

République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Filière : Télécommunications
Spécialité : Réseaux et Télécommunications
Thème

Lunettes Connectées pour diverses applications

Présenté Par :

MAROUF Kanza

HAMIDI Issam Eddine

Devant le jury composé de :

| | | | |
|----------------------------|-----|--------|--------------|
| Mr Bemmoussat Chems eddine | MCB | CUBBAT | President |
| Mr Debbal Mohammed | MCA | CUBBAT | Examineur |
| Mme Ferouani Souheyla | MCA | CUBBAT | Encadrante |
| Mr Yagoub Reda | MAA | CUBBAT | Co-Encadrant |

Année universitaire 2019/2020

REMERCIEMENTS

D'abord, nous remercions ALLAH le tout puissant. C'est grâce à lui que nous avons eu la volanté et la force pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement nos parents ; notre succès demeure de loin le fruit de leurs longues années de sacrifices et d'éducation.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à nos encadrants : Dr FEROUANI SOUHEYLA, Maitre de conférences et Mr Yagoub Reda Maitre-Assistant au Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent, pour leurs précieux conseils, leurs incessants encouragements et surtout leurs motivations tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous remercions vivement les membres du jury Dr Bemoussat Chems Eddine et Dr Debbal Mohammed, Maitre de conférences au Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain Temouchent d'avoir accepté de siéger et de juger notre travail. Nous les remercions aussi pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner ce mémoire.

Finalement, nous remercions tous les enseignants qui ont participé à notre formation de Télécommunications.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur Patience, leurs amours, leurs soutient et leurs encouragements.

A mes sœurs.

A mes amies et mes camarades

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du

Moyen, du secondaire

Ou de l'enseignement supérieur

MAAROUF KANZA

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers Parents,

Pour leur Patience, leurs amours, leurs soutient et leurs encouragements

Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie.

A mon frère et ma sœur, Que Dieu vous garde

A toute ma famille,

A tous mes chers amis.

ET... A toutes les personnes qui m'ont prodigué des encouragements.

A tous les membres de la promotion M2RT

...Et à tous ceux qui me connaissent...

Hamidi Issam Eddine

Résumé

Les lunettes connectées sont au cœur de toutes les recherches effectuées par les grands noms de la nouvelle technologie. Les Google Glass, les Focals et Prudensee sont les principaux modèles de lunettes connectées déjà accessibles sur le marché. Elles sont des dispositifs électro-optiques qui permettent de visualiser une image dans les yeux de l'utilisateur tout en gardant sa vision extérieure inchangée. Ce dispositif peut soutenir les technologies sans fil comme le Bluetooth, le Wi-Fi et le GPS et permet d'héberger et d'exécuter des applications mobiles.

L'objectif de notre projet de fin d'étude est de concevoir et réaliser des lunettes connectées pour divers applications. Ces dernières affichent la date, l'heure et la température pour un usage quotidien, et contrôlent les objets ménagers d'une maison pour un usage domotique.

Mots clé : Lunettes connectées, Arduino, Bluetooth, commande vocale.

Abstract

Connected glasses are at the heart of all the research carried out by the big names in new technology. Google Glass, Focals and Prudensee are the main connected glasses models already available on the market. They are electro-optical devices that make it possible to visualize an image in the eyes of the user while keeping their external vision unchanged. This device can support wireless technologies such as Bluetooth, Wi-Fi and GPS, and can host and run mobile applications.

The objective of our end of study project is to design and manufacture connected glasses for various applications. These display the date, time and temperature for daily use, and control household appliances for home automation use.

Keywords: Connected glasses, Arduino, Bluetooth voice command.

المخلص

تعتبر النظارات الذكية أو النظارات المتصلة شبكيا ولاسلكيا قلب كل الأبحاث التي أجرتها الشركات الضخمة من أجل التسابق في التكنولوجيا الجديدة وتخليد أسمائهم في أحرف من ذهب.

كما تعد Google Glass و Prudensee، Focals بعض الأمثلة الواقعية عن النظارات المتصلة لاسلكيا التي تتواجد بالفعل في السوق العالمي. بكل بساطة هي أجهزة كهربائية بصرية تجعل من الممكن الوصول الى تصوير صورة في عيون المستخدم مع الحفاظ على رؤيته الخارجية دون تغيير. يمكن لهذا الجهاز دعم التقنيات اللاسلكية مثل Wi-Fi و Bluetooth و GPS، ويمكنه استضافة تطبيقات الهاتف المحمول وتشغيلها.

الهدف الأسمى من مشروع نهاية الدراسة هو تصميم وتصنيع نظارات متصلة شبكيا ولاسلكيا مع مختلف التطبيقات ومع مختلف الأجهزة الكهرومنزلية او الكهربائية بصفة عامة. يمكن لهذه الأخيرة عرض التاريخ والوقت ودرجة الحرارة للاستخدام اليومي، والتحكم في الأجهزة الكهرومنزلية من أجل التحكم الآلي في المنزل.

الكلمات المفتاحية: نظارات متصلة، أردوينو ، بلوتوث ، تحكم صوتي

Table des Matières

| | |
|--|-----|
| Remerciement..... | i |
| Dédicaces..... | ii |
| Résumé..... | iii |
| Tables des Figures..... | iv |
| Listes des Tableaux..... | v |
| Listes des acronymes et abréviations..... | vi |
| <i>Chapitre I : Généralité sur la technologie des lunettes connectées</i> | |
| I.1 Introduction | 2 |
| I.2 Les lunettes connectées | 2 |
| I.2.1 Présentation et historique..... | 2 |
| I.2.2 Principe de fonctionnement..... | 2 |
| I.2.3 Lunettes connectées disponible sur le marché | 3 |
| a) Google Glass | 3 |
| b) Prudensee | 4 |
| c) Focals de North | 4 |
| d) Les lunettes connectées qui sortiront bientôt : Huawei : Gentle Monster Eyewear | 5 |
| e) Les lunettes connectées qui sont en phase de développement | 6 |
| ➤ Tesla..... | 6 |
| ➤ Apple..... | 7 |
| ➤ Samsung | 8 |
| I.3 L'évolution phare de la décennie ?..... | 8 |
| I.5 Conclusion..... | 9 |
| II.1 Introduction | 10 |
| II.2 Présentation de notre projet | 10 |
| II.3.1 Arduino Nano..... | 11 |
| II.3.2.1 Caractéristiques de l'arduino nano : | 11 |
| Les caractéristiques de ce module sont [10] :..... | 11 |
| II.3.2 Arduino Uno..... | 12 |
| II.3.3 L'ATmega328P | 13 |
| II.3.4 Module Bluetooth HC-05 | 13 |
| II.3.4.1 Caractéristiques..... | 13 |
| II.3.4.2 Fonctionnement | 14 |
| II.3.5 Ecran Oled Screen 0.95 inch "96*64" v2.0..... | 15 |

Table des Matières

| | |
|---|-----------|
| II.3.6 Module de relais 5V DC Power Relays | 16 |
| <i>II.3.6.1 Caractéristiques</i> | 16 |
| II.3.7 Batterie 300 mA | 17 |
| II.4 Principe de fonctionnement | 17 |
| II.4.1 Détection faciale | 18 |
| II.4.2 Commande Vocale | 19 |
| II.4.3 Affichage (Date, heure, température, maps...) | 19 |
| II.5 Contraintes rencontrées..... | 21 |
| II.6 Conception, Réalisation et résultats..... | 21 |
| II.6.1 Usage quotidien | 23 |
| II.6.2 Usage domotique | 25 |
| II.6.3 Prototype des lunettes Connectées | 27 |
| II.7 Conclusion..... | 27 |

Tables des Figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Lunettes de Google Glass..... | 3 |
| Figure I.2 : Lunettes de Prudensee..... | 4 |
| Figure I.3 : Lunettes de Focals de North..... | 5 |
| Figure I.4 : Lunettes de Huawei..... | 5 |
| Figure I.5 : Lunettes d'Apple | 6 |
| Figure I.6 : Lunettes de Samsung | 7 |
| Figure II.1 : Arduino Nano | 9 |
| Figure II.2 : Arduino Uno..... | 10 |
| Figure II.3: L'ATmega328P..... | 10 |
| Figure II.4: Module Bluetooth HC-05 | 11 |
| Figure II.5 : Fonctionnement module Bluetooth : Mater-Slave | 12 |
| Figure II.7 : Module de relais 5V DC | 13 |
| Figure II.8 : Batterie 300 mA | 14 |
| Figure II.9 : Fonctionnements des lunettes connectés | 15 |
| Figure II.10 : détection multi visage | 15 |
| Figure II.11 : détection faciale..... | 15 |
| Figure II.12 : Usage de l'application Voice Comand | 16 |
| Figure II.13 : Affichage des applications sur les lunettes (usage quotidien) | 16 |
| Figure II.14 : Affichage des applications sur les lunettes | 16 |
| Figure II.15 : Applications de lunettes connectées | 18 |
| Figure II.16 : Applications de lunettes connectées | 18 |
| Figure II.17 : Affichage de la date, heure et température sur le simulateur | 19 |
| Figure II.18 : Affichage des SMS sur le simulateur | 19 |
| Figure II.19 : Lunettes connectées- Usage domotique..... | 20 |
| Figure II.20 : Prototype des lunettes Connectées réalisé | 20 |

Liste des Acronymes et Abréviations

AR: Augmented Reality

CES: Consumer Electronics Show

DC: Direct Current

FHSS: Frequency-hopping spread spectrum (FHSS)

GPS: Global positioning system

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

NTIC : Nouvelles Technologie de l'Information et de la Communication

PDG : Président Directeur Général

PWM : Pulse Wide Moulation

SPP: Serial Port Protocol

WIFI: Wireless Fidelity

Introduction générale

Les technologies numériques et connectées sont largement développées depuis les années 2000. Tout d'abord utilisées comme un outil de travail au bureau, elles ont ensuite été adoptées chez le particulier qui se les est appropriées. Elles ont permis d'échanger beaucoup plus facilement à travers le monde et de développer des modes de collaborations encore impensables jusqu'alors. Internet est ensuite devenu nomade grâce aux smartphones et chacun a pu y avoir accès où qu'il soit. Cependant, ces technologies sont restées cantonnées au domaine de l'information, sans pouvoir agir directement sur le monde réel [1]. Forte d'une décennie d'expérimentations, les lunettes connectées ou intelligentes semblent enfin arriver à maturité. De Google à Snapchat en passant par Epson, les annonces se sont multipliées ces dernières années avec l'ambition de faire décoller un nouveau marché [2]. Malgré les promesses, aucun projet n'est parvenu à convaincre le grand public et il faut plutôt se tourner vers le marché professionnel ou les casques de réalité virtuelle et le secteur du jeu vidéo pour voir des produits s'imposer. Concernant la réalité augmentée, elle s'est fait une place sur smartphones avec des applications sur iOS et Android ou le succès de jeux comme *Pokémon Go*. Une absence de succès qui n'a pourtant pas douché les espoirs des fabricants. Les lunettes connectées ont fait leur grand retour au CES 2020 en se frayant une place au milieu des nombreuses annonces. Un nouvel espoir pour un marché qui se cherche encore et espère enfin décoller dans les années à venir [2].

Dans ce mémoire, nous avons organisé notre travail en deux chapitres :

Le premier chapitre est consacré à l'historique et la présentation des lunettes intelligentes, puis leurs modes de fonctionnement et enfin nous allons donner une vue générale sur notre travail effectué.

Dans le second chapitre, nous allons présenter nos objectifs avec les outils électroniques utilisés, puis nous parlerons sur les contraintes rencontrées lors de notre travail, enfin nous présenterons le prototype réalisé de nos lunettes connectées ainsi que les services offerts en deux modes de fonctionnement, un mode quotidien et un mode domotique.

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, un bref historique sur les lunettes intelligentes est présenté. Nous allons ensuite parler sur le mode de fonctionnement de ces dernières et enfin nous allons donner une vue générale sur notre projet de fon d'étude.

I.2 Les lunettes connectées

I.2.1 Présentation et historique

Les lunettes connectées ou « système d'imagerie personnelle » représentent un ordinateur portable optimisant par des informations complémentaires tout ce que voit le porteur. Lesdites informations sont recueillies par le biais de capteurs externes et internes intégrés aux montures, ou contrôlées et récupérées à partir d'autres dispositifs comme un ordinateur [1]. Ce dispositif peut soutenir les technologies sans fil comme le Bluetooth, le Wi-Fi et le GPS [1].

Le premier dispositif de visualisation porté sur la tête est conçu à Harvard, par le pionnier de l'informatique graphique, Ivan Sutherland est en **1968**. En **1992**, Steven Feiner réalise l'expérience Karma à l'université Columbia : l'idée consistait à réparer une imprimante en visualisant les pièces à manipuler, correctement placées dans le champ de vision. En **1996**, le chercheur se promène sur le campus avec un drôle de casque sur la tête et un sac à dos contenant ordinateur, batteries et GPS : devant ses yeux apparaissent des informations concernant les bâtiments qu'il voit Steven Feiner vient d'inventer les "lunettes" à réalité augmentée [4].

I.2.2 Principe de fonctionnement

Toute la technologie est embarquée dans l'une des branches des lunettes, bourrée de circuits électroniques et de capteurs en tout genre (micro, écouteur, caméra, compas, gyroscope...) [4]. Et dans un curieux petit cube transparent situé juste au-dessus de l'œil droit. Son rôle est de donner à voir une image, projetée par un minuscule écran situé dans la branche [4]. L'image est une version simplifiée de tout ce qu'un smartphone propose ordinairement sur son écran. Du coin de l'œil, l'utilisateur a ainsi accès en permanence à des textes courts, des schémas, des photos, des vidéos, etc...tout en continuant de voir ce qui se passe devant lui. Ici, l'affichage est piloté par commande vocale ou par glissé/tapé d'un doigt sur la branche des lunettes [4]. Dès lors, l'utilisateur peut demander aux lunettes de prendre des photos ou de filmer ce qu'il voit devant lui. Ou encore le questionner sur son chemin pour rejoindre une adresse et voir les indications GPS s'afficher à la

périphérie du champ de vision [4]. Il y a une multitude de services offerts par ces lunettes connectées avec un usage facile et rapide à main libre.

I.2.3 Lunettes connectées disponible sur le marché

Les lunettes connectées sont au cœur de toutes les recherches effectuées par les grands noms de la nouvelle technologie. Les géants du secteur numérique et informatique, comme les grandes enseignes œuvrant dans le domaine de la téléphonie investissent dans le projet de conception et de développement de ces gadgets révolutionnaires. Un constructeur automobile de renommée mondiale a même officialisé son projet de créer ses propres lunettes connectées. Si quelques modèles de lunettes connectées sont déjà disponibles à la vente pour le grand public, d'autres dispositifs sont encore en phase de conception et de développement [5].

Les Google Glass, les Focals et Prudensee sont les principaux modèles de lunettes connectées déjà accessibles sur le marché :

a) Google Glass

Les Google Glass sont les premières paires de lunettes connectées présentées au grand public [5] [6]. Le projet de conception de lunettes connectées (Project Glass) initié au sein de Google X Lab a été entamé en 2001. Le dispositif a été finalisé et soumis à des tests en 2012. Les présentations des prototypes se sont enchaînées en 2013. Au mois de juillet de la même année, les Google Glass sont utilisés en conditions réelles par des chirurgiens lors d'une opération [5]. La version finale des Google Glass permet à l'utilisateur d'accéder à toutes les fonctionnalités Google. En juillet 2017, le projet Google Glass Enterprise Edition a abouti à son terme. Les lunettes connectées Google sont lancées. Les dispositifs sont désormais dédiés uniquement aux professionnels [5], [6], [7].



Figure I.1 : Lunettes de Google Glass [5]

b) Prudensee

Prudensee se classe dans la catégorie des lunettes connectées utiles et pratiques. Ces dispositifs ont, donc, été bien reçus par le public et récompensés par les professionnels [5], [6], [7].



Figure I.2 : Lunettes de Prudensee [5]

Prudensee est une paire de lunettes connectées conçu par le start up française Ellicie Healthy, face au constat selon lequel l'endormissement pendant la conduite est à l'origine d'un quart des accidents mortels. Le projet a, donc, été lancé en 2016, en partenariat avec Optic 2000, pour prévenir et éviter la somnolence au volant. Les lunettes Prudensee se présentent comme une paire de lunettes de vue classique, équipée de verres correcteurs personnalisables [5]. La différence réside dans les équipements. Prudensee est doté d'une quinzaine de capteurs insérés dans la monture. Ces capteurs détectent et analysent différentes données relatives aux comportements de l'utilisateur et notamment liées à l'endormissement. Les détecteurs enregistrent notamment la fréquence de clignement des yeux et des bâillements, les microchutes de la tête. Prudensee est également muni d'un buzzer qui s'enclenche et émet un signal sonore dès que les capteurs identifient un ou plusieurs signes de fatigue ou de somnolence. Ces lunettes connectées envoient également une notification sur le smartphone de l'utilisateur et peut aussi prévenir les passagers [5]. Le dispositif Prudensee est commercialisé officiellement depuis le 22 mars 2019, uniquement chez Optic 2000 [5].

c) Focals de North

Les lunettes Focals, conçus et développés par le start up canadienne North, ont conquis les adeptes de produits issus des nouvelles technologies [5], [6], [7].



Figure I.3 : Lunettes de Focals de North [5]

Les lunettes Focals sont officiellement mises en vente dans les 2 boutiques de North, à Toronto et à Brooklyn, depuis la fin de l'année 2018. La paire de lunettes connectées Focals a conquis le grand public grâce à son design et ses fonctionnalités. Le plus grand avantage des Focals réside dans son esthétique. Il s'agit d'une paire de lunettes classique et tendance, décliné en plusieurs formes et coloris pour plaire à tous les utilisateurs [5]. Les Focals sont issus de 650 brevets dont 230 brevets achetés à Intel pour le projet The Vaunt [5]. Ces lunettes connectées sont reliées au smartphone grâce à la connectivité Bluetooth. Elles affichent les informations reçues et enregistrées sur le téléphone comme les données météo, les messages reçus, les données GPS. Les Focals intègrent aussi l'assistant vocal Alexa d'Amazon et peut, de ce fait, accéder à toutes les fonctionnalités associées à cet outil. Les lunettes connectées de North fonctionnent avec une bague de contrôle (The Loop). Cet équipement est indispensable pour naviguer discrètement et aisément à travers le menu des lunettes innovantes. Les lunettes Focals sont également appréciées du fait que chacun des utilisateurs a la possibilité de disposer de verres correcteurs adaptés aux prescriptions. Des verres solaires à clips sont livrés avec le dispositif [5].

d) Les lunettes connectées qui sortiront bientôt : Huawei : Gentle Monster Eyewear

Huawei a officiellement présenté ses lunettes connectées qui seront commercialisées au cours de l'année 2019 [5], [6], [7] :



Figure I.4 : Lunettes de Huawei [5]

Huawei a officiellement présenté ses lunettes connectées, baptisées Gentle Monster Eyewear, le 26 mars 2019, pendant le lancement officiel de ses nouveaux modèles de smartphones [5] : le P30 et le P30 Pro. Le dispositif est issu d'une collaboration de l'entreprise chinoise de téléphonie et de composants électronique avec le fabricant coréen de lunettes de vue et de lunettes de soleil : Gentle Monster. Les lunettes connectées de Huawei intègrent des fonctionnalités basiques. Ces dispositifs ont notamment été conçus pour remplacer les écouteurs et les oreillettes et permettent, donc, aux utilisateurs d'écouter de la musique et de passer et recevoir des appels vocaux. Les Gentle Monster Eyewear sont dotés de la connectivité Bluetooth permettant la liaison avec le smartphone. Des haut-parleurs sont intégrés dans les branches. Les lunettes connectées Huawei présentent des montures de lunettes classiques. La commercialisation officielle des Gentle Monster Eyewear est prévue pour juillet 2019. Le dispositif sera disponible en 2 versions : avec des verres optiques et avec des verres solaires. Pour l'instant, le grand public ne semble pas manifester son intérêt pour cette paire de lunettes connectées, dont les fonctionnalités sont jugées inutiles [5].

e) Les lunettes connectées qui sont en phase de développement

➤ Tesla

Le constructeur automobile Tesla, les grands noms de la téléphonie et de l'électronique : Apple et Samsung projettent de proposer leurs propres lunettes connectées. Les dispositifs AR de Tesla se présentent sous la forme d'une paire de lunettes de sécurité classique intégrant des fonctionnalités innovantes. Une caméra insérée dans la monture détecte et identifie chaque pièce saisie par l'ouvrier. Un projecteur diffuse des informations relatives à l'emplacement et au maniement de la pièce sur un verre afin de guider l'ouvrier dans chacune des opérations qu'il doit réaliser. Les lunettes connectées AR de Tesla seront uniquement destinées aux employés

travaillant au niveau des chaînes de montage et dans le département contrôle qualité de Tesla [5], [7].

➤ **Apple**



Figure I.5 : Lunettes d'Apple [5]

Tim Cook « le PDG d'Apple » a affirmé publiquement, lors d'un entretien qu'il a eu avec un journal américain, l'intérêt que son groupe porte pour la technologie de réalité augmentée. Cela pourrait confirmer les rumeurs qui circulent sur le web depuis le dépôt d'un brevet Apple en 2008. Ce brevet concernait un dispositif se présentant sous la forme d'une monture de lunettes connectées avec un support pour insérer un iPhone. Le document a attisé les rumeurs de la prochaine sortie des lunettes connectées Apple [5]. Un autre brevet Apple a été dévoilé et partagé massivement sur le web, en juillet 2017. Ce document présente clairement les schémas d'un dispositif qui reprend parfaitement les lignes d'une paire de lunettes et détaillant les fonctionnalités. Il s'agit d'une paire de lunettes connectées intégrant la technologie AR. Les actualités concernant le projet de développement des lunettes connectées Apple semblent confirmer les prédictions des analystes et des spécialistes du secteur des NTIC, à l'instar du journaliste Mark Gurman et de l'analyste Ming Chi Kuo. Ce dernier a d'ailleurs misé sur le deuxième trimestre de l'année 2020 pour la date de sortie des fameuses lunettes connectées Apple [5], [7].

➤ Samsung



Figure I.6 : Lunettes de Samsung [5]

Le géant sud-coréen de la téléphonie et de l'électronique : Samsung travail aussi sur un projet de conception et de développement d'une paire de lunettes connectées. L'annonce officielle de l'entreprise sur ce sujet est toujours attendue, à ce jour [5], [7].

I.3 L'évolution phare de la décennie ?

Pour Mark Zuckerberg, il ne fait d'ailleurs aucun doute que l'avenir se trouve du côté des lunettes connectées [2]. Le PDG de Facebook a récemment publié ses vœux sur sa page personnelle et partagé sa vision de la société à l'horizon 2030. Il estime que les lunettes connectées vont être la prochaine révolution technologique, et profiter de l'essor pour la réalité augmentée et la réalité virtuelle pour remplacer les smartphones [2]. "La plate-forme technologique des années 2010 était le téléphone mobile. La plateforme des années 2000 était le web, et les années 1990 étaient celles de l'ordinateur de bureau. Chaque plateforme informatique devient plus accessible et plus naturelle pour nous. Je m'attends à ce que les téléphones restent nos principaux appareils pendant la majeure partie de cette décennie, mais à un moment donné dans les années 2020, nous aurons des lunettes de réalité augmentée révolutionnaires qui redéfiniront notre relation avec la technologie", assure Mark Zuckerberg [2]. Il ajoute : "Même si certains des premiers appareils semblent maladroits, je pense que ce seront les plateformes technologiques « la réalité augmentée et virtuelle » les plus humaines et les plus sociales que l'on ait jamais construites". Après des débuts compliqués, les lunettes connectées se veulent armées pour répondre aux attentes du public et à révolutionner nos usages. Avec le soutien des plus grands acteurs des nouvelles technologies, peut-être parviendront-elles à s'extraire de l'univers de la science-fiction [2].

I.5 Conclusion

Les recherches dans le domaine des lunettes connectées, nous a permis de tirer quelques lignes essentielles dans notre projet de fin d'étude. Les lunettes connectées se présentent sous l'apparence de lunettes de vue usuelles. Elles intègrent des composants électroniques et/ou informatiques sur l'un de ses branches, qui vont leur permettre d'apporter des services autres que celles de corriger la vue. Elles sont ou non, équipées d'un système d'affichage propre sur lequel des informations utiles à l'utilisateur se matérialisent. Le problème qui se pose, c'est le confort surtout pour les personnes n'ayant pas des problèmes de vue alors qu'ils doivent les porter pour des fonctionnalités différentes. Elles peuvent cependant en dériver esthétiquement, sans pour autant en augmenter l'encombrement. Elles doivent effectivement pouvoir être portées sur une période longue, avec confort, en intérieur comme à l'extérieur. Enfin, elle présente un lien direct avec Internet, puisque leur connexion Wifi et/ou Bluetooth, les y connectent en totale autonomie ou via un smartphone.

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons concevoir et réaliser des lunettes intelligentes pour divers applications de télécommunications. Nous allons tout d'abord présenter les outils utilisés pour réaliser ce projet, puis nous allons parler sur le fonctionnement des lunettes ainsi que les contraintes rencontrées lors de la conception. Enfin, nous allons présenter le prototype réalisé des lunettes connectés.

II.2 Présentation de notre projet

Dans notre projet de fin d'étude, nous allons réaliser des lunettes connectées à usage quotidien et à usage domotique. Plusieurs recherches ont été effectuées dans ce vaste domaine, des questions ont été posé afin de comprendre le principe de fonctionnement de ces lunettes. Lunettes connectées, lunettes de réalité augmentée, de réalité mixte, ou encore casque de réalité virtuelle (...), les appellations foisonnent autant que les technologies et les applications se diversifient. Nous devons alors faire la part des choses toutes en mettant en face cette questions : Les lunettes connectées sont-elles des lunettes de réalité augmenté ? Notons également que lesdites « lunettes de réalité augmentées », tout comme les lunettes connectées, utilisent des composants électroniques et technologiques, ainsi qu'une connexion à internet (wifi, Bluetooth ou filaire). Donc jusque-là, rien ne s'oppose à ce que l'on associe les termes. En 2018, le recours à la véritable réalité augmentée (pas uniquement des informations affichées sous forme de caractères), nécessite des composants électroniques relativement volumineux, qui restent difficilement compatibles avec un format de lunettes. Il y a fort à parier que leur miniaturisation permettra très rapidement d'associer réalité augmentée et lunettes connectées [8].

Nous avons trouvé beaucoup d'opposition entre termes et fonctionnalités, cela nous a pris un temps vraiment long surtout face à cette pandémie mondiale du « coronas virus ». Une description détaillée des contraintes trouvées sera donnée en chapitre 2. Malgré cela, nous avons confronté un défi portant sur la réalisation de ces lunettes avec quelques services de télécommunications. Ce projet restera ouvert pour tous les étudiants voulant continuer dans ce travail.

II.3 Présentation des outils

Pour réaliser ce projet, nous avons intégrés des composants électroniques décrits ci-dessous, en plus de l'Arduino. La programmation est faite via le programme **Arduino IDE** « Integrated Development Environment », qui utilise le langage c et c++.

II.3.1 Arduino Nano

L'Arduino Nano est une petite carte complète et compatible avec la maquette basée sur le Contrôleur « l'ATmega328p » et quelques anciennes versions basées sur « ATmega168 » [9]. Il a plus ou moins les mêmes fonctionnalités que l'Arduino Uno, mais dans un package différent. Il ne lui manque qu'une prise d'alimentation DC « Courant Continu » et fonctionne avec un câble USB Mini-B au lieu d'un câble standard [9].

II.3.2.1 Caractéristiques de l'arduino nano :

Les caractéristiques de ce module sont [10] :

- Microprocesseur: ATmega328
- Mémoire flash: 32 ko
- Mémoire SRAM : 2 ko environ 2048 bytes « 1octet=1byte »
- Mémoire EEPROM : 1 ko environ 1024 bytes « 1octet=1byte »
- 20 broches d'entrées sorties dont 6 broches PWM dont 6 broches entrées analogiques 10 bits
- 2 broches uniquement entrée analogique 10 bits supplémentaires
- Courant par entrées-sorties: 40 mA
- Fréquence d'horloge: 16 MHz
- Bus série, I2C et SPI
- Gestion des interruptions
- Prise USB: mini-USB B
- Boîtier DIL30
- Dimensions: 45 x 18 x 18 mm
- Poids: 5g
 - Alimentation possible pour la Arduino Nano :
 - - Port USB
 - - 5V régulé sur broche indiquée 5V
 - - 6 à 20 V max, recommandé 7 à 12V, sur la broche Vin

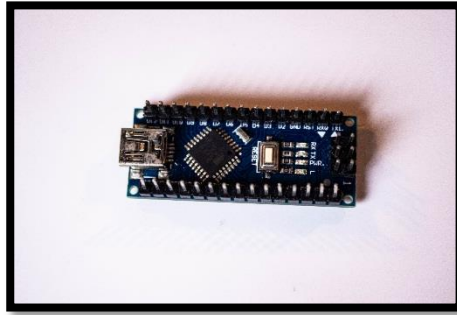


Figure II.1 : Arduino Nano

II.3.2 Arduino Uno

- L'Arduino Uno est une carte microcontrôleur open-source basée sur le microcontrôleur Microchip ATmega328P [11].
- La carte est équipée d'ensembles de broches d'entrée / sortie (E / S) numériques et analogiques qui peuvent être interfacées avec diverses cartes d'extension (blindages) et autres circuits [11].
- La carte a 14 broches d'E / S numériques (six capables de sortie PWM), 6 broches d'E / S analogiques, et est programmable avec l'IDE Arduino (environnement de développement intégré), via un câble USB de type B [11].
- Il peut être alimenté par le câble USB ou par une batterie externe 9 volts, bien qu'il accepte des tensions entre 7 et 20 volts. Il est similaire à l'Arduino Nano et au Leonardo [11].

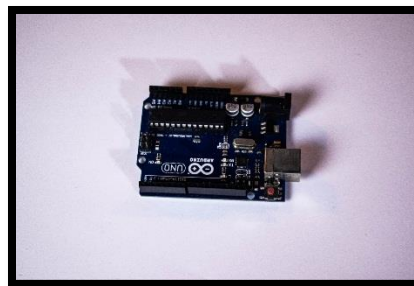


Figure II.2 : Arduino Uno

II.3.3 L'ATmega328P

- ATmega328P est un contrôleur haute performance et faible puissance de Microchip [12].
- Il est un microcontrôleur 8 bits basé sur l'architecture AVR RISC. C'est le plus populaire de tous les contrôleurs AVR car il est utilisé dans les cartes ARDUINO [12].
- L'ATmega328p sur la carte est préprogrammé avec un chargeur de démarrage qui permet de télécharger un nouveau code dessus sans utiliser de programmeur matériel externe [12].

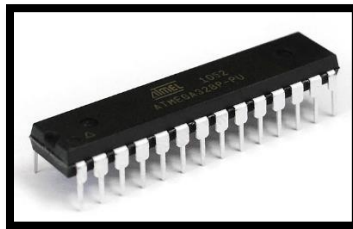


Figure II.3: L'ATmega328P [13]

II.3.4 Module Bluetooth HC-05

Le module Bluetooth HC-05 est un module SPP (Serial Port Protocol) facile à utiliser, il est conçu pour une configuration de connexion série sans fil transparente. Sa communication se fait via série communication qui facilite l'interface avec le contrôleur ou le PC. HC-05 Bluetooth fournit un mode de commutation entre le mode maître et esclave, ce qui signifie qu'il ne peut ni recevoir ni transmettre de données [14].

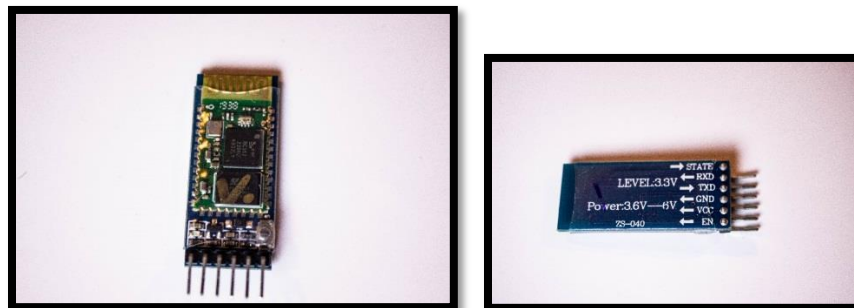


Figure II.4: Module Bluetooth HC-05

II.3.4.1 Caractéristiques

Les caractéristiques du module Bluetooth HC-05 sont [14] :

- Modèle: HC-05.
- Tension d'entrée: DC 5V.
- Courant de fonctionnement: 30mA.
- Portée: ≤10m.
- Méthode de communication: communication série
- Utilise le spectre étalé à sauts de fréquence (FHSS)
- Suit le protocole normalisé IEEE 802.15.1
- Les modes maître et esclave peuvent être commutés
- Peut être facilement interfacé avec un ordinateur portable ou un téléphone portable avec Bluetooth .
- Vitesse de transmission prise en charge :
 «9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800» bits/s

II.3.4.2 Fonctionnement

La première étape nécessite la programmation de Bluetooth via les Commandes AT dans le moniteur serie ou bien directement dans le programme principale. Parmi les commandes les plus importantess sont :

| SLAVE CONFIGURATION | MASTER CONFIGURATION |
|---|---|
| AT → OK | AT → OK |
| AT+ UART → +UART :BAUDRATE « // :le baud rate signifie la vitesse de Transmission. » | AT+ UART → +UART :BAUDRATE |
| AT+ ROLE=0 → +ROLE :0 « // : set to slave » | AT+ ROLE=1 → +ROLE :1 « // : set to master » |
| AT+ ADDR? → +ADDR:98d3:31:3069b0 « // :Un exemple réel de l'adresse fixe de slave » | AT+ CMODE=0 → OK « // : set to fix address » |

- Afin de connecter les deux bluetooth ensemble, la règle «master and slave » doit être appliquée, sinon un esclave et un esclave seront connectés automatiquement.
- Pour que la connexion soit réussite, l'adresse de l'esclave « Slave » doit être placée dans la programmation de « Master » de cette manière et en utilisant cette commande.

AT+ BIND=98d3,31,3069b0 → OK

//:set a connexion to the slave .

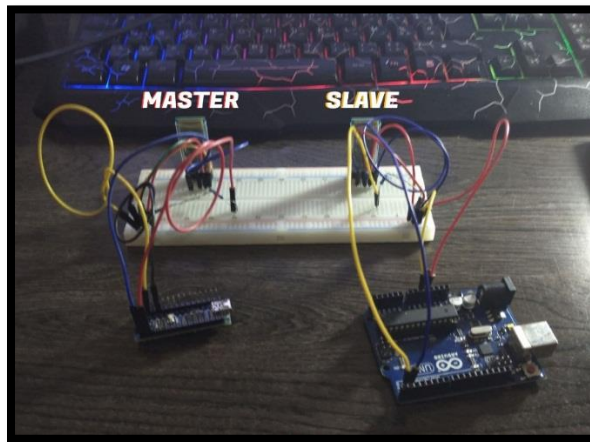


Figure II.5 : Fonctionnement module Buletooth : Master-Slave

- Il est possible aussi de sécuriser la communication dans le réseau avec un mot de passe avec la commande : **AT+PSWD= « »**.

II.3.5 Ecran Oled Screen 0.95 inch “96*64” v2.0

L'écran OLED couleur 96x64 est parfait pour afficher des graphiques du texte et des images dans des couleurs vives et magnifiques. C'est un excellent accessoire pour les projets STEM ou STEAM basés sur Hélice ou Arduino [15]. La partie d'affichage du module OLED mesure 0,95 "de diagonale et contient 96 x 64 pixels RVB. Chaque pixel peut être défini avec une résolution de 16 bits pour une large gamme de couleurs. La technologie OLED ne nécessite pas de rétroéclairage, ce qui se traduit par un écran à contraste élevé [15]. Le microcontrôleur peut communiquer avec la puce de pilote SSD1331 intégrée de l'écran à l'aide d'une interface SPI à 5 fils en écriture seule. Un convertisseur élévateur intégré alimente correctement l'écran, qui peut être utilisé avec une logique 3,3 ou 5 V les niveaux [15].

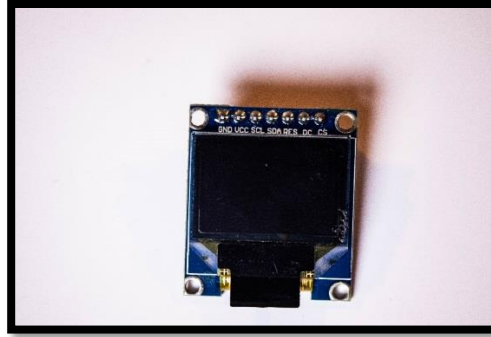


Figure II.6 : Ecran Oled screen 0.95 inch

II.3.6 Module de relais 5V DC Power Relays

Le module de relais 5V peut être contrôlé directement par une large gamme de microcontrôleurs tels que Arduino, AVR, PIC, ARM, etc. Il utilise un signal de commande déclenché de bas niveau (3,3-5 VDC) pour contrôler le relais. Le déclenchement du relais actionne les contacts normalement ouverts ou normalement fermés. Il est fréquemment utilisé dans un circuit de commande automatique. Pour le dire simplement, il s'agit d'un commutateur automatique pour contrôler un circuit à courant élevé avec un signal à faible courant. La plage de tension d'entrée du signal de relais 5V, 0-5V et l'alimentation du système VCC. Il y a un relais JD-VCC dans l'alimentation.

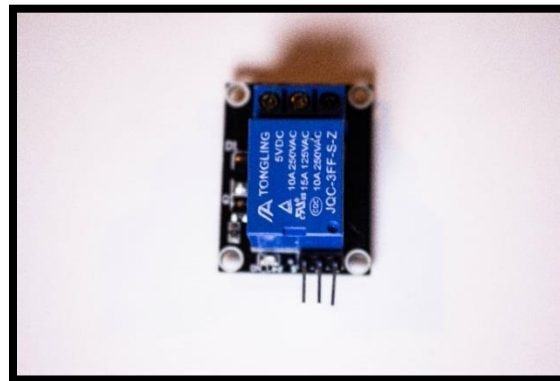


Figure II.7 : Module de relais 5V DC

II.3.6.1 Caractéristiques

Les caractéristiques de ce module sont [16] :

- Bon pour un contrôle sûr des circuits à ampérage plus élevé. Dans les systèmes d'alimentation, le courant le plus bas peut contrôler le courant le plus élevé.

- Large gamme de tensions contrôlables.
- Être capable de contrôler le courant de charge élevé, qui peut atteindre 250V, 10A ou 125V, 15A.

II.3.7 Batterie 300 mA

Il s'agit d'une batterie en matériau lithium et d'un courant estimé à 300 mA [17]. Cette batterie est rechargeable et ceci est très important afin d'alimenter des pièces électroniques sans les relier à l'ordinateur.

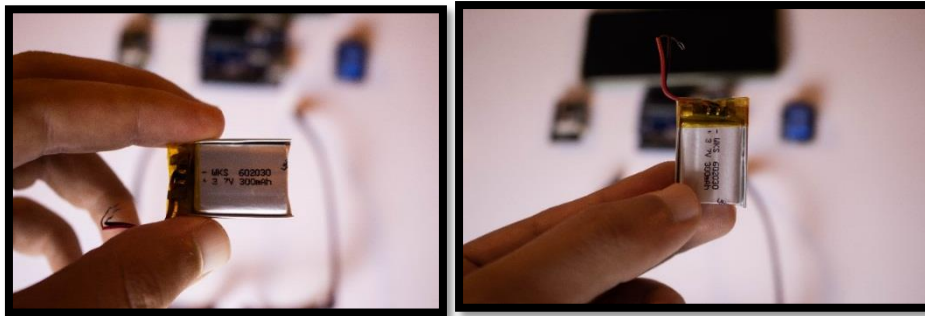


Figure II.8 : Batterie 300 mA

II.4 Principe de fonctionnement

Notre objectif ultime est de fabriquer des lunettes utilisées dans plusieurs domaines et capables de communiquer avec tous les réseaux qui ont la capacité de répondre automatiquement comme (google personnelle assistance, Alexa, Série, Cortana etc.). En résumé, ces lunettes devraient être capables de faciliter toutes les modalités de la vie pour l'utilisateur. Nous présenterons dans la figure II.9 le schéma de fonctionnement des lunettes connectées et nous expliquerons par des images les services offerts :



Figure II.9 : Fonctionnements des lunettes connectés

II.4.1 Détection faciale

A l'aide de la détection faciale, toutes les informations d'un individu quiconque s'affichera sur les lunettes connectées tel que le montre la figure II.10 :



Figure II.10 : détection multi visage [18]



Figure II.11 : détection faciale

II.4.2 Commande Vocale

A l'aide d'un assistant vocal, nous pouvons appeler un contact ou lui envoyer un message vocal en connectant les lunettes avec le téléphone mobile. Aussi nous pouvons commander les appareils électroniques connectés de la maison (figure II.12) :



Figure II.12 : Usage de l'application Voice Comand

II.4.3 Affichage (Date, heure, température, maps...)

Les lunettes captent des signaux d'internet pour afficher l'heure, la date et la température comme le montre la figure II.13 :

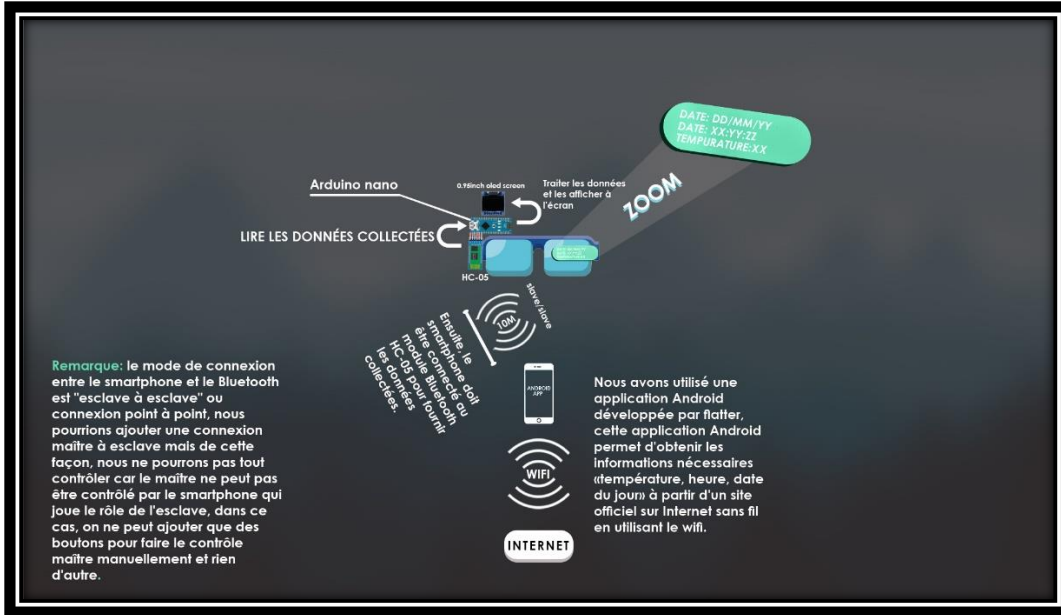


Figure II.13 : Affichage des applications sur les lunettes « usage quotidien »



Figure II.14 : Affichage des applications sur les lunettes

II.5 Contraintes rencontrées

Le projet des lunettes connectées nécessite un équipement très lourd, un esprit de programmation de haut niveau et des recherches dans plusieurs domaines afin de le réussir. Nous tenons à signaler que vue la pandémie mondiale du Corona Virus, nous avons souhaités de réaliser plus de services tel que le montre la figure 9, mais le manque des composants électroniques en Algérie et aussi l'absence de l'achat en ligne à partir des sites internationaux nous a empêcher de terminer notre travail. Nous avons utilisé des composants électroniques selon nos capacités matérielles en tant qu'étudiants. Par exemple si on parle de l'Arduino, il n'est pas considéré comme l'option idéale dans de tels projets, mais nous l'avons plutôt choisi car son coût est moins cher. Il ne s'agit que d'une plateforme expérimentale et ne peut être invoquée dans tous les cas en raison de la faiblesse du microcontrôleur à l'intérieur et de son intolérance à de nombreuses applications. De grandes entreprises internationales ont un équipement énorme et n'ont pas encore atteint leurs objectifs ultimes, nous avons déjà parlé des services offerts par chacune dans le chapitre 1.

Malgré ce défi, nous avons essayé autant que possible d'incarner un pourcentage important de ce projet avec toutes ces pressions et ce manque de capacités.

II.6 Conception, Réalisation et résultats

Nous présenterons dans la figure II.14 les applications atteintes dans notre projet de fin d'étude des lunettes connectée :

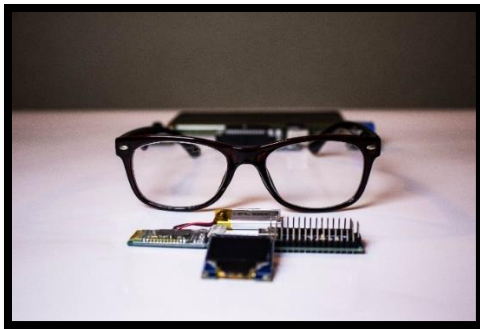


Figure II.15 : Applications de lunettes connectées

II.6.1 Usage quotidien

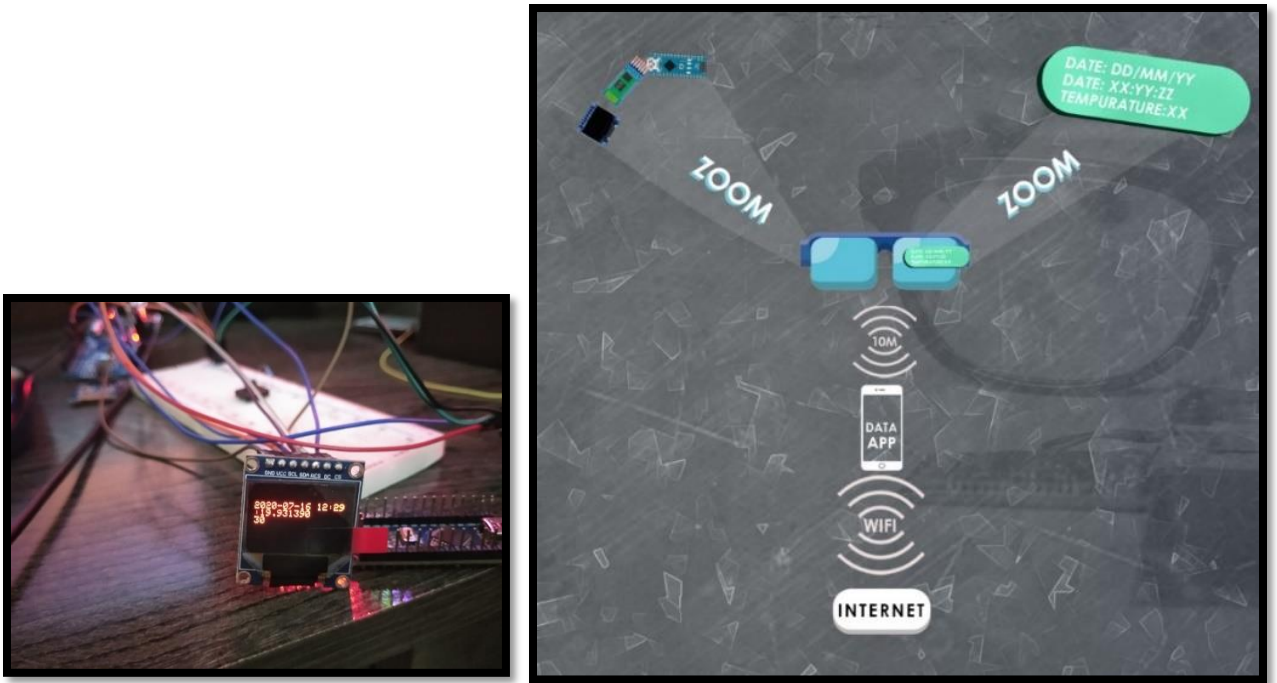


Figure II.16 : Applications de lunettes connectées

- Nous avons pu accéder au contrôle des lunettes et afficher la température, l'heure et la date à l'aide d'une application sur Android (Figure II.16) et (Figure II.17). Nous avons exploité l'application qui réduit les pièces électroniques afin de préserver la taille et le design des lunettes.
- L'application est basée sur la récupération des informations sur l'un des sites automatiquement et de manière synchrone avec le temps réel, puis elle envoie les informations avec le Bluetooth sur les lunettes, qui doit être connecté à l'application, puis après cela, l'Arduino traite les données et les affiche sur l'écran. (Figure II.18).
- Le mode de connexion entre le smartphone et le Bluetooth est "esclave à esclave" ou connexion point à point simplement. Dans ce cas, nous n'avons pas besoin de réinitialiser les paramètres du Bluetooth car le smartphone est considéré comme un esclave, et tout module Bluetooth est programmé comme un esclave « paramètres par défaut ». Si l'un des modules Bluetooth est programmé comme maître, il doit être réinitialisé comme esclave, il est toujours possible de remettre les paramètres et d'ajouter cette commande « AT+ROLE=0 » « // : set to slave » .

- Si nous parlons de la façon de recevoir des informations via le module Bluetooth, il est recommandé d'utiliser l'IDE Arduino ou tout programme qui nous donne accès au programme Arduino pour mettre le Bluetooth en mode réception uniquement en déclarant la variable comme une chaîne de caractères et non comme un seul caractère.
« `String Incoming_value;` » // : déclaration de la valeur entrante .
- Nous avons utilisé la fonction `Serial.readString();` qui permet au Bluetooth de lire les données reçues en phrases.
- Nous pourrions ajouter une connexion maître à esclave mais de cette façon, nous ne pourrions pas tout contrôler car le maître ne peut pas être contrôlé par le smartphone qui joue le rôle de l'esclave, dans ce cas, on ne peut ajouter que des boutons pour faire le contrôle maître manuellement et rien d'autre.

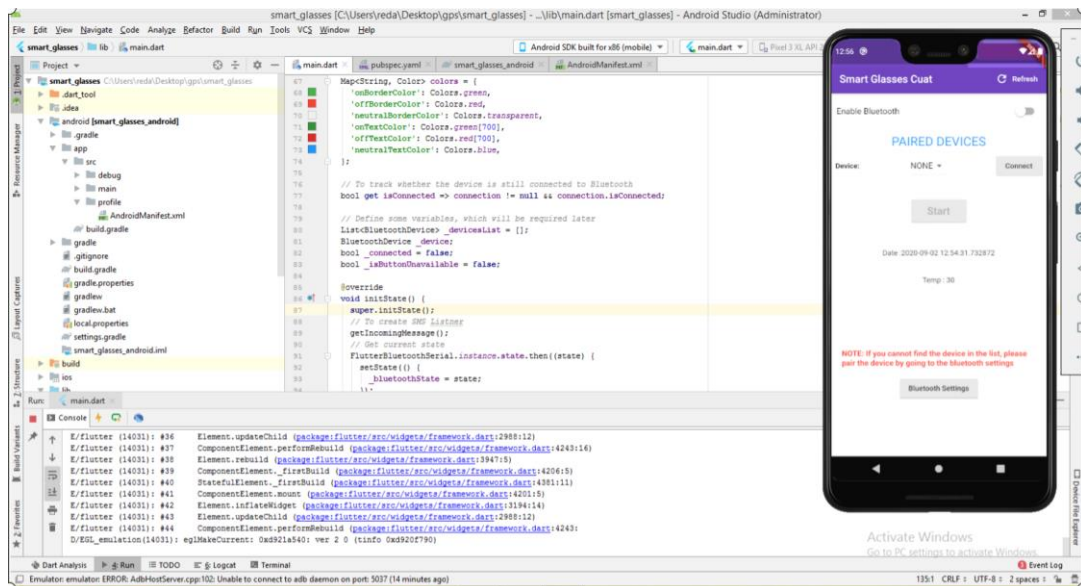


Figure II.17 : Affichage de la date, heure et température sur le simulateur

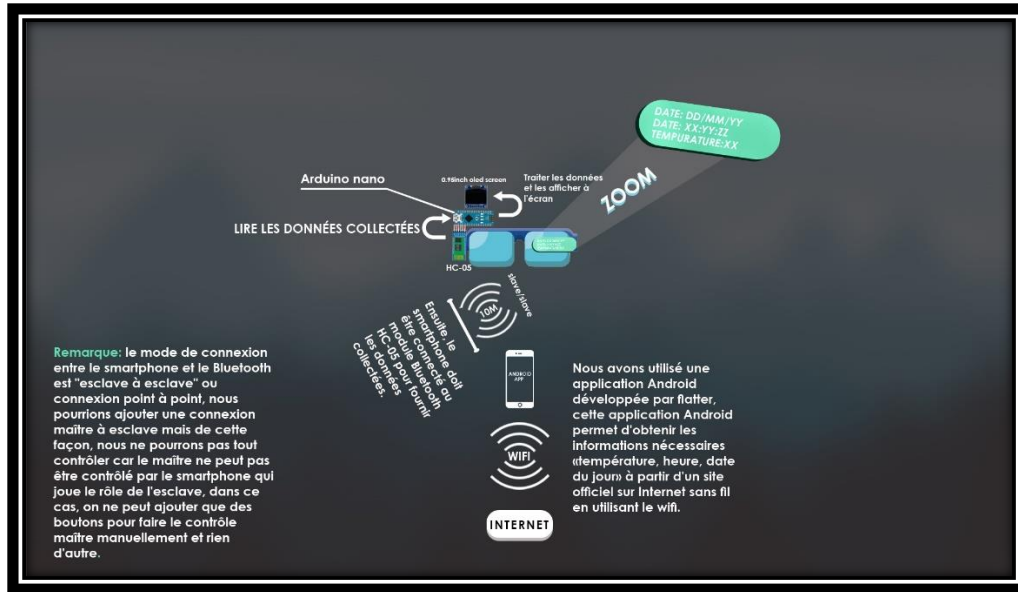


Figure II.18 : Affichage de la date, heure et température sur les lunettes « Usage quotidien »

- Nous avons aussi essayé l'application d'envoi des SMS mais malheureusement cette dernière est fonctionnelle avec le simulateur mais n'a pas marché sur notre OLED screen (Figure II.19) :

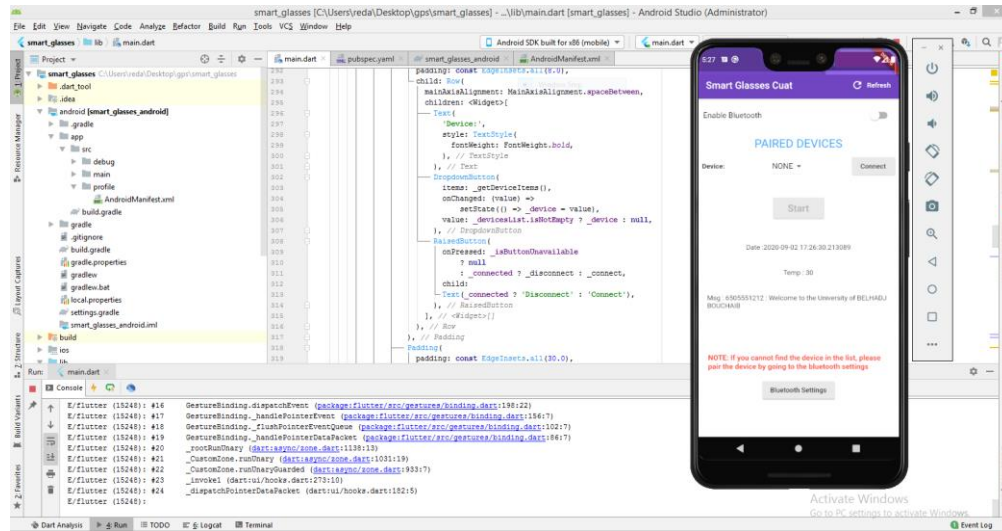


Figure II.19 : Affichage des SMS sur le simulateur

II.6.2 Usage domotique

Cette application nécessite un appareil assistant externe pour les lunettes afin de contrôler les objets ménagers en général, et cet appareil assistant contient les équipements suivants :

« **Arduino Uno, Bluetooth, fils, des relais 5v** ». Tout cela afin de contrôler l'électro-ménagers et de les connecter simultanément avec les lunettes (Figure II.20). Le contrôle se fait à l'aide d'un assistant vocal et aux mots-clés. Nous avons travaillé avec une application qui fait appel à l'assistant vocal de Google. Cela nous a pris beaucoup de temps de recherche comme il est à l'origine d'un autre projet qui demande l'utilisation d'une programmation complètement différente de l'Arduino.



Figure II.20 : Lunettes connectées- Usage domotique

II.6. 3 Prototype des lunettes Connectées



Figure II.21 : Prototype des lunettes Connectées réalisé

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé des lunettes connectées à usage quotidien en premier point (affichage : date, heure, température...). Nous avons aussi essayé l'application d'envoi des SMS, mais malheureusement, cette dernière marche bien avec le simulateur mais ne s'affiche pas sur l'écran des lunettes et nécessite une programmation dure. En deuxième point, ces lunettes connectées servent aussi dans le contrôle des objets ménagers de la maison en utilisant l'assistant vocale de google. En fin, l'opération de conception des lunettes nous a pris beaucoup de temps et de réflexion, vue que nous devons réfléchir en esthétique, encombrement, cout..., cela n'était pas du tout facile avec la fermeture des magasin spécialisés.

Conclusion Générale

Les lunettes connectées peinent à convaincre le grand public. Malgré de nombreuses annonces ces dernières années (Google Glass, Snapchat Spectacles...), aucun modèle n'est encore parvenu à s'imposer, en raison du manque d'applications et d'un prix encore trop élevé. Au CES 2020, elles ont pourtant amorcé leur grand retour et confirmé que le secteur intéresse toujours autant les fabricants.

Mark Zuckerberg a dit qu'il ne fait d'ailleurs aucun doute que l'avenir se trouve du côté des lunettes connectées [2]. Il ajoute : *“Même si certains des premiers appareils semblent maladroits, je pense que ce seront les plateformes technologiques (la réalité augmentée et virtuelle) les plus humaines et les plus sociales que l'on ait jamais construites”*. Après des débuts compliqués, les lunettes connectées se veulent armées pour répondre aux attentes du public et à révolutionner nos usages. Avec le soutien des plus grands acteurs des nouvelles technologies, peut-être parviendront-elles à s'extraire de l'univers de la science-fiction [2].

Notre projet de fin d'étude n'est qu'un début préliminaire à notre idée de base et la possibilité de développer ces lunettes connectées est ouverte, par exemple en ajoutant :

- Une petite caméra capable de suivre les objets et les distances comme un mini radar.
- Un thermomètre et un compteur de fréquence cardiaque qui donne des résultats directement sur les lunettes.
- Un petit microphone pour la réponse et le contrôle direct sans avoir besoin d'utiliser le téléphone.
- Un GPS et installez l'application de carte afin de rendre les lunettes plus utilisées et plus utiles à partir du téléphone, ce qui contribue à une interaction rapide selon la théorie, surtout si l'utilisateur est dans la voiture.

De plus, comme perspective de ce travail, nous optons à remplacer la carte de base et le réseau utilisés pour étendre le champ d'utilisation et rendre les lunettes plus pratiques et plus résistantes, mais pour atteindre ces objectifs, des investissements et des recherches approfondies sont nécessaires.

Enfin, nous avons fait un montage d'une vidéo qui sera attachée avec notre mémoire. Cette dernière explique la vision future de lunettes connectées pour une bonne compréhension et une bonne continuation dans ce domaine de recherche.

REFERENCES

[1] **Vincent Havard**, « Développement de méthodes et outils basés sur la réalité augmentée et virtuelle pour l'assistance ou l'apprentissage d'opérations dans un contexte industriel », Ingénierie assistée par ordinateur, Normandie Université, 2018.

[2] **Thomas Estimbre**, « La décennie 2020 sera-t-elle celle des lunettes connectées ? », Labo Fnac, Consulté le 5-06-2020, <https://labo.fnac.com/guide/decennie-2020-retour-lunettes-connectees/>

[3] « Lunettes connectées : actualités, définitions, caractéristiques et prix », Objetconnect, Consulté le 15/08/2020, <https://www.objetconnecte.net/vetement-connecte/lunettes-connectees/>

[4] **Léo Agret**, « la révolution des lunettes connectées », Magazine Science et vie, consulté le 05/07/2020, <https://www.science-et-vie.com/archives/la-revolution-des-lunettes-connectees-25709>

[5] « Lunettes connectées », Lunette-connectée , consulté le 11/07/2020, <https://www.lunetteconnectee.fr/>

[6] **Jérôme Lefilliâtre** (21.02.2013), « Des lunettes connectées, le nouveau projet fou de Google », Challenge, consulté le 04/08/2020, https://www.challenges.fr/high-tech/des-lunettes-connectees-le-nouveau-projet-fou-de-google_72984

[7] **Pierrick** (11 août 2020), « Quelles sont les meilleures lunettes connectées sur le marché et à venir ? », Meilleurs innovations, Consulté le 01/09/2020, <https://www.meilleure-innovation.com/meilleures-lunettes-connectees/>

[8] **Franck Herve**, « Lunettes connectées: savez-vous vraiment de quoi il s'agit? », Blog du MBA Marketing digital et Commerce sur Internet #MBAMCI, Institut Léonard de Vinci, Consulté le 12/07/2020, <https://mbamci.com/lunettes-connectees-definition/>

[9] «Arduino Nano», Arduino, consulté le 25/08/2020, <https://store.arduino.cc/arduino-nano/>

[10] «Arduino Nano», Arduino, consulté le 25/09/2020, <https://www.robot-maker.com/shop/arduino-officielles/107-arduino-nano-officiel-107.html>

[11] « Arduino Uno,» Consulté le 28 fevrier 2020, <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno>

[12] « ATmega328p » consulté le 04 Avril 2020, <https://components101.com/microcontrollers/atmega328p-pinout-features-datasheet#:~:text=ATMEGA328P%20is%20high%20performance%2C%20low,is%20used%20in%20ARDUINO%20boards.>

[13] « L'ATmega328P», roboticsbd, consulté le 07 Aout 2020, <https://store.roboticsbd.com/arduino-bangladesh/1215-atmega328p-pu-pdip-28-microcontroller-robotics-bangladesh.html>.

[14] « Le Module Buletooth HC-05 », components101, Consulté le 16/08/2020, <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>

[15] « Ecran Oled Screen 0.95 inch “96*64” v2.0» ; digikey catalog, Consulté le 26 Aout 2020 <https://www.digikey.com/catalog/en/partgroup/96-x-64-color-oled-display-module/66491>.

[16] « Module de relais 5V DC », Accès le 27 08 2020, https://www.rhydolabz.com/hardwares-relays-c-170_182/2channel-5v-relay-moduleblack-p-2580.html#:~:text=It%20uses%20a%20low%20level,with%20a%20low%2Dcurrent%20signal/

[17] « Batterie 30 », Aliexpress, Consulté le 27/08/20, https://www.aliexpress.com/item/4000899332951.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.4ba4688aAk_10G&algo_pvid=9ae582eb-0e9f-4a02-a303-c1bbf39148a0&algo_expid=9ae582eb-0e9f-4a02-a303-c1bbf39148a0-5&btsid=0ab50f6115984907693215900e3c08&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603

[18] **Rehan Ahmed** (20 Mars 2019), « détection Multi-Visage », Consulté le 24 aout 2020, <https://medium.com/analytics-vidhya/face-detection-for-dummies-3b5927b8674c>