



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Prévention et Intervention

### Thème

La protection intelligente :  
application à la conception d'un  
casque de chantier industriel

BACHA Yasser

OUGAD Youcef

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
HABBAR Chafika	PR	IMSI-Univ. D'Oran2	Présidente
BELKHODJA Leila	MCB	IMSI-Univ. D'Oran2	Encadreur
AOUIMER Yamna	MAA	IMSI-Univ. D'Oran2	Examineur

Année 2023/2024

## Résumé

Notre projet, qui se focalise sur la création d'un prototype de casque de sécurité intelligent, vise à améliorer considérablement la sécurité au travail dans les milieux industriels et de construction. Le prototype a comme objectif le contrôle du port du casque et son omission pendant le travail. Il intègre des technologies avancées telles qu'un détecteur de pression (FSR 402), des LEDs pour les indications visuelles et un buzzer pour les avertissements sonores, toutes gérées par un microcontrôleur Arduino Uno. Grâce à une expérimentation approfondie, nous avons approuvé la fonctionnalité du prototype, ce qui marque un tournant majeur dans le domaine de la sécurité au travail.

### ملخص

يهدف مشروعنا إلى زيادة السلامة المهنية بدرجة كبيرة في سياقات الصناعة والتشييد عن طريق وضع نموذج أولي لخوذة السلامة الذكية. ويتضمن النموذج الأولي تكنولوجيا الأحدث عهداً التي يسيطر عليها جهاز تحكم دقيق من طراز **Arduino Uno** ، بما في ذلك جهاز استشعار حساس للضغط (**FSR 402**) ، وأجهزة قياس بصرية لتحديد المواقع، وجهاز إنذار بصري. وقد أكدنا من خلال الاختبار الدقيق أن النموذج قادر على تحديد استخدام الخوذ والاستجابة له، وهو ما يمثل إنجازاً هاماً في تكنولوجيا السلامة في مكان

العمل.

## Abstract

Our project intends to greatly increase working safety in industrial and construction contexts by developing a smart safety helmet prototype. The prototype incorporates cutting-edge technology controlled by an Arduino Uno microcontroller, including a force-sensitive sensor (FSR 402), LEDs for visual indication, and a buzzer for aural alarms. We have confirmed through rigorous testing that the prototype is capable of identifying and reacting to helmet usage, which represents a significant breakthrough in workplace safety technology.

## **Remerciements**

*Avant de présenter les résultats de ce travail, qu'il me soit permis de remercier tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation :*

*Nous remercions remercie avant tout ALLAH le tout puissant, de nous avoir guidé durant toutes les années d'étude et de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre encadrante Dr. **BELKHODJA Leila** pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions également nos professeurs pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont prodigué au cours de ces cinq années passées à l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle à Oran (IMSI).*

*Et enfin nous sommes très reconnaissants de l'aide et des conseils de tout ce qui ont contribué directement et indirectement durant la réalisation de ce projet.*

*BACHA Yasser & OUGAD Youcef*



## ***Dédicaces***

*Je dédie ce modeste travail*

***A l'âme de mon père***

***A ma chère mère***

*Pour son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

***Mes frères et sœurs***

*Qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité, qu'ALLAH vous protège*

## Liste des acronymes

**EN:** European Norm

**FSR:** Force Sensing Resistor

**LED:** Light Emitting Diode

**GND:** Ground

**IDE:** Integrated Development Environment

**GPS:** Global Positioning System

**PPE :** Personal protective equipment

**USB:** Universal Serial Bus

**PWM:** Pulse Width Modulation

**LCD:** Liquid Crystal Display

**WIFI.:** Wireless Fidelity

**MD :** Musculoskeletal Disorder

**PPS :** Personal Protection System.

# Liste des figures

## Chapitre I : Généralités sur les risques au travail

Figure I.1 : Fiche de EPI avec leur norme.....	9
Figure I.2 : Casque industriel .....	10
Figure I.3 : Signalisation des EPIs Obligatoire .....	10
Figure I.4 : Casque de sécurité industriel.....	11
Figure I.5 : Bouchons industriels.....	12
Figure I.6 : Casques de sécurité industriels avec un haut niveau de protection. ....	12
Figure I.7 : Casques isolants électriques.....	13
Figure I.8 : Vêtements de travail.....	14
Figure I.9 : Chaussures de sécurité connectées.....	15
Figure I.10 : Lunettes de protection en réalité augmentée .....	15
Figure I.11 : Gants connectés .....	16
Figure I.12 : Casques connectés.....	16

## Chapitre II : Outils de Conception

Figure II.1 : Description de la carte Arduino Uno.....	21
Figure II.2 : Carte Arduino Uno.....	23
Figure II.3 : Carte Arduino Nano.....	23
Figure II.4 : Carte Arduino Mega.....	23
Figure II.5 : Carte Arduino Leonardo .....	24
Figure II.6 : Carte Arduino Esplora .....	24
Figure II.7 : Carte Arduino Due.....	24
Figure II.8 : Carte Arduino seduino.....	25
Figure II.9 : Carte Arduino pro.....	25
Figure II.10 : Carte Arduino Blackwidow.....	25
Figure II.11 : Carte Arduino Rainbowduino.....	26
Figure II.12 : Carte Arduino teensy.....	26
Figure II.13 : Carte Arduino netduino .....	26
Figure II.14 : Arduino Uno avec tous les composants importants étiquetés.....	27
Figure II.15 : Branchement du système de refroidissement avec Arduino .....	30
Figure II.16 : Système de détection des fuites de gaz intelligent contrôlé par Arduino ...	31

Figure II.17 : Schéma descriptif de FSR 402 .....	32
Figure II.18 : Diagramme la force/pression avec un FSR.....	33
Figure II.19 : Piezo Buzzer Actif.....	35
Figure II.20 : Montage simple d'un Buzzer Actif .....	35
Figure II.21: Light Emitting Diode (LED).....	36
Figure II.22 : Montage simple d'une LED.....	36
Figure II.23 : Interface IDE Arduino .....	38

### **Chapitre III : Conception et Réalisation du Casque Intelligent**

Figure III. 1 : Montage de système .....	44
Figure III. 2 : Intégration du système au prototype proposé .....	44
Figure III. 3 : Vue intérieure détaillée du casque avec le capteur de force FSR 402 Connecté à Arduino Uno.....	45
Figure III. 4 : Montage extérieur du système .....	45
Figure III. 5 : Non-port du casque FSR READING VALUE $\approx 0$ .....	48
Figure III. 6 : Détachement du casque $0 < \text{FSR READING VALUE} < 500$ .....	49
Figure III. 7 : Port du casque FSR READING VALUE $> 500$ .....	49
Figure III. 8 : Utilisation correcte du casque.....	50
Figure III. 9 : Prototype en cas d'omission du casque.....	51
Figure III. 10 : Prototype en cas de détachement du casque .....	51

# SOMMAIRE

Résumé.....	I
Remerciements .....	II
Dédicace.....	III
Listes des acronymes et symboles .....	IV
Listes des figures .....	V
Introduction générale .....	1

## Chapitre I : Généralités sur les risques au travail

Introduction .....	3
I.1 Chantier Industriel .....	3
I.1.1 Définition.....	3
I.1.2 Risques liés aux lieux ou zones de travail .....	4
I.1.3 Conséquences des risques.....	5
I.1.4 Prévention des risques professionnel .....	6
I.1.4.1 définition de prévention .....	6
I.1.4.2 Mesures de prévention.....	7
I.2 Equipements de protection individuelle (EPI).....	9
I.2.1 Définition de EPI .....	9
I.2.2 EPI : Casque industriel.....	9
I.2.2.1 Casque industriel .....	9
I.2.2.2 Couleurs des casques de protection .....	11
I.2.2.3 Normes relatives aux casques de chantier.....	11
I.3 Nouvelles technologies de protection EPI.....	13
I.3.1 Vêtements de travail.....	14
I.3.2 Chaussures de sécurité connectées.....	14
I.3.3 Lunettes de protection en réalité augmentée.....	15
I.3.4 Gants connectés .....	16
I.3.5 Casques connectés.....	16
Conclusion.....	17

## Chapitre II : Outils de Conception

Introduction .....	19
II.1 Partie matérielle .....	19
II.1.1 Arduino .....	19
II.1.1.1 Historique d'Arduino .....	19
II.1.1.2 Description de la carte .....	20
II.1.1.3 Types de cartes Arduino .....	23
II.1.1.4 Choix d'Arduino. ....	26
II.1.1.5 Composants de la carte Arduino .....	27
II.1.1.6 Quelques domaines d'utilisation d'Arduino .....	29
II.1.2 Capteur de force .....	31
II.1.2.1 Capteur FSR 402 .....	32
II.1.2.2 Dimensions .....	32
II.1.2.3 Comment mesurer la force/pression avec un FSR .....	32
II.1.2.4 Caractéristique capteur FSR .....	33
II.1.2.5 Utilisation de FRS 402 .....	34
II.1.3 Piezo Buzzer Actif .....	34
II.1.3.1 Caractéristiques .....	35
II.1.3.2 Montage .....	35
II.1.4. Light Emitting Diode (LED) .....	35
II. 1.4.1 Définition .....	35
II. 1.4.2 Types de LED .....	36
II. 1.4.3 Montage .....	36
II.2 Partie logicielle .....	37
II.2.1 Environnement Arduino IDE .....	37
II.2.2 Fonctionnalités clés d'Arduino IDE .....	37
II.2.3 Structure générale du programme (IDE Arduino) .....	38
Conclusion.....	38

## Chapitre III : Conception et Réalisation du Casque Intelligent

Introduction .....	41
--------------------	----

III.1 Système de protection et de sécurité proposé .....	41
III.1.1 Problématique .....	41
III.1.2 Conception du casque de sécurité intelligent .....	42
III.1.3 Installation de la partie électrique/électronique.....	43
III.1.4 Partie programmation .....	45
III.2 Proposition des fonctionnalités supplémentaires .....	47
III.3 Mise en marche de notre prototype .....	48
Conclusion.....	52
Conclusion générale.....	53

## *Introduction générale*

La sécurité des employés dans les milieux industriels et de construction demeure une préoccupation majeure afin de réduire au minimum les risques d'accidents et de blessures graves. Malgré les règles rigoureuses en vigueur, le non-respect des équipements de sécurité, en particulier le port du casque, reste un défi constant. Afin de résoudre cette problématique, il est essentiel d'intégrer des technologies novatrices afin de garantir une surveillance efficace et en temps réel conforme aux normes de sécurité.

L'objectif principal de ce projet est de concevoir un casque de sécurité intelligent avec un système embarqué qui fait usage de capteurs adéquats et d'une connectivité appropriée afin de repérer le port du système de sécurité et de transmettre des alertes immédiates en cas de son détachement. Ce casque a pour objectif d'améliorer la sécurité des travailleurs en utilisant des composants électroniques tels que des microcontrôleurs, des capteurs de force et des dispositifs de communication. Il assure une surveillance proactive et une réaction rapide aux incidents potentiels, tels que les chutes accidentelles et les pertes de connaissance.

Afin d'aboutir à cet objectif, nous avons organisé ce travail dans ce manuscrit ainsi :

- Dans le premier chapitre nous allons introduire des généralités sur le risque et la sécurité au travail et détailler les différents équipements de protection individuelle,
- Dans le deuxième chapitre, nous détaillerons les différents outils de conception et développement de notre projet, à savoir les composants hardware ainsi que le software
- Nous consacrerons le troisième chapitre à la réalisation de notre système de sécurité intelligent
- Et nous finirons par conclure et donner quelques perspectives.

# *Chapitre I*

## *Généralités sur les risques au travail*

## **Introduction :**

Dans tous les métiers, les travailleurs peuvent être exposés à une multitude de risques sur le lieu de travail. Les mesures d'hygiène et de sécurité s'attaquent à tout l'éventail des dangers présents sur le lieu de travail, de la prévention des accidents à des dangers plus insidieux comme les vapeurs toxiques, la poussière, le bruit, la chaleur, le stress, etc. Les programmes de santé et de sécurité doivent viser à prévenir les maladies et accidents liés au travail plutôt qu'à résoudre les problèmes à posteriori.

Les risques sur le lieu de travail peuvent prendre diverses formes : chimiques, physiques, biologiques, psychologiques, ergonomiques, etc. En raison de la multitude de ces risques et du fait que de nombreux employeurs négligent la santé et la sécurité, les accidents et maladies du travail sont encore un problème grave dans toutes les régions du monde. Par conséquent, les syndicats doivent insister pour que les employeurs luttent contre les dangers à la source et ne forcent pas les travailleurs à s'adapter à des conditions dangereuses.

Dans ce chapitre, nous allons nous focaliser sur les risques professionnels, leurs types ainsi que la prévention. Nous allons mettre l'accent en particulier sur un des moyens de protection : le casque de chantier de travail.

## **I.1 Chantier Industriel :**

### **I.1.1 Définition :**

Le chantier industriel, appelé aussi lieu ou zone de travail est, selon l'institut national de la statistique et des études économiques, « la zone géographique où une personne exerce son activité professionnelle ». Il peut également être défini comme le local, le bâtiment où le travail est accompli de manière habituelle.

*Le Code du travail définit les lieux de travail comme « les lieux destinés à recevoir des postes de travail situés ou non dans les bâtiments de l'établissement, ainsi que tout autre endroit compris dans l'aire de l'établissement auquel le travailleur a accès dans le cadre de son travail ».*

Le lieu de travail est fondamental pour la santé et la sécurité des salariés car il doit permettre aux salariés de travailler dans un environnement sain. L'employeur doit par exemple vérifier que les bâtiments soient en bon état, doit garantir le bon fonctionnement de tous les équipements, éviter toute situation dangereuse telle que la chute de matériau. L'employeur est donc

garant de la santé et la sécurité de ses salariés sur le lieu de travail, même en cas de travail à distance [1]. Ces derniers peuvent présenter de nombreux risques pour la santé et la sécurité des travailleurs.

### **I.1.2 Les risques liés aux lieux ou zones de travail :**

Le risque de travail, également connu sous le nom de risque professionnel, se réfère à la probabilité de survenue d'événements indésirables pouvant affecter la santé, la sécurité ou le bien-être des travailleurs dans le cadre de leur activité professionnelle. Ces risques peuvent être variés et incluent, entre autres, les risques physiques, chimiques, biologiques, ergonomiques et psychosociaux [2].

#### **a) Risques physiques :**

- Chutes de hauteur depuis des échelles, des plates-formes ou des structures élevées.
- Risques de glissade et de chute sur des sols mouillés, gras ou mal entretenus.
- Risques de heurts contre des objets, des machines ou des équipements en mouvement.
- Exposition à des températures extrêmes, au bruit, aux vibrations ou aux radiations.

#### **b) Risques chimiques :**

- Exposition aux produits chimiques dangereux, tels que les gaz toxiques, les vapeurs, les liquides corrosifs ou les poussières nocives.
- Manipulation incorrecte ou stockage inadéquat de substances chimiques, pouvant entraîner des intoxications, des brûlures ou des réactions allergiques.

#### **c) Risques biologiques :**

- Exposition à des agents biologiques tels que les virus, les bactéries, les champignons ou les moisissures, pouvant causer des infections ou des maladies professionnelles.

#### **d) Risques ergonomiques :**

- Postures de travail inconfortables ou répétitives pouvant entraîner des troubles musculo-squelettiques (TMS) tels que les troubles du dos, les tendinites ou les syndromes du canal carpien.
- Manipulation manuelle de charges lourdes, pouvant provoquer des blessures au dos ou aux membres.

**e) Risques psychosociaux :**

- Stress lié au travail, au surmenage, aux conflits interpersonnels ou aux exigences professionnelles élevées.
- Harcèlement moral ou sexuel sur le lieu de travail, discrimination ou violence verbale.
- Isolement social ou manque de soutien au sein de l'organisation.

**f) Risques électriques :**

- Exposition à des chocs électriques dus à des câbles dénudés, des installations défectueuses ou des équipements mal isolés.
- Risques d'incendie ou d'explosion en raison de surcharges électriques ou de courts-circuits.

**i) Risques liés aux machines et aux équipements :**

- Risques de pincement, d'écrasement ou de coupure lors de l'utilisation de machines ou d'équipements industriels.
- Défaillances mécaniques ou mauvaise utilisation des équipements, pouvant entraîner des accidents graves.

**j) Risques environnementaux :**

- Exposition à des conditions environnementales extrêmes telles que la chaleur, le froid, l'humidité ou le manque d'oxygène.
- Risques d'effondrement ou d'instabilité des structures ou des bâtiments.

**I.1.3 Conséquences des risques :**

Elles correspondent aux effets négatifs engendrés sur la santé du travailleur causés par un agent interne ou externe. Les différents impacts sont comme suit : [2]

**a) Impact sur les travailleurs :**

- **Santé physique :** Les accidents du travail peuvent causer des blessures légères à graves, voire la mort. L'exposition à des substances dangereuses peut causer des maladies professionnelles à court ou long terme, comme des cancers, des maladies respiratoires ou des troubles musculo-squelettiques.

- **Santé mentale** : Le stress, la fatigue mentale, le harcèlement et la violence au travail peuvent causer des troubles anxieux, dépressifs, et d'autres problèmes de santé mentale.
- **Bien-être général** : La douleur physique et psychologique, la perte de productivité et l'absentéisme peuvent nuire au bien-être général des travailleurs et à leur qualité de vie.

#### b) Impact sur les entreprises :

- **Coûts directs** : Les accidents du travail et les maladies professionnelles engendrent des coûts directs importants pour les entreprises, tels que les frais médicaux, les indemnités d'accident du travail, les frais de réparation et de remplacement des équipements.
- **Coûts indirects** : La perte de productivité, l'absentéisme, le turnover et les frais juridiques constituent des coûts indirects importants pour les entreprises.
- **Image de marque** : Une mauvaise réputation en matière de sécurité et de santé au travail peut nuire à l'image de marque de l'entreprise et à sa capacité à attirer et à retenir les meilleurs talents.

#### c) Impact sur la société :

- **Coûts de santé** : La société prend en charge une partie des coûts des accidents du travail et des maladies professionnelles par la sécurité sociale.
- **Perte de production** : La baisse de productivité due aux accidents du travail et aux maladies professionnelles affecte la production et la croissance économique.
- **Exclusion sociale** : Les travailleurs victimes d'accidents du travail ou de maladies professionnelles peuvent se retrouver en situation d'invalidité et exclus du marché du travail.

### I.1.4 Prévention des risques professionnel :

#### I.1.4.1 Définition de prévention

La prévention des risques professionnels, est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour préserver la santé et la sécurité des salariés, améliorer les conditions de travail et tendre au bien-être au travail. Elle vise à anticiper et à limiter les conséquences humaines, sociales

et économiques des accidents du travail et des maladies professionnelles. Elle repose sur des principes, des méthodes et des outils. Elle se concrétise au quotidien par une implication de chacun, des pratiques de métier, la mise en œuvre de ces principes et le respect de valeurs essentielles : en d'autres termes, développer dans l'entreprise une culture de prévention.

Aujourd'hui, la prévention ne vise plus seulement à réduire le nombre d'accidents du travail et de maladies professionnelles, mais aussi à éliminer ou, tout au moins, à réduire l'ensemble des risques professionnels. La prévention des risques professionnels est une prérogative de l'employeur qui doit assurer la sécurité des salariés afin de protéger leur santé physique et mentale. [3]

#### **I.1.4.2 Mesures de prévention :**

Pour éviter les risques et promouvoir un environnement de travail sûr et sécurisé, nous citons quelques mesures de prévention qui peuvent être mises en place dans une entreprise :

- **Identification des dangers** : Effectuer une évaluation approfondie des risques pour identifier les dangers potentiels dans les zones de travail. Cela peut inclure l'inspection régulière des équipements, des infrastructures et des processus de travail, ainsi que la consultation des travailleurs pour recueillir leurs observations sur les dangers éventuels.
- **Formation et sensibilisation** : Fournir une formation adéquate aux travailleurs sur les risques spécifiques associés à leur travail, ainsi que sur les mesures de prévention appropriées. Sensibiliser les employés aux dangers potentiels et aux procédures de sécurité à suivre est essentiel pour réduire les accidents et les blessures.
- **Utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI)** : Fournir aux travailleurs les équipements de protection individuelle appropriés en fonction des risques identifiés. Cela peut inclure des casques, des lunettes de protection, des gants, des chaussures de sécurité, des harnais de sécurité, etc.
- **Mise en place de procédures de sécurité** : Élaborer et mettre en œuvre des procédures de sécurité claires pour chaque tâche ou processus de travail. Assurez-vous que les travailleurs comprennent et suivent ces procédures pour minimiser les risques d'accidents et d'incidents.
- **Maintenance préventive** : Effectuer régulièrement la maintenance préventive des équipements, des machines et des installations pour réduire les risques de défaillance

ou de panne. La maintenance régulière permet de détecter et de corriger les problèmes avant qu'ils ne deviennent des sources de danger pour les travailleurs.

- **Gestion des déchets et des substances dangereuses** : Mettre en place des procédures appropriées pour la manipulation, le stockage et l'élimination des déchets et des substances dangereuses. Assurez-vous que les travailleurs sont formés sur les bonnes pratiques à suivre pour éviter les expositions nocives.
- **Surveillance de la santé et de la sécurité** : Effectuer une surveillance régulière de l'environnement de travail, y compris la surveillance de la qualité de l'air, du bruit, de la température, etc. Cela permet d'identifier les problèmes potentiels et de prendre des mesures correctives appropriées.
- **Promotion d'une culture de sécurité** : Encourager une culture de sécurité au sein de l'organisation en valorisant les comportements sûrs, en encourageant la communication ouverte sur les questions de sécurité et en reconnaissant les contributions à l'amélioration de la sécurité au travail.
- **Adapter le travail à l'homme** : est une mesure de prévention phare qui s'appuie sur les 9 principes fondamentaux de la prévention des risques. Cette démarche consiste en particulier à adapter la conception d'un poste de travail. D'autre part, le choix des méthodes de travail ou des équipements s'inscrit également au cœur de cette mesure. Cet élément de prévention a pour but de limiter le travail répétitif et monotone et ainsi de réduire leurs effets sur la santé physique et mentale des salariés.
- **Remplacer ce qui est dangereux** : cette mesure de prévention consiste à limiter les risques d'accident en remplaçant ce qui est dangereux par quelque chose de moins dangereux. Cela implique à la fois le matériel utilisé par les employés, mais aussi les méthodes de travail. En effet, lorsqu'il est possible de substituer certaines façons de travailler par des méthodes moins dangereuses pour la santé mentale et physique des salariés, cela doit être envisagé. Cette mesure se traduit, par exemple, par le remplacement d'un produit nocif par un autre produit moins néfaste offrant le même résultat.
- **Aménagement du lieu de travail** : c'est une mesure qui consiste à assurer une certaine ergonomie des postes de travail, un éclairage suffisant et adapté, une température ambiante confortable, une circulation aisée et un rangement de marchandises accessible sans surcharge des étagères.[3].[4]

## I.2 Equipements de protection individuelle (EPI) :

### I.2.1 Définition de EPI :

EPI, acronyme de Equipements de Protection Individuelle, sont des dispositifs destinés à protéger une personne contre un ou plusieurs risques pour sa santé et sa sécurité. Selon les articles cités dans les différents codes de travail, l'employeur doit fournir à ses salariés ou intérimaires des équipements de protection individuelle adaptés en fonction des risques liés au poste de travail de chacun.

Les EPI ont pour objectif de préserver les salariés contre de nombreux risques professionnels. Ainsi, il s'agit de chaussures de sécurité, de casques de protection, de masques, de gants ou encore de lunettes de protection (figure I.1).



Figure I.1 Fiche de EPI avec leur norme.

Si l'employeur a obligation de proposer ces équipements à l'ensemble des salariés concernés, il est également responsable du maintien des EPI dans un état hygiénique satisfaisant [4] [5]

### I.2.2 EPI : Casque industriel :

#### I.2.2.1 Casque industriel :

La tête est l'une des parties les plus vitales de notre corps et les conséquences de blessures ne doivent pas être sous-estimées. Le port d'une protection de la tête appropriée est dès lors indispensable. A cet égard, il ne convient pas uniquement de tenir compte de la chute d'objets, mais aussi du risque de chocs dans les locaux confinés ou de l'exposition au froid, à la chaleur, aux projections de métal en fusion ou à un contact avec de l'électricité. [6]



**Figure I.2 :** Casque industriel

Le casque de protection pour l'industrie, appelé aussi casque de sécurité ou casque de chantier (figure I.2), est un type de casque utilisé principalement sur les chantiers et autres zones de travail dangereuses pour protéger la tête du porteur contre les blessures occasionnées par la chute d'objets, les impacts avec d'autres objets, les débris mais aussi du mauvais temps, de la chaleur et des flammes ainsi que des chocs électriques.

Le port d'un casque de chantier sur un site de construction est obligatoire dans tous les cas. Il existe également un certain nombre de situations supplémentaires où le port du casque de chantier est obligatoire.

- Dans les lieux où cela **est indiqué** (par un signe).



**Figure I.3** Signalisation des EPIs Obligatoire

- Dans les environnements où il existe un risque de chute d'objets. Ou encore là où des objets peuvent s'envoler, par exemple. Comme c'est presque toujours le cas sur les chantiers de construction, le port d'un casque de chantier y est presque toujours obligatoire ;
- Dans les endroits où le risque de coincement ou d'impact est réel. Dans la pratique, le port d'un casque de chantier est donc souvent obligatoire à proximité des machines.

### **I.2.2.2 Couleurs des casques de protection :**

Les codes couleurs portés par les casques de chantier ont une signification particulière. En fait, ils sont choisis en fonction des responsabilités ou du métier de chaque opérateur et ils sont imposés par les employeurs. Les casques blancs par exemple, sont réservés aux chefs de chantier, aux ingénieurs, aux conducteurs de travaux et aux visiteurs et les casques jaunes sont destinés aux maçons.

Les casques orange, quant à eux, sont souvent portés par les chaudronniers et les casques bleus sont utilisés par les chefs d'équipe, les charpentiers et les électriciens. Enfin, les casques rouges sont faits pour les responsables Hygiène Sécurité et Environnement et les casques verts sont fabriqués pour les médecins. .[7]

### **I.2.2.3 Normes relatives aux casques de chantier :**

Les normes suivantes s'appliquent à l'utilisation de casques de protection :

#### **- Casques de sécurité industriels :**

Ce type de casque a la norme EN 397 et sert à protéger la tête contre les dangers mécaniques, thermiques et électriques (figureI.4). [8]



**Figure I.4 : Casque de sécurité industriel.**

Il peut être fabriqué dans différents matériaux, ventilés ou non, à réglage coulissant ou à bouton rotatif, avec visière courte ou longue, éventuellement munis d'encoches de montage (serrure) pour permettre la combinaison avec d'autres EPI.

**- Bouchons industriels :**

Ce type de casque a la norme **EN 812** spécifie les exigences de performance pour le casque antichoc pour l'industrie. Le casque antichoc pour l'industrie est destiné à protéger l'utilisateur des effets d'un choc de tête contre un objet dur et immobile, dont la gravité est telle qu'elle provoque une déchirure ou autres blessures superficielles. [9]



**Figure I.5** Bouchons industriels.

**- Casques de sécurité industriels avec un haut niveau de protection :**

Ce type de casque a la norme **EN 14052** correspond à la norme haute performance pour les casques de sécurité (figure I.6). Le cahier des charges inclut les exigences de protection contre les chocs latéraux.[10]



**Figure I.6** Casques de sécurité industriels avec un haut niveau de protection.

Les tests exigent que le casque résiste à un choc :

- De 150 joules sur la coquille ;
- De 100 joules sur le dessus (soit un poids de 58 kg tombant de 2 mètres de haut) ;
- De 50 joules sur le côté (soit un poids de 5 kg chutant de 1 mètre latéralement) ;

**- Casques isolants électriques :**

Ce type de casque a la norme **EN 50365** concerne les casques de protection à isolation électrique (figure 1.7). Les casques de protection sont soumis à la norme EN 397 qui définit les exigences générales de conception, de fabrication et de marquage. Les casques qui possèdent la norme EN 50365 permettent de protéger l'utilisateur contre les risques de contact avec des conducteurs électriques sous tension. L'intensité de ce risque dépendra du niveau de voltage des installations sous tensions sur lesquelles l'utilisateur est amené à intervenir. [11]



**Figure III.7** Casques isolants électriques.

### **I.3 Nouvelles technologies de protection EPI :**

Les équipements de protection individuelle (EPI) font constamment l'objet de perfectionnements pour répondre aux besoins des utilisateurs, professionnels et particuliers. Une tendance actuelle est l'EPI intelligent, voire le système de protection individuelle (SPI) intelligent. Alors qu'on trouve déjà dans le commerce les premiers produits, plusieurs problèmes restent à résoudre avant que les EPI plus complexes destinés à usage professionnel puissent être lancés sur le marché.

### I.3.1 Vêtements de travail :

En la matière, les innovations sont nombreuses. Pour améliorer la visibilité des travailleurs et réduire les risques de jour comme de nuit, les fabricants d'EPI proposent des tenues intégrant des LED.

Par exemple, Elkesen innove en intégrant des batteries parfaitement étanches pouvant être lavées en machine. Un vrai plus pour faciliter l'entretien.

Le fabricant renforce la sécurité de son gilet de signalisation en le dotant d'un système anticollision. Dès lors qu'un engin pénètre dans le périmètre de sécurité d'un opérateur, c'est-à-dire lorsqu'il se trouve à moins de 400 mètres, le gilet connecté déclenche une alerte sonore, des vibrations et active toutes ses LED.[12]



**Figure I.8** Vêtements de travail.

### I.3.2 Chaussures de sécurité connectées :

La filiale d'Eram, Parade, a conçu une gamme de chaussures de chantier particulièrement intelligentes. Dotées d'un capteur de mouvement, d'un accéléromètre et d'un gyroscope, ces souliers sont capables de détecter une chute brutale, de géolocaliser le porteur, d'alerter les secours en cas d'accident et même de rassurer le travailleur en attendant leur arrivée. Le système de localisation permet aussi de suivre un ouvrier qui pénétrerait dans une zone à risque ou interdite.

Cette intelligence est concentrée dans 30 grammes seulement. L'objectif du fabricant est de ne pas alourdir les chaussures pour ne pas rendre le travail encore plus pénible.[12]



Figure I.9 Chaussures de sécurité connectées.

### I.3.3 Les lunettes de protection en réalité augmentée :

Ces lunettes de protection sont équipées d'une caméra (figure 1.10). Leur mission est d'augmenter les capacités sensorielles et d'afficher des informations ou des pictogrammes d'alerte... Par exemple, certains fabricants développent des lunettes de sécurité pour les chauffeurs de véhicules. Leur but est de prévenir le risque d'accident en cas d'endormissement. [12]



Figure I.10 Lunettes de protection en réalité augmentée

### I.3.4 Gants connectés :

Les innovations sont relativement limitées en la matière mais leur efficacité est manifeste. Ainsi, le gant change de couleur lorsqu'il entre en contact avec une substance chimique dangereuse ou lorsqu'il détecte des températures trop fortes ou à l'inverse trop basses.

Encore en phase de test, le manchon connecté est une innovation qui fait ses preuves. Ce terminal porté sur l'avant-bras de l'opérateur permet de le guider et de l'informer en temps réel.[12]



Figure I.11 Gants connectés

### I.3.5 Casques connectés :

Équipement indispensable sur un chantier, la protection de la tête embarque désormais des capteurs permettant d'avertir un opérateur en présence d'émanations de gaz toxiques. Certains intègrent des lunettes ou une visière sur laquelle s'affiche des informations en RA. [12]



Figure I.12 Casques connectés.

Depuis quelques années, divers instituts de recherche et entreprises travaillent sur des projets relatifs aux EPI, bénéficiant pour certains du soutien financier de l'UE ou d'autorités nationales ou régionales.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur les risques industriels de travail. La prévention des accidents joue un rôle crucial dans la promotion de la sécurité et du bien-être au travail. En évaluant les risques, en formant les employés, en utilisant des équipements de protection, en mettant en œuvre des procédures de sécurité et en promouvant une culture de sécurité, les entreprises peuvent réduire considérablement les incidents et les blessures.

## *Chapitre II*

### *Outils de conception du prototype proposé*

## **Introduction :**

De nos jours, l'électronique se substitue de plus en plus à l'électronique programmée. Le terme "système embarqué" ou "informatique embarquée" est également utilisé. L'objectif est de rendre les schémas électroniques plus simples et donc de diminuer l'utilisation des composants électroniques, ce qui permet de réduire le coût de fabrication d'un produit. Cela entraîne la création de systèmes plus complexes et efficaces pour un espace restreint.

Depuis l'apparition de l'électronique, son développement est rapide et se poursuit encore aujourd'hui. Ce que nous allons présenter dans ce chapitre est un mélange d'électronique et de programmation utilisé pour concevoir notre système intelligent d'EPI.

## **II.1 Partie du matériel :**

### **II.1.1 Arduino :**

Arduino est une plateforme de développement électronique open-source créée en 2005 par une équipe italienne dirigée par Massimo Banzi. Elle permet de créer des projets interactifs et innovants en fournissant une carte de développement équipée d'un microcontrôleur programmable. L'environnement de développement intégré (IDE) d'Arduino facilite l'écriture du code et propose une bibliothèque de code pré-écrit.

Arduino est connu pour sa nature open-source, ce qui permet aux utilisateurs de personnaliser la plateforme selon leurs besoins. Il est largement utilisé dans des domaines tels que l'automatisation domestique, la robotique, l'Internet des objets, etc. Arduino offre une plateforme accessible et abordable pour explorer l'électronique et la programmation, favorisant la créativité et la concrétisation d'idées. [13]

#### **II.1.1.1 Historique d'Arduino :**

Le développement d'Arduino remonte au début des années 2000, lorsque Massimo Banzi, un enseignant italien, et son équipe ont commencé à travailler sur un projet de microcontrôleur open-source pour aider leurs étudiants à créer des projets interactifs. En 2005, ils ont officiellement lancé Arduino en tant que plateforme open-source, offrant une solution conviviale et abordable pour les amateurs, les étudiants, les artistes et les ingénieurs qui souhaitaient créer des prototypes électroniques.

La première carte Arduino, connue sous le nom de "Arduino Serial", était basée sur le microcontrôleur ATmega8. Cette première version a rapidement évolué avec l'introduction de nouveaux modèles offrant une variété de fonctionnalités et de performances améliorées. En 2008,

Arduino a introduit la populaire carte Arduino Uno, qui est devenue une référence dans le monde de l'électronique DIY (Do It Yourself).

L'environnement de développement intégré (IDE) d'Arduino, basé sur le langage de programmation Processing, a également joué un rôle crucial dans son succès. Il offre une interface conviviale et simplifiée, ce qui facilite la programmation même pour les débutants tout en offrant suffisamment de flexibilité pour les utilisateurs avancés.

Au fil des ans, Arduino est devenu une plateforme de choix pour une grande variété de projets, allant de l'automatisation domestique aux installations artistiques interactives en passant par les applications robotiques et IoT (Internet des objets). Sa communauté active et mondiale a joué un rôle essentiel dans son développement, en partageant des projets, des tutoriels et des conseils sur les forums en ligne et les réseaux sociaux.

Aujourd'hui, Arduino continue d'évoluer avec de nouvelles cartes, de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux projets innovants. Il reste une force motrice dans la démocratisation de l'électronique et de la programmation, permettant à quiconque de créer des projets créatifs et technologiquement avancés.

Arduino continue d'évoluer, avec des initiatives visant à intégrer l'Internet des objets (IoT) et des technologies de pointe comme l'intelligence artificielle (IA). Des cartes telles que l'Arduino MKR et la série Arduino Nano 33 sont conçues pour des applications IoT et intègrent des fonctionnalités comme la connectivité Wi-Fi et Bluetooth.

Aujourd'hui, Arduino est devenu un outil fondamental pour l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) dans le monde entier, tout en continuant à être une plateforme préférée pour les projets de prototypage et les innovations technologiques. Aujourd'hui, Arduino est largement utilisé dans le monde entier par des amateurs, des étudiants, des artistes, des concepteurs et des ingénieurs. Sa nature open-source a permis à la communauté de développer une multitude de projets et d'applications, allant de l'automatisation domestique à la robotique en passant par l'Internet des objets. Arduino continue d'évoluer et de s'adapter aux besoins changeants des utilisateurs, tout en restant fidèle à sa mission d'offrir une plateforme accessible et polyvalente pour l'électronique et la programmation.

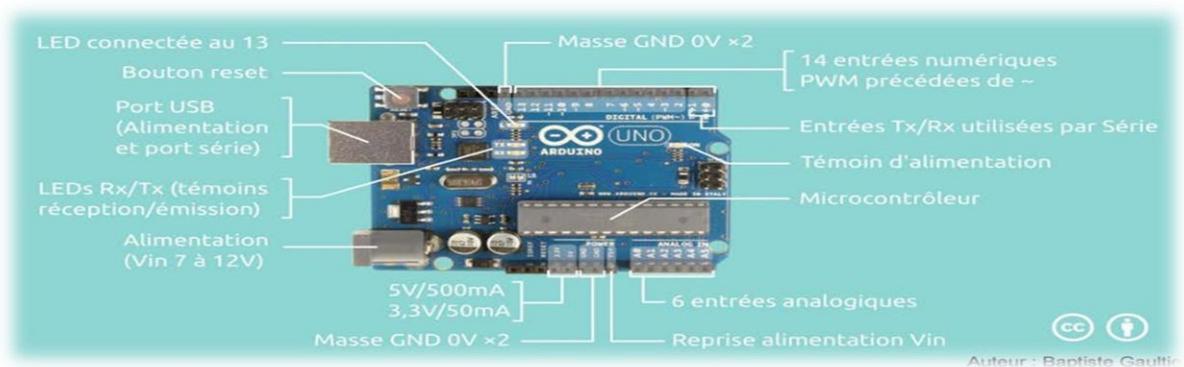
### **II.1.1.2 Description de la carte :**

Les cartes Arduino sont des plateformes matérielles open-source conçues pour le prototypage électronique facile et accessible. Voici une description détaillée de la carte Arduino, en utilisant

l'exemple de l'Arduino Uno, l'une des cartes les plus populaires et représentatives de la famille Arduino (Figure II.1).

#### a) Microcontrôleur :

- Type: ATmega328P
- Fonction : Le microcontrôleur est le cerveau de la carte Arduino, exécutant les programmes et contrôlant les entrées et sorties.
- Caractéristiques : 32 KB de mémoire flash pour le stockage des programmes, 2 KB de SRAM pour les variables en cours d'exécution, et 1 KB d'EEPROM pour les données non volatiles.



**Figure II.1:** Description de la carte Arduino Uno

#### b) Broches d'Entrée/Sortie (I/O) :

- Broches Digitales : 14 broches numériques, dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM (Pulse Width Modulation). Elles sont utilisées pour lire ou envoyer des signaux numériques (0 ou 1).
- Broches Analogiques : 6 entrées analogiques, qui permettent de lire des signaux analogiques et les convertir en valeurs numériques (via un convertisseur analogique-numérique intégré).
- Courant Maximal : Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40 mA, avec un courant recommandé de 20 mA pour éviter d'endommager la carte.

#### c) Connecteurs :

- USB : Un port USB de type B utilisé pour programmer la carte et pour la communication série avec un ordinateur. Le port USB peut également alimenter la carte.
- Connecteur d'Alimentation Externe : Un connecteur d'alimentation (jack) permettant de brancher une source d'alimentation externe, avec une tension d'entrée recommandée de 7 à 12V.

- Connecteur ICSP (In-Circuit Serial Programming) : Utilisé pour programmer directement le microcontrôleur.

**d) Régulateur de Tension :**

- Fonction : Le régulateur de tension convertit l'alimentation externe en une tension stable de 5V nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur et des autres composants.
- Tensions : La carte peut être alimentée via l'USB (5V) ou via le connecteur d'alimentation externe (7-12V recommandé).

**e) Oscillateur à Quartz :**

- Fréquence : 16 MHz
- Fonction : Fournit une horloge stable pour le microcontrôleur, assurant une exécution précise des instructions.

**f) Mémoire :**

- Flash : 32 KB (0. 5 KB utilisés par le bootloader)
- SRAM : 2 KB
- EEPROM : 1 KB
- Fonction : La mémoire flash stocke les programmes, la SRAM est utilisée pour les variables en cours d'exécution, et l'EEPROM pour les données qui doivent persister après une réinitialisation.

**g) LEDs :**

- LED ON : Indique que la carte est sous tension.
- LED "L" : Connectée à la broche numérique 13, souvent utilisée pour des tests basiques.
- LED RX/TX : Indiquent la transmission et la réception de données via le port série.

**h) Bouton de Réinitialisation :**

Fonction : Permet de redémarrer le programme en cours d'exécution sans débrancher la carte.

Les cartes Arduino, et en particulier l'Arduino Uno, offrent une combinaison de simplicité, de flexibilité et de puissance pour le prototypage électronique. Leur conception open-source permet aux utilisateurs de personnaliser et d'étendre les capacités de leurs projets. Les nombreuses broches d'entrée/sortie, les options de connectivité et l'abondante documentation rendent Arduino adapté à une large gamme d'applications, des projets éducatifs simples aux prototypes complexes. [14] .[15]

### II.1.1.3 Types de cartes Arduino :

Il existe trois types de cartes :

- « Officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Projects.
- « Compatibles » qui ne sont pas fabriqués par Smart Projects, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.
- « Autres » fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...)

Voici quelques différentes cartes arduino qui sont disponibles sur le marché :

a. **Carte Uno** : C'est la carte base de l'Arduino, elle est simple à utiliser. [16]



Figure II. 2: Carte Arduino Uno.

b. **Arduino Nano** :

Cette carte est plus petite et plus compacte que l'Uno, ce qui la rend idéale pour les projets intégrés. Elle dispose également de plusieurs broches d'entrée/sortie analogiques et numériques.

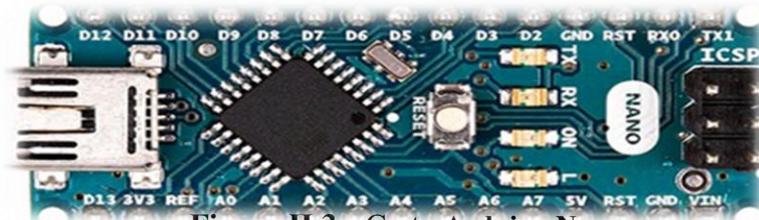


Figure II.3 : Carte Arduino Nano.

c. **Arduino Mega**:

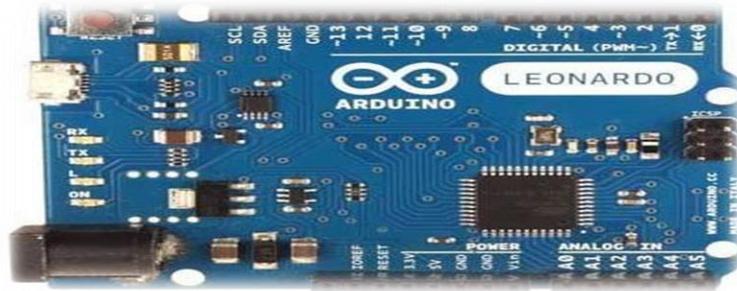
Cette carte offre un grand nombre de broches d'entrée/sortie, ce qui la rend idéale pour les projets complexes nécessitant de nombreux capteurs et actionneurs



Figure II. 4: Carte Arduino Mega

**d. Arduino Leonardo:**

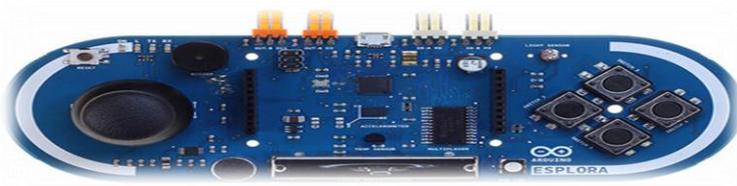
Cette carte est unique en ce sens qu'elle peut être utilisée comme périphérique USB, ce qui signifie qu'elle peut être facilement connectée à un ordinateur pour la communication et la programmation.



**Figure II. 5 :** Carte Arduino Leonardo

**e. Arduino Esplora:**

La carte Esplora est dérivée de la carte Arduino Leonardo et est basée sur un ATmega 32U4. Elle contient une implantation d'image elle est utilisée généralement dans les manettes de jeux (dimension : 6.1x16.51cm).



**Figure II. 6 :** Carte Arduino Esplora.

**f. Arduino Due:**

C'est la carte Arduino la plus puissante, avec un processeur 32 bits et plus de mémoire. Elle est idéale pour les projets nécessitant des performances et des capacités de traitement élevées



**Figure II. 7 :** Carte Arduino Due.

**g. La carte seduino:**

C'est type Arduino constituée de : AT méga 328p au format CMS avec des entrées analogique el plus A6 et A7 Des portes 12c et série pour faciliter le câblage



Figure II. 8 : Carte Arduino seeduino.

**h. La carte Arduino pro:**

(Par Sparkfun) : Pour les circuits finit elle ne contient pas des ports USB juste le nécessaire pour fonctionner. Elle n'est pas chère, sa taille est réduite.



Figure II. 9 : Carte Arduino pro.

**i. Carte Arduino Blackwood:**

Créé par Asynclabs, c'est une carte Arduino avec module wifi.

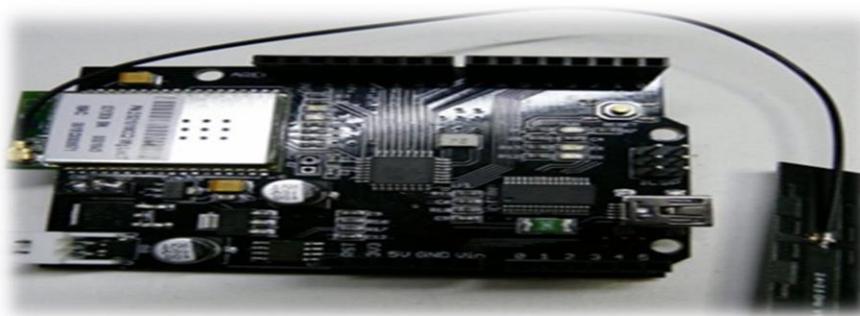


Figure II. 10 : Carte Arduino Blackwidow.

**j. Carte Rainbowduino:**

C'est une carte créée par Seedstudio, c'est une matrice 8x8 de LED.

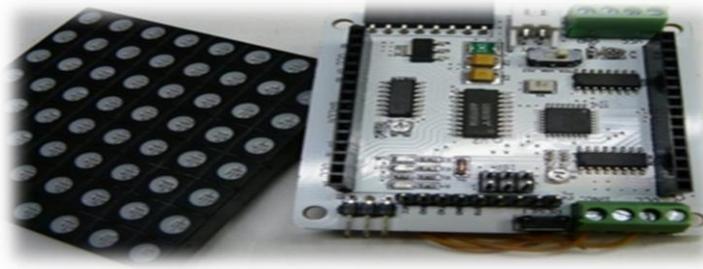


Figure II. 11 : Carte Arduino Rainbowduino.

**k. Carte teensy:**

Les cartes dites compatible avec Arduino sont : Teensy++ 2.0 (par PJRC) : Carte compatible (logiciel) avec Arduino

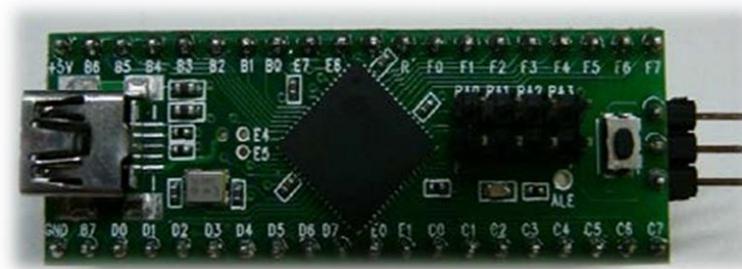


Figure II. 12 : Carte Arduino teensy.

**l. Carte netduino:**

Elle ressemble à la forme classique d'arduino mais elle diffère de langage car elle utilise (C# ou V.net)

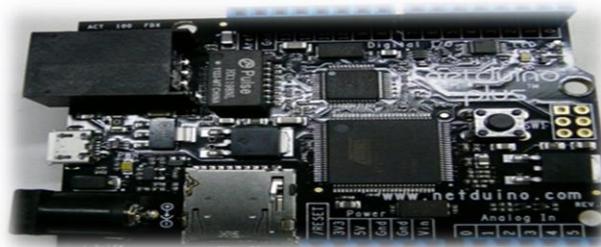


Figure II. 13 : Carte Arduino netduino. [17]

**II.1.1.4. Choix d'Arduino :**

Des plateformes basées sur des microcontrôleurs sont disponibles pour l'électronique programmée sur de nombreuses cartes électroniques. Ces différents outils sont capables de prendre en compte les détails complexes de la programmation et de les incorporer dans une présentation facile à manipuler. De la même manière, le système Arduino facilite le fonctionnement des microcontrôleurs tout en proposant aux personnes intéressées plusieurs bénéfices mentionnés ci-dessous [18] :

- Le prix (réduits), Les cartes Arduino sont relativement abordables en termes de prix par rapport aux autres plates-formes. La version la plus abordable du module Arduino peut être assemblée manuellement (les cartes Arduino pré-assemblées sont plus chères). plus de 2500 Dinars).
- Le logiciel Arduino, développé en JAVA, est compatible avec les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La majorité des microcontrôleurs sont restreints à Windows.
- Un cadre de programmation clair et convivial : Le logiciel Arduino IDE est un environnement de programmation Arduino facile à utiliser pour les novices, tout en étant suffisamment souple pour que les utilisateurs avancés puissent également en bénéficier.
- Logiciel Open Source et extensible : le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).
- Matériel Open source et extensible : Atmel ATMEGA8, ATMEGA168 et ATMEGA 328 sont utilisés pour les cartes Arduino, qui sont open source et extensibles. Les schémas des modules sont disponibles sous licence créative Commons. Les concepteurs de circuits expérimentés ont la possibilité de créer leur propre version des cartes Arduino en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs novices peuvent concevoir la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dans le but de saisir son fonctionnement afin de réduire les dépenses.

#### II.1.1.5. Composants de la carte Arduino :

Dans la figure II.14, sont détaillés les principaux composants d'une carte Arduino Uno (prise comme exemple).

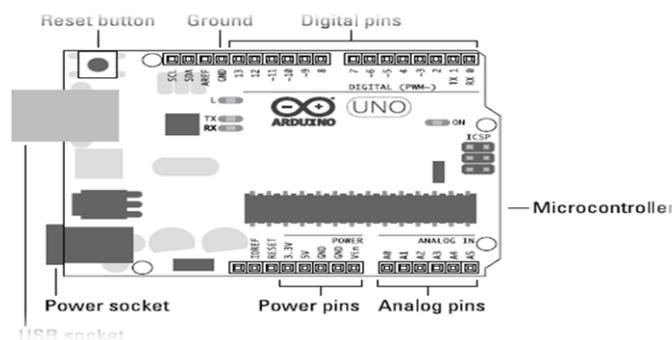


Figure II. 14 : Arduino Uno avec tous les composants importants étiquetés

- **Épines numériques:**

Des broches numériques sont utilisées pour envoyer et recevoir des signaux numériques, il y a 14 broches. L'expression « numérique » implique que les broches peuvent être en deux états : off et on.

En électricité, ces états sont définis comme étant de 0 ou 5 volts, sans valeurs intermédiaires.

- **Épines analogiques:**

Pour obtenir une valeur analogique, il faut utiliser 6 épines et des broches analogiques. Une valeur analogique parmi un ensemble de valeurs peut être choisie. Il y a une plage similaire à celle des broches numériques, allant de 0V à 5V, mais la valeur peut varier (n'importe quelle valeur – 0,1, 0,2, 0,3, etc...).

- **La sortie analogique:**

On peut trouver des broches de sortie analogiques, mais elles sont dissimulées parmi les broches numériques étiquetées PWM avec le symbole.

La modulation de largeur d'impulsion (PWM) est une technique utilisée pour modifier la largeur d'impulsion.

Effectuer la représentation d'une sortie analogique en utilisant des broches numériques.

Le symbole (~) s'affiche à côté des broches numériques 3, 5, 6, 9, 10 et 11, indiquant qu'on a six broches compatibles PWM.

- **Connecteurs alimentation:**

Les broches d'alimentation sont employées afin de répartir l'alimentation aux entrées et sorties, où elle est requise.

On peut utiliser le vin (source de tension extérieure) afin de générer une tension (V) équivalente à la source d'alimentation externe (par exemple 12V). Il est possible d'utiliser cette broche pour alimenter l'Arduino à partir d'une autre source.

Les broches de terre, appelées GND, sont indispensables pour compléter les circuits. La broche 13 est aussi utilisée comme une troisième terre. Chacune de ces broches est reliée entre elles et partage le même terrain. Les composants ou les circuits sont alimentés par 5 V ou 3,3 V.

- **Port USB:**

Le programme communique avec le microcontrôleur de la carte Arduino afin de lui donner des instructions.

La grande prise métallique est équipée d'un port USB A-B. Il ressemble à celui que vous utilisez

sur votre imprimante ou votre scanner à domicile. L'Arduino utilise l'interface USB pour alimenter et transférer les données. Il est parfait d'utiliser un câble USB pour les applications à faible consommation et pour la transmission de données vers et depuis un ordinateur.

- **Prise de courant:**

La connexion se trouve à proximité de la prise USB. Grâce à cette connexion, l'Arduino peut être alimenté à partir d'une source distincte. On peut utiliser un convertisseur AC-DC, une batterie ou même un panneau solaire comme source d'énergie solaire. La fiche positive centrale de 2,1 mm est nécessaire pour le connecteur.

- **Le bouton de réinitialisation:**

La carte Uno est équipée d'un bouton de réinitialisation à côté du connecteur USB. Quand il est maintenu pendant un certain temps, il redémarre ou arrête le programme Arduino. On peut obtenir les mêmes résultats en reliant un fil entre la GND et la goupille de réinitialisation, qui se trouve à proximité de la 3.3V. [19]. [20]

### II.1.1.8. Quelques domaines d'utilisation d'Arduino :

Les domaines d'application de l'Arduino sont divers en électronique industrielle et embarquée. Nous citons à titre d'exemple deux applications en sécurité : refroidissement et fuite de gaz.

- **Système de refroidissement à base d'Arduino :**

Un refroidisseur est un appareil qui permet de contrôler la température d'un appareil ou d'un système en évacuant la chaleur générée par celui-ci. On l'utilise fréquemment dans les ordinateurs, les serveurs, les appareils électroniques et les véhicules afin d'éviter la surchauffe et garantir un bon fonctionnement.

Différents systèmes de refroidissement existent, comme les ventilateurs, les radiateurs, les dissipateurs de chaleur et les refroidisseurs à eau. Chaque type de système fonctionne de manière distincte et est élaboré pour satisfaire des besoins particuliers. Par exemple, les ordinateurs et les appareils électroniques de petite taille sont fréquemment refroidis par des ventilateurs, tandis que les serveurs et les appareils de grande taille sont refroidis par des refroidisseurs à eau.

Un exemple de ce projet, cité dans [13], vise à créer un système de refroidissement utilisant Arduino et un code écrit dans l'IDE Arduino pour lire les données de température et contrôler le dispositif en question. Le système utilise un capteur de température DTH11, un ventilateur et un écran LCD. Lorsque la carte Arduino détecte une température supérieure à 28°C, le ventilateur tourne jusqu'à atteindre une température inférieure à 28°C.

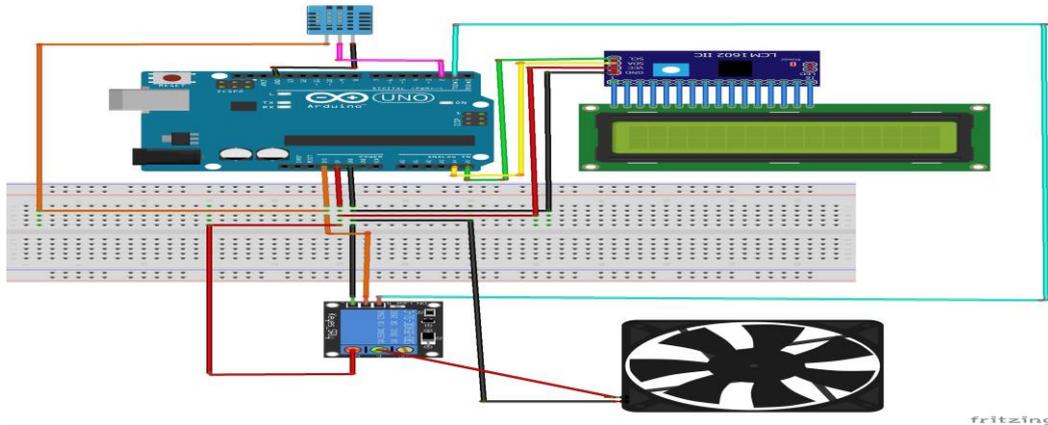
Le montage est réalisé, selon la figure II.15, ainsi :

-Pour le relais :

- La broche S à la borne numérique N°1 de la carte Arduino
- La broche (+) à la borne 3.3V de la carte Arduino
- La broche (-) du relais à la borne GND de la carte Arduino
- La broche ON du relais à la borne 5V de la carte Arduino

-Pour le ventilateur :

- La broche (+) à la broche COM du relais
- La broche (-) à la borne GND de la carte Arduino



**Figure II.15** : Branchement du système de refroidissement avec Arduino [21]

-Pour le capteur DHT11 :

- La broche DATA à la borne numérique N°2 de la carte Arduino.
- La broche VCC à la borne 3.3V de la carte Arduino
- La broche GND à la borne GND de la carte Arduino

-Pour l'afficheur LCD :

- La broche VCC à la borne 5V de la carte Arduino
- La broche GND du relais à la borne GND de la carte Arduino
- La broche SDA à la borne analogique A4 de la carte Arduino.
- La broche SCL à la borne analogique A5 de la carte Arduino. [21]

Le programme correspondant du système de refroidissement est détaillé ci-dessous :

▪ **Système de détection des fuites de gaz intelligent contrôlé par Arduino :**

Dans le projet décrit dans [22] un système de détection de fuite de gaz et contrôlé par la carte Arduino peut être connecté à des maisons, des bureaux, des usines, et des centres de distribution

de gaz. Il fait appel à un capteur de gaz MQ-4, qui en cas de détection d'une fuite de gaz par le capteur, la carte Arduino envoie un courriel d'alerte par WIFI.

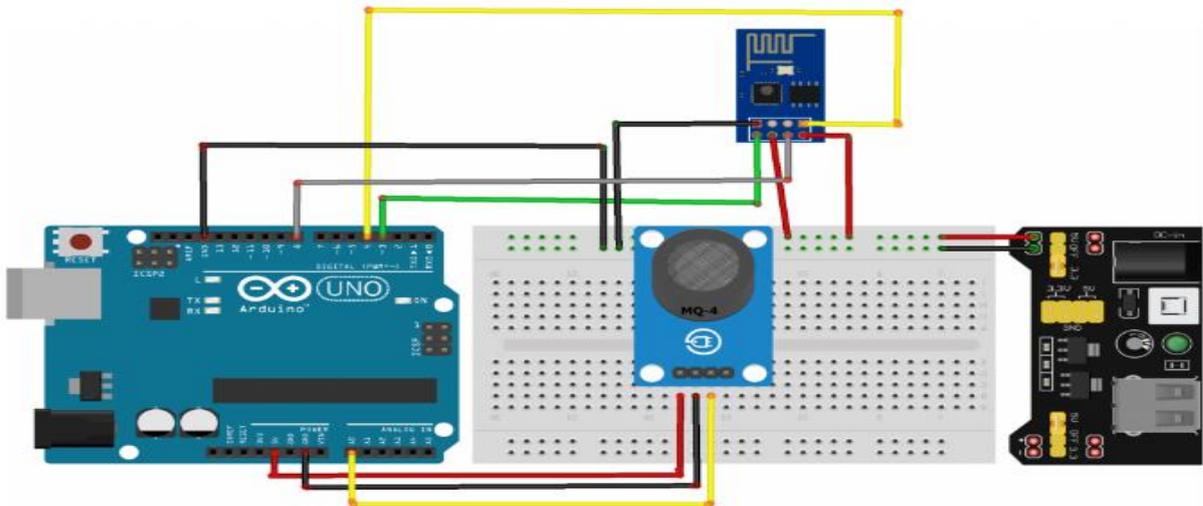
Le montage est réalisé ainsi (figure II.16) :

-Pour le capteur MQ-4 :

- La broche DO à la broche A0 de la carte Arduino
- La broche VCC à la broche 5V de la carte Arduino
- La broche GND à la broche GND de la carte Arduino

-Pour le module ESP8266, on connecte :

- La broche RX à la broche 4 de la carte Arduino
- La broche TX à la broche 3 de la carte Arduino
- La broche GND au GND de la carte Arduino
- Les deux broches 3V3 et EN à la broche 5V du module de l'alimentation.
- La broche RST à la broche 8 de la carte Arduino les deux broches 3V3 et EN à la broche 5V du module de l'alimentation.[22]



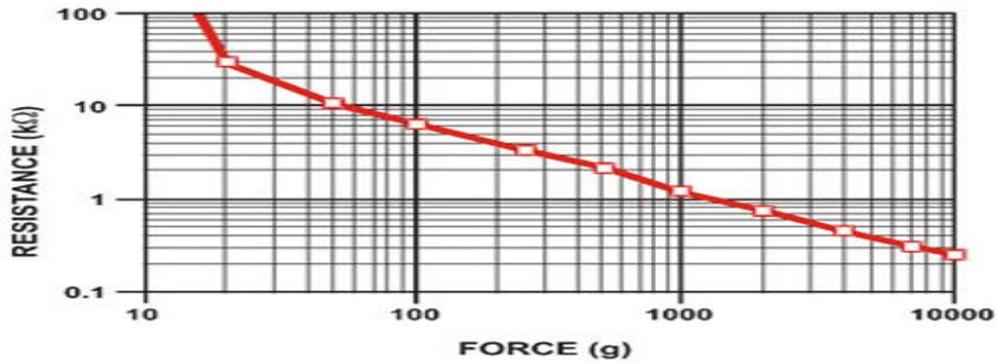
**Figure II.16** : Système de détection des fuites de gaz intelligent contrôlé par Arduino [22]

### II.1.2. Capteur de force :

Un capteur de force à résistance ou capteur de force résistif, abrégé FSR (Force Sensing Resistor), est un dispositif utilisé pour convertir une force appliquée sur un objet en un signal électrique. Dans ce qui suit nous présentons les caractéristiques de capteur FSR 402 utilisé pour concevoir notre projet.



approximativement la résistance du capteur à différentes mesures de force.



**Figure II.18** Diagramme la force/pression avec un FSR

### II.1.2.3. Les caractéristique capteur FSR :

Les capteurs FSR (Force-Sensing Resistor) sont des dispositifs utilisés pour mesurer la force ou la pression appliquée à une surface. Voici quelques caractéristiques typiques des capteurs FSR :

- *Sensibilité* : Les capteurs FSR sont sensibles aux variations de pression ou de force appliquée. Leur sensibilité peut être ajustée en fonction de la résistance de la surface active du capteur.
- *Gamme de mesure* : Ils peuvent être conçus pour mesurer des forces allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes, en fonction de la conception spécifique du capteur.
- *Résolution* : La résolution d'un capteur FSR se réfère à la plus petite variation de force qu'il peut détecter de manière fiable. Une résolution plus élevée permet des mesures plus précises.
- *Linéarité* : Idéalement, les capteurs FSR devraient produire une réponse linéaire à la force appliquée, ce qui signifie que la sortie du capteur devrait varier proportionnellement à la force appliquée.
- *Temps de réponse* : Il s'agit du temps nécessaire au capteur pour détecter un changement de force appliquée et produire une sortie correspondante. Un temps de réponse plus rapide est généralement préférable pour des applications nécessitant des mesures en temps réel.
- *Durabilité* : Les capteurs FSR doivent être suffisamment durables pour résister à des milliers voire des millions de cycles de charge et de décharge sans dégradation significative de leurs performances.
- *Taille et forme* : Les capteurs FSR sont disponibles dans une variété de tailles et de formes pour s'adapter à diverses applications. Certains sont minces et flexibles, ce qui les rend adaptés à une intégration facile dans des dispositifs électroniques, tandis que d'autres peuvent être plus robustes pour des applications industrielles. [25]

#### II.1.2.4. Utilisation de FRS 402 :

Le FSR 402, en tant que capteur de force sensible, est utilisé dans une variété d'applications où la détection de la pression ou de la force est nécessaire. Voici quelques exemples d'utilisation du FSR 402 :

1. *Interfaces homme-machine* : Le FSR 402 peut être intégré dans des dispositifs d'interface homme-machine tels que des écrans tactiles, des pavés tactiles, des claviers sensibles à la pression, des joysticks et des manettes de jeu. Il permet de détecter les interactions tactiles, telles que les touches ou les mouvements de doigts, et de convertir ces informations en entrées électriques pour les appareils électroniques.
2. *Applications médicales* : Dans le domaine médical, le FSR 402 est utilisé pour surveiller la pression exercée sur certaines parties du corps. Par exemple, il peut être intégré dans des matelas médicaux pour détecter les points de pression et prévenir les escarres chez les patients alités pendant de longues périodes.
3. *Robotique* : Le FSR 402 est largement utilisé dans la robotique pour fournir des informations de rétroaction sur les forces exercées par les robots lors de leurs interactions avec l'environnement ou avec des objets. Il peut être intégré dans les pinces robotiques, les bras articulés et d'autres parties des robots pour surveiller et contrôler la force appliquée.
4. *Applications de sécurité et de surveillance* : Le FSR 402 peut être utilisé dans des systèmes de sécurité et de surveillance pour détecter les intrusions ou les manipulations. Par exemple, il peut être intégré dans des tapis de sol pour détecter la présence de personnes dans une zone donnée ou dans des dispositifs de détection de poids pour détecter les objets laissés sur des surfaces sensibles.
5. *Dispositifs portables et wearables* : En raison de sa petite taille et de sa faible consommation d'énergie, le FSR 402 peut être intégré dans des dispositifs portables et des wearables pour surveiller l'activité physique, la posture ou d'autres paramètres physiologiques. Par exemple, il peut être utilisé dans des semelles de chaussures connectées pour surveiller la répartition du poids corporel pendant la marche ou la course.

#### II.1.3. Piezo Buzzer Actif :

Le Piezo Buzzer Actif est un petit bijou de technologie qui vous permettra de créer des sons et des mélodies à partir de votre microcontrôleur ou de carte Arduino. Avec sa petite taille et sa grande puissance, ce buzzer est idéal pour les projets électroniques et les expériences sonores. Il est facile à utiliser et à intégrer dans les projets, et permettra de créer des sons et des mélodies uniques en un rien de temps. Que vous soyez un débutant ou un expert en électronique, le Piezo Buzzer Actif

est un choix parfait pour tous vos projets sonores. Le Buzzer ACTIF fabrique du bruit quand il reçoit une alimentation continue, comme une sonnette. Quant au Buzzer PASSIF, il se comportera plutôt comme un mini haut-parleur à alimenter par un signal audio à diffuser. Le choix se fera en fonction de la conception du montage.[26]



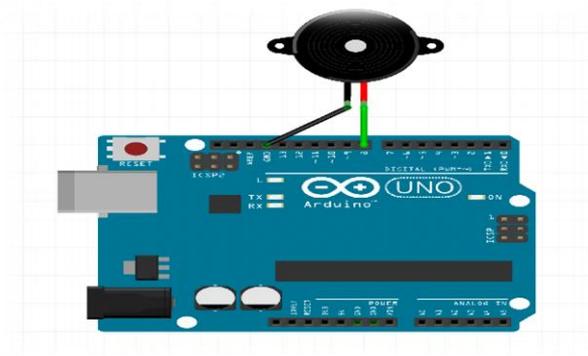
**Figure II.19 :** Piezo Buzzer Actif

### II.1.3.1. Caractéristiques :

- Composant à souder
- Fréquence : 4000Hz
- Puissance à 10cm : 80db
- Dimensions (hors pins) : Ø10x10 mm
- Poids : 1g

### II.1.3.2 Montage :

La figure ci-dessous montre un circuit simple de Buzzer Actif.



**Figure II.20 :** Montage simple d'un Buzzer Actif

## II.1.4. Light Emitting Diode (LED):

### II. 1.4.1 Définition :

C'est une diode électroluminescente, appelée le plus souvent sous l'anglicisme LED (Light-Emitting Diode), composant électronique émettant de la lumière lorsqu'il est parcouru par un

courant électrique. Une LED ne possède pas de filament qui chauffe à la manière d'une ampoule incandescente. La LED émet la lumière par le biais d'une petite puce électronique et le procédé, la luminescence, est plus efficace que l'incandescence. [27]



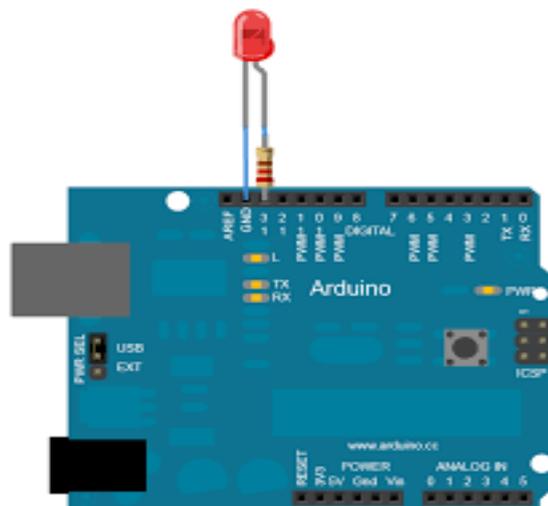
**Figure II.21:** Light Emitting Diode (LED)

### II. 1.4.2 Types de LED :

Vous trouverez ci-dessous la liste des différents types de LED conçues à partir de semi-conducteurs :

- LED miniatures
- LED haute puissance
- LED clignotante
- Bi et Tricolore
- LED rouge vert bleu
- LED alphanumérique [28]

### II. 1.4.3. Montage:



**Figure II.22:** Montage simple d'une LED

## II.2. Partie logicielle :

### II.2.1. Environnement Arduino IDE :

The Arduino IDE is a cross-platform application (available for Windows, macOS, and Linux) that is used to write and upload programs to Arduino-compatible boards. It includes a code editor with features such as syntax highlighting, brace matching, and automatic indentation, as well as a simple one-click mechanism to compile and upload programs to the board. The IDE also provides a serial monitor that allows users to communicate with their Arduino board. The programming language used in the IDE is a simplified version of C/C++, which makes it accessible for beginners while retaining powerful capabilities for more advanced users. [29]

### II.2.2. Fonctionnalités clés d'arduino IDE :

#### Éditeur de Code :

- Coloration Syntaxique : Facilite la lecture et l'écriture du code en utilisant différentes couleurs pour différents éléments du code (mots-clés, variables, commentaires, etc.).
- Indentation Automatique : Améliore la lisibilité du code en alignant automatiquement les lignes de code selon leur structure logique.
- Correspondance des Accolades : Aide à garder une trace des blocs de code en surlignant les accolades correspondantes lorsqu'une accolade est sélectionnée.

#### Compilation et Téléversement :

- Vérification du Code : Le bouton "Vérifier" compile le code et signale les erreurs de syntaxe ou de compilation sans téléverser le programme sur la carte.
- Téléversement Simplifié : Le bouton "Téléverser" compile le code et le téléverse sur la carte Arduino en une seule étape.

#### Moniteur Série :

- Communication en Temps Réel : Permet de lire et d'envoyer des données à la carte Arduino en temps réel, ce qui est utile pour le débogage et l'interaction avec les capteurs et autres périphériques.
- Réglage du Baud Rate : Permet de configurer la vitesse de communication série entre l'ordinateur et la carte Arduino.

#### Bibliothèques Intégrées :

- Bibliothèques Standard : Inclut de nombreuses bibliothèques pour simplifier l'utilisation de composants courants comme les capteurs, les écrans, les moteurs, etc.

- Gestionnaire de Bibliothèques : Facilite l'ajout, la mise à jour et la gestion des bibliothèques tierces directement depuis l'IDE.

### Support Multiplateforme :

- Compatibilité Windows, MacOS et Linux : L'IDE fonctionne sur les principaux systèmes d'exploitation, permettant aux utilisateurs de développer sur la plateforme de leur choix.

### Exemples de Code :

- Programmes Exemples : Fournit de nombreux exemples de code pour aider les utilisateurs à démarrer rapidement et à comprendre comment utiliser les différentes fonctionnalités et composants.

### Personnalisation :

- Réglages de l'IDE : Permet de personnaliser divers aspects de l'interface utilisateur et du comportement de l'IDE, comme les préférences de l'éditeur de code et les options de compilation. [29]

**II.2.3. Structure générale du programme (IDE Arduino)** Comme tout langage de programmation, il est possible d'exécuter une interface flexible et simple sur n'importe quel système d'exploitation Arduino qui utilise la programmation en C. [30]

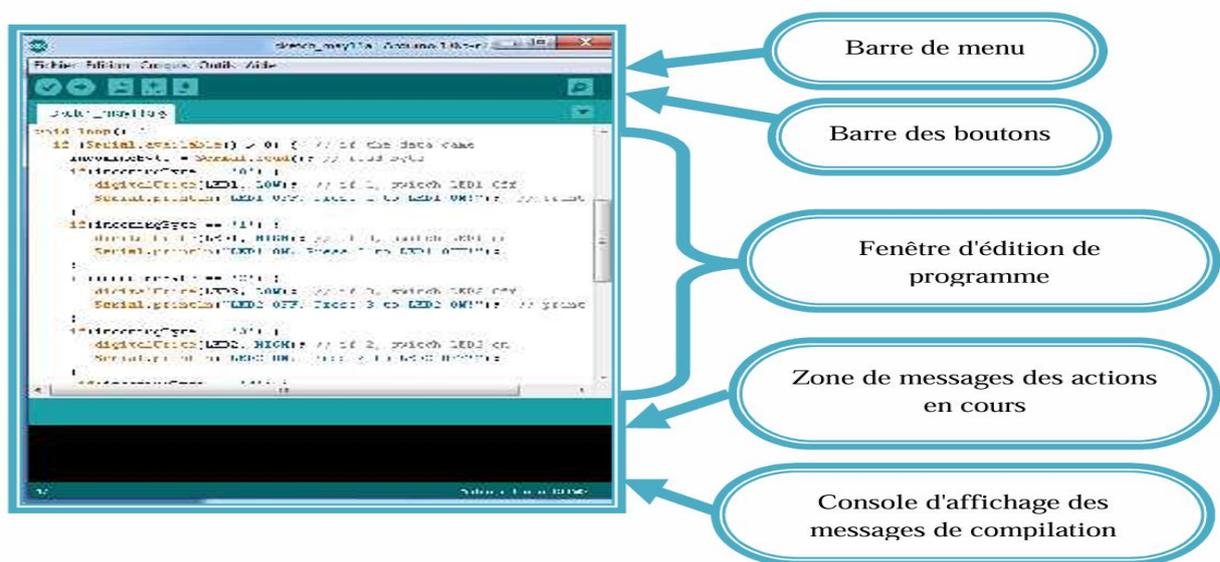


Figure II.23 Interface IDE Arduino

### Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné attentivement les divers matériaux et éléments indispensables à la réalisation de notre prototype. Chaque composant, allant des LED au buzzer

en passant par l'Arduino et le capteur FSR, a été minutieusement sélectionné en fonction de ses caractéristiques particulières qui contribuent à la fonctionnalité globale du dispositif. Le but principal était de choisir des éléments solides et compatibles qui assurent la fiabilité et les performances du prototype.

En analysant les caractéristiques techniques de chaque élément, nous avons pu déterminer comment ils interagissent entre eux afin d'atteindre les fonctions désirées du prototype.

L'intégration harmonieuse de ces éléments dans un système cohérent est une étape essentielle vers la création d'une solution fonctionnelle et performante.

## *Chapitre III*

# *Conception et Réalisation du Casque Intelligent*

**Introduction :**

Dans ce chapitre, notre attention sera portée sur l'utilisation des outils et des techniques qui vont aider à concevoir un prototype de casque intelligent de sécurité. L'objectif de ce projet est d'améliorer la sécurité des employés dans les secteurs industriels et de construction en assurant le port du casque de sécurité grâce à des technologies de détection et de communication de pointe.

Nous exposerons les différents éléments matériels et logiciels employés, ainsi que les étapes qui ont conduit à la conception et à la réalisation de notre projet de fin d'études. L'objectif de cette innovation est d'améliorer la conformité aux normes de sécurité et de proposer une solution proactive pour gérer les risques sur les espaces professionnels.

**III.1 Système de protection et de sécurité proposé :****III.1.1 Problématique :**

Dans les milieux industriels et de construction, l'inobservation des mesures de sécurité, telles que le port du casque, met les employés en danger de graves blessures. De nos jours, aucune méthode efficace et en temps réel n'est disponible pour vérifier si les travailleurs portent toujours leur casque de sécurité, ni pour localiser rapidement les travailleurs en cas d'urgence. Le manque de surveillance et de communication peut causer des accidents, des retards dans les interventions d'urgence et une gestion inefficace des protocoles de sécurité.

Pour résoudre cette problématique, nous avons pensé à intégrer un système embarqué sur un casque de sécurité classique. Le système suggéré a pour objectif de résoudre ces problèmes en garantissant une surveillance constante du port du casque, une localisation en temps réel des employés et une communication immédiate afin de renforcer la sécurité et la conformité sur les lieux de travail.

L'objectif principal du Smart Security Hard Hat proposé est de créer un système de surveillance du port d'équipement de sécurité pour aligner la conformité des travailleurs aux normes internationales. Ceci en intégrant des composants électroniques comme des microcontrôleurs et des capteurs. Le casque est appelé à détecter efficacement le port ou l'omission de ce dernier tout en transmettant en temps réel les données du travailleur à une salle de contrôle centrale.

Notons que dans ce mémoire, la partie basique de la réalisation, à savoir le port et l'omission du casque va être traitée en détail. Les autres fonctionnalités vont être développées en parallèle dans la suite de ce travail qui fait l'objet d'un projet de fin d'étude Startup intitulée « Wiqaya-Tech : Smart Security Hard Hat »

### **III.1.2 Conception du casque de sécurité intelligent :**

Dans cette partie, nous allons nous focaliser sur la conception du système de sécurité intelligent proposé, qui doit assurer la sécurité de l'employé sur les chantiers et dans les environnements industriels. Nous avons choisi de l'embarquer sur un casque de chantier EN 397, avec un système qui est capable de repérer s'il est porté par un employé et de transmettre des alertes visuelles et sonores en temps réel en cas de son omission.

Pour atteindre cet objectif, nous avons intégré à ce système les composants suivants :

- Un capteur de force de type FSR402,
- Un microcontrôleur Arduino Uno,
- Des LEDs
- Et un buzzer piézo actif.

**La fonction de chaque élément est comme suit :**

#### **- Arduino Uno :**

- Description : Le microcontrôleur est employé afin de gérer les entrées/sorties.
- Fonction : Analyse les informations provenant du capteur de force et régule les LEDs et le buzzer en fonction.

#### **- Capteur de Force (FSR 402) :**

- Description : Capteur de résistance à la pression sensible à la force.
- Fonction : Repère la pression exercée par la tête du travailleur pendant qu'il porte le casque. La résistance du capteur varie avec la force appliquée, ce qui permet d'obtenir une lecture analogique proportionnelle à la pression.

#### **- LEDs (rouge et bleu) :**

- LED Bleu :

- Description : Signal visuel signalant le port correct du casque.
  - Fonction : Se met en marche lorsque le capteur détecte une pression adéquate.
- LED Rouge :
- Description : L'indicateur visuel de casque non porté est une LED allumée rouge.
  - Fonction : S'active lorsque le capteur ne perçoit pas une pression adéquate.

**- Buzzer Actif Piézo :**

- Description : outil qui permet d'envoyer des notifications sonores
- La fonction consiste à produire un son lorsque le casque n'est pas porté pendant plus de trois secondes.

**III.1.3 Installation de la partie électrique/électronique :**

Le montage du système, illustré dans les figures III.1 et III.2 (sur le casque), utilise :

- **Un Capteur de Force (FSR 402) :**

- Connecté entre l'entrée analogique A0 et la masse (GND).

- Un diviseur de tension est utilisé avec une résistance de pull-down pour obtenir une lecture analogique proportionnelle à la force appliquée.

- **LED Bleu :**

Connectée à la broche numérique 10 via une résistance limitant le courant.

- **LED Rouge :**

Connectée à la broche numérique 9 via une résistance limitant le courant.

- **Buzzer Piézo Actif :**

Connecté à la broche numérique 11.

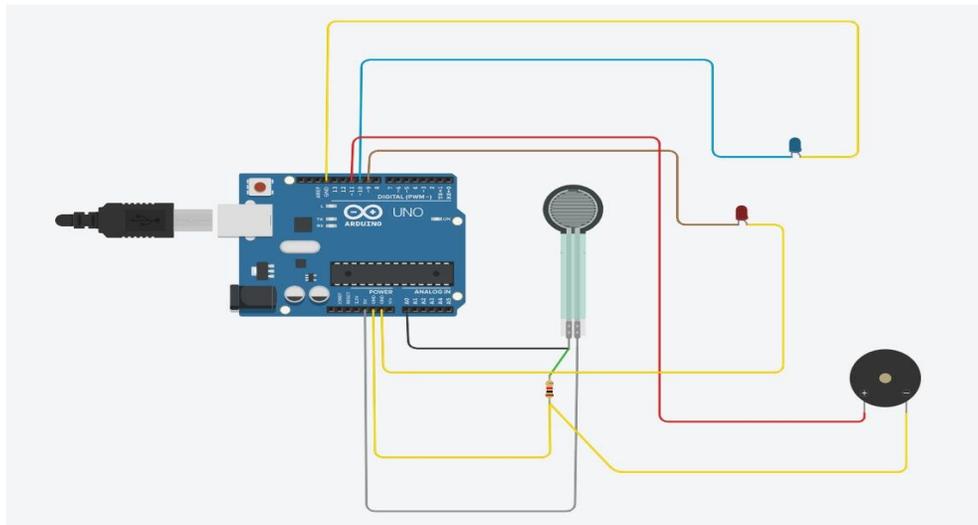


Figure III. 1 : Montage de système

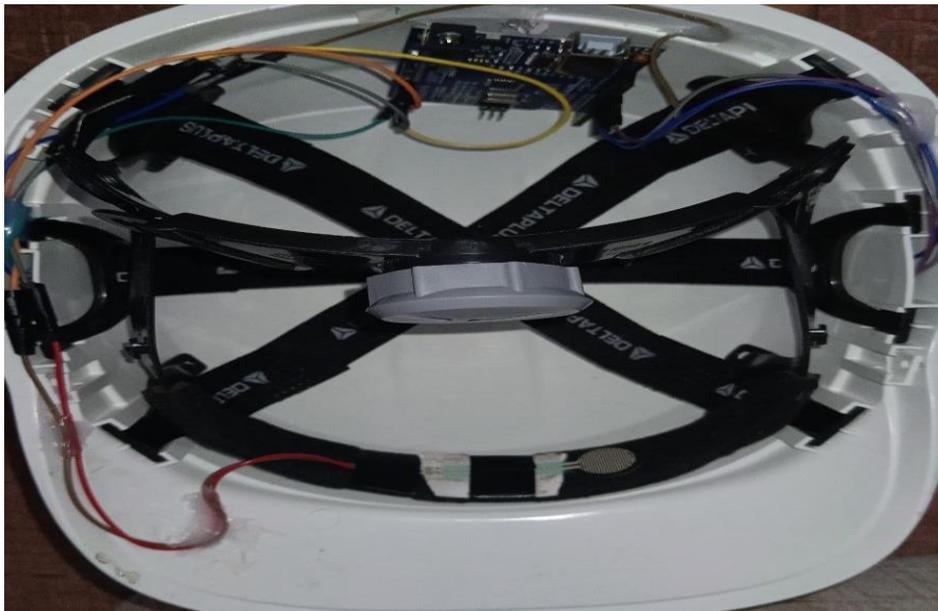
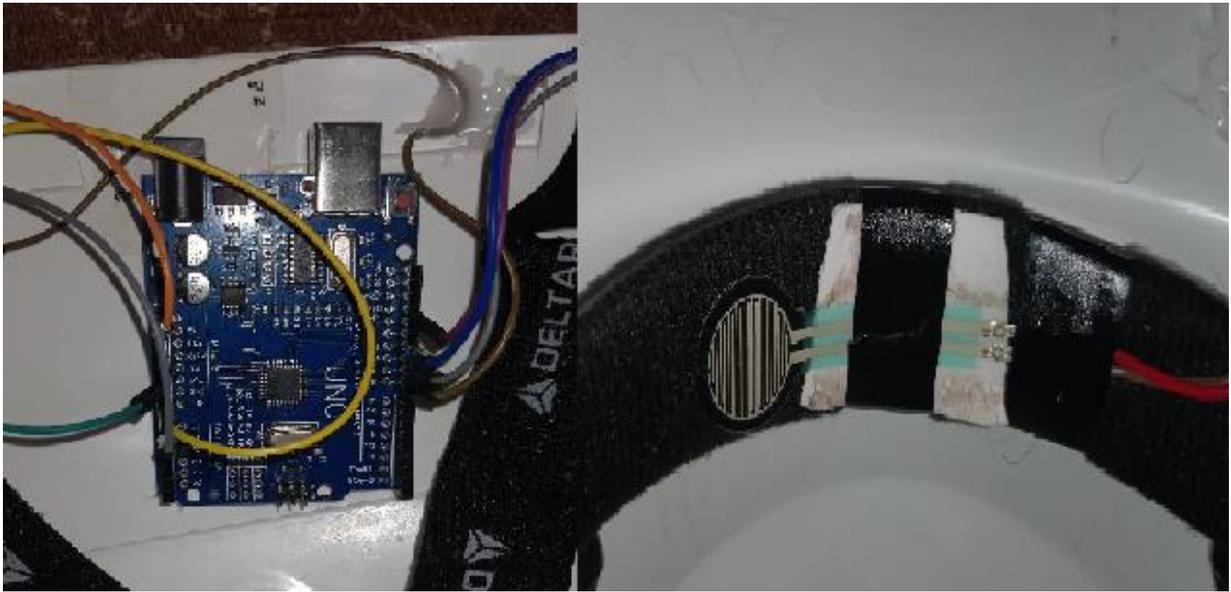


Figure III. 2 : Intégration du système au prototype proposé

Des vues intérieures et extérieures du casque connecté sont données dans les figures suivantes :



**Figure III. 3 :** Vue intérieure détaillée du casque avec le capteur de force FSR 402 connecté à Arduino Uno



**Figure III. 4 :** Montage extérieur du système

#### **III.1.4 Partie programmation :**

La partie software a été développée sous l'environnement Arduino IDE. Voici le code correspondant :

```
1  const int FSR_PIN = A0;
2  const int RED_LED_PIN = 9;
3  const int BLUE_LED_PIN = 10;
4  const int BUZZER_PIN = 11;
5
6  // FSR connecté à la broche analogique A0
7  // LED rouge connectée à la broche numérique 9
8  // LED blue connectée à la broche numérique 10
9  // Buzzer actif connecté à la broche numérique 11
10
11 // Définir une valeur seuil initiale
12 const int FSR_THRESHOLD = 500;
13
14 // Variables du timer
15 unsigned long redLedOnTime = 0;
16 bool isRedLedOn = false;
17
18 void setup() {
19     // Initialiser les broches des LEDs comme des sorties
20     pinMode(RED_LED_PIN, OUTPUT);
21     pinMode(BLUE_LED_PIN, OUTPUT);
22     pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
23
24     // Démarrer la communication série pour le débogage
25     Serial.begin(9600);
26 }
27
28 void loop() {
29     // Lire la valeur du FSR
30     int fsrValue = analogRead(FSR_PIN);
31
```

```

32 // Imprimer la valeur du FSR dans le moniteur série pour le débogage
33 Serial.print("Valeur FSR : ");
34 Serial.println(fsrValue);
35
36 // Vérifier si le FSR est pressé
37 if (fsrValue > FSR_THRESHOLD) {
38     // Allumer la LED blue et éteindre la LED rouge et le buzzer
39     digitalWrite(BLUE_LED_PIN, HIGH);
40     digitalWrite(RED_LED_PIN, LOW);
41     digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
42
43     // Réinitialiser le timer et le statut de la LED rouge
44     redLedOnTime = 0;
45     isRedLedOn = false;
46 } else {
47     // Allumer la LED rouge et éteindre la LED blue
48     digitalWrite(RED_LED_PIN, HIGH);
49     digitalWrite(BLUE_LED_PIN, LOW);
50
51     // Vérifier combien de temps la LED rouge est allumée
52     if (!isRedLedOn) {
53         redLedOnTime = millis();
54         isRedLedOn = true;
55     } else if (millis() - redLedOnTime > 3000) {
56         // Si la LED rouge est allumée depuis 3 secondes, allumer le buzzer
57         digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
58     }
59 }
60
61 // Petit délai pour éviter le scintillement
62 delay(100);
63 }

```

La variable *fsrValue* qui correspond au degré de pression de la tête sur le capteur FSR 402 est comparée à la variable FSR\_THRESHOLD. Si elle est inférieure ou égale à 500, le buzzer est activé et la LED rouge est allumée.

### III.2 Proposition des fonctionnalités supplémentaires :

Le Smart Security Hard Hat, *Wiqaya-tech*, qui rappelons est développé en parallèle dans un autre projet startup, représente une avancée significative dans le domaine de la sécurité professionnelle, offrant une solution intégrée pour surveiller et améliorer la sécurité des travailleurs sur leur lieu de travail. Ce casque intelligent est conçu pour répondre aux besoins croissants de sécurité dans divers environnements industriels.

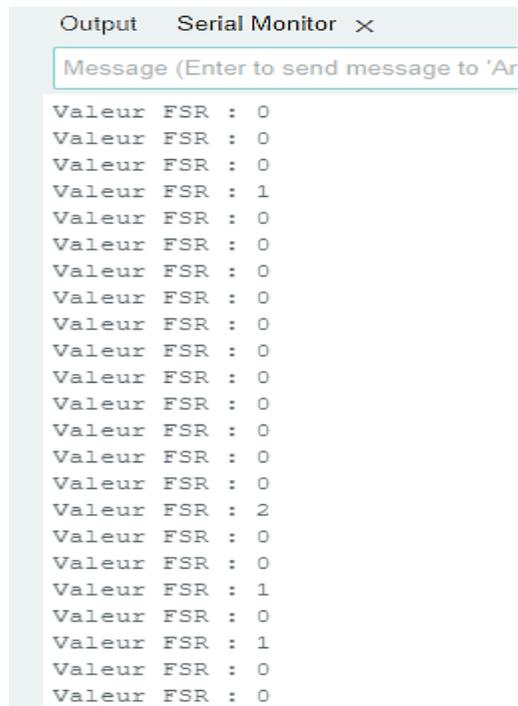
Au cœur de cette innovation se trouve un capteur de force intégré à la structure du casque, permettant de détecter précisément la pression exercée sur ce dernier et assurant ainsi le port adéquat du casque par le travailleur. En parallèle, une puce GPS est intégrée pour offrir une localisation précise et en temps réel du travailleur sur le site de travail, facilitant ainsi une réponse rapide en cas d'urgence.

### III.3 Mise en marche de notre prototype :

L'évaluation de notre prototype de casque de sécurité intelligent est cruciale pour garantir son bon fonctionnement. Voici comment nous avons procédé pour mettre en marche notre prototype :

#### - Étape 1 : Préparation du matériel :

- **Évaluer comment le système réagit à la pression du capteur FSR 402 :** Nous avons vérifié comment le capteur de force résistif (FSR 402) réagissait à la pression lorsqu'il est intégré dans le casque.
- **Collecte des données de pression :** Nous avons rassemblé des données en appliquant différentes pressions sur le capteur pour simuler les trois phases : non-port du casque (figure III.5), et détachement du casque (figure III.6). port du casque (figure III.7)



```
Output  Serial Monitor  x
Message (Enter to send message to 'Ar
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 1
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 2
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 1
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 1
Valeur FSR : 0
Valeur FSR : 0
```

Figure III. 5 : Non-port du casque FSR READING VALUE  $\approx 0$

```
Valeur FSR : 403
Valeur FSR : 390
Valeur FSR : 396
Valeur FSR : 398
Valeur FSR : 392
Valeur FSR : 402
Valeur FSR : 394
Valeur FSR : 384
Valeur FSR : 398
Valeur FSR : 390
Valeur FSR : 397
Valeur FSR : 393
Valeur FSR : 401
Valeur FSR : 405
Valeur FSR : 416
Valeur FSR : 426
Valeur FSR : 423
Valeur FSR : 410
Valeur FSR : 421
Valeur FSR : 431
Valeur FSR : 433
Valeur FSR : 429
Valeur FSR : 422
Valeur FSR : 393
Valeur FSR : 413
Valeur FSR : 413
Valeur FSR : 421
Valeur FSR : 419
Valeur FSR : 409
Valeur FSR : 415
Valeur FSR : 427
Valeur FSR : 428
```

Figure III. 6 : Détachement du casque  $0 < \text{FSR READING VALUE} < 500$

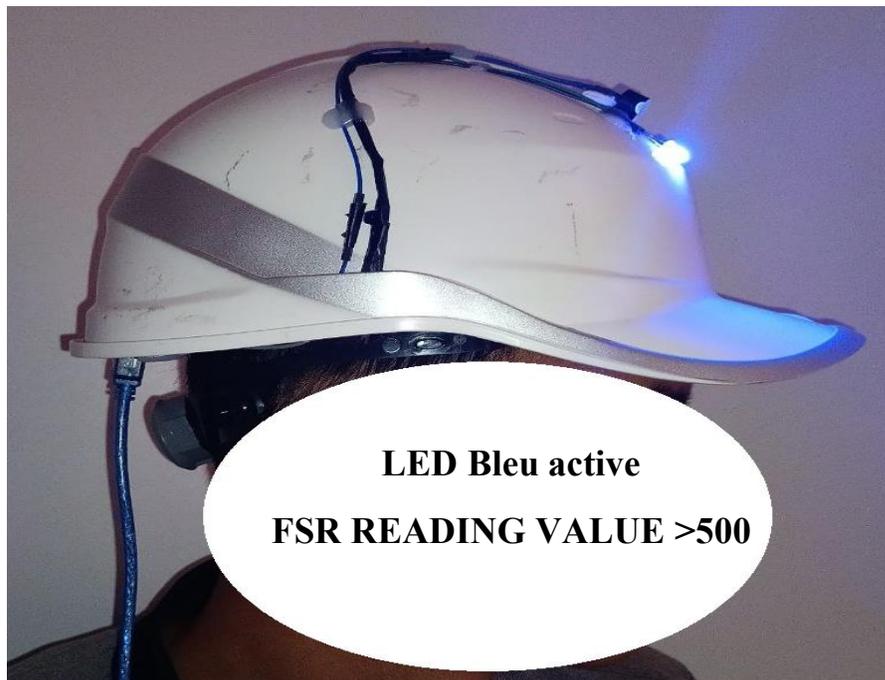
```
Valeur FSR : 874
Valeur FSR : 869
Valeur FSR : 886
Valeur FSR : 885
Valeur FSR : 885
Valeur FSR : 875
Valeur FSR : 857
Valeur FSR : 835
Valeur FSR : 844
Valeur FSR : 841
Valeur FSR : 868
Valeur FSR : 873
Valeur FSR : 859
Valeur FSR : 859
Valeur FSR : 856
Valeur FSR : 856
Valeur FSR : 856
Valeur FSR : 856
Valeur FSR : 852
Valeur FSR : 861
Valeur FSR : 851
Valeur FSR : 860
Valeur FSR : 858
Valeur FSR : 859
Valeur FSR : 864
Valeur FSR : 865
Valeur FSR : 873
Valeur FSR : 872
Valeur FSR : 877
Valeur FSR : 874
Valeur FSR : 851
Valeur FSR : 852
```

Figure III. 7 : Port du casque  $\text{FSR READING VALUE} > 500$

- **Installation dans un environnement approprié** : Nous nous sommes assurés que le système était installé dans un environnement stable où les tests pouvaient être effectués sans interférences extérieures.

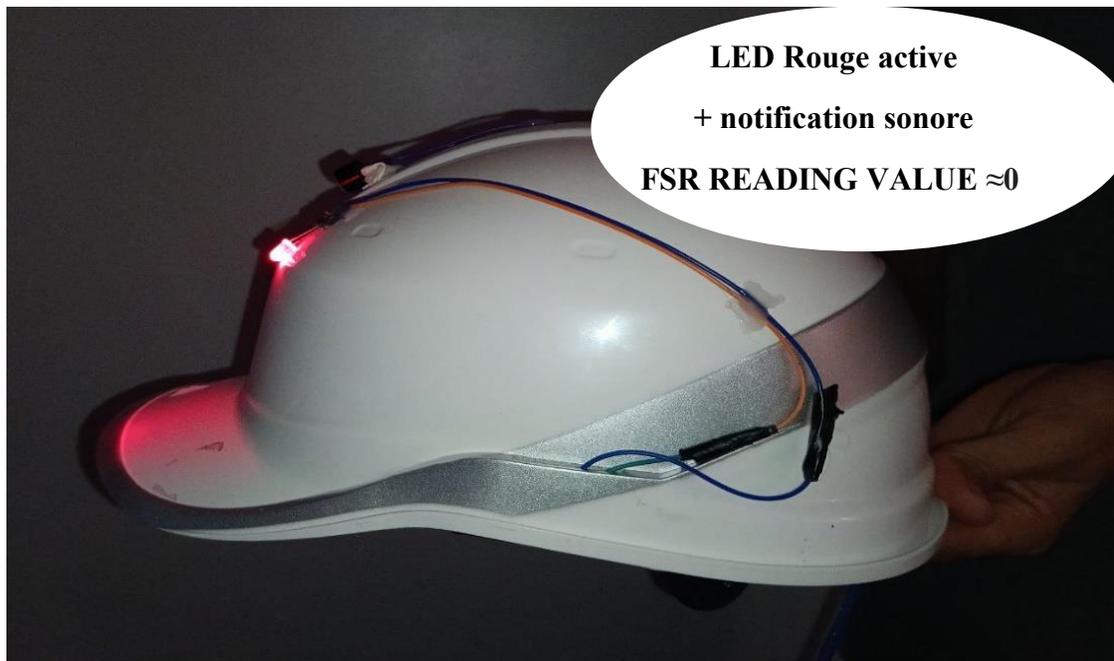
**- Étape 2 : Mise en marche du prototype :**

- **Lancement du processus** : Nous avons allumé le prototype et vérifié que les composants matériels (LEDs, buzzer, capteur FSR) fonctionnaient correctement.
- **Réglage des paramètres** : Nous avons configuré les paramètres du système pour que le capteur FSR 402 détecte correctement les trois phases :
- **Port du casque** : Le système allume la LED bleue lorsque le casque est porté.



**Figure III. 8** : Utilisation correcte du casque

- **Le casque n'est pas porté** : La LED rouge s'active lorsque le casque n'est pas porté et le buzzer démarrera après 3 secondes.



**Figure III. 9 :** Prototype en cas d'omission du casque

- **Le détachement du casque :** la LED rouge s'active et si le casque n'est pas porté pendant plus de 3 secondes, le buzzer se met en marche.



**Figure III. 10 :** Prototype en cas de détachement du casque

**Étape 3 : Déterminer les difficultés rencontrées :**

- Calibration du capteur FSR : La régulation initiale du seuil de détection n'était pas toujours précise, ce qui justifiait plusieurs ajustements afin d'obtenir des résultats fiables.
- Interférences environnementales : Parfois, les lectures du capteur sont altérées par la luminosité ambiante et d'autres facteurs environnementaux, ce qui demande des tests dans divers environnements afin de trouver des conditions optimales.
- La durée du buzzer : Parfois, le temps nécessaire pour que le buzzer se déclenche était trop court, ce qui entraînait de fausses alertes. Ce délai a été modifié en tenant compte des retours d'expérience.

**Conclusion :**

Au cours de ce chapitre, nous avons examiné en détail les éléments clés de notre système de sécurité intelligent pour les employés sur un chantier industriel, tels que le microcontrôleur arduino Uno, le capteur de force FSR 402, les LEDs et le buzzer piézo actif.

Grâce à l'intégration de ces éléments, nous avons réalisé notre but de conception d'un prototype fonctionnel de casque de sécurité intelligent qui peut détecter le port ou l'absence du casque et transmettre rapidement des alertes.

Néanmoins, il est encore nécessaire de prendre en compte plusieurs contraintes afin d'améliorer la précision de la détection, diminuer les interférences environnementales et maximiser la durée de réponse. Il est essentiel de mettre en place ces améliorations afin de garantir une surveillance continue et fiable, ce qui contribue à une sécurité accrue sur les lieux de de travail

## *Conclusion générale*

En résumé de ce projet de création d'un prototype de casque de sécurité intelligent, nous avons réussi à élaborer et à expérimenter un système innovant qui vise à renforcer la sécurité des employés dans les milieux industriels et de construction. Nous avons principalement cherché à concevoir un appareil capable de repérer le port approprié du casque de sécurité et de transmettre des alertes en temps réel en cas de non-respect des règles de sécurité.

La version prototype comprend des éléments essentiels tels que des capteurs de force, un microcontrôleur Arduino Uno, des LED et un buzzer piézo actif afin de transmettre visuellement et sonoremment l'état du port du casque. Grâce à la méthode modulaire utilisée, ces éléments ont été intégrés de manière harmonieuse, ce qui a facilité la détection précise du port du casque et la gestion efficace des alertes.

Dans des conditions contrôlées, les tests effectués ont confirmé la fonctionnalité du prototype, montrant sa capacité à réagir de manière adéquate aux variations de pression sur le capteur de force et à émettre des notifications en cas de détection d'une non-conformité. Néanmoins, il faudra faire des modifications régulières afin d'améliorer la précision des capteurs et réduire les perturbations environnementales, afin de garantir une performance optimale dans différents environnements de travail.

En bref, cette initiative de création d'un prototype de casque de sécurité intelligent constitue une étape essentielle dans la mise au point de solutions technologiques novatrices visant à renforcer la sécurité des employés. En poursuivant notre effort de perfectionnement et d'amélioration de notre système, notre objectif est de faire une contribution importante à la diminution des accidents professionnels et à l'amélioration des conditions de travail dans différents domaines industriels

Ce document examine comment le prototype a été conçu, mis en place et testé opérationnellement, mettant en évidence les difficultés techniques rencontrées et les solutions mises en place pour assurer son bon fonctionnement.

Loin d'être parfait, le prototype proposé subira des améliorations futures dans le projet startup qui est en cours de réalisa

## BIBLIOGRAPHIE

[1] « Lieu de travail ». <https://www.ber-ton-associes.fr/blog/droit-du-travail/le-lieu-de-travail/> (consulté le 2 mars 2024).

[2] « Différents types de risques ». [https://www.hiscox.fr/blog/evaluer-risques-professionnels-entreprise.](https://www.hiscox.fr/blog/evaluer-risques-professionnels-entreprise/) / (consulté le 2 mars 2024).

[3] « Evaluation de risques ». [https://www.hiscox.fr/blog/evaluer-risques-professionnels-entreprise.](https://www.hiscox.fr/blog/evaluer-risques-professionnels-entreprise/) / (consulté le 2 mars 2024).

[4] « Santé et sécurité » [https://www.hiscox.fr/blog/evaluer-risques-professionnels-entreprise.](https://www.hiscox.fr/blog/evaluer-risques-professionnels-entreprise/) (Consulté le 3 mars 2024).

[5] « Les équipements de production individuelle ». <https://www.mabeoindustries.com/document/A-752982-mabeo-experts-epi-de-la-logistique-quelle-protection-individuelle-pour-la-logistique-/> (consulté le 3 mars 2024).

[6] « Définition » [https://fr.wikipedia.org/wiki/Casque\\_de\\_protection\\_pour\\_l%27industrie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Casque_de_protection_pour_l%27industrie) (Consulté le 11 mars 2024).

[7] « La signification des couleurs des casques de chantier » <https://www.oxwork.com/blog/la-signification-de-la-couleur-des-casques-de-chantier> (Consulté le 13 mars 2024).

[8] <https://www.oxwork.com/blog/la-signification-de-la-couleur-des-casques-de-chantier> Consulté le 13 mars 2024).

[9] « modyf normes » <https://www.modyf.fr/normes/protection-tete/en-812>(Consulté le 13 mars 2024).

[10] « Safety » <https://www.coverguard-safety.com/safety-helmet.html>

[11] « Casques électriquement isolants » [https://www.marcapl.com/marca/fra/index.php?seccion=productos&productos=detalles&seccion1\\_FRA=P](https://www.marcapl.com/marca/fra/index.php?seccion=productos&productos=detalles&seccion1_FRA=P)

Rotectio%20de%20la%20t%C3%AAt&seccion2\_FRA=Casques%20%C3%A9lectriqueme%20isolants&id=1090. (Consulté le 13 mars 2024).

[12] « Des EPI connectés de la tête aux pieds » <https://fr.rs-online.com/web/content/blog-discovery/equipement-protection-individuelle/epi-connectes#les-epi-connect%C3%A9s-pour-am%C3%A9liorer-la-sant%C3%A9-et-s%C3%A9curit%C3%A9-au-travail/> (consulté le 13 mars 2024).

[13] Arduino « Présentation Arduino ». [https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation\\_arduino.pdf](https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation_arduino.pdf). (Consulté le 4 mars 2024).

[14] « Hardware » / <https://forum.arduino.cc/>.(Consulté le 4 mars 2024).

[15] « descriptions d'ARDUINO ». <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arduino>. (Consulté le 4 mars 2024).

- [16] « Types d'ARDUINO » [https://fr.wikipedia.org/wiki/ Arduino](https://fr.wikipedia.org/wiki/Arduino). (Consulté le 4 mars 2024).
- [17] « Ms.ELN.Riahi» Année Universitaire : 2016 /2017 /Chapitre 3. Page (26 27 28 29) [http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11469/1/ Ms.ELN.Riahi.pdf](http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11469/1/Ms.ELN.Riahi.pdf). univ-tlemcen. (Consulté le 1 mars 2024).
- [18] « Ms.ELN.Riahi» Année Universitaire : 2016 /2017 /Chapitre 3. Page (30) [https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec : arduino-pour-bien-commencer-en-electronique-et-en-programmation.pdf](https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec_arduino-pour-bien-commencer-en-electronique-et-en-programmation.pdf). (Consulté le 1 mars 2024)
- [19] « KesacoArduino ». Page (3-4) <https://louisreynier.com/wpcontent/uploads/2022/06/KesacoArduino.pdf>. (Consulté le 9 avril 2024).
- [20] « Robotique -Arduino -Project / refroidissement <https://www.robotique.tech/tutoriel/systeme-de-refroidissement-avec-arduino/>. (Consulté le 9 avril 2024).
- [21] « Robotique -Arduino -Project / détection des fuites de gaz intelligent » <https://www.robotique.tech/tutoriel/systeme-de-detection-des-fuites-de-gaz-intelligent-controle-par-arduino/>.
- [22] «FSR -402 » <https://www.interlinkelectronics.com/fsr-402>. (Consulté le 10 Avril 2024).
- [23] « Part No. 402 » page 4 [https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove\\_Round\\_Force\\_Sensor\\_FSR402/res/FSR402.pdf](https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove_Round_Force_Sensor_FSR402/res/FSR402.pdf). (Consulté le 24 Avril 2024).
- [24] « FSR-402-. Les caractéristiques de capteur » [https://fr.wikipedia.org/ wiki/Capteur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur). (Consulté le 20 Avril 2024).
- [25] « DESCRIPTION » <https://letmeknow.fr/fr/audio/512-piezo-buzzer-actif-652733152190.html#:~:text=Le%20Buzzer%20ACTIF%20fabrique%20du,de%20la%20conception%20du%20montage>. (Consulté le 20 mai 2024).
- [26] « Inovatlantic/ LED » <https://www.inovatlantic-led.fr/content/6-qu-est-ce-qu-une-led>. (Consulté le 20 mai 2024).
- [28] <https://byjus.com/physics/light-emitting-diode/>. (Consulté le 20 mai 2024).
- [29] JOHN Nussey, « Arduino pour les nuls », FIRST edition, 2014
- [30] KRAMA Abdelbasset , GOUGUI Abdelmoumen « Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde », Département de Génie Electrique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2014-2015