'identification d'une personne quelconque est un point essentiel afin que le système puisse assurer le fonctionnement correct de ces tâches. Donc notre travail dans cette partie va se concentrer sur la détection et la reconnaissance à travers les caractéristiques des personnes détectées grâce à la reconnaissance faciale.

Grace à une caméra placée en haut de la porte d'entrée, notre système va nous permettre la détection des personnes. Cette caméra doit être placée de façon qu'elle capture 80% ou plus du corps humain pour que le système soit fonctionnel et plus efficace. La détection se fait entre 3 et 5 mètres.

Dès qu'une ou plusieurs personnes sont détectées au niveau de la porte d'entrée, une image de chaque personne est extraite de la caméra puis le système lance la reconnaissance faciale et la détection des vêtements pour chaque personne. Si la personne est reconnue, le système lui donne l'accès à la maison. Dans le cas où la ou les personnes sont inconnues, le système notifie l'habitant.



## 3.2 Intégration des techniques

Le système de l'identification des personnes utilise la reconnaissance faciale et la reconnaissance à base de vêtements, comme représenté dans le schéma ci-dessous (Figure 2.3) :

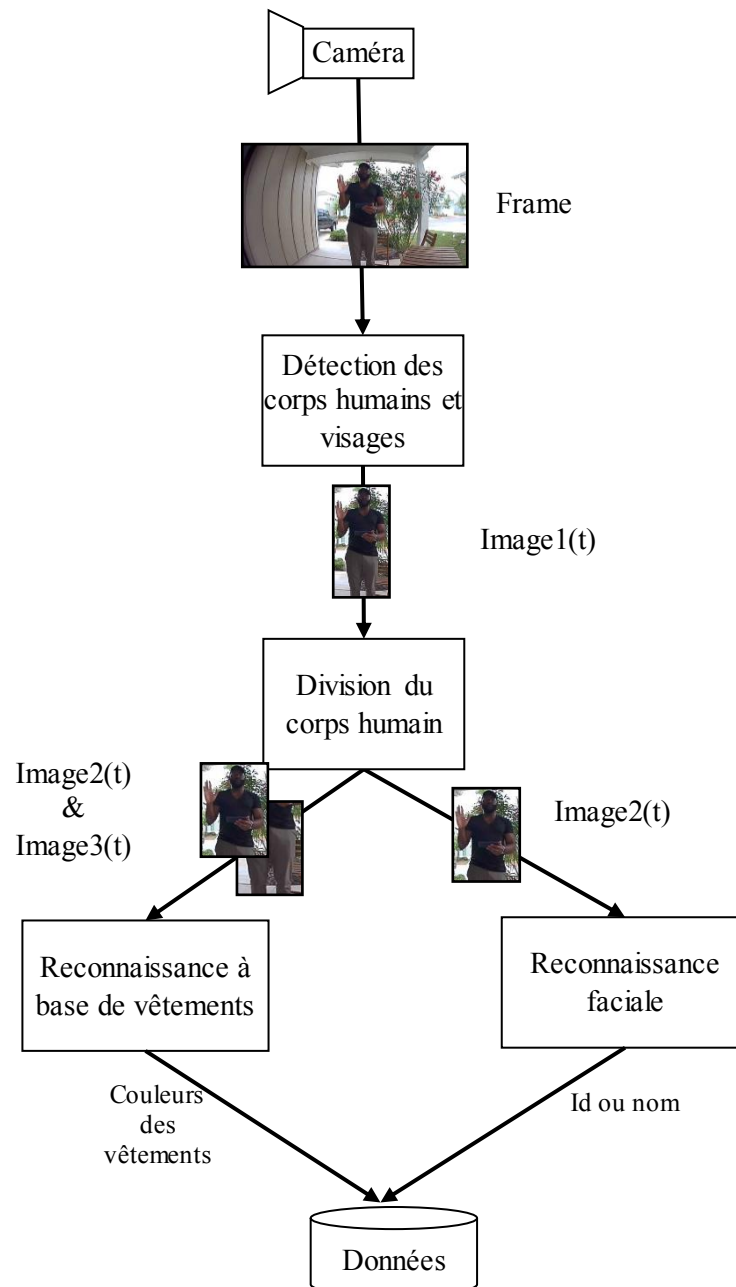


Figure 2.3. Intégration des techniques au niveau de la porte d'entrée

## **4 Identification des personnes dans une chambre et dans la maison**

Dans cette section, nous présentons l'approche que nous proposons pour identifier une ou plusieurs personnes dans la maison. Dans les sous-sections suivantes, nous présentons le principe global et ainsi que les détails de cette proposition.

Pour identifier la personne dans une maison, nous proposons d'intégrer trois types basés sur le Deep-Learning qui sont la reconnaissance faciale, la reconnaissance des objets et la reconnaissance des vêtements pour identifier une personne à partir de son visage ou ses vêtements. D'autre part, nous procédons à l'intégration de raisonnement logique avec le Machine Learning.

### **4.1 Identification à base d'Apprentissage Automatique (Machine Learning)**

#### **4.1.1 Principe d'intégration**

La méthode que nous proposons doit permettre, à partir d'un Frame, de reconnaître dans la maison une personne identifiée par une image de son visage et le type et la couleur de ses vêtements. Pour que la méthode soit fonctionnelle, on doit avoir les vêtements portés par la personne dernièrement, cette information est obtenue grâce à la reconnaissance au niveau de la porte d'entrée.

Étant donné que la personne dans sa maison peut changer ses vêtements, la méthode que nous proposons doit être en mesure de reconnaître ce changement et de mettre à jour la correspondance entre la personne et ses caractéristiques d'une manière continue.

L'intégration de la reconnaissance faciale, la reconnaissance des objets et la reconnaissance des vêtements pour identifier une personne se fait comme suite : L'identification commence par le premier type qui est la reconnaissance faciale. Si celle-ci réussit à identifier la personne, il passe à une deuxième étape qui consiste à identifier la couleur et le type de vêtement. Cette information sera utilisée ultérieurement quand le visage devient invisible. Si la reconnaissance faciale échoue à identifier la personne, le système passe automatiquement au deuxième type qui la reconnaissance de la couleur et du type de vêtement. Cette deuxième étape utilise la dernière couleur reconnue pour la personne déjà

identifiée par son visage. Notons que la reconnaissance de type et de couleur de vêtement n'est pas directe. Elle passe bien entendu par la reconnaissance des objets.

#### 4.1.2 Méthode d'intégration

L'intégration de la reconnaissance faciale, la reconnaissance des objets et la reconnaissance des vêtements pour identifier une personne est schématisée dans la figure 3.7.

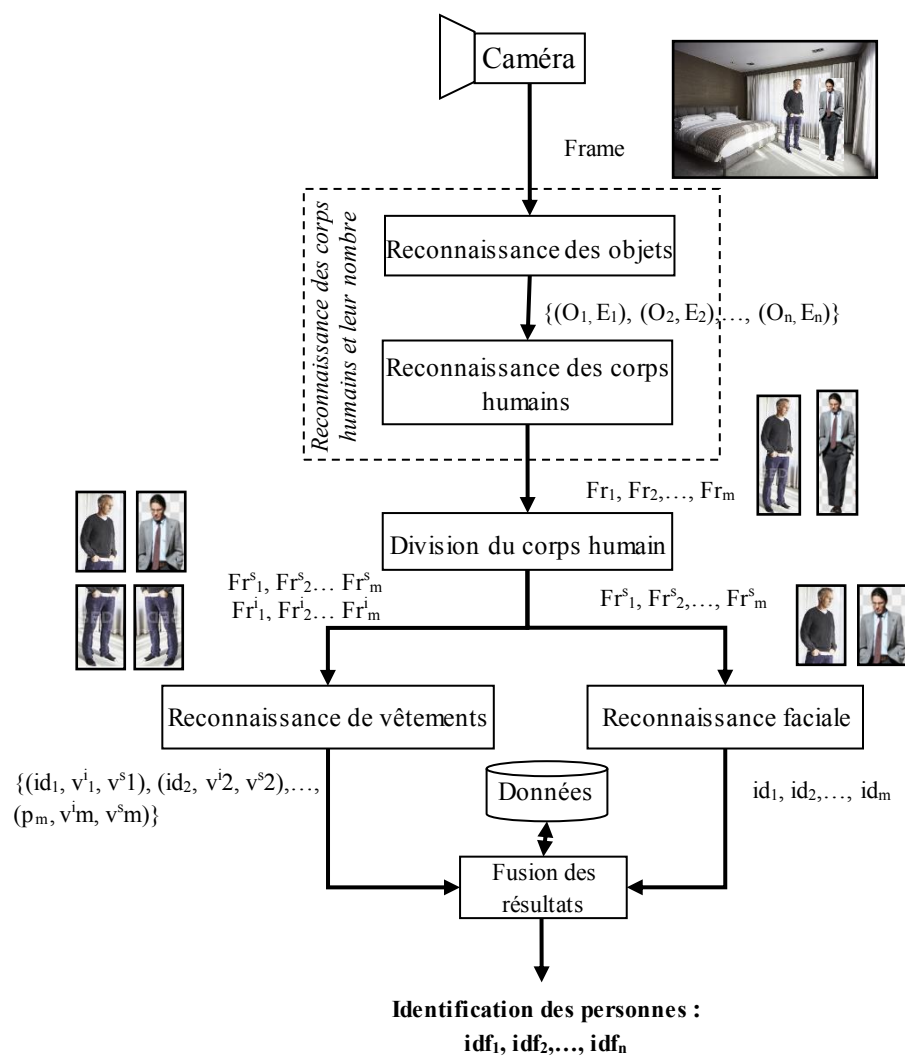


Figure 2.4. Intégration des techniques pour l'identification des personnes

### 4.1.3 Reconnaissance des corps humains

La détection du corps humain dans notre système est basée sur une méthode de détection d'objets Deep Learning. La méthode permet de détecter un objet quelconque dans une image et retourne sa position (x, y) puis reconnaît le type de l'objet. Dans notre cas, nous nous intéressons uniquement aux objets qui sont des personnes. La méthode que nous avons utilisée pour la reconnaissance des objets est une combinaison entre **MobileNet**, une classe de neurone convolutif (CNN) et **Single Shot Detector (SSD)**, un détecteur d'objet basé sur un réseau profond (deep network).

La reconnaissance des objets va prendre une Frame à l'instant (t) puis retourne l'ensemble des objets détectés. Le résultat ainsi obtenu est représenté par l'ensemble  $\{(O_1, E_1), (O_2, E_2), \dots, (O_n, E_n)\}$  qui associe à chaque Objet détecté (repéré par un fragment de l'image  $O_i$ ) son étiquette ( $E_i$ ) qui détermine son type, par exemple : chaise, personne, etc.

Pour reconnaître seulement les corps humains, nous proposons un petit algorithme filtre qui élimine les autres types des objets en gardant seulement les objets ayant comme étiquette "personne". Le résultat ainsi obtenu de cette opération de filtrage est dénoté par  $\{Fr_1, Fr_2, \dots, Fr_m\}$ . Alors :

$$\{Fr_1, Fr_2, \dots, Fr_m\} = \{O_i / O_i \in \{(O_1, E_1), (O_2, E_2), \dots, (O_n, E_n)\} \text{ et } E_i = \text{"personne"}\}$$

### 4.1.4 Division des corps humains

La division du corps humain est l'opération qui consiste à diviser le fragment de l'image représentant chaque personne en deux fragments, celui représentant la partie supérieure de son corps et celui représentant la partie inférieure. Le résultat ainsi obtenu est :

$$\{Fr_1^s, Fr_2^s, \dots, Fr_m^s\} \text{ et } \{Fr_1^i, Fr_2^i, \dots, Fr_m^i\}$$

Tel que :

- $\{Fr_1^s, Fr_2^s, \dots, Fr_m^s\}$  est l'ensemble contenant la partie supérieure des corps des personnes dont leurs fragments sont  $\{Fr_1, Fr_2, \dots, Fr_m\}$ .
- $\{Fr_1^i, Fr_2^i, \dots, Fr_m^i\}$  est l'ensemble contenant la partie inférieure des corps des personnes dont leurs fragments sont  $\{Fr_1, Fr_2, \dots, Fr_m\}$ .

- $Fr^s$  représente une image de **60%** de la partie supérieure du corps original et de même  $Fr^i$  partie inférieure représente **60%** du corps original.

#### 4.1.5 Reconnaissance des vêtements

La reconnaissance des vêtements est basée sur un modèle sous forme de réseau de neurones de multi-labelling en utilisant l'architecture **SmallerVGGNet**. Cette architecture nous permet de connaître à la fois le type du vêtement et sa couleur.

La reconnaissance des vêtements va prendre la liste des deux parties (Inférieure et supérieure) des corps humains, soit  $\{Fr_1^s, Fr_2^s, \dots, Fr_m^s\}$  et  $\{Fr_1^i, Fr_2^i, \dots, Fr_m^i\}$  et retourne pour chaque personne ( $p_k$ ) le type ( $T_k$ ) et la couleur ( $C_k$ ) pour les vêtements qu'elle porte. Le résultat de cette opération est noté  $Ev$  tel que :

$$Ev = \{(p_1, V_1^i, V_1^s), (p_2, V_2^i, V_2^s), \dots, (p_m, V_m^i, V_m^s)\}$$

Tel que  $V_k^i = (T_k^i, C_k^i)$  et  $V_k^s = (T_k^s, C_k^s)$  représentent respectivement le type et la couleur des vêtements inférieurs et supérieures

#### 4.1.6 Reconnaissance Faciale

La reconnaissance faciale basée sur une technique de Deep Learning avec l'entrée une image quelconque et la sortie la classification de cette image. Le principe de la reconnaissance faciale via le Deep Learning est l'utilisation de l'apprentissage de métriques (**Deep Metric Learning**).

La reconnaissance faciale prend en entrée la liste de la partie supérieure du corps humain  $\{Fr_1^s, Fr_2^s, \dots, Fr_m^s\}$  et retourne l'ensemble des identifiants pour chaque personne reconnue, elle retourne "Unkown" dans le cas contraire :

$$\{id_1, id_2, \dots, id_m\}$$

Tel que  $id_i \in \mathbf{Personne\_maison} \cup \{\text{Unkown}\}$

#### 4.1.7 Fusion des résultats

La fusion des résultats est l'opération qui permet de fusionner les listes des personnes identifiées par les deux types, reconnaissance faciale et de vêtement. Elle prend comme entrée le résultat des deux traitements précédents.  $Ev = \{(p_1, V_1^i, V_1^s), (p_2, V_2^i, V_2^s), \dots, (p_m, V_m^i, V_m^s)\}$  et  $\{id_1, id_2, \dots, id_m\}$  et produit à la sortie la liste finale des identifiants, soit :

$$\{idf_1, idf_2, \dots, idf_m\}$$

Lors de la fusion, nous procédons à prendre en priorité le résultat de la reconnaissance faciale. Dans le cas où la reconnaissance faciale retourne « Unkown », nous utiliserons les données de la reconnaissance à base de vêtements (à l'aide de la fonction proposée **Fonction\_ID**) pour reconnaître la personne détectée.

## 4.2 Intégration de raisonnement logique et d'Apprentissage Automatique

En plus de l'intégration des technique de Machine Learning (ou précisément de Deep-Learning) nous expliquons dans cette sous-section l'intégration du technique de raisonnement logique et celle de Machine Learning.

### 4.2.1 Principe

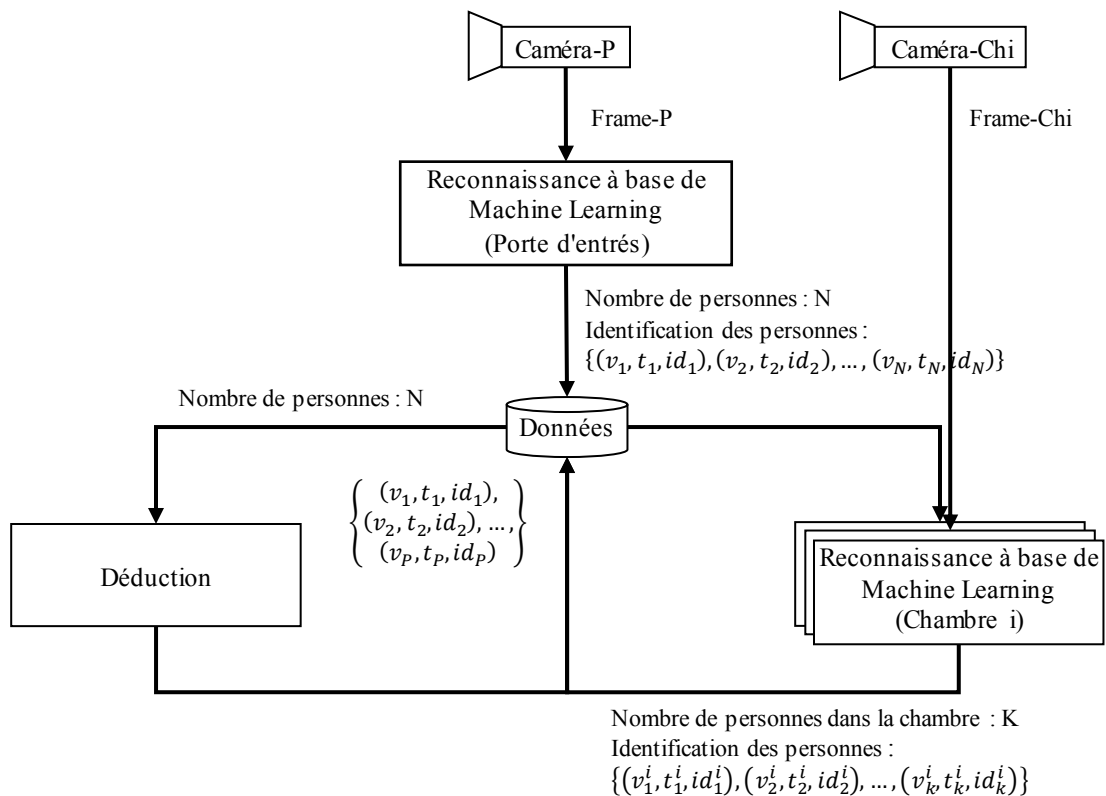
Étant donné que dans le cadre de maison intelligente, il y a une possibilité d'exploiter d'autres informations pour rendre efficace le système d'identification. Pour améliorer la capacité de prédiction et d'identification des personnes dans la maison, nous procédons à l'utilisation d'un module complémentaire de raisonnement qui exploite les données de l'historique et de certaines règles de déduction.

Étant donné que le nombre des personnes dans la maison est connu à l'avance (déterminé par le sous-système associé à la porte d'entrée), le système d'identification des personnes peut déduire facilement l'identité d'une personne, non reconnue par les méthodes de Machine Learning, en reconnaissant les autres personnes. Dans une maison où il y a N personnes, le système peut reconnaître par déduction (raisonnement logique) une personne s'il a reconnu par induction (à base de Machine Learning) N-1 personnes.

Il est à noter également que le résultat de déduction peut contribuer à l'amélioration de la reconnaissance à base de Machine Learning. Il s'agit du cas où la reconnaissance d'une personne par déduction peut amener le système à étiqueter des données de caractéristiques d'une personne qui a changé ses vêtements et dont l'identification par la technique faciale est impossible.

#### 4.2.2 Intégration

L'intégration de la reconnaissance faciale, la reconnaissance des objets et la reconnaissance des vêtements pour identifier une personne est schématisée dans la **figure 2.5**.



**Figure 2.5.** Intégration de raisonnement et d'Apprentissage Automatique

Comme il est montré dans la figure, l'interaction entre les modules qui sont basés sur des techniques différentes se fait à travers une mémoire centralisée ou une base de données.

Pour des raisons de simplification, nous proposons de faire l'intégration dans la partie de prise de décision finale qui détermine l'identité de toutes les personnes dans la maison.

La déduction est basée sur les règles suivantes :

**R1** : Si  $nb\_maison=1$  et  $nb\_chambre(i)=1$  alors  $personne\_maison = personne\_chambre(i)$  et MAJ() (Mettre à jour les caractéristiques de cette personne)

**R2** : Si  $nb\_maison=N$  et  $\sum_i personnes\_chambre(i) = N-1$  et  $nb\_chambre(j) = taille (personne\_chambre(j))+1$  alors MAJ2( $personne\_chambre(j)$ ), (étiqueter la personne non-reconnue)

### 4.2.3 Algorithme d'intégration pour une chambre i

**Variables** :  $Nb\_maison$  ,  $Nb\_chambre(i)$  ,  $Personne\_maison$  ,  $Personne\_chambre(i)$  ,  
 $NonPersonne\_chambre(i)$  ,  $Nb\_chambres\_total$  ,  $Personne\_chambre\_totale$  ;

#### Algorithme

##### Début :

Si (  $Personnes\_Détecter (Frame) \geq 1$  ) **#Section 1**

    Si (  $nb\_maison = 1$  ) et (  $nb\_chambre(i) = 1$  )

$Personne\_chambre(i) = Personne\_maison$  ;

        MAJ ( ) ;

**Sinon #Section 2**

**Pour** chaque personne p détectée faire

$(Fr^s, Fr^i) \leftarrow divide\_body (p)$ ;

$ID\_p1 \leftarrow reconnaissance\_faciale(Fr^s)$ ;

$ID\_p2 \leftarrow Fonction\_ID(reconnaissance\_vêtements(Fr^s),$

$reconnaissance\_vêtements(Fr^i))$ ;

$ID\_f \leftarrow Fusion (ID\_p1, ID\_p2)$  ;

            Si (Résultat\_3 = « Unknown »)

$NonPersonne\_chambre(i) \leftarrow Résultat\_3$  ;

**Sinon**

$Personne\_chambre(i) \leftarrow Résultat\_3$  ;

**Fin pour**

**#Section 3**

    Si ( $taille (NonPersonne\_chambre(i)) = 1$ ) et (  $Nb\_chambres\_totale =$

$(Nb\_maison - 1)$  et (  $Nb\_chambre(i) = taille (Personne\_chambre(i)) + 1$  )

**alors**



Personne\_p  $\leftarrow$  premier (NonPersonne\_chambre(i)) ;  
 NonPersonne\_chambre(i)  $\leftarrow$   $\emptyset$  ;  
 Personne\_reconnue  $\leftarrow$  Personne\_maison  $\cap$  Personne\_chambre\_total;  
 Personne\_chambre(i)  $\cup$  (Personne\_reconnue.ID,  
 Personne\_p.vêtement\_supérieur, Personne\_p.vêtement\_Inferieur)

**Fin**

Cet Algorithme représente l'interprétation des deux règles combiné avec les méthodes de machine Learning :

**La section 1** : représente l'intégration de la règle R1

**La section 3** : représente l'intégration de la règle R2

**La section 2** : représente l'extraction des données et la reconnaissance des personnes en utilisant les méthodes de Machine Learning, tel que :

- divide\_body (p): extrait la partie supérieure ( $Fr^s$ ) et la partie inférieure ( $Fr^i$ ) du corps humain de la personne p.
- reconnaissance\_faciale( $Fr^s$ ): lance la reconnaissance faciale sur la partie supérieure du corps humain ( $Fr^s$ ) et retourne l'identifiant de la personne ou « Unknown » dans le cas où le visage n'est pas reconnu.
- reconnaissance\_vêtements( $Fr$ ): prend comme entrée une partie du corps (supérieure ou inférieure) et retourne le type et la couleur des vêtements.
- Fusion (ID\_p1, ID\_p2) : prend comme entrée l'identifiant résultant de la reconnaissance faciale et l'identifiant résultant de la Fonction\_ID( ), et Fusionne les résultats pour identifier la personne (en prend comme priorité le résultat de la reconnaissance faciale)

## **5 Modélisation du système de reconnaissance**

Nous détaillons dans ce chapitre l'aspect modélisation de notre système à travers le diagramme d'activité.

### **5.1 Sou système de surveillance de la porte d'entrés**

La figure 2.6 illustre le diagramme d'activité représentant une itération du contrôle d'accès au niveau de la porte d'entrée.

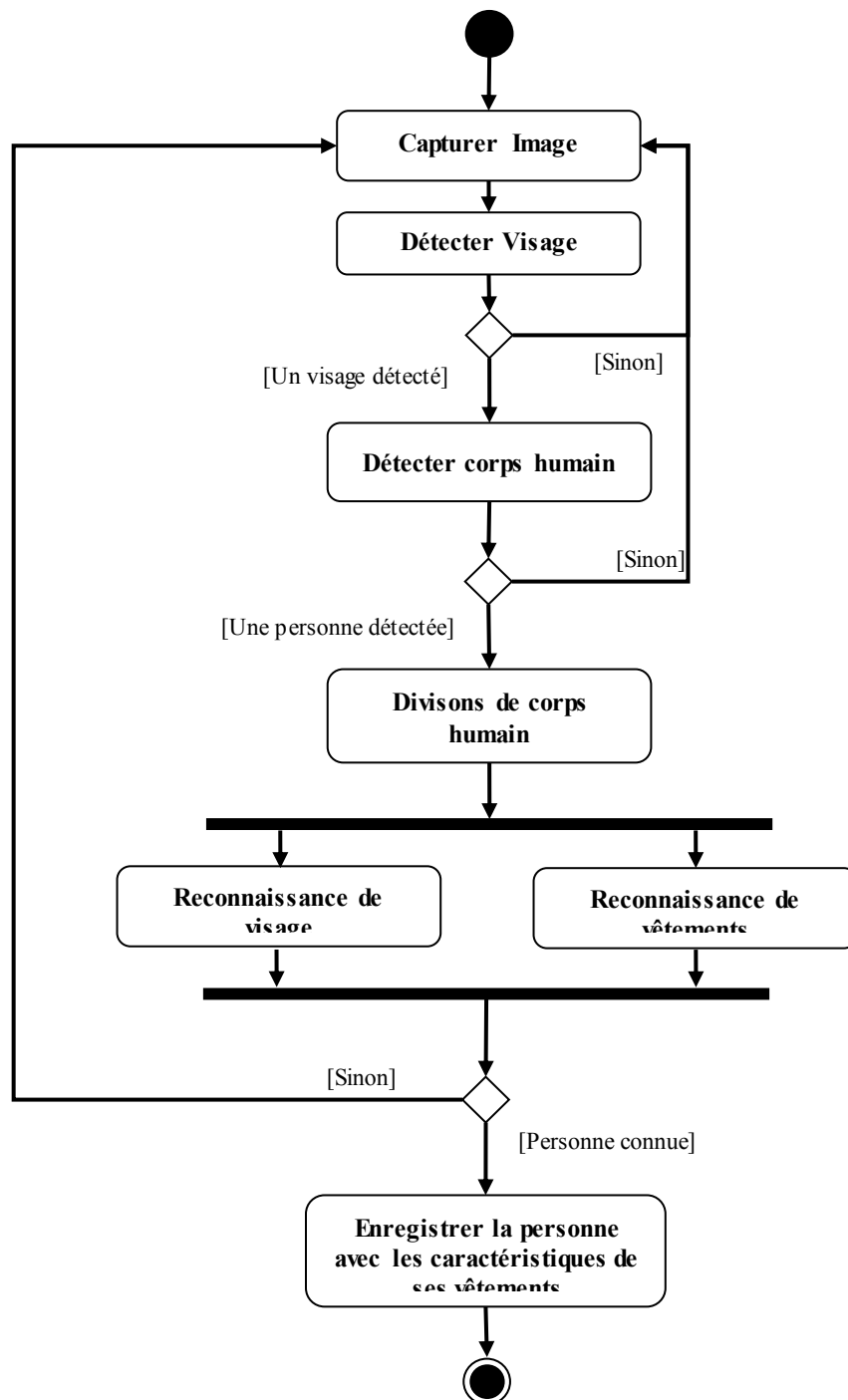
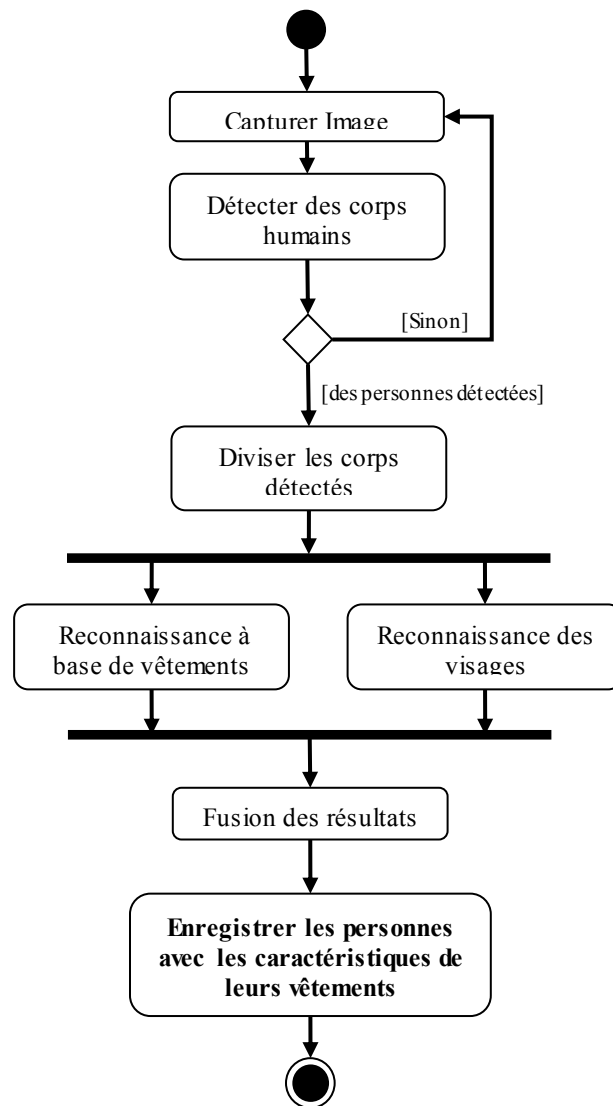


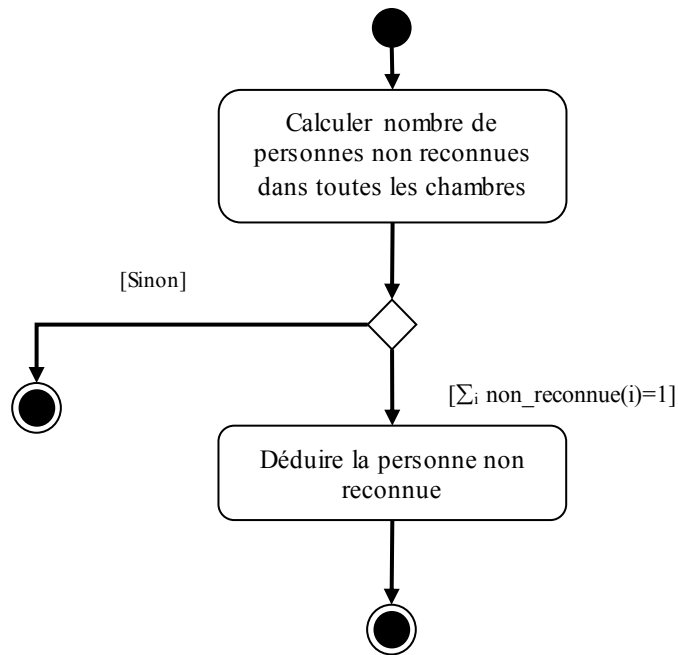
Figure 2.6. Diagramme d'activité représentant une itération du control d'accès au niveau de la porte d'entrée.

## 5.2 Sous système d'identification des personnes dans la maison

La figure 2.7 et 2.8 illustrent les diagrammes d'activité représentant respectivement une itération d'identification des personnes dans une chambre déterminée et l'opération qui permet de déduire l'identification des personnes dans la maison.



**Figure 2.7.** Diagramme d'activité représentant une itération de la reconnaissance au niveau d'une chambre



**Figure 2.8.** Diagramme d'activité représentant une itération de la reconnaissance au niveau de la maison

## 6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons expliqué d'une façon globale et détaillée la méthode que nous avons proposée pour identifier les personnes dans la maison et ainsi que l'architecture de notre système qui implémente cette méthode.

Dans le chapitre suivant, nous détaillons l'implémentation de ce système.

# Chapitre 3 :

## Implémentation

### 1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons présenter tout ce qui est relié à l'implémentation du système et les résultats de son exécution. Premièrement, on mentionnera l'environnement de développement (matériel et logiciel). Puis, on verra les différentes méthodes utilisées dans notre système. Enfin, nous verrons les résultats de l'exécution et son analyse.

### 2 Environnement de développement

Dans cette partie, nous allons présenter l'ensemble des outils matériels et logiciels pour la réalisation de notre prototype.

#### 2.1 Partie matériel

Ce projet a été développé sous une machine :

**Processeur:** Intel Core i7-4710HQ @ 2.50GHz

**GPU (Carte Graphique) :** NVIDIA GeForce GTX 850M

**RAM (Mémoire installé) : 8.00GB**

**Disque Dur : 1TB**

Pour l'ensemble de caméras nous avons utilisé les caméras des téléphones portables avec le système d'exploitation **Android** et Caméras de **8 Mbx** ou plus.

## **2.2 Partie Logiciel**

- **Ubuntu 18.04** : un système d'exploitation a code source ouvert ou **Open-Source** basé sur la distribution Debian GNU/Linux. Ubuntu est développé et maintenu pour les desktops, serveurs et objets connectés. La version 18.04 du système a été publié le 26 avril 2018. Ubuntu est un système qui intègre l'ensemble des fonctionnalités d'un système d'exploitation Unix avec une interface graphique facile à utiliser. Il est populaire dans les universités et les organismes de recherche. [s1]
- **Python 3.6** : Python est un langage de programmation interprété de haut niveau et à usage général. Python est un langage qui se concentre sur la lisibilité grâce à l'usage des espaces blancs. Il supporte de nombreux paradigmes tel que le procédural, orienté objet et fonctionnel. La version 3.0 du langage a été publié en 2008 et continue à être mis à jour. [s2]
- **OpenCV** : OpenCV est une bibliothèque de traitement d'image de **Intel** compatible avec C, C++, Java et Python dans les systèmes Windows, linux, Mac OS, iOS et les dernières versions d'Android. OpenCV permet un ensemble de fonctionnalités tel que la manipulation de données des images (allocation, copie, réglage, conversion), entrée et sortie des images et vidéos, traitement basique des images (filtres, détection de bords, conversion des couleurs...etc.), calibrage de caméras et interface graphique basique. OpenCV est la bibliothèque principale dans la majorité de traitement d'image dans notre système. [21]

**L'application mobile « IP Webcam »** : Une application mobile permettant d'accéder et utiliser les caméras des téléphones portables



Figure 3.1. Interface graphique de l'application mobile *IP-Webcam*

### 3 Mécanisme de fonctionnement des caméras

Dans nos tests, nous avons utilisé les caméras des smart phones avec l'application **IP-Webcam** installée. Cette application va permettre de lancer un serveur qui donnera l'accès aux caméras du téléphone grâce au url partagé par la même application.

Dans l'environnement pratique, les captures d'images ou vidéos se font généralement par des caméras de surveillance. (filère ou sans fil)

### 4 Mécanisme de la reconnaissance Faciale

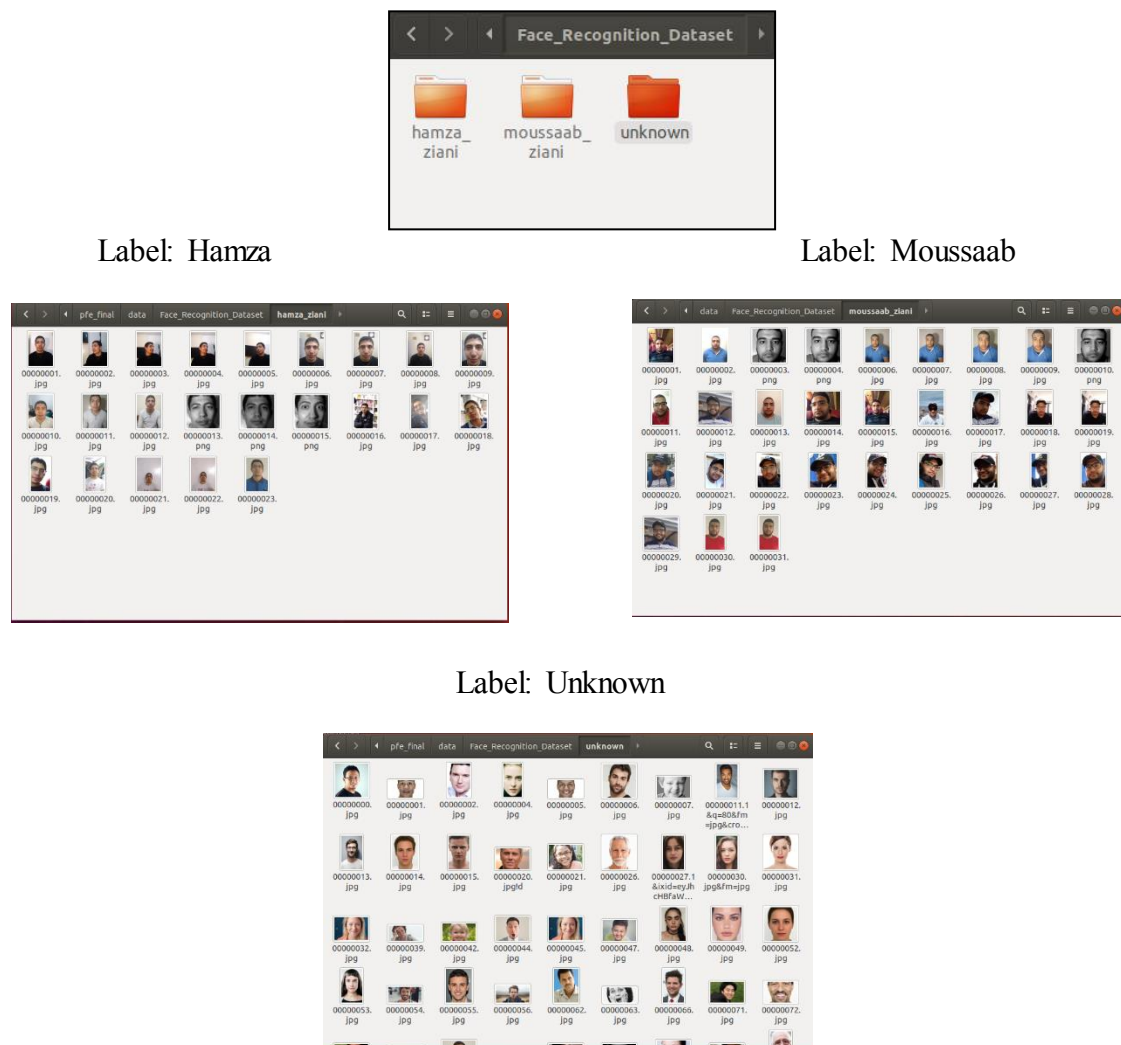
Pour la reconnaissance faciale, nous avons besoin de deux bibliothèques supplémentaires qui fonctionnent avec la bibliothèque principale OpenCV:



**Dlib** : un outil moderne contenant des algorithmes de machine Learning utiles dans de nombreux domaines (robotique, téléphones portables, des environnements de large capacité de performance...etc.). Pour plus d'information, voir [« dlib.net »](http://dlib.net)

**Face\_recognition** : une bibliothèque simplifiée permettant la reconnaissance et la manipulation des visages dans Python en utilisant les algorithmes de reconnaissance faciale de Deep Learning que Dlib offre. Ce model permet une précision de 99.38%. Pour plus de details voir : [« https://github.com/ageitgey/face\\_recognition »](https://github.com/ageitgey/face_recognition)

Il est essentiel de créer une base de données d'images étiquetées (DataSet) des personnes à reconnaître par le système. Notre DataSet d'exemple est représenté dans la **figure 3.2**.



Label: Hamza

Label: Moussaab

Label: Unknown

**Figure 3.2.** DataSet exemple de la reconnaissance faciale

Chaque personne à reconnaître doit avoir un dossier étiqueté par son identifiant (nom et prénom dans notre cas), ce dossier contient un ensemble d'images numéroté avec 8 digits. Le dossier appelé « unknown » représente un ensemble des visages aléatoires, ces visages vont permettre d'augmenter la différenciation entre les visages connus et des visages aléatoires. Il est préférable que la taille des images ne dépasse pas 500kb (les grandes tailles peuvent poser des problèmes au niveau de l'apprentissage).

Dans l'apprentissage, on parcourt sur chaque répertoire et on extrait le nom de chaque répertoire. En lit chaque image grâce à la bibliothèque OpenCV. La lecture des images à travers OpenCV résulte à une image sous forme **BGR**. Pour performer l'apprentissage, on doit convertir de **BGR** à **RGB** (la forme standard pour la bibliothèque dlib). Puis, on détecte le visage avec la fonction **face\_locations** de **face\_recognition**. Cette fonction prend comme paramètre l'image et la méthode de détection. La méthode de détection peut être soit « cnn » pour une détection précise (fonctionne mieux avec un **GPU**) ou « hog » pour la rapidité (dans le cas où un GPU n'est pas disponible). Après avoir détecté le visage, on convertira l'image du visage en Embeddings (vecteur de 128 nombres représentant les caractéristiques du visage). Pour chaque image du même répertoire on ajoutera les Embeddings dans une liste approprié avec le nom de chaque répertoire. Ces listes d'Embeddings vont nous permettre d'étiqueter les nouvelles images entrantes en comparent Embedding de l'image entrante avec la liste étiqueté des Embedding entraîné précédemment en utilisons la fonction **compare\_faces** de la bibliothèque **face\_recognition**.

## 5 Mécanisme de reconnaissance à base de vêtements

Pour la reconnaissance à base de vêtements, nous utiliserons le **API** (Application Programming Interface) **Keras**. Keras est une bibliothèque de haut niveau de réseau de neurones. Pour utiliser Keras, il est généralement nécessaire de l'utilité avec **TensorFlow**, un outil Open Source de Machine Learning. Pour plus de détail sur les deux, visiter « <https://www.keras.io> » [s3] et « <https://www.tensorflow.org> » [s4]

Pratiquement, la reconnaissance à base de vêtements passe par les mêmes étapes que la reconnaissance faciale :

Pour passer par l'apprentissage, nous avons créé une DataSet à partir de **Bing Image Search API** (une partie des Services cognitive de Microsoft). Cette méthode résulte à un ensemble d'images dont on va filtrer et modifier pour mieux correspondre à nos besoins. Notre DataSet Contient :

- **T-shirts** : Noires (148), Bleus (177), Rouges (208), Marrons (101), Gris(104), Jaunes (41) Verts (207) et Blancs (80)
- **Pantalons** : Noires (224), Bleus (298), Rouges (166), Marrons (130), Verts (158) et Blancs (234)
- **Robes** : Noires (210), Bleus (180), Rouges (206), Jaunes (230) et Blancs (108)

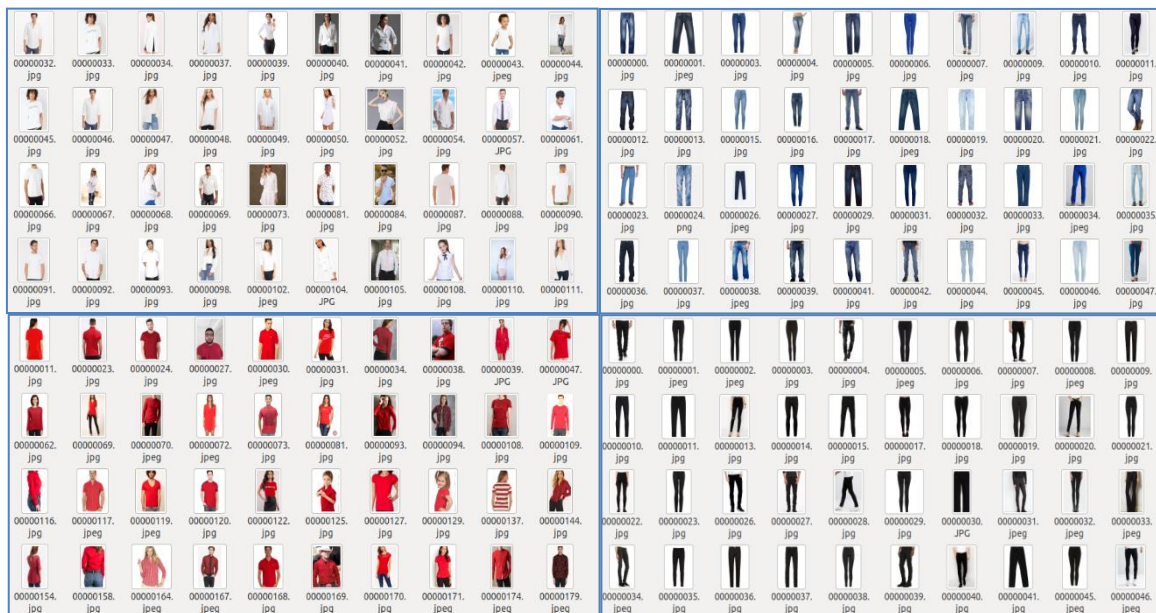
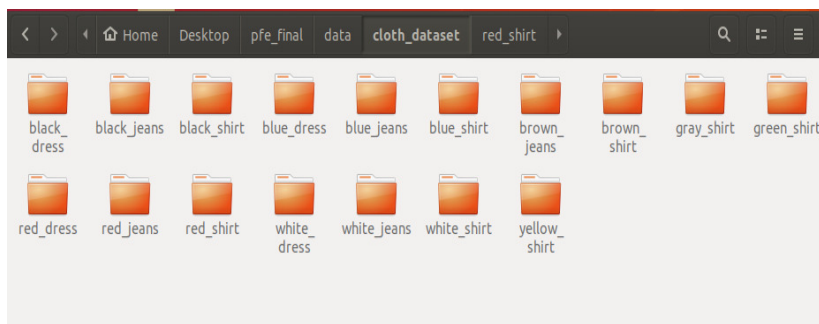


Figure 3.3. DataSet d'exemple de la reconnaissance à base de vêtements

## **Variables de l'apprentissage de notre algorithme :**

**Epoche = 75** : Signifie que le réseau va passer 75 fois par la DataSet pour apprendre les patterns de façon incrémentale grâce à la Rétro-propagation.

**Init\_LR = 1e-3** : le taux d'apprentissage initiale (1e-3 est la valeur par défaut de Adam optimizer)

**BS = 32** : taille de Batch signifie le nombre des exemples d'apprentissages. Dans le cas où on utilise un CPU et non un GPU il est conseillé de réduire le nombre

**IMAGE\_DIM = (96, 96, 3)** : images de taille 96x96 et contiennes 3 canaux

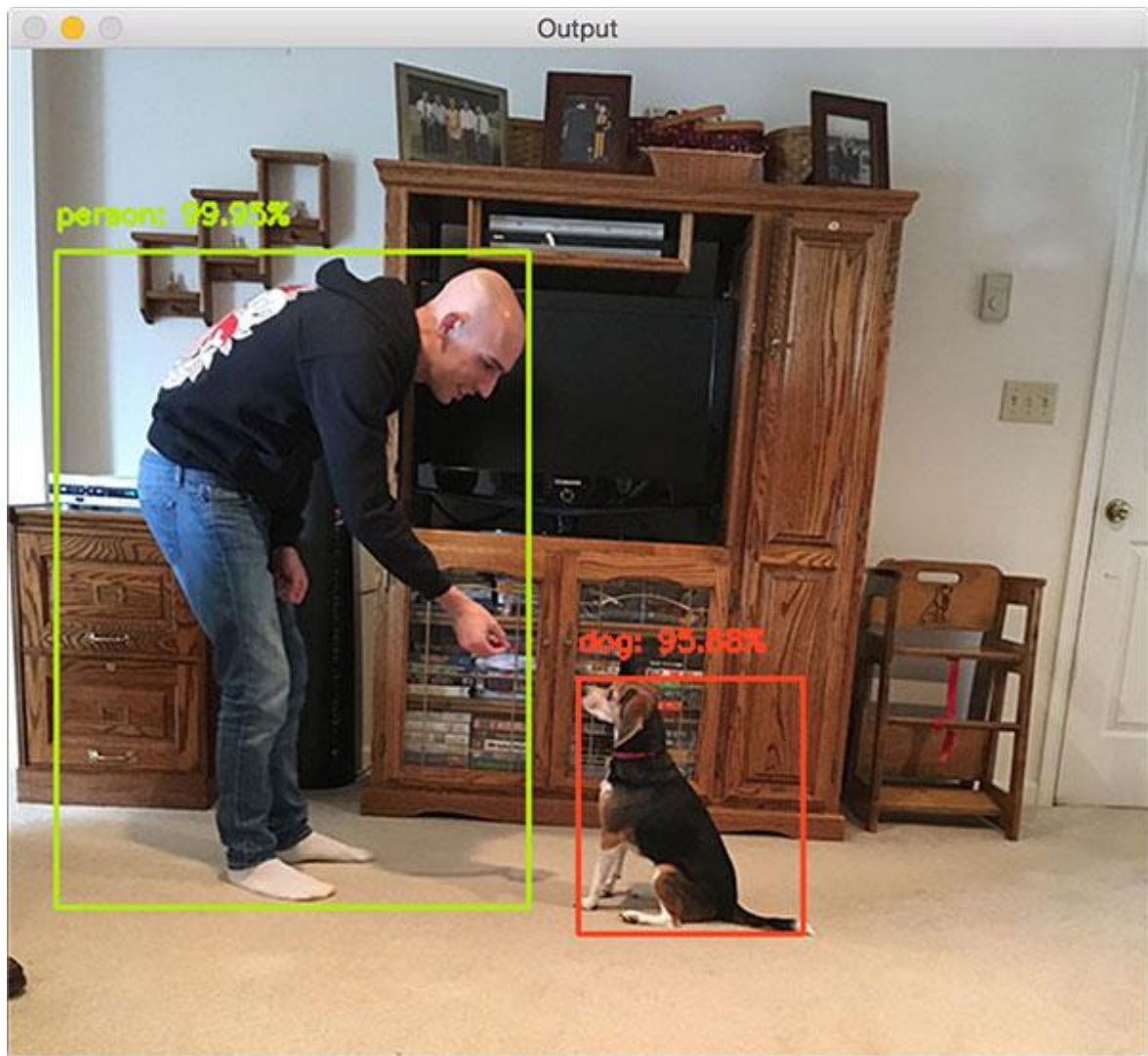
## **6 Reconnaissance du corps humain**

Le principe de notre méthode la reconnaissance du corps humain est la reconnaissance d'objets puis on filtrera les personnes du reste des objets reconnue.

Nous utiliserons pour la reconnaissance des objets un modèle pré-apprenti par <https://github.com/chuanqi305/MobileNet-SSD> . Ce modèle a été entraîné sur COCO DataSet (Common Objects in Context) ce qui signifie que ce modèle peut reconnaître 20 types d'objets : avions, vélos, oiseaux, bateaux, bouteilles, bus, voitures, chats, chaises, vaches, tables à manger, chiens, chevaux, motos, *personnes*, plantes en pot, moutons, canapés, trains et moniteurs de télévision.

La méthode utilisée est la combinaison de l'architecture de MobileNet et le Framework Single Shot Detector (SSD). Cette combinaison (MobileNet SSD) va permettre des résultats à la fois rapide et efficace.

Dans la partie de reconnaissance des objets, après la lecture de l'image, on crée un blob de 300x300 pixels normalisé à partir de cette image. On passe le blob par le modèle puis il reste qu'à parcourir les détections résultantes et déterminer quel type d'objets détecté et leur position. Cette méthode retourne le type d'un objet et sa précision.



**Figure 3.4.** Résultat de la détection des objets par l'algorithme proposé avant le filtrage

Pour filtrer les personnes des autres objets, il suffit juste de prendre les objets tel que :

Label = « Personne »

Et on ignore le reste.





**Figure 3.5.** Résultat de la détection des objets par l'algorithme proposé après le filtrage

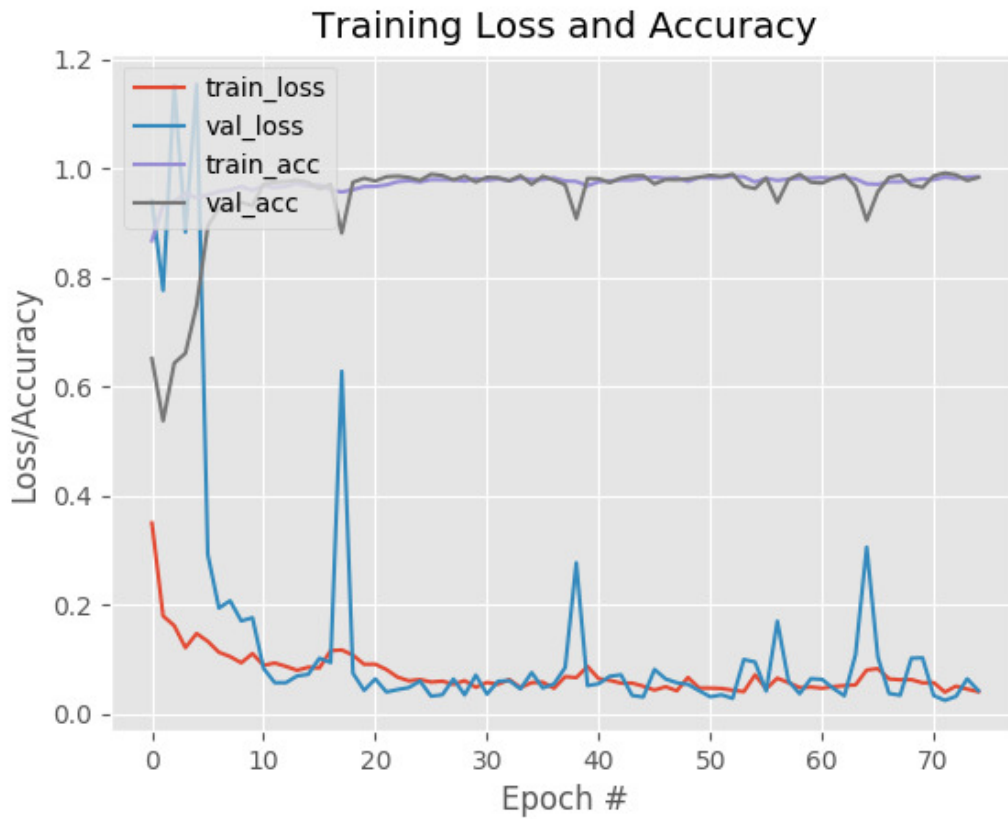
## **7 Analyse des résultats**

### **7.1 Apprentissage de la reconnaissance des vêtements**

Le résultat pour l'apprentissage du réseau de la reconnaissance de vêtements pour 30 époques est :

**97.70%** multi-label classification de précision sur l'ensemble de formation.

**98.23%** multi-label classification de précision sur l'ensemble de test.



**Figure 3.6.** Graphe d'acuarcy/loss Classification à base de keras multi-labeling

**Train** représente DataSet d'apprentissage

**Val** représente DataSet de Validation

**Loss** est la perte

**Acc** signifie la précision

## 7.2 La Reconnaissance à la porte d'entrée

Notre système fonctionne correctement avec des limites (matériels principalement), il permet de reconnaître les personnes dans la maison puis extraie les vêtements qu'ils portent et le sauvegarde dans la base de données :

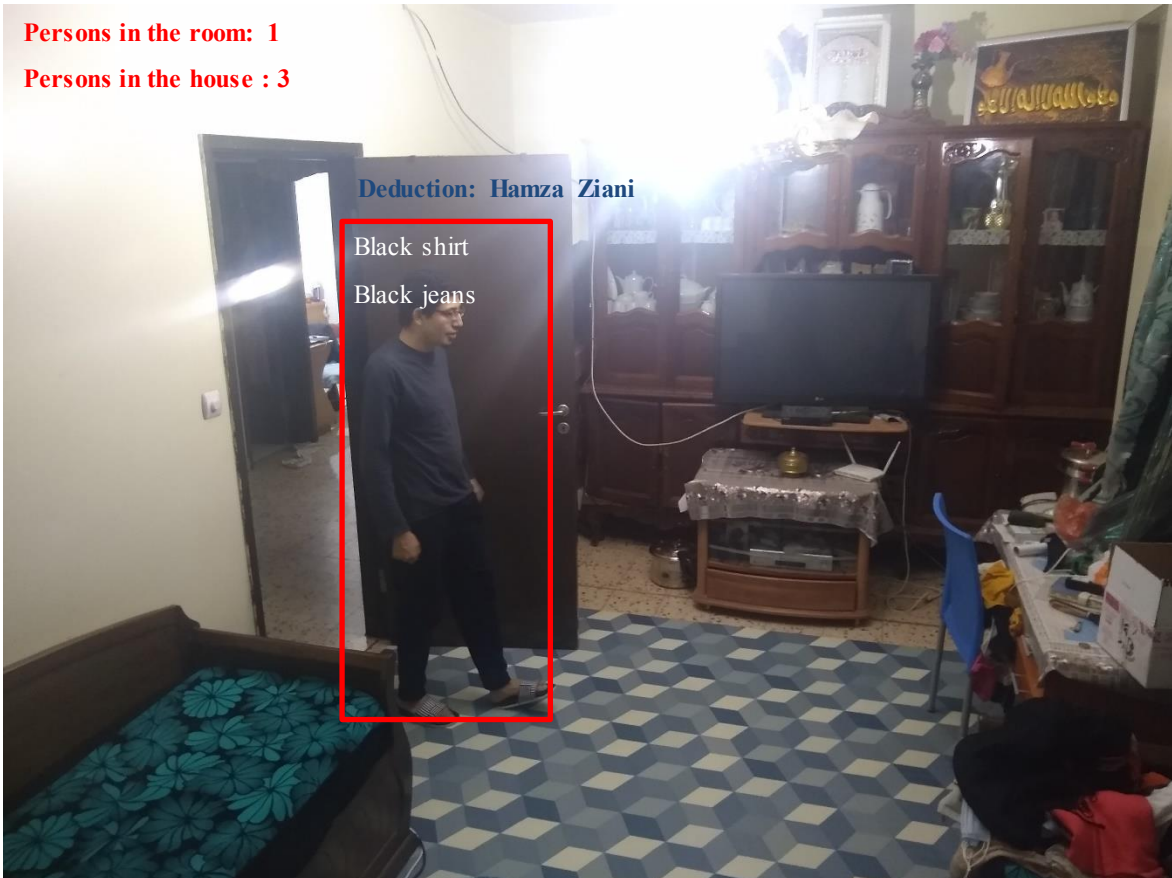


**Figure3.7.** Résultat de l'exécution de la fonction de traitement de la porte d'entrée sur une image

### **7.3 Reconnaissance dans les chambres de la maison**

Le fonctionnement de cette partie est du même principe que la reconnaissance à la porte d'entrée mais on ajoutant la déduction à partir des vêtements dans le cas où le visage n'apparaît pas. Le résultat dépend beaucoup de la reconnaissance des vêtements : si la reconnaissance des vêtements retourne de bons résultats, la déduction est efficace, sinon les résultats seront soit manquants soit erronés.





**Figure 3.8.** Résultat de l'exécution de la fonction de traitement dans les chambres de la maison sur une image

Dans ce cas, nous avons dans la base de données (Hamza\_Ziani, black\_shirt, black\_jeans) et le visage n'était pas clair pour la reconnaissance faciale donc, à partir de la reconnaissance des vêtements, le système a pu reconnaître la personne dans l'image.

#### 7.4 Limites de notre système

Notre système est limité par un ensemble de conditions :

- L'exécution du système est dans un temps pseudo-réel, à cause de la faiblesse du GPU de la machine.
- Dans la reconnaissance des vêtements nous avons uniquement utilisé une DataSet d'exemple, les résultats ne seront pas toujours fiables (à cause de l'éclairage et les conditions de l'environnement).
- Pour la porte d'entrée, dans un contexte réel de maison intelligente, nous aurons besoin de caméras à large capture (Wide range camera)

## **8 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'ensemble des appareils et logiciels qui ont aidé à réaliser le système, les méthodes principales et leur fonctionnement ainsi que l'analyse des résultats et les limites de la réalisation du projet.

## Conclusion générale

Le but de ce projet était de combiner un ensemble de domaines et leurs méthodes pour la réalisation d'un sous-système d'identification des personnes dans le cadre des maisons intelligentes. Nous nous sommes focalisés sur la combinaison de plusieurs techniques pour dégager une technique globale applicable dans une application réelle et pratique. Premièrement, nous avons proposé de combiner entre la technique de reconnaissance de visage, de corps humains et de vêtements pour compléter les limites de la technique de reconnaissance faciale. Nous avons également proposé un principe simple mais promoteur de combinaison du raisonnement logique (raisonnement par déduction) et le Machine Learning qui est basé principalement sur l'induction. Toutes ces propositions étaient dirigées par une motivation imposée par un domaine d'application en l'occurrence le domaine des maisons intelligentes.

Le test de la méthode proposé (même avec certaines limites) sur des scénarios réels a donné des résultats appréciables.

Avec des quelques améliorations, notre système pourra être utilisé conjointement avec d'autres composants d'un système complet de maison intelligente.

En perspective, nous comptons déployer la méthode proposée dans un système embarqué.

# Bibliographie

- [1] Aldrich, Frances K. "Smart homes: past, present and future." In *Inside the smart home*, pp. 17-39. Springer, London, 2003.
- [2] Skeie, Veralia Gabriela Sánchez Nils-Olav. "Decision Trees for Human Activity Recognition Modelling in Smart House Environments." (2018).
- [3] Menachem Domb (February 28th 2019). *Smart Home Systems Based on Internet of Things*, *Internet of Things (IoT) for Automated and Smart Applications*, Yasser Ismail, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.84894. Available from: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/smart-home-systems-based-on-internet-of-things>
- [4] De Miguel, Koldo, Alberto Brunete, Miguel Hernando, and Ernesto Gambao. "Home camera-based fall detection system for the elderly." *Sensors* 17, no. 12 (2017): 2864.
- [5] Patrício, Diego Inácio, and Rafael Rieder. "Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review." *Computers and electronics in agriculture* 153 (2018): 69-81.
- [6] Davies, E. Roy. *Machine vision: theory, algorithms, practicalities*. Elsevier, 2004.
- [7] Spencer Jr, Billie F., Vedhus Hoskere, and Yasutaka Narazaki. "Advances in computer vision-based civil infrastructure inspection and monitoring." *Engineering* 5, no. 2 (2019): 199-222.
- [8] Gonzalez, Rafael C., and Michael G. Thomason. "Syntactic pattern recognition: An introduction." (1978).. United States.
- [9] Robert, J. Schalko. "Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches." John Wiley & Sons, New York (1992).
- [10] Liu, Jie, Jigui Sun, and Shengsheng Wang. "Pattern recognition: An overview." *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* 6, no. 6 (2006): 57-61.

- [11] Byun, Hyeran, and Seong-Whan Lee. "Applications of support vector machines for pattern recognition: A survey." In *International Workshop on Support Vector Machines*, pp. 213-236. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002.
- [12] Fredj, Hana Ben, Safa Bouguezzi, and Chokri Souani. "Face recognition in unconstrained environment with CNN." *The Visual Computer* (2020): 1-10.
- [13] Dadi, Harihara Santosh, and GK Mohan Pillutla. "Improved face recognition rate using HOG features and SVM classifier." *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering* 11, no. 4 (2016): 34-44.
- [14] Islam, Kh Tohidul, Ram Gopal Raj, and Abdullah Al-Murad. "Performance of SVM, CNN, and ANN with BoW, HOG, and image pixels in face recognition." In *2017 2nd International Conference on Electrical & Electronic Engineering (ICEEE)*, pp. 1-4. IEEE, 2017.
- [15] Alpaydin, Ethem. *Introduction to machine learning*. MIT press, 2020.
- [16] Erickson, Bradley J., Panagiotis Korfiatis, Zeynetin Akkus, and Timothy L. Kline. "Machine learning for medical imaging." *Radiographics* 37, no. 2 (2017): 505-515.
- [16] Mitchell, Tom Michael. *The discipline of machine learning*. Vol. 9. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Machine Learning Department, 2006.
- [17] Simeone, Osvaldo. "A very brief introduction to machine learning with applications to communication systems." *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking* 4, no. 4 (2018): 648-664.
- [18] Ozgur, Arzucan. "Supervised and unsupervised machine learning techniques for text document categorization." *Unpublished Master's Thesis, İstanbul: Boğaziçi University* (2004).
- [21] Mistry, Krupali, and Avneet Saluja. "An introduction to OpenCV using Python with Ubuntu." *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology* 1, no. 2 (2016): 65-68.

- [24] Howard, Andrew G., Menglong Zhu, Bo Chen, Dmitry Kalenichenko, Weijun Wang, Tobias Weyand, Marco Andreetto, and Hartwig Adam. "Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications." *arXiv preprint arXiv:1704.04861* (2017).
- [25] Liu, Wei, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, and Alexander C. Berg. "Ssd: Single shot multibox detector." In *European conference on computer vision*, pp. 21-37. Springer, Cham, 2016.
- [26] Asht, Seema, and Rajeshwar Dass. "Pattern recognition techniques: A review." *International Journal of Computer Science and Telecommunications* 3, no. 8 (2012): 25-29.
- [27] Yousef, Malik, Segun Jung, Andrew V. Kossenkov, Louise C. Showe, and Michael K. Showe. "Naïve Bayes for microRNA target predictions—machine learning for microRNA targets." *Bioinformatics* 23, no. 22 (2007): 2987-2992.
- [28] Polat, Kemal, and Salih Güneş. "Classification of epileptiform EEG using a hybrid system based on decision tree classifier and fast Fourier transform." *Applied Mathematics and Computation* 187, no. 2 (2007): 1017-1026.

## Webographie

- [s1] «<https://www.techopedia.com/definition/3307/ubuntu>».
- [s2] « [https://thereaderwiki.com/en/Python\\_programming\\_language](https://thereaderwiki.com/en/Python_programming_language) ».
- [s3] « <https://www.keras.io> ».
- [s4] « <https://www.tensorflow.org> »
- [s5] <https://blog.bismart.com/en/difference-between-machine-learning-deep-learning>