

Université de Gafsa
Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA
Département Automatique et Systèmes Industriels



Titre

**Conception et réalisation d'un prototype industrie 4.0 à base d'une
carte ESP32**

Présenté et soutenu par :

ONS ALAYA

En vue de l'obtention de

Licence en Technologies de L'Information et de la Communication

Sous la Direction de :

M. Wajdi Saadaoui Encadrant Académique

M. Saber Hadj Abdallah Co-Encadrant Académique

Soutenu le 00/06/2023

Devant le jury composé de :

Président :

Rapporteur :

Membres :

2022/2023

Dédicace

“

*C'est avec profonde gratitude et sincère mots, que je dédie
ce travail de fin d'études ,*

A mes chers parents

*Qui ont sacrifier leur vie pour notre réussite et nous ont
éclairé le chemin par leurs conseils judicieux . J'espère
qu'un jour, je pourrais leur rendre un peu de ce qu'ils ont
fait pour nous, que dieu leur prête bonheur et longue vie,*

Mon très cher père LOTFI

*Tu étais toujours pour moi une source d'inspiration et
un modèle. Grace à toi j'ai appris le sens du travail et
de responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour,
ta générosité, ta confiance en moi et pour tous ce que tu
fais pour nous. Ce modest travail est le fruit de tous les sacrifices
que tu as consentis pour mon éducation. Je t'aime papa,*

Machère mère BESMA

*Aucune dédicace ne suffira pour exprimer mon amour et tous
les sentiments que j'éprouve pour toi tu n'es pas
seulement ma mère mais aussi ma meilleure amie. Tu n'as
jamais cessé de déployer tous tes efforts à afin de subvenir à nos
besoins, nous encourager et nous aider à choisir
le chemin de la réussite. Je t'aime maman,*

Meschèressœurs

*Je vous aime plus que tout le monde, je suis chanceuse
de vous avoir dans ma vie, Nourtu étais toujours pour moi un bon
exemple à suivre et j'étais toujours guider par tes conseils,*

*Rahouma ma petite sœur que dieu te protège.
je vous souhaite un avenir plein de joie et de réussite,*

*Je dédie aussi ce travail à toute ma famille, mes meilleurs amis
, tous mes professeurs qui m'ont enseigné tout le
long de mon parcours universitaire et à tous ceux que j'aime.*

”

-Ons

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Allah le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience nécessaires à mener ce travail à son terme.

Je tiens à remercier, toute l'équipe pédagogique de l'Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologies de Gafsa.

Je profite de l'occasion pour remercier tout d'abord, **Mr Wajdi Saadaoui** mon encadrant pour son encadrement, sa patience, son assistance, ses qualités humaines et scientifiques et ses efforts pour contribuer à la réussite de mon projet fin d'études.

Il m'est très agréable d'adresser mes remerciements à **Mr Saber Hadj Abdallah**, mon Co-Encadrant pour tous, son aide immense, ses efforts qui n'est pas cessé de m'encourager pendant la durée du projet, sa disponibilité et pour la confiance qu'il m'a accordée pour réaliser ce projet.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à **Mr Ahmed Ferchichi**, pour l'aide compétente qui m'a apportée, la qualité de son suivi ainsi que pour tous les conseils et les informations qu'il m'a prodigués avec un degré de patience et l'orientation durant l'élaboration de ce travail.

Avec beaucoup de respect je désire exprimer mes sentiments de gratitude et de reconnaissance à **Mr Ahmed Khelifi** pour son aide, son encouragement et ses conseils judicieux.

Finalement mes remerciements vont aussi à tous mes professeurs, enseignants et toutes les personnes qui m'ont soutenues jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importantes en signe de reconnaissance.

Résumé

Ce travail présenté consiste à appliquer le principe de l'industrie 4.0 sur un proto-type de chaine de production industrielle. Le travail comprend deux parties essentielles. L'une est consacrée à la réalisation pratique du prototype en utilisant des composants électroniques qui doivent avoir la possibilité de connexion avec le Wifi. L'autre est réservée au développement d'une application mobile qui permet de commander le processus et superviser son état à distance et en temps réel.

Mots-clés: industrie 4.0, IdO, Wifi, Cloud, ESP32, Capteur, android, IHM.

Abstract

This work presented involves applying the principle of Industry 4.0 to a prototype industrial production line. The work comprises two essential parts. One is dedicated to the practical realization of the prototype using electronic components that must have the ability to connect with WiFi network. The other part is reserved for the development of a mobile application to control the process and monitor its status remotely and in real time.

Keywords: industry 4.0, IoT, Wifi, Cloud, ESP32, Sensor, Android, HMI.

Table des matières

Introduction générale	1
1 État de l'art sur l'industrie 4.0	3
Introduction	4
Contexte de l'application	4
Principe de l'industrie 4.0	5
Différents piliers de l'industrie 4.0	5
Protocole de communication	7
Avantages de l'Industrie 4.0 dans le secteur industriel	9
Conclusion	10
2 Environnement matériel et Environnement logiciel	11
Introduction	12
Internet des objets	12
Notion de l'objet connecté	12
Les caractéristiques d'un objet connecté	12
Définition de l'IOT	13
Architecture de l'Iot	13
Matériels	14
Réseaux	14
Cloud/Logiciel	15
Services	15
Les différents éléments de l'IOT	15
L'importance de l'IOT	15
Les domaines d'application de l'IoT	16
Schéma général du système à réaliser	17
Composants électroniques	18
Environnement logiciel et langage	20
Carte de commande	20
Android	21
Android Studio	22
Firebase	23
Firebase Realtime Database	24
Firebase Authentication	24
Environnement Langage	24
Java (Back-end)	24
XML (Front-end)	24

Json	25
Conclusion.....	25
3 Mise en oeuvre et réalisation d'un prototype Industrie 4.0.....	26
Introduction.....	27
Schéma réel de prototype	27
Connexion du ESP32 avec le wifi et firebase	27
Le câblage des deux moteurs	28
Contrôle des moteurs	28
schéma de câblage	28
L'ajout du bras	28
Réalisation de l'application	29
Implémentation du Firebase	29
Firebase Authentication	32
Firebase Realtime Database	33
Création et utilisation de l'application.....	33
Les différentes interfaces de l'application	34
Conclusion.....	35
Conclusion et perspectives	36
Bibliographie	39
.....	40
Annexes	41

Table des figures

Différentes révolutions industrielles	4
Application du principe de l'industrie 4.0	5
Différents piliers de l'industrie 4.0	7
La communication entre le modèle OSI et le modèle TCP/IP	8
Communication entre objets connectés	13
Architecture de l'Iot	14
Divers éléments de l'IoT	15
Différents domaines d'application de l'Iot	17
Schéma général du prototype	18
Carte ESP32	18
Capteur de température et humidité (DHT11)	19
Moteur réducteur	19
Les éléments de l'interface d'Arduino IDE	21
Log de l'Android SDK	23
log de Java Development Kit (JDK)	23
Log de Firebase	24
Log de Json	25
Extrait du code de connexion du ESP32 avec le Wifi et le Firebase	28
schéma de câblage du capteur DHT11 des deux moteurs	28
bras robotique	29
Première étape de l'implémentation	29
Deuxième étape de l'implémentation	30
Troisième étape de l'implémentation	30
Fichier build.gradle au niveau de l'application	31
Fichier build.gradle au niveau du projet	31
Dernière étape de l'implémentation	32
Console de Firebase	32
Firebase Authentication	33
.....	33
Extrait du code JAVA	34
Extrait du code XML	34
les étapes d'inscription	35
Activation et désactivation du moteur	35

Listedestableaux

Comparaisonentrelestecnologiesàdistance	9
---	---

ListedesAbréviations

IOB	<i>Internetofbehaviour</i>
IHM	<i>Interfacehommemachine</i>
IOT	<i>Internetofthings</i>
LAN	<i>LocalAreaNetwork</i>
WAN	<i>WideAreaNetwork</i>
LPWAN	<i>LowPowerWideAreaNetwork</i>
IDE	<i>EnvironnementdeDéveloppementIntégré</i>
NDK	<i>Kit deDéveloppement Natif</i>
SDK	<i>SoftwareDevelopmentKit</i>
API	<i>ApplicationProgramming Interface</i>
JDK	<i>JavaDevelopmentKit</i>
JSON	<i>JavaScriptObjetNotation</i>

Introduction générale

Grâce aux percées dans les domaines des technologies de l'information, des communications mobiles et de la robotique, les technologies numériques sont de plus en plus utilisées dans les entreprises du monde entier. D'où on parle de la 4^{ème} révolution industrielle 'l'industrie 4.0'. Cette nouvelle industrie s'affirme comme la convergence du monde virtuel, de la conception numérique, de la gestion (opérations, finance et marketing) avec les produits et les objets du monde réel. Les fabricants intègrent de nouvelles technologies, notamment l'Internet des objets (IoT), le cloud computing et l'analytique, ainsi que l'Intelligence Artificielle (IA) et l'apprentissage automatique dans leurs installations de production et dans l'ensemble de leurs opérations.

Ces usines intelligentes sont équipées de capteurs avancés, de logiciels intégrés et de robots qui collectent et analysent les données et mettent l'accent sur l'optimisation et l'adaptation d'une nature complexe. Grâce à l'interconnexion permise par l'Internet des objets (IoT) et d'autres systèmes cyber-physiques, et dans un souci d'efficacité, les usines intelligentes peuvent s'intégrer au reste de la chaîne d'approvisionnement, permettant ainsi de modifier et d'améliorer les processus en temps réel.

Le développement d'usines intelligentes offre à l'industrie manufacturière une formidable occasion d'entrer dans la quatrième révolution industrielle. L'analyse de gros volumes de méga données collectés par les capteurs de l'usine permet de bénéficier d'une visibilité en temps réel des actifs de fabrication et peut fournir des outils pour effectuer une maintenance prédictive, afin de réduire les temps d'arrêt des équipements.

L'application de l'IoT permet d'automatiser les tâches pour réaliser un travail de qualité supérieure et à haute valeur ajoutée, notamment dans le secteur industriel. Le remplacement des modèles opérationnels d'inspection manuelle par des informations visuelles basées sur l'IA réduit les erreurs de fabrication et permet de gagner du temps et de réduire les coûts. Avec un investissement minimal, les employés chargés du contrôle de la qualité peuvent configurer un smartphone connecté au cloud pour surveiller les processus de fabrication depuis pratiquement n'importe quel emplacement c'est-à-dire plus flexible et dans des endroits dangereux et sécurisés puisqu'il n'y a pas de contact direct avec les machines. En appliquant des algorithmes d'apprentissage automatique, les fabricants peuvent détecter les erreurs immédiatement, plutôt qu'à des stades ultérieurs où les réparations sont plus coûteuses.

Avec les différentes révolutions industrielles de nos jours les nouvelles technologies occupent un rôle important et indispensable dans tous les secteurs d'activités industrielles. D'où on parle de l'industrie 3.0 malgré sa progression elle n'est pas performante et assez fiable elle peut être améliorée.

D'une part, dans l'industrie 3.0, le contrôle des usines se fait localement à travers des PC industriels équipés du système d'exploitation DOS ou Windows et le stockage des informations reste toujours dépendant du serveur.

D'autre part, les données de cette industrie sont toujours disponibles mais avec un décalage dans le temps ce qui signifie que les nouvelles connaissances ne pouvaient pas être acquises que lentement, ce qui provoque des pertes. Ainsi le coût de cette industrie est assez important. C'est pour ces raisons qu'on doit chercher des solutions pour l'améliorer.

Suite aux problèmes cités ci-dessus, nous pouvons mentionner les objectifs à atteindre lors de la réalisation de notre projet comme suit :

- Utiliser des capteurs programmés avec la carte ESP32 sur les machines pour détecter et tester l'état des machines comme la température et l'humidité à distance et en temps réel.
- Assurer la communication entre les employeurs et les machines par une méthode intelligente.
- Développer une application mobile sous le système d'exploitation Android. Cela permet aux responsables de la maintenance de recevoir une notification en cas de défaut ou d'interruption d'une machine pour l'intervenir et le résoudre rapidement. Tout est synchronisé en temps réel.

Notre rapport est composé de 3 chapitres :

- Le premier chapitre est une introduction sur l'industrie 4.0.
- Le second chapitre développe les différentes séquences et les différents organes pour commander une chaîne de production comportant deux chariots à distance.
- Le dernier chapitre est réservé à la réalisation pratique d'un prototype d'une chaîne industrielle. La commande et la supervision de tous les grandeurs se fait à distance à partir d'une application mobile.

Chapitre1

Étatdel'artsurl'industrie4.0

Introduction

La transformation digitale est un phénomène qui affecte les entreprises de n'importe quel secteur ou domaine. Ces dernières années, nous parlons d'une nouvelle révolution industrielle c'est l'industrie 4.0; quand des composants communiquent de façon autonome avec l'installation de production et déclenchent eux-mêmes, si nécessaire, des réparations ou une commande de matériel, quand les humains, les machines et les processus industriels forment un réseau intelligent, c'est alors que l'on parle d'industrie 4.0. Sa technique repose sur des systèmes et des procédés de production intelligents, mis en réseau de façon numérique. L'industrie 4.0 définit ainsi l'ensemble des phases de vie d'un produit : depuis son idée, son développement, en passant par sa fabrication, son utilisation et son entretien, jusqu'à son recyclage.

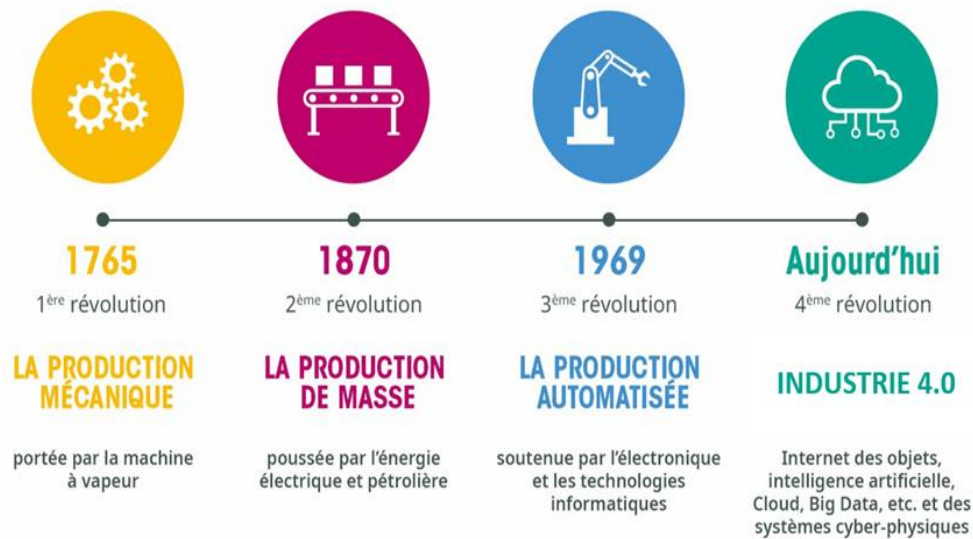


FIG.1.1–Différentes révolutions industrielles

Contexte de l'application

Vu que l'industrie 4.0 est une révolution très importante dans le domaine industriel qui va faciliter le travail et minimiser plusieurs tâches. Alors dans ce projet nous allons appliquer le principe de l'industrie 4.0 sur un prototype d'une chaîne de production industrielle. Ce projet comprend deux parties essentielles. L'une est consacrée à la réalisation pratique du prototype en utilisant des composants électroniques qui doivent avoir la possibilité de connexion avec le wifi. L'autre est réservée au développement d'une application mobile qui permet de commander le processus et superviser son état en temps réel et à distance en utilisant des logiciels. Les schémas suivants expliquent le principe de l'industrie 4.0:

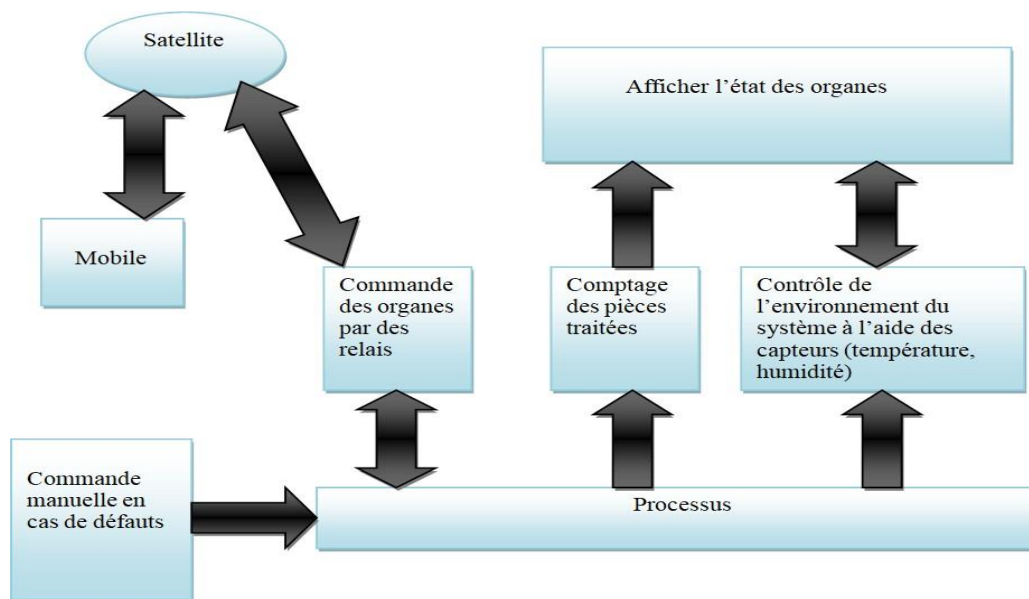


FIG.1.2–Application du principe de l'industrie 4.0

Principe de l'industrie 4.0

À la base, l'industrie 4.0 consiste à surveiller et à contrôler en temps réel vos machines et votre équipement en installant des capteurs à chaque étape du processus de production. En générale, la technologie vous permet d'avoir à l'œil votre production à chacune des étapes du processus, ce qui permet d'améliorer la qualité de vos produits. Elle vous aide également à réduire voire à éliminer les temps d'arrêt, car les données de votre équipement vous avertissent lorsqu'il faut procéder à l'entretien des machines et vous signalent les pannes imminentes.

Différents piliers de l'industrie 4.0

L'industrie 4.0 est généralement constituée de 9 piliers. Voyons ensemble les différents piliers détaillés par le cabinet de consultants Boston Consulting Group qui permettront d'améliorer leur usine de découpe du métal [1] :

Big Data et Intelligence Artificielle: Ce qu'on appelle l'Internet du Comportement (Internet of Behaviour ou IoB) consiste à capturer, compiler et analyser une grande quantité de données issues de sources différentes pour secondar les processus de prise de décisions. À travers le croisement de données historiques et actuelles, des logiciels basés sur des algorithmes d'Intelligence Artificielle et d'Apprentissage Automatique peuvent détecter des modèles de comportement qui nous aideront, par exemple, à anticiper sur d'éventuels pics de demandes, ou à l'inverse, à discerner une possible détérioration de la consommation et pouvoir ainsi prendre des mesures de correction. De même, certains programmes visent l'amélioration de la performance d'une usine.

Robots autonomes: La nouvelle génération de robots va être moins chère et offrira une plus grande capacité par rapport à ceux utilisés actuellement. Ils pourront interagir

entre eux et avec les personnes, en apprenant de ces interactions.

Simulations: L'usage de systèmes de simulation s'étendra à tous les processus de production pour traiter des données compilées en temps réel dans des modèles virtuels, afin de contrôler et optimiser des machines, des produits et des processus, et pouvoir ainsi anticiper sur des problèmes avant qu'ils ne surviennent.

Intégration des systèmes d'information : L'intégration de données et systèmes tout le long de la chaîne de valeur garantit à tous les départements et toutes les fonctions de l'entreprise d'interagir dans un système unique. Grâce à cette intégration, il est beaucoup plus simple d'extraire des conclusions, puisque la société n'est plus envisagée comme des blocs isolés mais comme ce qu'elle est réellement : un tout complexe, à son tour réparti en multiples sous-systèmes.

Internet des Objets (IoT): Ils agissent de l'ensemble des technologies et capteurs qui permettront que les objets de l'usine, les dispositifs comme les produits finis, communiquent entre eux et interagissent avec les humains à travers le réseau. De cette façon, l'analyse des données et la prise de décisions sont décentralisées, autorisant des réponses en temps réel.

Cyber sécurité : Le développement des connectivités entre les dispositifs entraîne une nécessité accrue de protéger les systèmes de production de l'usine et le réseau informatique d'éventuelles menaces, à travers des programmes de cyber sécurité. S'il est vrai que cette problématique reste souvent négligée, il est pourtant important de la prendre en compte dès le début, sans attendre qu'elle se produise un incident, qui peut être grave.

Le Cloud : Plusieurs entreprises utilisent déjà des applications basées sur le nuage, mais dans l'Industrie 4.0, les échanges de données concernant l'usine seront plus importants et par conséquent, les applications du contrôle et de la gestion de la production devront également être disponibles. Car c'est sur le Cloud que s'implémentent les nouveaux facilitateurs technologiques.

Fabrication additive : L'impression 3D est actuellement utilisée pour la création de prototypes ou bien pour la production de composants spécifiques, mais dans l'Industrie 4.0, ces technologies de fabrication additive seront beaucoup plus utilisées, pour fabriquer des lots de produits hautement personnalisés. Cette technologie ouvre des géométries impensables auparavant, aplanissant le chemin pour que les usagers améliorent et perfectionnent leurs pièces. De plus, la fabrication additive ne dépose le matériau que là où il est nécessaire, ainsi les pièces imprimées en 3D sont plus légères. Par ailleurs, la poudre résistante peut être réutilisée. Ils agissent sans nul doute d'une vision plus économique et durable vis-à-vis des processus classiques, comme le fraisage, où jusqu'à 80

Réalité augmentée: Ils agissent de systèmes qui, à travers des dispositifs portables de vision (par exemple des lentilles de projection sur la rétine), d'écoute (écouteurs) ou de manipulation (gants), ajoutent des informations multimédia à la réalité perçue par les personnes. Ces technologies seront utilisées pour fournir des informations en temps réel, afin d'améliorer les processus et la prise de décisions.

Voici la figure suivante qui représente les différents piliers:

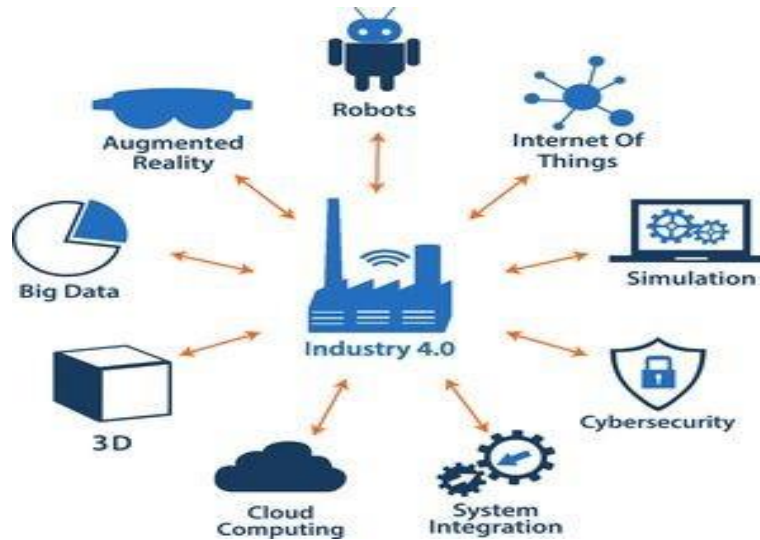


FIG.1.3–Différents piliers de l'industrie 4.0

Protocole de communication

Pour qu'un objet soit connecté avec le réseau alors il faut avoir un protocole de communication. C'est un ensemble de règles qui rendent les communications possibles, car les intervenants sont censés les respecter. Ainsi les protocoles définissent une sorte de langage commun que les intervenants utilisent pour se trouver, se connecter l'un à l'autre et y transporter des informations.

Les protocoles peuvent définir toute une série de paramètres utiles à une communication :

- des paramètres physiques comme des modulations, des types de supports physiques, des connecteurs ...
- le comportement d'incertitude de matériel,
- des commandes,
- des machines à état,
- des types de messages,
- des entêtes qui comportent des informations utiles au transport.

Un modèle de communication en couches organise les communications entre les hôtes sous forme d'enveloppement hiérarchique. Chaque couche remplit une fonction spécifique à la communication et dispose de caractéristiques propres. Chaque couche utilise un protocole, soit un ensemble de règles de communication comme le montre la figure suivante :

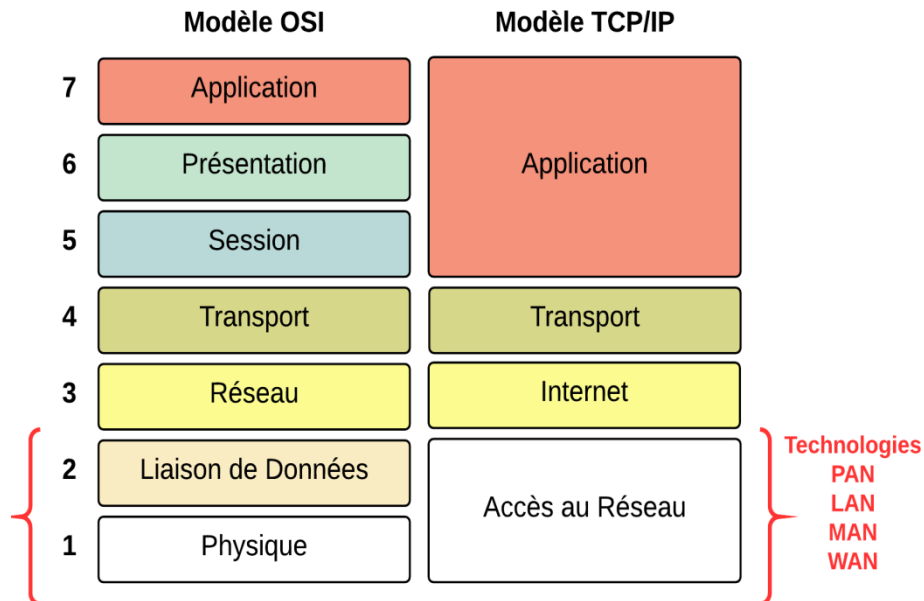


FIG.1.4 – la communication entre le modèle OSI et le modèle TCP/IP

Il permet de connecter à un réseau filaire ou sans-fil, soit Objets vers Objets ou Objets vers Passerelle (Gateway en anglais). Les protocoles de communications sans fil sont utilisés généralement pour le cas des Objets vers Objets. A distance, d'autres technologies seront appliquées, telles que :

- LAN (local area network): Bluetooth, WIFI, ZigBee (petite distance).
- WAN (wide area network) : GSM, 3G, 4G (moyenne distance).
- LPWAN (Low-Power Wide Area Network): LoRa, NB-IoT (une grande zone géographique).

Le tableau suivant représente une comparaison entre les technologies à distance

TAB.1.1 – Comparaison entre les technologies à distance

Technologie \ Caractéristique	WIFI	4G	LoRa
Standard	802.11n	LTE-Advanced	LoRaWAN
Distance	Environ 50m	De 2 à 5 km	15 km
Fréquence	2.4 GHz et 5 GHz	1800 MHz	Variante
Débit	600 Mbps maximum	De 200 à 300 Mbps	0.3-50 Kbps
Avantages	Facilité de connexion, mobilité, coût d'installation plus abordable.	Très haut débit, rapidité de téléchargement, mettre à jour les applications préférées en quelques secondes	Large plage de communication, Fiabilité et économies maximales.
Inconvénients	La qualité et la continuité du signal peut facilement être perturbée, sécurité.	Un volume de données limité, des critères d'éligibilité qui sont stricts et variables	Nécessite l'installation d'une passerelle ou d'un abonnement LoRaWAN, programmation délicate.

Avantages de l'Industrie 4.0 dans le secteur industriel

L'Industrie 4.0 peut certainement nous apporter les avantages suivants [2]:

- Amélioration de la performance de l'usine
- Réduction du temps de commercialisation du produit
- Réduction des coûts de fonctionnement
- Meilleure gestion des ressources humaines
- Amélioration de la compétitivité professionnelle
- Réduction des déchets et par conséquent amélioration de la qualité de la production
- Automatisation du processus de production
- Réduction du temps d'inactivité
- Plus grande efficacité dans la maintenance par l'analyse des données dans la maintenance prédictive

Aussi:

- Une production plus flexible et agile: Il est possible de planifier et d'intervenir

sur chaque maillon de la chaîne de valeur d'un produit sans altérer les autres. En effet, la production agile est fondée sur des unités flexibles, entièrement automatisées et totalement interconnectées, permettant de passer rapidement de la fabrication d'un produit à un autre et de moduler, en temps réel, les quantités produites en fonction des commandes. Tout est fondé sur un réseau de communication où machines et composants de machines s'échangent des données en direct.

- Une optimisation de la logistique : Les algorithmes peuvent calculer les itinéraires de livraison idéaux pour éviter les encombrements, les interruptions et les retards et améliorer le flux des marchandises. L'interconnexion entre tous les maillons de la chaîne de production mise en place grâce à l'internet des Objets, permet de produire plus rapidement, plus efficacement, à moindre coût, de manière plus sécurisée et elle permet également de modifier les modes de production de façon autonome.

- Une optimisation de la consommation d'énergie et de matières premières:

La réponse aux futures pénuries et augmentations de prix passe par l'utilisation intelligente des différentes ressources nécessaires à l'industrie. Disposer d'une vision globale de l'usine et des équipements qui la composent permet de mieux gérer l'ensemble des équipements industriels et d'optimiser la consommation, comme dans le cas des smart grids. Produire plus intelligemment est l'un des enjeux clés de la révolution industrielle 4.0 etc'est pour quoi l'utilisation intelligente des ressources nécessaires à l'entreprise joue un rôle prépondérant. Certaines applications permettent aujourd'hui de disposer d'une vision globale de l'usine et de ses équipements afin d'optimiser les consommations.

- Une utilisation de la maintenance prédictive:

L'utilisation des données permet d'analyser les performances et de détecter en avance les baisses de rentabilité et/ou l'obsolescence des machines et appareils. Concrètement, un logiciel étudie le cycle des machines et évalue leurs perspectives selon les cadences imposées.

- Une approche plus personnalisée du produit:

Grâce à la puissance des outils informatiques et aux réseaux de communication, les entreprises peuvent entrer dans une démarche de pilotage des applications plus directe et personnalisables avec les consommateurs, notamment à l'aide des réseaux sociaux. Par exemple, demain, le capteur communicant sera capable de restituer, aux concepteurs des chaussures, des informations sur leur fréquence d'utilisation, les parties usées le plus rapidement, etc et lui fournir les chaussures les plus adaptées.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le concept générale de notre application, aussi nous avons parlé de l'industrie 4.0 son principe de fonctionnement, ses différents piliers, ses avantages et le protocole de communication. Dans le chapitre suivant nous allons mettre l'accent sur les outils modernes adoptés par l'industrie 4.0.

Chapitre2

Environnementmatériel Environnementlogiciel

Introduction

L'électronique embarquée est devenue en quelques années un élément incontournable dans des secteurs aussi variés que l'automobile, l'aéronautique, la téléphonie, les équipements grand public, le médical. A travers des enseignements technologiques ciblés, de conférences et des études de cas industriels, cette spécialité prépare à la conception et au développement de ces systèmes où le matériel et le logiciel sont étroitement liés. Leur utilisation massive et leur intégration dans les produits du quotidien marquent donc une décennie d'évolutions importantes dans les sciences de l'information et de la technologie. En effet, on n'a pas besoin, dans certains cas, d'automates programmables industriels pour automatiser une chaîne de production alors qu'il existe une solution peu coûteuse et relativement simple à mettre en œuvre.

Dans ce chapitre nous présentons les procédures de réalisation de notre projet qui consistent à commander et contrôler deux chariots à distance et en temps réel en exploitant l'IoT (l'Internet des objets). Ce travail peut être réalisé en deux parties :

- La première partie contient un circuit de commande à distance programmé par la carte ESP32 qui permet de contrôler l'état de nos moteurs (ON/OFF) et un circuit de commande manuel en cas de défaut.
- La deuxième partie concerne la réalisation d'une application mobile qui permet de contrôler l'état du prototype réalisé à l'aide d'un support de développement des applications mobiles qui s'appelle Firebase, ainsi que la réception et l'affichage des données de l'état du système sur l'application en temps réel (la température, l'humidité, nombre des pièces, l'état ON/OFF).

Internet des objets

Notion de l'objet connecté

L'IoT est basé sur les objets connectés qui servent à définir des types d'objets dont la vocation première n'est pas d'être des périphériques informatiques ni des interfaces d'accès au web, mais auxquels l'ajout d'une connexion Internet qui a permis d'apporter une valeur supplémentaire en terme de fonctionnalité, d'information, d'interaction avec l'environnement ou d'usage. De ce fait les objets connectés sont reliés à Internet, ils peuvent donc communiquer avec d'autres systèmes pour obtenir ou fournir de l'information comme les data marketing et interagissent avec leur environnement par le biais de capteurs (température, vitesse, humidité). L'IoT peut être appliqué pour contrôler la position et l'état d'un véhicule, pour contrôler et commander à distance une machine industrielle ou bien une place de parking.

Les caractéristiques d'un objet connecté

Un objet connecté présente plusieurs caractéristiques qui le rendent unique. Tout d'abord, il est connecté à l'internet, ce qui lui permet de communiquer avec d'autres appareils ou applications. Deuxièmement, la flexibilité il peut être contrôlé à distance, ce qui signifie

qu'il peut être utilisé de n'importe où dans le monde. Troisièmement, ils peuvent fournir des données en temps réel, qui peuvent être utilisées pour prendre des décisions éclairées. Quatrièmement, programmable ils peuvent être programmés pour effectuer certaines tâches automatiquement, ce qui permet de gagner du temps et de l'efficacité.

Définition de L'IOT

L'Internet des objets (IOT) désigne à la fois le processus de connexion d'objets physiques à Internet et le réseau qui relie ces objets. En définitive, l'IoT relie tout élément capable de transférer des données sur un réseau. Et ce, sans nécessiter d'interactions entre humains ou entre un humain et un ordinateur. Cependant, l'interaction personne-machine est rendue possible, ne serait-ce que pour procéder au paramétrage, à la configuration ou simplement pour accéder aux informations. Aussi permet désormais aux usines d'améliorer leur efficacité opérationnelle en automatisant et optimisant les chaînes de production, en anticipant les pannes grâce à la maintenance prédictive, et améliore aussi la sécurité des employés.

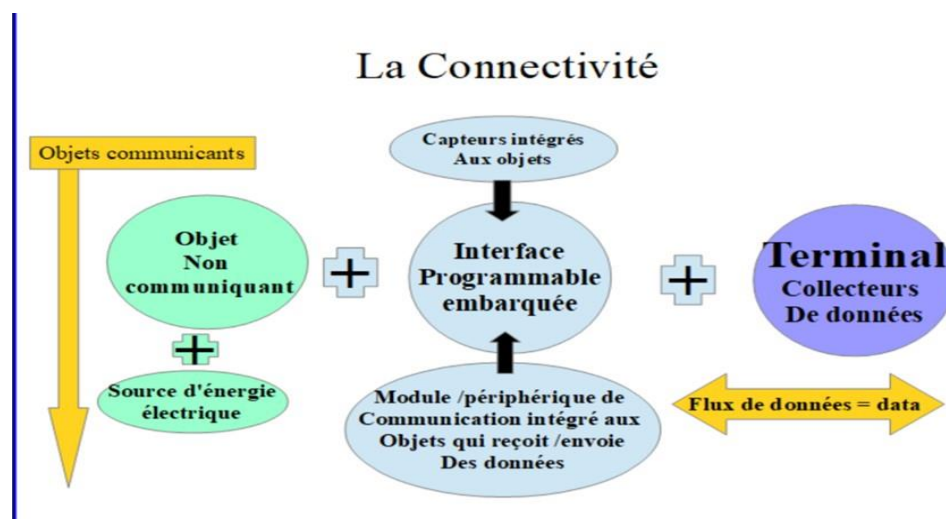


FIG.2.1–Communication entre objets connectés

Architecture de l'Iot

Modèle d'architecture de l'Iot à 6 niveaux, illustré par la figure suivante:

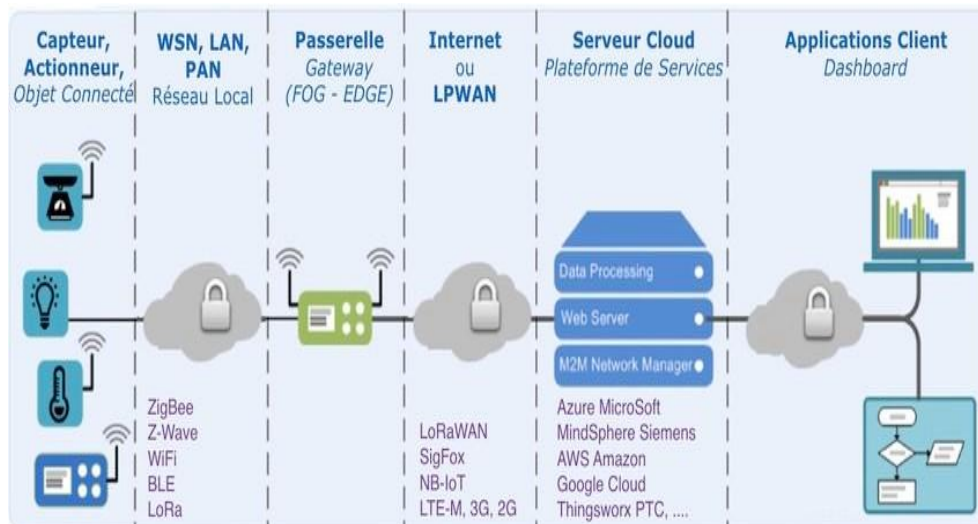


FIG.2.2–Architecture de l'Iot

Matériels

Ce domaine comprend des périphériques à ressources limitées, tels que des dispositifs portables ou médicaux. Ces appareils sont de tailles différentes et exécutent divers systèmes d'exploitation et différents protocoles de communication. Le matériel étant purement composé de composants électroniques (ou électriques) on peut le séparer en 3 groupes :

- les capteurs et actionneurs (Capteur d'humidité, température et couleur);
- le microcontrôleur et le micro-ordinateur (Carte ESP32) ;
- émetteur et le récepteur (réseau de communication).

Réseaux

Cette partie est très importante car c'est le moyen que les données vont emprunter pour quitter le microcontrôleur (ou les capteurs sont connectés) pour rejoindre la passerelle (Gateway) pour par la suite atteindre notre serveur (Cloud). On a plusieurs réseaux de communication Filaires ou sans-fil :

- Filaire: RS232, CAN, RJ45
- Sans fil: Zigbee, Lora, Sigfox, Wifi, Bluetooth, Nfc, RFID

Pour choisir le réseau de communication compatible on peut se baser sur les caractéristiques suivantes :

- La distance d'émission et de réception (Porter)
- la vitesse de communication (Bande passante)
- Consommation en énergie

Cloud/Logiciel

Le Cloud est un immense réseau interconnecté de serveurs puissants qui fournit des services aux entreprises et aux particuliers. L'utilisation du Cloud est importante pour agréger les données et en tirer des enseignements, il offre des performances de stockage et de traitement illimitées. Le logiciel c'est cet outil qui va nous permettre de faire comprendre à nos appareils ce qu'on veut qu'ils fassent. Le logiciel intervient sur tous les branches d'IOT. Pour créer notre logiciel on a besoin de langage de programmation, qui est un ensemble de mots finis destinés à nous faciliter la communication entre nous (l'être humain et les machines).

Services

Les données IoT sont présentées aux utilisateurs terminaux via des applications exécutées sur des ordinateurs ou des appareils mobiles offrant des fonctions de gestion pour les utilisateurs, telles que l'activation et la désactivation d'appareils IoT, le contrôle à distance d'appareils ou d'actionneurs et la surveillance de données ou de mesures de capteurs.

Les différents éléments de l'IOT

Les blocs de construction de l'IoT permettent de mieux comprendre les sens et les fonctionnalités de l'IoT. Dans les sections suivantes, nous examinons six éléments principaux nécessaires pour fournir les fonctionnalités de l'IoT, comme l'illustre la figure suivante :



FIG.2.3–Divers éléments de l'IoT

L'importance de l'IOT

L'importance de l'IoT devient considérable, puisqu'il s'agit de la première véritable évolution de l'Internet. Celle-ci donnera lieu à des applications révolutionnaires capables de transformer profondément notre mode de vie, et notre façon d'apprendre, de travailler et de nous divertir. L'IoT a déjà doté l'Internet de capacités sensorielles, ce qui permet d'anticiper plutôt que de simplement réagir. En outre, l'Internet couvre maintenant des endroits jusqu'alors inaccessibles. Des patients ingèrent même des dispositifs connectés qui aident les médecins à diagnostiquer certaines pathologies et à en déterminer les causes,

des capteurs extrêmement miniaturisés peuvent être placés sur des plantes, des animaux et des sites géologiques, et connectés à l'Internet, dans le même temps.

Les domaines d'application de l'IoT

Une application IoT peut être déployée sur grande variété d'appareils ou d'équipements de différentes dimensions et dédiés à des tâches spécifiques. Ces appareils peuvent être destinés à un usage de grand public, professionnel ou industriel et chaque application IoT répond à des besoins spécifiques alors ceci permettra l'émergence d'espaces intelligents. Parmi ces espaces intelligents, on peut citer :

- **Villes intelligentes (Smart Cities) :** l'IoT permettra une meilleure gestion des réseaux divers qui alimentent les villes (eaux, électricité, gaz, etc.) en permettant un contrôle continu en temps réel et précis. De ce fait grâce à des capteurs les données produites et récoltées (de manière sécurisées) peuvent être réutilisées par la population pour développer de nouveaux services et participer à l'amélioration de la vie urbaine comme pour l'économie de l'eau et pour améliorer la gestion des parkings et du trafic urbain et diminuer les embouteillages et les émissions en CO₂.
- **Santé (Smart Health) :** dans le domaine de la santé, l'IoT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques, notamment pour des personnes âgées. Les objets connectés sont utilisés au quotidien pour :
 - La surveillance à l'entrée des établissements médicaux et la maintenance
 - Les opérations chirurgicales et le contrôle à distance
 - Les services de géolocalisationCeci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domicile et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite.
- **Transport :** avec des voitures connectées ou autonomes aux systèmes de transport/logistique intelligents, l'IoT peut sauver des vies, réduire le trafic et minimiser l'impact des véhicules sur l'environnement.
- **Energie :** L'IoT permet aux innombrables appareils qui composent le réseau électrique de partager des informations en temps réel pour une distribution et une gestion plus efficaces de l'énergie.
- **Industrie :** La technologie IoT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production, jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement. Dans le domaine industriel, l'usage des objets connectés est très spécifique et répond à des besoins :
 - d'optimisation (chaîne logistique)
 - de transformation des processus d'entreprise
 - d'amélioration de l'efficacité et de la productivité
 - de traçabilité et de sécurité
- **Bien-être et confort :** La domotique ou la maison intelligente est un classique. Un thermostat capable de se mettre en marche tout seul en fonction de la position de la voiture des propriétaires afin de leur réchauffer le domicile. Aussi, un réfrigérateur intelligent capable de créer une liste d'achats personnalisée en fonction des articles les plus achetés, ou encore quand la nourriture est sur le point de périmer.

Outre les objets de divertissement comme les télévisions intelligentes ou les enceintes connectées, la domotique a pensé également la sécurité et l'économie d'énergie au sein de l'habitat :

- centrale domotique : contrôle et programmation de différentes interventions à l'intérieur du foyer
- capteurs d'informations (système d'alarme, variations de température, etc)
- actionneurs, qui permettent la programmation et le contrôle des différents appareils électroniques du foyer, même à distance

La figure suivante montre les différents domaines d'application de l'Iot :



FIG.2.4—Différents domaines d'application de l'Iot

Schéma général du système à réaliser

La figure suivante représente le schéma général des différentes parties du prototype à réaliser :



FIG.2.5–Schéma général du prototype

Le prototype est constitué de deux moteurs réducteurs (12VDC 300RPM/min) entraînant de tapis branchés avec une carte ESP32 et de capteurs de diverses fonctionnalités. La communication avec les différents composants du système se fait par une application mobile développée à l'aide du logiciel Android studio.

Composants électroniques

*Carte ESP32:

La carte ESP32 est développée par la société Espressif, est une carte de développement à faible coût dédiée à l'internet des objets (IoT), les applications embarquées et plus particulièrement les communications sans fil Wi-Fi et Bluetooth. Elle est déclinée en version module l'ESP-WROOM-32 qui lui-même est intégré par différents fabricants (essentiellement Chinois) sur des cartes de développement. La série Esp32 est basée sur une puce combinée Wi-Fi et Bluetooth de 2,4 GHz. Elle est conçue pour obtenir la meilleure puissance et les meilleures performances RF. Le module se programme directement à partir de l'IDE Arduino (installation d'une extension nécessaire) et nécessite un cordon microUSB (non inclus). Son implantation le rend compatible avec les plaques de connexions rapides.



FIG.2.6–Carte ESP32

*Capteur de température et humidité (DHT11):

Le capteur DHT11 mesure la température et l'humidité. L'utilisation de ce type de

capteursintéressantepourundébutantcarilpermetdemesurerdestempératuresde 0 à +50°C avec une précision de +/- 2°C et des taux d'humidité relative de 20 à 90 % avecuneprécisionde+/-5%.Latechnologieutiliséeparcecapteurgarantieunegrande fiabilité,uneexcellente stabilitéàlongtermeetuntempsderéponse trèsrapide.

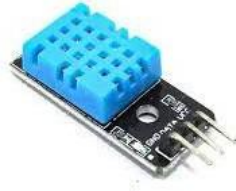


FIG.2.7–Capteurdetempératureethumidité(DHT11)

***Deuxmoteurs:**

Un moteur électrique est un dispositif qui transforme une énergie électrique en une énergie mécanique. Cette énergie électrique circule dans une bobine, qui se transforme en champ magnétique créant un aimant tournant librement, en continu, ce qui permet de faire fonctionner le moteur. Dans ce cadre on va montrer les caractéristiques de ces deux moteurs :

*Tensiondefonctionnement:entre6vet18v

*Tensionnominale:12v

*Vitesselibreà12v:188tr/min

*Courantàvideà12v:50mA

*Courant deblocageà12v :1200mA

*Coupledeblocageà12v:5kg.cm

*Rapportderéduction:1:45

*Taileduréducteur:21mm

*Poids:86g



FIG.2.8–Moteurréducteur

Environnement logiciel et langage

Carte de commande

Définition de l'Arduino:

Ce sont des cartes électroniques programmables, plus exactement des microcontrôleurs programmables qui permettent de réaliser des prototypes facilement et rapidement à un coût très faible. Il existe plusieurs modèles d'Arduino mais aussi plusieurs types de carte (Arduino Uno, Arduino Micro, Arduino Méga, Arduino Nano...), des logiciels (notamment l'IDE Arduino), ou encore des bibliothèques. La syntaxe du langage de programmation sous Arduino est l'ensemble des règles d'écriture liées à ce langage.

Ces cartes électroniques programmables permettent de construire des projets facilement, et d'aborder tant l'approche électronique que l'approche logicielle.

L'IDE (Environnement de développement intégré) est le logiciel qui permet de programmer les cartes Arduino open source, sert à envoyer les programmes sur la carte, connectée à l'ordinateur via un câble USB. Le langage de programmation est très proche du C++, qui est l'un des langages les plus courants. Il est surtout simple d'approche et facilement compréhensible, même pour un débutant.

Environnement de programmation:

L'environnement de développement intégré, dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino, permet :

- D'éditer un programme : des croquis ou les programmes sont écrits en langage C.
- De compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino, la compilation est une traduction du langage C vers le langage du microcontrôleur.
- De téléverser le programme dans la mémoire de l'Arduino, le téléversement (upload) se passe via le port USB de l'ordinateur un fois dans la mémoire de l'Arduino, le logiciel s'appelle un micrologiciel.
- De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal (ou au moniteur série) pendant le fonctionnement du programme en mémoire sur l'Arduino, il peut communiquer avec l'ordinateur tant que la connexion est active (câble USB, ...).

Comme pour tout logiciel une interface graphique (GUI), l'IDE Arduino comporte les éléments suivants :

- Une barre de menus
- Une barre de boutons qui donne un accès direct aux fonctions essentielles
- Un éditeur (à coloration syntaxique) pour écrire le code des programmes, avec des onglets de navigation, Le programme écrit avec le logiciel Arduino est appelé sketch (ou croquis en français)
- Une zone de messages qui indique l'état des actions en cours (compilation, transfert du programme vers la carte...)

- Une Console d'affichage qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme (taille du programme compilé, erreurs...).

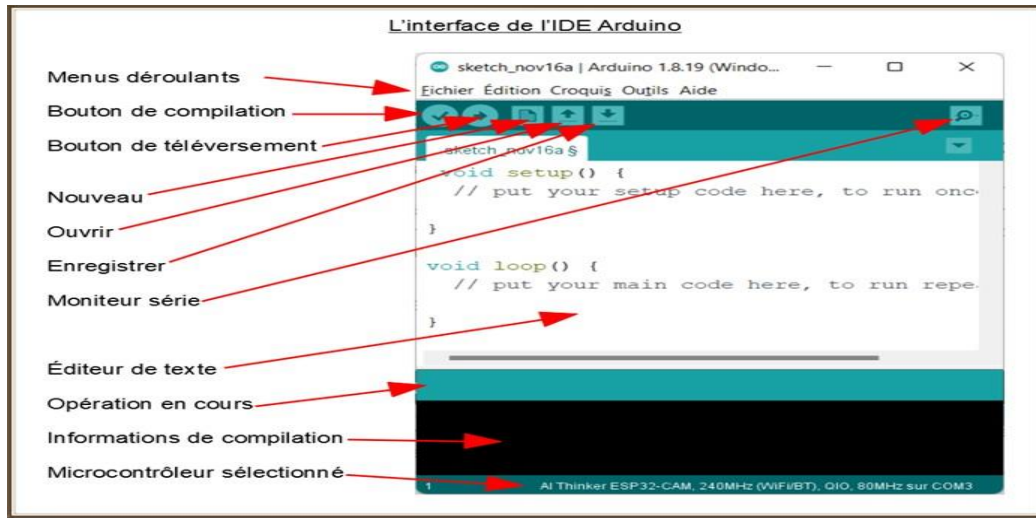


FIG.2.9–Les éléments de l'interface d'Arduino IDE

Structure du programme:

Un programme Arduino comporte trois parties:

1. la partie déclaration des variables (optionnelle): L'entête
2. la partie initialisation et configuration des entrées/sorties: la fonction `setup()`
3. la partie principale qui s'exécute en boucle: la fonction `loop()`

Android

Android est le système d'exploitation mobile basé sur Linux développé par Google, open source qui équipe la majorité des Smartphones et tablettes du marché. Initialement, android était une startup dirigée par Andy Rubin et qui a été rachetée par Google en 2005. Aujourd'hui, Android est le système d'exploitation mobile le plus utilisé, numéro 1 dans le monde et il concurrence des plateformes telles que l'iOS (Operating System) d'Apple, Windows Mobile de Microsoft. Il est composé d'un système d'exploitation, de bibliothèques, et d'un ensemble d'applications.

Depuis 2015, Android est passé devant iOS d'Apple, alors il équipe:

- 90% des smartphones et des mobiles
- Les tablettes
- Les télévisions qui bénéficient de Google TV
- La domotique
- Android Auto dans votre véhicule
- Chrome OS

- Les smartwatch avec Wear OS

Android Studio

Android Studio est l'environnement de développement intégré (IDE) officiel des applications Android. Basé sur le puissant outil de développement et d'édition de code IntelliJ IDEA (est le principal IDE pour le développement Java et Kotlin), Android Studio offre encore plus de fonctionnalités qui améliorent votre productivité lorsque vous créez des applications Android.

Voici une liste non exhaustive de ces fonctionnalités :

- Un système de compilation flexible basé sur Gradle
- Un émulateur rapide et riche en fonctionnalités
- Un environnement unifié pour un développement sur tous les appareils Android
- Une option "Apply Changes" (Appliquer les modifications) pour appliquer les modifications de code et de ressources à votre application en cours d'exécution sans la redémarrer
- Des modèles de code et l'intégration GitHub pour vous aider à compiler des fonctionnalités d'application courantes et à importer des exemples de code
- Des outils et frameworks de test complets
- Des outils Lint permettant de détecter les problèmes de performances, d'ergonomie, de compatibilité des versions, etc.
- Compatibilité C++ et NDK
- Compatibilité intégrée avec Google Cloud Platform, qui facilite l'intégration de Google Cloud Messaging et App Engine.

Pour l'installer il est nécessaire d'installer le kit de développement Android SDK et le kit de développement JDK.

Android SDK (Software Development Kit):

Le SDK Android est un ensemble d'outils de développement utilisés pour développer des applications pour la plate-forme Android qui est devenue le plus utilisé dans le domaine des smartphones. Le SDK Android inclut les éléments suivants :

- Bibliothèques requises.
- Débogueur.
- Un émulateur.
- Documentation pertinente pour les interfaces de programmation d'application (API) Android.
- Exemple de code source.
- Tutoriels pour le système d'exploitation Android.



FIG.2.10—Logod'AndroidSDK

JDK(JavaDevelopmentKit):

Le JDK est l'ensemble des outils dont le développeur a besoin pour développer des logiciels basés sur Java pour la création des applications Android. Il comprend l'environnement d'exécution Java (JRE), un interpréteur/chargeur (java), un compilateur (javac), un archiveur (jar), un générateur de documentation (javadoc) et d'autres outils nécessaires au développement Java.



FIG.2.11—logodeJavaDevelopmentKit(JDK)

Firebase

Firebase est une plateforme mobile de Google qui facilite la création de back-end à la fois évolutif et performant. En d'autres termes, il s'agit d'une plateforme qui permet de développer rapidement des applications pour mobile et web. L'objectif de la création de [Firebase.google.com](https://firebase.google.com) en 2011 par James Tamplin et Andrew Lee est d'éviter aux professionnels et aux particuliers de s'engager dans un processus complexe de création et de maintenance d'une architecture serveur.



FIG. 2.12 – Logode Firebase

Firestore Realtime Database

Firestore Real-time Database est une base de données NoSQL (Not only SQL : les bases de données développées à l'origine pour gérer des données volumineuses) basée sur le cloud. Il stocke sous forme de JSON et synchronise les données en temps réel entre les utilisateurs. Les utilisateurs peuvent collaborer sur différents appareils et développer des applications sans serveur.

Firestore Authentication

Firestore Authentication fournit des services backend et des SDK faciles à utiliser aussi des bibliothèques d'interface utilisateur prêtes à l'emploi pour authentifier les utilisateurs auprès de leurs applications. Il prend en charge l'authentification à l'aide de mots de passe, de numéros de téléphone, de fournisseurs d'identité fédérés populaires comme Google, Facebook et Twitter, etc.

Environnement Langage

Java (Back-end)

Java est un langage de programmation inspiré du langage C++, avec un modèle de programmation orienté objet permet de créer des applications complètes. ce langage peut être facilement installé et exécuté sur différents systèmes d'exploitation, que ce soit Windows, Mac OS, Linux ou autre. Google fournit également l'environnement de développement Android Studio qui donne la possibilité de créer une application Android bien plus complexe. Le langage de programmation utilisé dans le cadre de ce projet Android est le Java, très répandu dans les développements informatiques actuels. Ce langage offre un ensemble de bibliothèques qui facilitent le développement et dispose d'une documentation bien fournie.

XML (Front-end)

XML (Extensible Markup Language) c'est un langage de balisage qui fournit des règles pour définir toutes les données et les stocker de manière à pouvoir les partager. XML prend en charge l'échange d'informations entre des systèmes informatiques tels que les

sites web, les bases de données et les applications tierces. Les règles prédéfinies facilitent la transmission des données sous forme de fichiers XML sur n'importe quel réseau, car le destinataire peut utiliser ces règles pour lire les données avec précision et efficacité.

Json

Json (JavaScript Object Notation) est un format léger d'échange de données, basé sur un sous-ensemble du langage JavaScript. Il est facile à comprendre par les humains et est aisément généré par les machines.



FIG.2.13—LogodeJson

Conclusion

L'industrie moderne, connaît une concurrence féroce, d'où l'emploi des nouvelles technologies devient une obligation. Dans ce chapitre, nous avons vu l'importance des outils matériels et logiciels en terme de gain (temps et de pence); ainsi que precision et performances. Dans le chapitre qui vient, nous mettrons l'accent sur la réalisation d'un prototype industrie 4.0.

Chapitre3

Miseenouvevreetréalisationd'un prototypeIdustrie4.0

Introduction

La conception, l'apprentissage ou le développement de systèmes de production industriels impliquent des investissements humains et matériels souvent très coûteux. L'intégration de la simulation dans le domaine industriel permet d'abaisser considérablement ces coûts.

Dans ce chapitre nous présentons la procédure de la mise en oeuvre pratique de notre système qui a le rôle de supervision et de contrôle des deux chariots à distance. Ce travail est réalisé en deux parties :

- La première partie contient le câblage électrique de tous les composants qu'on a utilisés dans le prototype avec une partie de leurs programmeurs Arduino correspondants et on va aussi ajouter un bras manipulateur en bois qui sélectionne des produits spécifiés via un capteur de couleur.
- La deuxième partie s'intéresse à la réalisation de notre application mobile et son mode d'utilisation par l'employé, afin de superviser et contrôler l'état de notre prototype en temps réel; ainsi que la réception et l'affichage de l'état du système sur l'application.

Schéma réel de prototype

La figure suivante représente le schéma de notre prototype :

Connexion du ESP32 avec le wifi et firebase

La première étape que nous faisons dans la partie de la programmation c'est la connexion de nos cartes avec le wifi et le Firebase comme indique le code suivant :

```
1 #include <WiFi.h>
2 #include <FirebaseESP32.h>
3
4 // Paramètres du réseau WiFi
5 const char* ssid = "TT_0E08";
6 const char* password = "ggtycb67b4";
7
8 // Paramètres Firebase
9 #define FIREBASE_HOST "firebaseconnection.firebaseio.com"
10 #define FIREBASE_AUTH "hLwPjVruYDdeXr24LiasqjfLE9M2"
11
12 // Instance de l'objet Firebase
13 FirebaseData firebaseData;
14
15 void setup() {
16     Serial.begin(115200);
17
18     // Connexion au réseau WiFi
19     WiFi.begin(ssid, password);
20     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
21         delay(1000);
22         Serial.println("Connexion au réseau WiFi...");
23     }
24     Serial.println("Connecté au réseau WiFi.");
25
26     // Configuration de Firebase
27     Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
28 }
```

FIG.3.1–Extrait du code de Connexion du ESP32 avec le Wifi et le Firebase

Lecâblagedesdeuxmoteurs

Contrôledesmoteurs

schémadecâblage

La figure suivante représente le schéma de câblage du capteur de température et d'humidité :

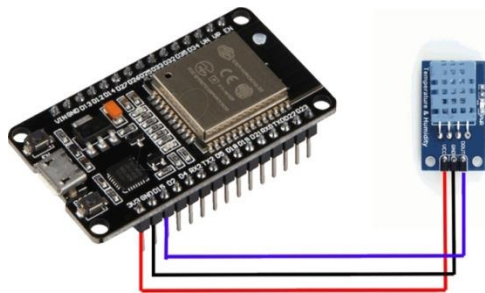


FIG.3.2–schémadecâblagedecapteurDHT11desdeuxmoteurs

L'ajout du bras



FIG.3.3—bras robotique

Haut degré de flexibilité Ce bras robotique à 4 degrés de liberté rend l'expérience plus flexible et un meilleur effet d'utilisation. Le Principe de fonctionnement, Chaque articulation du bras robotique est entraînée par un servomoteur 90°. Ils agissent d'un matériel de grande qualité à un prix avantageux et très facile à assembler. Matériaux de haute qualité Bras mécanique utilisant des matériaux en bois, léger. La conception supérieure et la construction de haute qualité garantissent une durabilité à long terme.

Réalisation de l'application

Implémentation de Firebase

Tout d'abord pour implémenter Firebase à notre projet dans Android Studio il faut :

- Créer un compte Gmail dans Google.
- Enregistrer l'application dans la plateforme de Firebase en remplissant les champs nécessaires.



FIG.3.4—Première étape de l'implémentation

Puis, le téléchargement du fichier de configuration contenant les services de Google, et le placer dans le dossier sous le nom «app» située dans le package de projet.

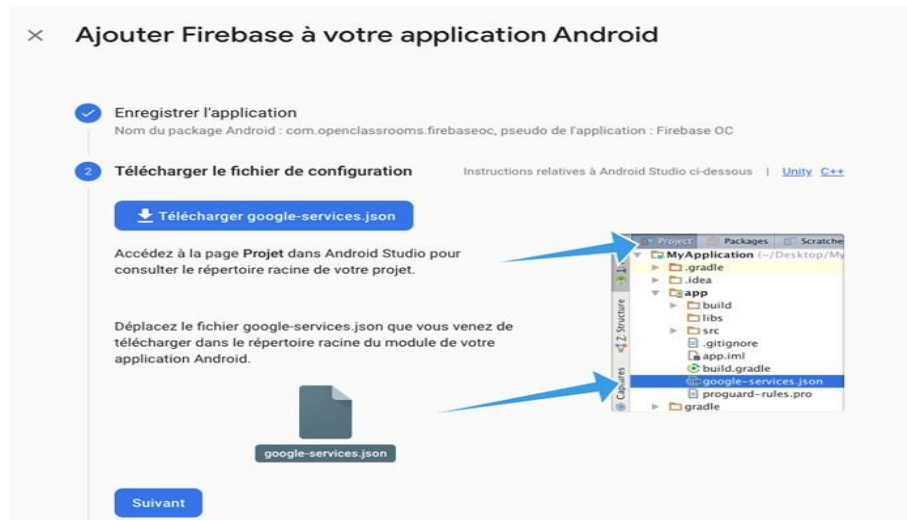


FIG.3.5–Deuxième étape de l'implémentation

Ensuite, ajoutez le SDK de Firebase au niveau de projet et de l'application, puis appuyez sur «Synchroniser» dans la barre qui apparaît dans l'IDE.

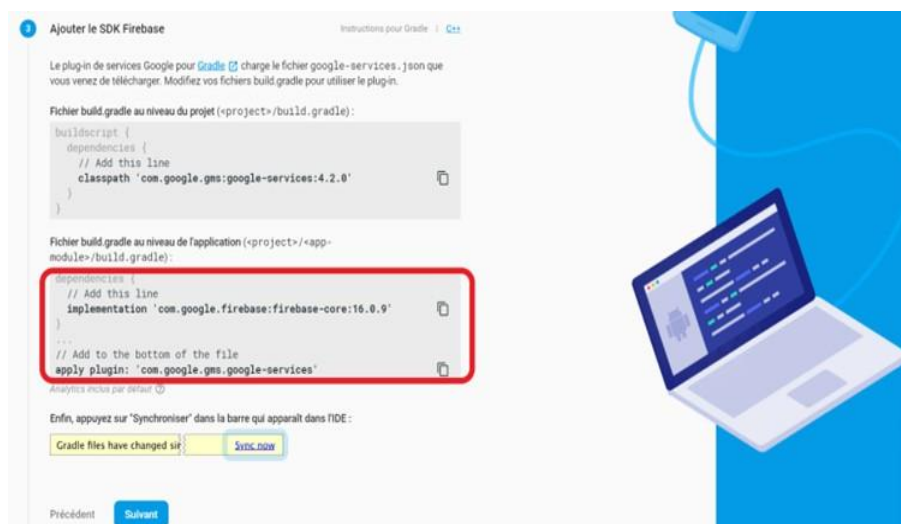


FIG.3.6–Troisième étape de l'implémentation

Après effectuer toutes les étapes avec succès on aura les réponses au niveau de build.gradle de l'application et au niveau de build.gradle du projet les voila dans les figures suivantes :

```
implementation 'com.google.firebase:firebase-database'
implementation 'com.google.firebase:firebase-messaging:23.1.2'
implementation 'com.google.firebase:firebase-analytics'
dependencies {
    // Import the BoM for the Firebase platform
    implementation platform('com.google.firebase:firebase-bom:32.0.0')

    // Add the dependency for the Firebase Authentication library
    // When using the BoM, you don't specify versions in Firebase library dependencies
    implementation 'com.google.firebase:firebase-auth'
}

plugins {
    id 'com.android.application'
    id 'com.google.gms.google-services'
}
```

FIG.3.7–Fichier build.gradle au niveau de l'application

```
buildscript {
    dependencies {
        classpath 'com.google.gms:google-services:4.3.15'
    }
}

// Top-level build file where you can add configuration options common to all sub-projects/modules.
plugins {
    id 'com.android.application' version '7.4.1' apply false
    id 'com.android.library' version '7.4.1' apply false
}
```

FIG. 3.8 – Fichier build.gradle au niveau du projet

Exécuter l'application pour vérifier l'installation de SDK .

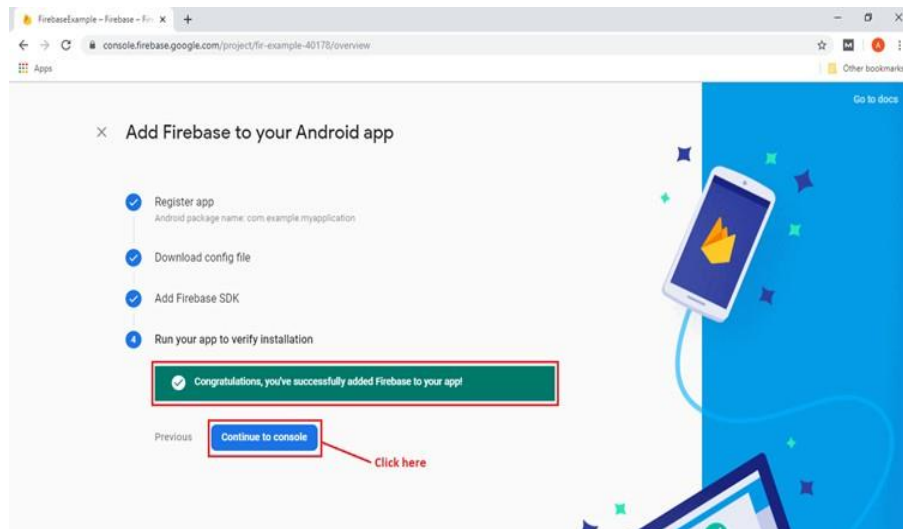


FIG.3.9–Dernière étape de l'implémentation

Enfin, accéder à la console de Firebase.

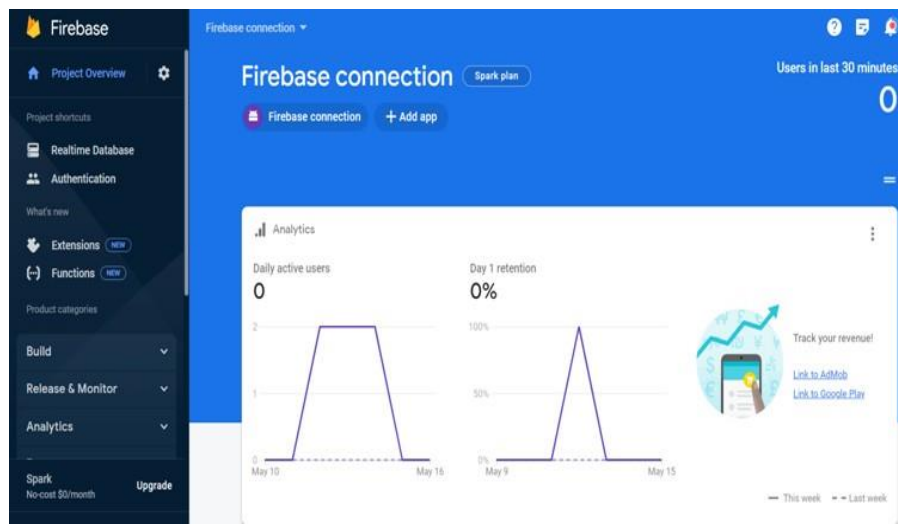


FIG.3.10–Console de Firebase

Firebase Authentication

Firebase Authentication sert à authentifier les utilisateurs auprès de leurs applications. Il présente plusieurs méthodes d'authentification à l'aide de mots de passe, de numéros de téléphone, etc.

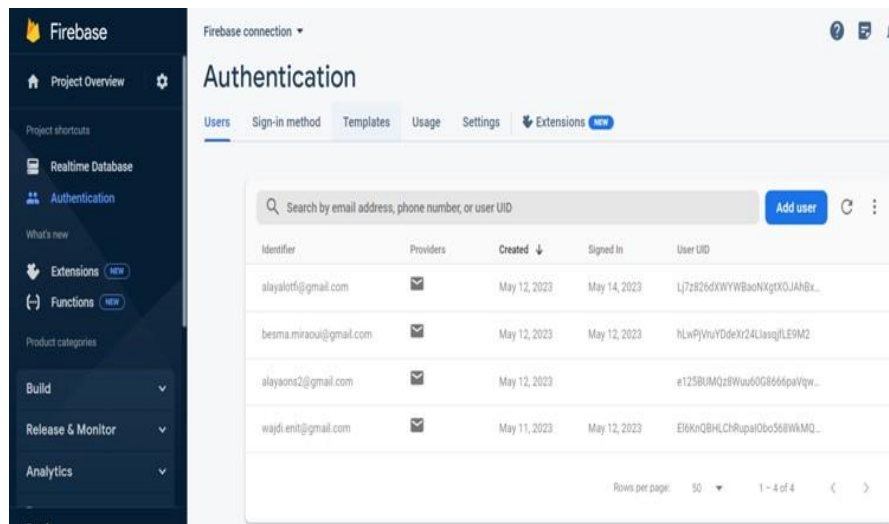


FIG.3.11–FirebaseAuthentication

FirestoreRealtimeDatabase

Les données des capteurs sont stockées dans Realtime Database sous forme de JSON et synchronisées en temps réel sur chaque client connecté.

FIG.3.12

Création et utilisation de l'application

Une application mobile est composée de deux parties, une partie Java et l'autre XML.
Extrait du code JAVA:

```
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_login);
    emailEditText = (EditText) findViewById(R.id.email);
    passwordEditText = (EditText) findViewById(R.id.pwd);
    connexionButton = (Button) findViewById(R.id.cnx);
    inscrir = (TextView) findViewById(R.id.inscrir);

    firebaseAuth = FirebaseAuth.getInstance();

    connexionButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View view) {
            String emailtxt = emailEditText.getText().toString();
            String passwordtxt = passwordEditText.getText().toString();
            if (emailtxt.length() == 0) {
                emailEditText.setError("Email ne doit pas être vide");
                Toast.makeText(context: LoginActivity.this, text: "Email ne doit pas être vide", Toast.LENGTH_LONG).show();
            } else if (passwordtxt.length() < 6) {
                passwordEditText.setError("mot de passe doit être composé au moins de 6 caractères");
                Toast.makeText(context: LoginActivity.this, text: "mot de passe doit être composé au moins de 6 caractères", Toast.LENGTH.
            } else {
                verifylogin(emailtxt, passwordtxt);
            }
        }
    });
}
```

FIG.3.13—Extrait du code JAVA

Extrait du code XML:

```
<ImageView
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="170dp"
    android:gravity="center"
    android:src="@drawable/industrie_4_0" />
<TextView
    android:text="Créer votre compte"
    android:gravity="center"
    android:textSize="30dp"
    android:textColor="#000"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"

    android:id="@+id/textView" />
<EditText
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="50dp"
    android:inputType="textEmailAddress"
    android:hint="Entrer votre nom"
    android:textColor="#000"
    android:id="@+id/name"
    android:gravity="center"/>
```

FIG.3.14—Extrait du code XML

Les différentes interfaces de l'application

Pour se connecter à notre application mobile il faut inscrire tout d'abord. L'inscription se fait suivant les étapes représentées ci-dessous :

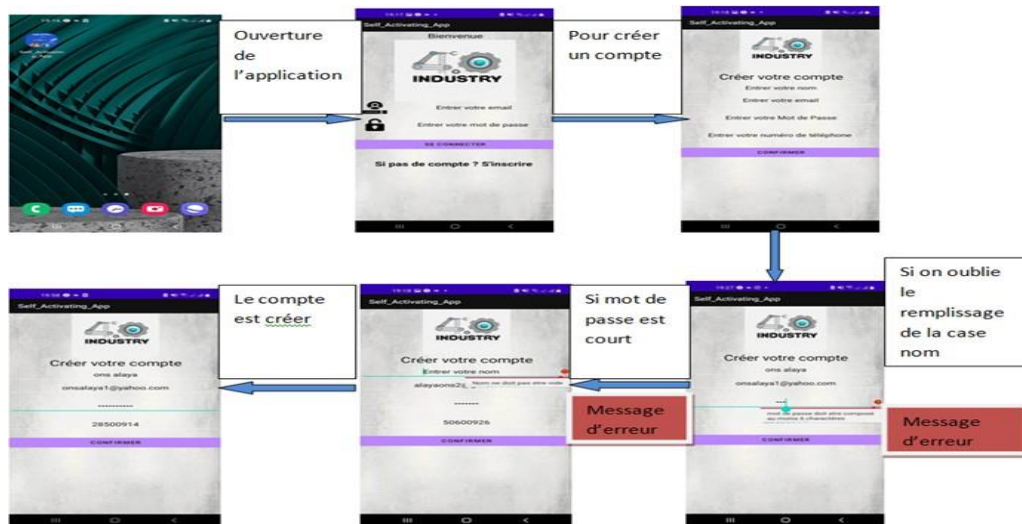


FIG.3.15–les étapes d'inscription

Les figures suivantes présentent les différentes interfaces principales de l'application qui contiennent les fragments d'activation et désactivation des deux moteurs et l'affichage de leurs états en temps réel en affichant la température, l'humidité et le contrôle des pièces.

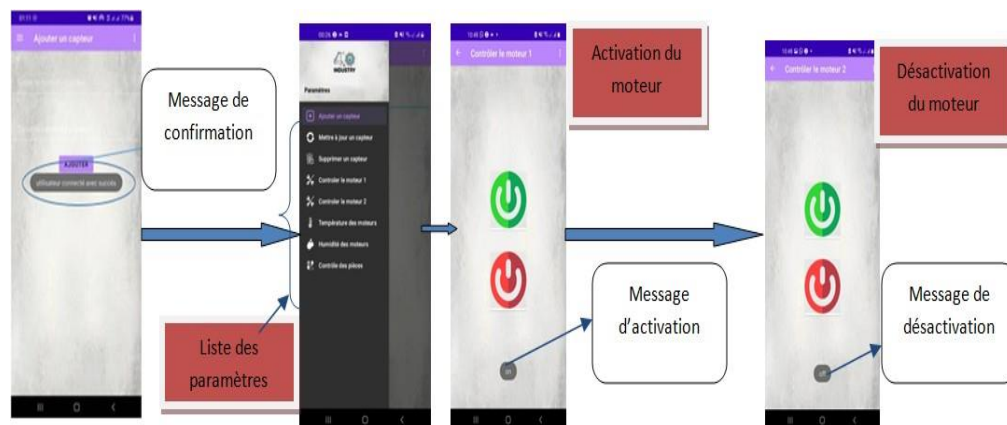


FIG.3.16–Activation et désactivation du moteur

Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté le matériel et l'environnement de développement de notre application et quelques outils et bibliothèques utilisés ainsi que les schémas de câblages de nos composants. Par la suite, nous avons présenté les différentes interfaces de notre application et quelques captures d'écran qui décrivent les fonctionnalités requises.

Conclusion

Conclusion générale

Dans ce travail de projet de fin d'études, nous avons présenté en première étape les composants nécessaires pour la réalisation d'un prototype industriel où on peut appliquer la notion de l'industrie 4.0. Cette partie comprend généralement des capteurs, des cartes électroniques permettant la commande et la supervision du système à distance à l'aide d'un protocole de communication adéquat. Comme carte électronique, on peut citer la carte ARDUINO muni d'un module de connexion Wifi, la carte RASPBERRY à Wifi intégré, la carte NodeMCU8266 et la carte ESP32. Ces deux dernières cartes sont équipées d'origine d'un système de connexion Wifi. La seconde étape est réservée à la programmation des cartes choisies (ESP32). Dans la dernière étape, nous avons présentés les différentes séquences de réalisation d'une application mobile sous Android pour commander et contrôler un prototype d'une chaîne de production industrielle avec un bras qui va faire la sélection des produits. Nous avons commencé d'abord, par des généralités sur la programmation mobile sous Android. Nous avons, aussi, présenté les principaux outils qui nous ont permis de bien développer notre application tel que le langage Java sous Android Studio. Ainsi, l'implémentation du Firebase pour le développement de la base de données et la gestion des événements. Nous avons aussi réalisé un programme permettant la réception des notifications en cas de fonctionnement anormal. Ces choix nous ont permis de réaliser un prototype d'industrie 4.0. Ce projet a été pour nous l'occasion d'améliorer et renforcer nos connaissances théoriques et pratiques sur l'internet des objets (IoT) ainsi que la conception et le développement mobile. L'aspect concret de ce projet nous a plu car nous pouvions voir facilement le résultat de notre travail, ce qui a été très motivant. À l'issue de ce projet, notre application est réalisée dans sa première version. Elle restera toujours ouverte à des perspectives d'amélioration. Nous envisageons d'améliorer notre application mobile pour couvrir des distances importantes. Ceci peut être réalisé avec d'autres cartes électroniques plus puissantes et d'autres modes de connexions et d'autres protocoles de communication.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] <https://www.lantek.com/fr/blog/les-9-piliers-de-lindustrie-40'28/05/2023>'
- [2] <https://www.lantek.com/fr/blog/les-9-piliers-de-lindustrie-40'28/05/2023>'
- [3] OUALIALAMI MOHAMMED, «La Conception d'une prise connectée basée sur la technologied'IoT(InternetofThings)»,Pourl'obtentiondudiplômeIngénieur d'Etat en systèmes électroniques & télécommunications, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah 2016.
- [4] FrédéricLEMOINE,«InternetdesObjetscentréserviceautocontrôlé»,Paris2019.
- [5] NidhalHADJ ABDALLAH, «l'implémentation de l'internet des objets pour des maison intelligentes», PFE Sfax 2019
- [6] NadaSellami,«Conceptionetdéveloppementd'unréseausocialsouslaplateforme Android», Tunis 2018.
- [7] <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11054/2/Microsoft>
- [8] P.F.Étudesurlesbesoinsdecompétencesdansledéveloppementd'applications mobiles, Montréal : Techno Compétences, 2013.
- [9] «FirebaseGuide|Firebase,»[Enligne]:<https://firebase.google.com/docs/guides>

Résumé

Le travail présenté dans ce rapport consiste à appliquer le principe de l'industrie 4.0 sur un prototype de chaîne de production industrielle. Le travail comprend deux parties essentielles. L'une est consacrée à la réalisation pratique du prototype en utilisant des composants électroniques qui doivent avoir la possibilité de connexion avec le Wifi. L'autre est réservée au développement d'une application mobile qui permet de commander le processus et superviser son état en temps réel et à distance.

Mots clés: industrie 4.0, IoT, Wifi, Nuage, ESP32, Capteur.

Abstract

The work presented in this report consists of applying the principle of industry 4.0 to a prototype industrial production line. The work consists of two essential parts. One is devoted to the practical realization of the prototype using electronic components which must have the possibility of connection with Wifi. The other is reserved for the development of a mobile application which makes it possible to control the process and supervise its status in real time and remotely.

Keywords: industry 4.0, IoT, Wifi, Cloud, ESP32, Sensor.

ملخص

* *

يتكون العمل المقدم في هذا التقرير من تطبيق مبدأ الصناعة 4.0 على نموذج أو ليخط الإنتاج الصناعي. يتكون العمل منجزاً أساسيين. أحدهما مكرس لدراسة العمل بالنموذج الأولي باستخدام المكونات الإلكترونية التي يجب أن تتمتع بامكانية الاتصال بالشبكة Wifi. والآخر مخصص لتطوير تطبيق الهاتف المحمول الذي يجعلنا يمكن التحكم في العملية أو الأشراف على حالتها في الوقت الحقيقي عن بعد.

كلمات مفتاحية: الصناعة 4.0، إنترنت، wifi، الأشياء المستشعر، cloud.

Annexes

