



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
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 : Hygiène et Sécurité industrielle
Spécialité : sécurité Prévention intervention

Thème

Gestion et amélioration des équipements de
protection individuelle

Présenté et soutenu publiquement par :

Kehoul Halima

Benaouda Khadîdja

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
.....	IMSI	Président
SERAT Fatima Zahra	MCB	IMSI	Encadrante
.....	IMSI	Examinateur
CHEKROUN Soufyane	MCA	Université de MASCARA	Co-encadrant

Année 2022/2023

Remerciement :

Chers tous,

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Allah, qui a guidé nos vies et nous a donné la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien notre projet de fin d'études. Sa lumière et Sa grâce ont été nos compagnons tout au long de ce parcours, et nous sommes reconnaissants de Sa bienveillance infinie.

Nous souhaitons également exprimer notre sincère reconnaissance envers notre encadrante, Madame Serat Fatima Zohra, ainsi que Monsieur Chekroun Soufyane, pour leur soutien inestimable, leur aide précieuse et leurs encouragements tout au long de notre projet. Leur expertise, leur guidance et leur engagement ont été des piliers essentiels dans notre réussite. Nous sommes profondément reconnaissants pour leur présence bienveillante et leurs efforts continus pour nous guider vers l'excellence.

Nous ne pouvons pas non plus oublier de remercier nos chères familles et amis, qui ont été à nos côtés tout au long de ce voyage. Leurs encouragements, leur soutien inconditionnel et leur compréhension ont été des sources d'inspiration et de motivation pour nous. Leur amour et leur soutien indéfectibles ont été un moteur puissant qui nous a aidés à surmonter les défis et à réaliser nos objectifs.

Enfin, nous aimerions exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de notre projet. Votre soutien moral, vos conseils précieux et votre présence bienveillante ont été d'une valeur inestimable, et nous vous sommes profondément reconnaissants pour tout.

Que cette expression de gratitude sincère atteigne chacun d'entre vous et soit le témoignage de notre reconnaissance éternelle. Puissent nos réussites futures être le reflet de votre soutien infaillible et de votre foi en nous.

Qu'Allah vous bénisse tous.

Dédicace :

A mes chers encadrants, Madame Serat Fatima Zahra et Monsieur Chekroun Soufyane,

Je tiens à vous dédier cette dédicace toute particulière pour vous remercier de votre aide et de votre soutien inestimable tout au long de notre projet de fin d'études. Votre expertise, votre patience et votre dévouement ont été les piliers essentiels de notre succès.

A mes raisons de vivre, maman et papa,

Vous êtes mes sources d'inspiration les plus profondes, mes piliers inébranlables. Votre amour, votre soutien inconditionnel et vos encouragements constants m'ont permis d'accomplir ce parcours avec détermination et confiance. Je vous suis infiniment reconnaissant.

A mes yeux, mes chères sœurs Imene et Amra,

Vous êtes ma force, ma joie et ma plus grande motivation. Grâce à votre amour, votre complicité et votre soutien indéfectible, j'ai pu surmonter tous les défis qui se sont présentés à moi. Je suis fier d'avoir partagé cette aventure avec vous.

A la personne la plus proche de mon coeur, mon ami Nabil,

Votre présence bienveillante et votre soutien constant ont été d'une importance primordiale tout au long de ce projet. Tu as été mon roc, mon confident et mon inspiration. Je te suis tellement reconnaissante d'être toujours là pour moi.

A mon binôme Khadidja,

Notre collaboration et notre esprit d'équipe ont été essentiels à l'atteinte de nos objectifs communs. Ta persévérance, ton professionnalisme et ta créativité m'ont inspiré et poussé à donner le meilleur de moi-même. Merci d'être à mes côtés.

A tous mes chers amis,

Que vous soyez mon amie proche, et tous ceux qui ont été là pour moi,

Votre amitié sincère, votre soutien et vos encouragements ont illuminé mon parcours. Vos mots d'encouragement et votre présence ont été une source inestimable de réconfort et de motivation. Merci d'avoir été là à chaque étape.

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont tiré profit de cette expérience inoubliable. Votre soutien a été inestimable et je vous suis reconnaissant de votre présence dans ma vie.

Merci du fond du cœur

Halima

Dédicace :

A ma mère, elle n'est plus physiquement présente à mes côtés mais son esprit et son amour continue de m'accompagner chaque jour ; c'est grâce à lui que je suis devenu la personne que je suis aujourd'hui.

A mes chers encadrants, Madame Serat Fatima Zahra et Monsieur Chekroun Soufyane.

A ma chère famille, merci pour vos encouragements, soutiens et tous vos sacrifices

A mon binôme Halima, merci pour votre professionnalisme, patience, vous êtes ma meilleure et chère amie que dieu vous garde pour moi

A mes chères amies, merci pour vos soutiens et motivations, vous êtes mon source d'inspiration, je vous aime

Khadija

Résumé :

Ce projet de fin d'étude est consacré au développement de casque de pompier classique afin d'aider les pompiers dans leur mission d'intervenir pour éteindre les incendies tout en sécurité. Dans un premier temps, nous avons étudié le casque classique et nous avons essayé de développer sa conception pour obtenir un casque de plongée antifumée (appeler Casque de Sécurité Industriel 01 (CSI01)). Le casque de plongée anti-fumée conçu pour aider les pompiers dans leurs missions de recherche et de sauvetage. Comme il est presque impossible de voir dans une fumée très dense, les plongeurs fumigènes doivent ramper sur le sol et trouver leur chemin en restant en contact avec les murs, tout en portant de lourds supports aériens et des équipements portatifs. En même temps, ils doivent continuer à vérifier leur appareil d'imagerie thermique et à tenir les poignées du réservoir d'air de leur partenaire pour ne pas se perdre.

L'un de nos objectifs est de fournir une vision dans un avenir proche des solutions possibles aux problèmes de vision et de communication des pompiers en cas d'incendie grâce à l'utilisation de la technologie.

Avec le CSI01, les pompiers peuvent marcher ou courir vers une victime au lieu de ramper sur le sol en tenant le tuyau d'incendie dans une main et la poignée du réservoir de leur coéquipier dans l'autre main, tout en essayant de maintenir le contact avec le mur pour naviguer à travers le bâtiment. Le système de vision de CSI01 intègre de nombreuses technologies telles qu'un écran de projection monté sur la tête, une caméra thermique optique, la suppression active sélective du bruit et l'acquisition de cibles.

Mots clé : Casque pompiers Incendie Extinction d'incendie, Intervention, Prévention, Equipement de protection individuel

ملخص:

نحاول في مشروعنا تطوير خوذة رجال الإطفاء الكلاسيكية لمساعدة رجال الإطفاء في مهمتهم للتدخل لإطفاء الحرائق بأمان لذلك قمنا بدراسة الخوذة الكلاسيكية وحاولنا تطوير هذا التصميم للحصول على خوذة غطس مضادة للدخان. أطلقنا عليها اسم خوذة الأمان الصناعي 01. خوذة الغطس المقاومة للدخان مصممة لمساعدة رجال الإطفاء في مهام البحث والإنقاذ. نظراً لأنه يكاد يكون من المستحيل الرؤية في دخان كثيف جداً ، يجب على غواصين الدخان أو رجال الإطفاء الزحف على الأرض والعثور على طريقهم من خلال البقاء على اتصال بالجدران ، وهم يحملون دعامات جوية ثقيلة ومعدات محمولة. في الوقت نفسه ، يجب عليهم الاستمرار في فحص جهاز التصوير الحراري الخاص بهم والتمسك بمقابض خزان الهواء الخاص بشريكهم حتى لا يضيعوا. كان أحد أهداف هذا المشروع هو تقديم رؤية في المستقبل القريب للحلول الممكنة لرؤية رجال الإطفاء ومشاكل الاتصال في حالة نشوب حريق من خلال استخدام التكنولوجيا باستخدام خوذة الأمان الصناعي 01 ، يمكن لرجال الإطفاء المشي أو الجري نحو الضحية بدلاً من الزحف على الأرض أثناء حمل خرطوم الحريق بيد ومقبض خزان زميلهم في الفريق من ناحية أخرى ، أثناء محاولة الحفاظ على الاتصال بالجدار للتنقل عبر المبنى. يشتمل نظام الرؤية أو خوذة الأمان الصناعي 01 على العديد من التقنيات لمساعدة رجال الإطفاء ، مثل شاشة الإسقاط المثبتة على الرأس ، والكاميرا الحرارية الضوئية ، وإلغاء الضوضاء النشط الانتقائي ، واكتساب الهدف. **الكلمات المفتاحية:** خوذة رجال الإطفاء - إطفاء حريق - تدخل - وقاية - معدات حماية شخصية

Abstract:

This end of studies project focuses on enhancing traditional firefighter helmets to assist firefighters in their crucial mission of safely extinguishing fires. Initially, we conducted

a thorough analysis of the conventional helmet and explored ways to redesign it, leading to the development of a specialized smoke-proof diving helmet known as the Industrial Safety Helmet 01 (CSI01). The CSI01 has been specifically designed to support firefighters during their search and rescue operations, particularly in situations with dense smoke.

In environments with extremely limited visibility due to dense smoke, firefighters often have to crawl on the ground, relying on tactile contact with walls to navigate while carrying heavy equipment and aerial supports. Additionally, they must continuously monitor their thermal imaging devices and maintain a grip on their partner's air tank handles to prevent disorientation.

Our objective is to present potential solutions for addressing firefighters' vision and communication challenges through the utilization of technology. By introducing the CSI01, we aim to enable firefighters to move towards victims by walking or running, instead of crawling on the ground. This allows them to have one hand free for holding the fire hose, while the other hand can remain connected to their teammate's tank handle. The helmet's vision system incorporates advanced technologies such as a head-mounted projection screen, an optical thermal camera, selective active noise cancellation, and target acquisition.

Through the integration of these innovative features, the CSI01 offers firefighters improved vision, enhanced communication capabilities, and greater situational awareness during firefighting operations. By envisioning the future application of technology, we strive to provide firefighters with the tools they need to navigate challenging environments and carry out their life-saving tasks more effectively.

Keywords: Firefighter helmet Fire Extinguishing, Intervention, Prevention, Personal protective equipment

Liste des abréviations

APR : appareils de protection respiratoire
ARI : appareil respiratoire isolant
BPM : battement par minute
CE : cartered engineers certification
CHSCT : les Comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail
CMIC : cellules mobiles, une pour l'intervention chimique
CMIR : cellules mobiles l'intervention radiologique
CO2 : dioxyde de carbone
CSE : les Comités sociaux et économiques
CSI01 : casque de sécurité industrielle 01
DHT : détecteur d'humidité et température
EDI : échange de données informatisé
EPC : Équipements de protections collectives
EPI : équipement de protection individuelle
ESP: electronic stability system
FC : fréquence cardiaque
GELD : Groupe d'exploration longue durée
GND : Ground
GRIMP : Groupe d'Intervention en milieu périlleux
IDO : d'Internet des Objets
INRS : institut national de la recherche scientifique
IOT : internet of Things
IPRP : intervenant en prévention des risques professionnelle
IP : internet Protocol
IQA : Indice de la qualité d'air
ISO: international organisation for standardization
JPEG: joint photographic group
JTAG : joint test action group
LCD : l'écran à cristaux liquide
MQ : mesure de qualité
MSA : mutualité social agricole
NH3 : ammoniac
NOx : l'oxyde d'azote
NRBC : Nucléaires, Radiologiques, Biologiques et Chimiques
OIT : l'organisation internationale de travail
OLED : organic light-emitting diode
OMS : organisation mondiale de la santé
PCB : printed circuit board
PPM : partie par million
RIA : robinet d'incendie armé
RSMU : recherche et sauvetage en milieu urbain

SAV : sauvetage aquatique
SAL : scaphandriers autonomes légers
SD : Sauvetage déblaiement
SD : Secure digital
SDL : simple direct media layer
SIMDUT : système d'information sur les matières dangereuse utilisé au travail
SOC: security operations center
SSD: solid state drive
SST : la santé et la sécurité au travail
USB: universal serial bus
VCC: volt courant continue
VIH : virus de l'immunodéficience humaine

Liste des figures

Figure 1 .acteur de la sécurité au travail.....	17
Figure 2. Exemple de protection par obstacle	23
Figure 3.les équipements de protection individuelles	27
Figure 4. Eléments de triangles de feu.....	39
Figure 5. Phases de développement d'un incendie.....	40
Figure 6. composant de casque	56
Figure 7. Logo d'Espressif	59
Figure 8. Module ESP32.....	59
Figure 9. Les modules ESP32	61
Figure 10. Capteur DHT11	62
Figure 11. Capteur MQ135.....	63
Figure 12. Caméra thermique testo 869.....	64
Figure 13. Donnés techniques et normes	65
Figure 14. Écran OLED.....	66
Figure 15. Écran OLED.....	66
Figure 16. Brochage du module ESP8266.....	68
Figure 17. Fonctionnement de Blynk	69
Figure 18. Carte électronique arduino uno	71
Figure 19. Programme arduino	72
Figure 20. Réseau IOT	74
Figure 21. Architecture de l'ensemble du système	76
Figure 22. Schéma du circuit-capteur, écran et carte Node MCU ESP 8266.....	78
Figure 23. Schéma du circuit sur une planche à pain.....	79
Figure 24. Programme Arduino de MQ135, ESP8266, OLED12 C 0.96	79
Figure 25. Image de système dans un milieu propre.....	80
Figure 26. Image de système dans milieu pollue	80
Figure 27. Teste de détection de gaz.....	81
Figure 28. Image d'affichage de l'écran LED	81
Figure 29. assemblage de DHT11 avec l'OLED I2C 0.96 dans une planche à pain	82
Figure 30. Programme DHT11, ESP8266, OLED12C 0.96	83
Figure 31. Assemblage de DHT11 avec l'OLED12C0.96 et la carte à condition normal	83
Figure 32. Assemblage de DHT11 avec l'OLED I12C 0.96 et à la carte à haute température	84
Figure 33. Test de capteur d'humidité et température DHT11	84
Figure 34. Affichage de température et de l'humidité sur l'écran OLED	85
Figure 35. Schéma d'assemblage du système final.....	86
Figure 36. Assemblage à pain de carte Arduino ESP8266, capteur, et l'afficheur OLED I2C.....	87
Figure 37. Image de programme arduino de MQ135, DHT11, ESP8266, OLED12C 0.96	88
Figure 38. Assemblage de carte Arduino ESP8266, MQ135, ESP8266, OLED 12C 0.96	89
Figure 39.assemblage de carte arduino ESP8266, MQ135, OLED12C 0.96.....	89
Figure 40.Assemblage de carte arduino ESP8266, MQ135, DHT11, ESP 8266, OLED12C 0.96 (condition habituel).....	89
Figure 41. Assemblent de carte Arduino ESP8266, MQ135, DHT11, ESP 8266, OLED 12C 0.96 (atmosphère pollué).....	90

Liste des tableaux

<i>Tableau 1. Procédure de certification applicable en fonction de la gravité des risques et du degré de complexité des EPI</i>	25
<i>Tableau 2. type des EPI et les principaux critères de sélection</i>	28
<i>Tableau 3. Causes du stress chez les sapeurs-pompiers</i>	50
<i>Tableau 4. Norme de protection de la tête et de visage</i>	52
<i>Tableau 5. Indice de la qualité d'air</i>	77

Sommaire

Remerciement :.....	2
Dédicace :	3
Résumé :	5
ملخص:.....	5
Abstract:.....	5
Liste des abréviations.....	7
Liste des figures.....	9
Liste des tableaux.....	10
Introduction générale.....	15
Chapitre 01 : notions et concepts.....	15
Introduction.....	16
Généralité et définition.....	16
1. Notion de la santé, sécurité au travail :.....	16
1.1 Santé au travail.....	16
1.2 Sécurité au travail :.....	17
1.3 Acteurs de la santé au travail :.....	17
1.4 Importance de la sécurité au travail :.....	18
1.5 Responsable de la santé au travail :.....	18
1.6 Assurer la santé et la sécurité au travail :	18
1.7 Objectif de la santé et de la sécurité au travail :.....	18
2. Notion de danger :.....	18
3. Notion de Risque :.....	19
4. Notion de risque professionnel :.....	19
5. Culture de prévention en matière de sécurité et de santé.....	20
5.1 Protection au travail.....	20
5.2 Procédures de sécurité.....	20
6. Hygiène selon l'organisation mondiale de la santé (l'OMS) :	20
7. Équipements de protection.....	21
7.3.4 Classes d'équipements de protection individuelle :	26
7.3.5 Sanctions en cas de non port des EPI :	35
8. Accident de travail récurrent :	35
Conclusion.....	35
Chapitre 02 : gestion et intervention des incendies.....	37
Introduction.....	38
1. Incendie.....	38
1.1 Feu :.....	38
1.2 Déclenchement d'un incendie.....	38
1.2.1 Triangle du feu :	38

1.3	Phases de développement d'un incendie :	40
1.4	Démarrage du feu (1re phase) :	41
1.5	Déclenchement de l'incendie (2 ^e phase) :	41
1.6	Embrasement généralisé (3 ^e phase) :	41
1.7	Retombée du feu/ déclin (4 ^e phase) :	41
2.	Causes d'un départ d'incendie.....	41
2.1	Causes techniques.....	41
3.	Procédés d'extinction:	43
4.	Prévention et protection :.....	43
4.1	Principe de prévention :.....	43
4.2	Protection :	44
5.	Principales recommandations pour une bonne sécurité :.....	44
6.	Protection civile (Pompiers) :.....	45
6.1	Principales fonctions d'un pompier :	45
6.2	Différentes spécialités opérationnelles des pompiers :.....	46
6.3	Sapeurs-pompiers : les interventions de lutte contre les incendies.....	47
6.3.1	Phase du signal d'alarme et de mobilisation :	47
6.3.2	Phase d'intervention :	47
7.	Freins dans le métier de pompier :	48
8.	Obstacle peuvent intervenir lors d'une intervention par les sapeurs-pompiers :.....	50
9.	Protection de la tête et de visage :	51
9.1	Normes de protection de la tête et de visage :	51
10.	Casque de lutte contre l'incendie :	54
10.1	Types des casques de lutte contre l'incendie :.....	54
10.2	Composants général d'un casque de lutte contre l'incendie.....	55
10.3	Composants de casque F1	55
10.4	Entretien préventif du casque F1 :.....	56
	Conclusion.....	57
	Chapitre 03 : conception matérielle et logicielle du projet.....	58
	Introduction	59
1.	ESP32Espressif et l'ESP32 :	59
1.1	DéfinitiondeESP32 :	59
1.2	ModulesetlescartesdedéveloppementESP32 :	60
1.3	ModulesESP32 :	60
1.4	CartesdedéveloppementESP32 :.....	60
	2.Composants utilisés :.....	61
2.1	Détecteur d'humidité et de température DHT11 :	61
	Caractéristiques:	63
2.2	Caméra thermique infrarouge :.....	63

3.	ARDUINO WIFI ESP8266:	67
3.1	Utilisation de Lesp8266 :	67
3.2	Caractéristiques du module ESP8266:	67
3.3	Brochage du module.....	68
4.	Logiciel de programmation :	69
4.1	Blynk :	69
4.2	Arduino :	70
4.3	Internet of Things (IOT):.....	72
	Fonctionnement de l'IOT :	72
	Conclusion.....	74
	Chapitre 04 : réalisation de casque de sécurité dédiée aux pompiers	75
	Introduction :	76
1.	Détecteur MQ135 :	77
2.	Indice de la qualité d'air (IQA) :	77
3.	Schéma de MQ135 associé avec l'OLED I2C 0,96 :	78
4.	Programme arduino de MQ135, ESP8266, OLED 12C 0,96 :	79
5.	Fonctionnement de l'MQ135 avec l'ESP8266 :	80
6.	Détecteur DHT11 :	82
7.	Schéma de DHT11 associé avec l'OLED I2C 0,96 :	82
8.	Programme arduino de DHT11, ESP8266, OLED 12C 0,96 :	82
9.	Fonctionnement de DHT11 avec l'ESP8266 :	83
10.	Système finale de projet :	86
11.	Programme Arduino deMQ135, DHT11, ESP8266, OLED 12C 0,96 (programme finale) :	87
12.	Fonctionnement de système final :	88
3.	Synthèse sur le casque CSI01 :	92
	Conclusion :	92
	Conclusion générale	94

Introduction générale

L'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) est essentielle pour garantir la sécurité et la santé des travailleurs dans de nombreux environnements professionnels. Les EPI comprennent une variété d'articles tels que, des lunettes de protection, des gants, des chaussures de sécurité, des vêtements de protection et surtout les casques anti-incendie, qui sont conçus pour réduire les risques et les dangers liés aux activités professionnelles.

La gestion et l'amélioration des EPI sont des aspects cruciaux de la santé et de la sécurité au travail. Une gestion efficace des EPI implique plusieurs étapes clés, notamment l'identification des risques spécifiques auxquels les travailleurs sont exposés, Parmi les dangers les plus redoutables auxquels les travailleurs peuvent être confrontés, les incendies occupent une place prépondérante. Ces situations d'urgence exigent des mesures de protection adéquates en particulier ceux qui sont chargés de combattre les incendies tels que les pompiers.

Les incendies, qu'ils surviennent dans des environnements industriels, des bâtiments résidentiels ou tout autre lieu, sont des événements extrêmement dangereux. Ils se propagent rapidement, produisent des températures élevées et génèrent une fumée toxique. Les pompiers sont confrontés à des conditions extrêmes lorsqu'ils entrent dans ces environnements hostiles pour sauver des vies et limiter les dégâts matériels. Afin de les protéger au mieux, l'utilisation de casques anti-incendie est essentielle.

Cependant, malgré les avancées technologiques et les normes de sécurité existantes, il existe encore des lacunes dans la conception, l'utilisation et la gestion des EPI des agents d'interventions. Des incidents récents ont mis en évidence des situations où les casques des pompiers ont montré des limites, compromettant la sécurité et l'efficacité des opérations. Par conséquent, il devient impératif de se pencher sur l'amélioration et la gestion des équipements de protection individuelle, en mettant l'accent sur le casque anti-incendie.

Le présent mémoire vise à étudier en profondeur les défis actuels liés aux EPI, en mettant l'accent sur le casque, tout en proposant des solutions innovantes pour renforcer leur performance et leur fiabilité. L'objectif principal de notre travail est d'identifier les lacunes existantes dans les casques des pompiers, d'évaluer les technologies émergentes et les meilleures pratiques de conception, et de recommander des améliorations pratiques pour optimiser leur fonctionnement.

Dans cette perspective, ce mémoire propose une amélioration significative des casques anti-incendie en introduisant d'une isolation thermique, filtrage de bruits, et des capteurs de température, d'humidité, de gaz. Ces ajouts novateurs permettront aux pompiers d'obtenir des informations en temps réel sur l'environnement incendiaire, améliorant ainsi leur sécurité, leur efficacité et leurs capacités de prise de décision.

Ce mémoire s'articule sur deux parties principales : une partie théorique et une partie Pratique.

La première partie est consacrée à l'étude des concepts bibliographiques, elle contient deux chapitres. Dans le premier chapitre nous mettons l'accent sur les généralités la santé et sécurité et doit de travail ainsi que l'importance et l'obligation des équipements de protection

Introduction générale

en générale et les équipements de protection individuel en particulier. Et dans le second nous présentons des généralités sur les incendies et le rôle des pompiers dans l'intervention dans ces cas ainsi qu'une présentation des différents rôles des pompiers et leurs freins de métier.

La deuxième partie est présentée dans le chapitre trois et quatre, elle est relative à l'élaboration et la réalisation d'un casque d'intervention intelligent par une présentation dans un premier temps de casque classique et ces composants puis les étapes de réalisation de notre casque dans le dernier chapitre. Enfin, une conclusion générale.

Chapitre 01 : Notions et concepts

Introduction

En plus d'infliger de la souffrance et parfois même des mortalités, un accident représente une perte de temps et d'énergie pour les personnes qui le subissent ainsi que pour leur entourage. Pour les employeurs, les accidents du travail s'avèrent dispendieux et ralentissent la production.

La santé et sécurité au travail (SST) est autant une préoccupation pour les travailleurs que pour l'entreprise, et ce, non seulement à propos de l'aspect financier. IL est aussi important d'insister sur l'impact positif de la prise en charge de la SST sur l'aspect management et sur toute la motivation et l'implication qu'elle peut engendrer. L'objectif de ce chapitre a clarifié les notions de base de la santé et sécurité au travail, et l'importance d'utilisation des équipements de protection des travailleurs.

Généralité et définition

1. Notion de la santé, sécurité au travail :

La santé et sécurité au travail désigne diverses disciplines visant à supprimer ou à limiter certains effets nuisibles du travail sur l'être humain (santé physique ou mentale centré sur la santé au travail).

Ces notions, apparues relativement récemment dans le champ du droit du travail au XIXe siècle avec le développement industriel autour duquel s'est progressivement construit le droit du travail, ont été mises en œuvre avec des premières mesures de protection au bénéfice des travailleurs les plus vulnérables : les femmes et les enfants. L'appellation « santé et sécurité au travail » désigne ce qu'on appelait autrefois « hygiène, sécurité et conditions de travail ».

La protection de la santé au travail des salariés de droit privé (entreprises, associations, etc.) et des fonctionnaires (fonction publique d'État ou des collectivités territoriales, hôpitaux), est devenue avec la prise de conscience du public face aux risques, une notion incontournable. La Santé Sécurité au Travail répond à cinq enjeux : humains, économiques, sociaux, juridiques, et d'image de marque.

Toute situation de travail engendre des risques, plus ou moins prononcés, pour l'employé (salarié, intérimaire, auto-entrepreneur, apprenti, stagiaire ou travailleur bénévole). Pour minimiser et si possible supprimer la matérialisation de ces dangers (diminuer la probabilité et la gravité des atteintes qu'ils peuvent produire à la santé des travailleurs) de nombreux acteurs agissent dans et hors du lieu de travail. La santé au travail est un enjeu éthique et l'un des enjeux du développement soutenable.

L'étude de la santé et la sécurité des travailleurs est une discipline très large qui recouvre de nombreux domaines spécialisés.

1.1 Santé au travail

Selon la définition qu'en donne l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) dans le préambule de sa Constitution, la santé est « un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». La santé au travail est l'objet de la médecine du travail, branche de la médecine qui s'occupe de la

prévention et du traitement des blessures et des maladies liées au travail. Selon l’OMS, cette discipline est étroitement liée à la santé publique et au développement des systèmes de santé. La «sécurité et la santé au travail (SST)» est la discipline qui s’occupe de la prévention des blessures et des maladies liées au travail et de la protection et de la promotion de la sécurité et de la santé des travailleurs. Visant à améliorer les conditions de travail et l’environnement, elle englobe de nombreux domaines spécialisés (médecine du travail, hygiène industrielle, toxicologie, éducation, sécurité industrielle, ergonomie et psychologie, par exemple) et fait intervenir de nombreux professionnels (médecins et infirmiers en médecine du travail, hygiénistes industriels et inspecteurs, par exemple). Les questions de sécurité et de santé doivent être abordées sur chaque lieu de travail[1]

1.2 Sécurité au travail :

Intimement liée à la santé au travail, la sécurité au travail est une démarche pluridisciplinaire qui vise à supprimer ou à réduire les risques d'accidents susceptibles de se produire lors de l'exercice d'une activité professionnelle.

Le concept de sécurité au travail appuie son existence sur un postulat de départ assez simple : toute activité professionnelle engendre des risques pour la sécurité d'un travailleur, à des degrés plus ou moins élevés. la notion de sécurité au travail ne cesse de donner naissance à de nouvelles réglementations, de nouvelles mesures, des innovations. Bien que les chiffres de la sécurité au travail révèlent que l'homme est en cause dans plus de deux tiers des accidents de travail, la tâche des dirigeants d'entreprises est de réduire au maximum les risques afin de protéger leurs salariés et de préserver leur intégrité physique et morale. [2]

L’expression «au travail» renvoie à ce qui a trait à la vie professionnelle. La «sécurité» est le fait d’être à l’abri de toute souffrance, blessure ou perte.[1]

1.3 Acteurs de la santé au travail :

Les acteurs internes de la prévention sont l'employeur, les ressources humaines et les chargés de prévention, ainsi que les Comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, ou CHSCT, et les Comités sociaux et économiques, ou CSE.



Figure 1 .acteur de la sécurité au travail

1.4 Importance de la sécurité au travail :

La santé des travailleurs est un facteur déterminant de la productivité. Les problèmes de santé peuvent également conduire à une discrimination à l'encontre des travailleurs (par exemple, ceux atteints du VIH/sida ou de tuberculose) ou à d'importantes dépenses pour les gouvernements et les entreprises.

1.5 Responsable de la santé au travail :

L'employeur doit veiller à la santé et à la sécurité de ses travailleurs en mettant en place des actions de prévention, d'information et de formation. Il doit également évaluer les risques professionnels sur chaque poste de travail.

La protection de la santé des travailleurs par la médecine du travail est partie intégrante de la politique nationale de santé[3]

1.6 Assurer la santé et la sécurité au travail :

Proposer des équipements de protection individuels comme des casques, des gants ou des chaussures lorsque c'est nécessaire ; adapter les horaires de travail en fonction de la météo. On peut facilement le négliger, mais la canicule ou la neige ont une influence considérable sur la santé et la sécurité au travail.

1.7 Objectif de la santé et de la sécurité au travail :

La politique de santé et de sécurité au travail a pour objectif de limiter les risques professionnels tout en améliorant les conditions de travail de l'ensemble des salariés. Toutes les activités professionnelles comportent des risques à des degrés différents (accidents ou maladies).

2. Notion de danger :

Un «danger» est toute source potentielle de blessure ou d'effet nocif sur la santé d'une personne. Le potentiel de nuisance est une propriété naturelle et permanente des dangers. Pratiquement chaque lieu de travail comprend des dangers, qui se présentent sous de nombreuses formes, par exemple:

- Produits chimiques;
- Électricité;
- bruit;
- chaleur;
- travail en hauteur ;
- machines sans protection;
- bactéries;
- virus;
- travail stressant;
- mauvaise organisation du travail.

Pour mieux comprendre les dangers et leurs effets potentiels, on peut distinguer les «dangers pour la sécurité» des «dangers pour la santé».

Les dangers pour la sécurité (et les risques qui en découlent) sont généralement plus

faciles à identifier que les dangers pour la santé et sont donc plus faciles à traiter. Le niveau de risque élevé qu'engendre une machine dangereuse non pourvue d'un mécanisme de protection, telle qu'une presse à découper, et les lésions qui peuvent en résulter sont évidents pour tous, alors que les dangers pour la santé et les risques qui en découlent sont souvent moins évidents.

Les problèmes de santé causés par le travail peuvent se développer discrètement et, dans certains cas, n'apparaître que beaucoup plus tard dans la vie. Un diagnostic et un traitement précoces peuvent empêcher l'aggravation du problème, voire sauver la vie du travailleur. Les effets d'une exposition répétée, souvent à faible dose, à un danger pendant des semaines, des mois et des années doivent également être pris en considération[4]

3. Notion de Risque :

Un «risque» est la combinaison de la probabilité (élevée ou faible) qu'un danger entraîne effectivement une blessure ou une maladie, ainsi qu'une indication de la gravité du préjudice.

Risque = probabilité de préjudice x gravité du préjudice

L'exposition à un danger présente des risques pour la sécurité et la santé des travailleurs: un produit chimique toxique, par exemple un pesticide, est un danger mais personne n'y sera exposé s'il est produit dans un système parfaitement clos; par conséquent, il ne présente pas de risque pour la santé humaine lors de sa fabrication. Par contre, lorsqu'il est pulvérisé sur un champ, les travailleurs non protégés peuvent y être exposés par inhalation (respiration), par contact avec la peau (absorption cutanée) et/ou par ingestion accidentelle.[1]

4. Notion de risque professionnel :

Par risques professionnels, il faut entendre tout risque ayant pour origine l'activité professionnelle, c'est-à-dire le travail rémunéré, indispensable pour vivre de nos jours. Tout phénomène, tout événement qui apparaît en milieu de travail et qui présente un danger pour l'homme est appelé risque professionnel. Il n'est pas indispensable que l'atteinte à la santé ait lieu obligatoirement dans les locaux et pendant les horaires de travail, comme c'est le cas de certaines maladies professionnelles qui se manifestent souvent plusieurs années, voire quelques décennies après l'exposition (cas de certains cancers de l'amiante).

Les risques professionnels sont également les mieux étudiés, avec une législation et une réglementation importante, de nombreuses normes et des actions de prévention pour assurer une bonne sécurité aux travailleurs[5]

Les risques professionnels apparaissent depuis une dizaine d'années comme l'un des risques majeurs auxquels les organisations doivent faire face et d'étudier l'influence des conditions de travail sur la santé de ces salariés, l'homme dans le processus de production est appelé à réaliser un certain nombre d'accidents dans son environnement de travail et dans certaines conditions qui peuvent avoir un impact sur la santé de l'homme au travail.[6]

On peut considérer les risques professionnels comme des risques industriels de faible ou moyenne gravité auxquels sont exposés essentiellement les salariés des entreprises qui se trouvent à proximité de la source du risque. Généralement, les dégâts causés par les accidents qui en résultent sont limités aux postes ou aux locaux de travail, et le nombre de victimes, blessures, intoxications et rarement décès ne dépassent pas quelques personnes.[6]

5. Culture de prévention en matière de sécurité et de santé

Il est important de se rappeler que les accidents du travail et les maladies professionnelles ne touchent pas tous les travailleurs de la même manière. Les jeunes travailleurs (de 15 à 24 ans), les femmes et les travailleurs migrants sont particulièrement vulnérables aux accidents du travail et aux maladies professionnelles, notamment lorsqu'ils travaillent dans des secteurs dangereux, comme la construction et l'agriculture, et dans des conditions de précarité, comme dans l'économie informelle. Il faut tenir compte des différents besoins de la main-d'œuvre afin de garantir la sécurité et la santé de tous[1]

5.1 Protection au travail

Protéger les travailleurs : protéger la vie, préserver l'intégrité, maintenir les travailleurs en santé face aux risques d'accidents et de maladies. Prévenir contribue à offrir un environnement de travail valorisant, sans stress, favorable à un développement positif et enrichissant des ressources humaines

5.2 Procédures de sécurité

De manière plus concrète, les procédures en SST ou règles de sécurité sont les directives à suivre au moment de l'exécution de tâches précises. À titre d'exemple, il peut s'agir d'une procédure en SST concernant le cadenassage, le travail en espace clos, le travail en hauteur, la manutention, etc.[7]

6. Hygiène selon l'organisation mondiale de la santé (l'OMS) :

L'hygiène est un ensemble de mesures (moyens et pratiques) visant à prévenir les infections et l'apparition de maladies infectieuses. Ou bien une combinaison d'actes et d'attitudes visant à maintenir le corps, l'organisme et le mental en bonne santé. Elle est basée essentiellement sur trois actions : (1) le nettoyage et la déterision ; (2) la désinfection ; (3) la conservation.[8]

6.1 Nettoyage :

Selon l'organisation international de travail (OIT) le nettoyage est l'ensemble des opérations visant à éliminer les sources de saleté, de poussière de déchets et autres substances nuisibles pour la santé tout en maintenant un environnement de travail sur et hygiénique cela inclut l'utilisation de produits de nettoyage appropriés ainsi que la mise en place de normes et de procédures de sécurité pour protéger les travailleurs contre les risques liée au nettoyage []

6.2 Désinfection :

Selon OMS la désinfection est le processus qui élimine ou tue les germes pathogène sur des surfaces inanimées cela peut être accompli en utilisant des produits chimiques tels que des désinfectants ou en utilisant des méthodes physiques telles que la stérilisation a la chaleur ; la désinfections est un élément important de la prévention des infections et est largement utilisée dans les hôpitaux les maisons de soins les laboratoires et d'autres environnement ou la propreté est essentielle.

Prévention des risques professionnels :

- La prévention des risques professionnels recouvre 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.

• Pour mettre en place une démarche de prévention, il est nécessaire de s'appuyer sur les neuf grands principes généraux (L.4121-2 du Code du travail qui régissent l'organisation de la prévention.

1. Éviter les risques, c'est supprimer le danger ou l'exposition au danger.
2. Évaluer les risques, c'est apprécier l'exposition au danger et l'importance du risque afin de prioriser les actions de prévention à mener.
3. Combattre les risques à la source, c'est intégrer la prévention le plus en amont possible, notamment dès la conception des lieux de travail, des équipements ou des modes opératoires.
4. Adapter le travail à l'Homme, en tenant compte des différences interindividuelles, dans le but de réduire les effets du travail sur la santé.
5. Tenir compte de l'évolution de la technique, c'est adapter la prévention aux évolutions techniques et organisationnelles.
6. Remplacer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins, c'est éviter l'utilisation de procédés ou de produits dangereux lorsqu'un même résultat peut être obtenu avec une méthode présentant des dangers moindres.
7. Planifier la prévention en intégrant technique, organisation et conditions de travail, relations sociales et environnement.
8. Donner la priorité aux mesures de protection collective et n'utiliser les équipements de protection individuelle qu'en complément des protections collectives si elles se révèlent insuffisantes.
9. Donner les instructions appropriées aux salariés, c'est former et informer les salariés afin qu'ils connaissent les risques et les mesures de prévention.

7. Équipements de protection

Au quotidien, les agents des collectivités ou bien les travailleurs sont exposés à un ou plusieurs risques susceptibles de menacer leur sécurité ou leur santé. Des équipements de protection doivent alors être mis en place pour prévenir tout risque d'accident. Les équipements de protection collective sont privilégiés, mais lorsqu'ils sont insuffisants ou inadaptés, il est nécessaire de recourir à des équipements de protection individuelle : casque de protection, chaussures de sécurité, gants, lunettes de protection...

Les règles relatives à leur conception, leur utilisation et leur mise à disposition sont définies par le Code du travail.

Selon la législation :

« Tout employeur est tenu de supprimer ou de réduire les risques professionnels afin d'assurer la sécurité et de protéger la santé physiques et mentale des travailleurs de son établissement, y compris les travailleurs temporaires. Pour ce faire, il doit prendre les mesures appropriées et les mettre en œuvre conformément aux principes généraux de prévention parmi lesquels la mise en place de protections collectives en priorité sur les protections individuelles ».[7]

La Loi sur la santé et la sécurité du travail vise l'élimination à la source des dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs et travailleuses. Malheureusement, dans les cas où la technologie existante ne permet pas encore l'élimination

totale d'un danger, l'utilisation d'un équipement de sécurité s'avère nécessaire.

7.1 Définition d'équipement de protection :

Un équipement de protection est un dispositif, un mécanisme, un appareil ou une installation qui, par sa conception (agencement et matériaux constitutifs), est capable d'assurer valablement la protection des salariés contre un ou plusieurs risques professionnels et d'en limiter ainsi les conséquences. Il existe deux types d'équipements de protection :

- L'équipement de protection collective destiné à protéger un ensemble de travailleurs et travailleuses contre un même agresseur.
- Un équipement de protection individuelle destiné à protéger personnellement les travailleurs et travailleuses contre un agresseur.

7.2 Équipements de protection collectives « EPC »

Équipement de protection est dit « collectif » ; s'il assure indistinctement la sécurité du salarié affecté au poste et celle des autres personnes présentes à proximité. Ils protègent également les objets et les biens.

La fonction principale des équipements de protection collective consiste à réduire à un niveau acceptable les risques auxquels les travailleurs sont exposés. Ces protections se présentent sous des formes diverses selon le rôle qui leur est attribué. Les équipements de protection collective ont une ou plusieurs des fonctions en plus :

- Éviter l'accès à une zone de danger : veiller à ce que des personnes ou des parties du corps (les mains, par exemple) ne puissent se trouver à un endroit dangereux;
- Recueillir les matériaux, éléments et liquides projetés ;
- Réduire les émissions de bruit, de rayonnement, de produits dangereux, de poussière, de gaz, ...
- Éliminer le danger avant que la zone de danger soit atteinte.[9]

Classification des équipements de protection collective

Ainsi, les équipements de protection collective peuvent être classés en quatre catégories :

Selon leur type et leur manière de protéger les personnes:

– la protection par obstacle : elle consiste en la mise en place d'un ou de plusieurs équipements créant un obstacle entre les personnes et le danger et limitant ainsi l'accès des personnes au danger.



Figure 2. Exemple de protection par obstacle

- la protection par éloignement : elle consiste à créer une distance entre les personnes et le danger de manière à permettre aux personnes d'éviter le danger.
- la protection par consignation : elle consiste à permettre de consigner une fonction dangereuse dans un état sûr pour les personnes intervenantes. Cette consignation permet à celles-ci de connaître exactement l'état de l'élément consigné et de travailler en conséquence.
- la protection par atténuation d'une nuisance : elle consiste en la mise en place d'équipements qui vont atténuer ou stopper une nuisance que les personnes à proximité subiraient si ces équipements n'étaient pas mis en place.

Selon les risques contre lesquels ils apportent une protection :

- les équipements de protection collective contre les risques mécaniques, notamment les chutes.
- les équipements de protection collective contre les risques ergonomiques, notamment le bruit ou les charges lourdes.
- les équipements de protection collective contre les risques chimiques, notamment la fumée ou les poussières.

Exemples :

Les capots de protection des parties mobiles des machines, les enceintes de confinement des sources de bruit, les garde-corps bordant les échafaudages et les installations d'aspiration de substances dangereuses.

Selon leur rôle :

- Le balisage ou la mise en place d'une déviation sont des exemples de protection par éloignement.
- Une rambarde de sécurité, un garde-corps ou un filet de protection antichute sont des protections par obstacle
- La protection par atténuation peut être obtenue en faisant appel à des panneaux antibruit, à des solutions d'encoffrement ou à des solutions dynamiques telles une aspiration de poussière ou une ventilation.
- l'interruption de l'alimentation électrique lors d'une opération de maintenance est une possibilité de protection par consignation.

Selon le classement par risque :

- Les filets amortisseurs de chute sont de parfaits EPC contre le risque mécanique qu'est la chute dans le cadre de travaux en hauteur.
- Les extracteurs de fumée permettent de parer ou de limiter les risques chimiques.
- Un chariot élévateur pour éviter aux travailleurs de porter de lourdes charges est quant à lui un excellent EPC contre le risque ergonomique.

7.3 Équipement de protection individuelle « EPI » :

Un équipement de protection individuelle (EPI) est un dispositif ou moyen destiné à être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa sécurité ou sa santé principalement au travail.

Ces équipements sont très différents tant par les risques contre lesquels ils protègent que par leur degré de complexité. À titre d'exemples, on peut citer les casques de protection, les bouchons d'oreilles, les lunettes de protection, les gants, les chaussures de sécurité, les appareils de protection respiratoire (APR), les équipements individuels de flottaison, les systèmes d'arrêt des chutes et les vêtements de protection (contre la chaleur, les produits chimiques, le feu...).

Les risques peuvent être d'origines diverses :

- Biologique (inhalation d'agents biologiques...),
- Chimique (inhalation de poussières ou de vapeurs de solvants, contact des mains avec des produits chimiques liquides...),
- Mécanique (chocs à la tête, coupures des mains, projections de particules dans les yeux...),
- Électrique (contact direct avec des conducteurs nus sous tension...),
- Thermique (travail en chambre froide, contact avec une flamme, projections de métal fondu...),
- Rayonnements ionisants ou non ionisants (laser, ultraviolet, infrarouge...),
- Bruit...[9]

L'équipement de protection individuelle se définit comme "un bouclier qui isole personnellement un travailleur d'un danger imminent". Un équipement de protection doit évidemment être efficace, c'est-à-dire protéger du danger contre lequel il a été conçu. Il doit aussi être pratique et ne pas gêner les travailleurs et travailleuses dans leur liberté de mouvements. Rappelent que l'équipement de protection individuelle n'empêche pas l'accident, mais peut contribuer à sauvegarder votre vie et votre santé.

Les principaux EPI exclus du champ d'application de la réglementation sont les suivants :

- EPI conçus et fabriqués pour un usage privé contre les conditions atmosphériques (chaussures, bottes...), l'humidité, l'eau, la chaleur,
- EPI conçus et fabriqués spécifiquement pour les forces armées ou de maintien de l'ordre,
- Équipements d'autodéfense contre les agressions,
- EPI destinés à la sauvegarde des personnes embarquées à bord des navires ou des aéronefs et qui ne sont pas portés en permanence,

- Appareils portatifs pour la détection et la signalisation des risques et facteurs de nuisance.

7.3.1 Règles pour la conception et la fabrication des EPI :

Le fabricant doit respecter des règles techniques de conception et des procédures de certification strictes préalables à la mise sur le marché. À de rares exceptions près, ces règles techniques sont reprises dans des normes harmonisées.

Les EPI sont donc le plus souvent évaluées sur la base de normes qui fixent des méthodes d'essai et des exigences de performance. Dans certaines normes, le résultat des essais donne lieu à l'attribution d'un niveau de performance. C'est le cas, par exemple, des gants de protection et des appareils de protection respiratoire.

Les EPI ont été classés en trois catégories auxquelles les professionnels de la protection individuelle ont associé les termes succincts de « catégorie I, II et III ». Ces termes sont couramment utilisés bien qu'ils n'apparaissent pas dans la réglementation. En ce qui concerne les procédures de certification, la règle générale est l'examen CE de type ; elle concerne les EPI de catégorie II.

Toutefois, certains EPI, ceux de catégorie I, sont soumis à la procédure dite d'auto certification CE. En outre, d'autres EPI, ceux de catégorie III, sont soumis à l'examen CE de type complété d'un contrôle de la production par prélèvement d'échantillons ou par vérification du système d'assurance qualité, au choix du fabricant.

Tableau 1. Procédure de certification applicable en fonction de la gravité des risques et du degré de complexité des EPI

Procédure de certification	Catégorie d'EPI	Gravité des risques	Conception de l'EPI	Exemples
Auto certification (déclaration, sous sa responsabilité, identifiables par l'utilisateur de protection de la conformité de l'EPI aux règles dérogatoires ... techniques)	I	Minimes et facilement	Simple	Lunettes de soleil gants du fabricant contre des solutions diluées
Examen CE de type (, par un organisme notifié que l'EPI ... est conforme aux règles techniques)	II			Attestation Casques de protection pour l'industrie, vêtements de haute visibilité
Examen CE de type + procédure, complémentaire avec intervention ... d'un organisme notifié :	III	Graves ou mortels	Complexe	Appareils de protection respiratoire, EPI contre les chutes de hauteur

ystème de garantie de qualité CE ou système d'assurance qualité CE de la production avec surveillance				
---	--	--	--	--

7.3.2 Conditions mettre à disposition les EPI

Les EPI doivent être :

- Certifiés conforme avec les règles techniques (marquage CE),
- Accompagnés d'une notice d'utilisation, fournis gratuitement,
- Entretien par la collectivité,
- Vérifiés périodiquement,
- Remplacés après dépassement de la date limite d'utilisation ou détérioration,
- Compatibles entre eux si la situation de travail nécessite l'utilisation combinée de plusieurs EPI ; chacun devant conserver la même efficacité.

Les agents sont tenus de se conformer aux instructions (règlement intérieur, consignes...) données par l'autorité territoriale. Ils doivent veiller à ce que l'usage des EPI soit conforme à leur destination et réservé uniquement à une utilisation professionnelle.

7.3.3 Choix les EPI

Une EPI doit être approprié aux risques à prévenir, adapté au travailleur et compatible avec le travail à effectuer. Son choix sera donc guidé par l'analyse du poste de travail. C'est l'employeur qui détermine, après consultation du CHSCT (ou, à défaut, des délégués du personnel), les conditions de mise à disposition et d'utilisation des EPI par les salariés, notamment la durée de port des EPI. Il prend en compte la gravité du risque, la fréquence de l'exposition, les caractéristiques du poste de travail et les performances des EPI.

Dans cette étape de choix, le service de santé au travail peut conseiller utilement l'employeur. L'équipe pluridisciplinaire (médecin du travail, IPRP, infirmière en santé au travail), qui connaît les différents risques professionnels, leurs effets sur la santé et les conditions de travail de l'entreprise, peut donner un avis sur le type d'EPI à préconiser en prenant en compte les contraintes pouvant être générées par son utilisation ou les spécificités individuelles des travailleurs.[10]

7.3.4 Classes d'équipements de protection individuelle :

La protection essentielle : elle regroupe les équipements de sécurité que vous devez porter en tout temps pour réaliser votre travail.

La protection temporaire : vous l'utilisez en attendant que des moyens plus efficaces soient mis en place pour contrer les risques. Moyens rapides et peu coûteux, les équipements de protection temporaire pallient aux effets nocifs de ces risques.

La protection inhérente à la tâche : rendue nécessaire par le type de travail que vous devez exécuter.

Il existe plusieurs équipements de protection individuelle.

- Le casque de sécurité,
- Les vêtements et les chaussures,

- Les lunettes de sécurité,
- Les gants de sécurité,
- Les protecteurs d'oreilles,
- Les protecteurs respiratoires.[11]

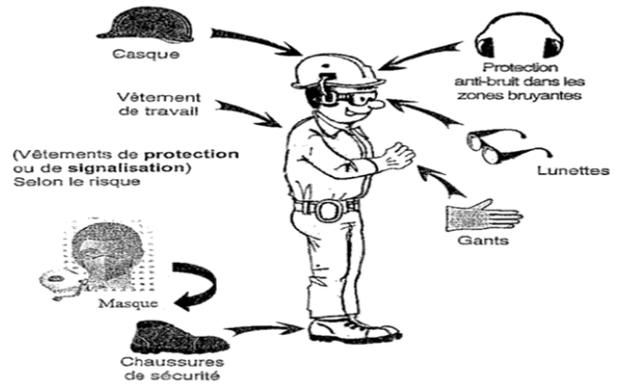


Figure 3. les équipements de protection individuelles

Tableau 2. type des EPI et les principaux critères de sélection

Types d'EPI	Risques	Critères de sélection	Dispositions du RSST et autres normes
<p>Protecteurs oculaires ou visières</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Projection de particules ou de liquides • « Flash » de soudure (un coup d'arc dans les yeux produit par la soudure) • Rayonnement 	<p>Choisir des protecteurs oculaires confortables et qui restent bien en place</p> <p>S'assurer de la compatibilité du protecteur oculaire avec un autre EPI</p> <p>Offrir des protecteurs oculaires adaptés à la vue des travailleurs si le port de l'EPI est fréquent (notez que l'employeur n'est pas tenu de le faire. En tant que responsable syndical en SST, il est de votre responsabilité de négocier avec lui pour le convaincre)</p> <p>Pour plus de détails, consultez : Lunettes de sécurité et protecteurs faciaux</p>	<p>Le port de protecteurs oculaires ou d'un protecteur facial est obligatoire pour tout travailleur exposé à un danger pouvant occasionner une lésion aux yeux ou à la figure causée notamment par:</p> <p>1° des particules ou des objets ;</p> <p>2° des matières dangereuses ou des métaux en fusion ;</p> <p>3° des rayonnements intenses.</p> <p>Ces protecteurs doivent être conformes à la norme CAN/CSAZ94.3-92:Protecteurs oculaires et faciaux pour l'industrie (art.343,RSST).</p>
<p>Gants</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Perforation • Coupure • Brûlure, gelure • Contact avec une matière dangereuse • Radiation • Irritation de la peau 	<p>Effectuer une analyse sécuritaire de tâche pour le choix du gant approprié</p> <p>Se référer à la fiche signalétique du produit utilisé pour la manipulation de produits chimiques(SIMDUT)</p> <p>Pour plus de détails, consultez : Vêtements de protection contre les produits chimiques Les gants</p>	<p>Le port d'un équipement de protection approprié à la nature de son travail est obligatoire pour tout travailleur exposé:</p> <ul style="list-style-type: none"> • À des objets brûlants, tranchants ou qui présentent des arêtes vive sou des saillies dangereuses • À des éclaboussures de métal en fusion • Au contact de matières dangereuses (art.345,RSST)

Types d'EPI	Risques	Critères de sélection	Dispositions du RSST et autres normes
<p>Chaussures de protection</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Écrasement • Choc électrique • Perforation • Coupure • Brûlure • Contact avec une matière dangereuse • Glissement (chute) 	<p>Vérifier les symboles se trouvant sur les chaussures pour s'assurer de leur conformité par rapport à la tâche</p> <p>Par exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ce logo indique que la botte est certifiée résister aux perforations et aux chocs jusqu'à une certaine limite de poids • Ce logo est requis pour les bottes qui doivent offrir une protection aux chocs électriques <p>Pour plus de détails à ce sujet, consultez la norme CAN/CSA-Z195-02 ou le site www.cchst.ca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chaussures de protection <p>Consultez également :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chaussures-Grille d'évaluation • Confort et sécurité des pieds au travail 	<p>Le port de chaussures de protection est obligatoire pour tout travailleur exposé à se blesser les pieds dans les cas suivants:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1° par perforation 2° par un choc électrique 3° par l'accumulation de charges électrostatiques 4° à la suite de la chute d'objets lourds, brûlants ou tranchants 5° par contact avec du métal en fusion 6° par contact avec des matières dangereuses qui sont sous forme liquide et à des températures intenses 7° par contact avec des matières dangereuses qui sont corrosives 8° à l'occasion d'autres travaux dangereux <p>Ces chaussures doivent être conformes à la norme CAN/CSA-Z195-02: Chaussures de protection (art. 344, RSST).</p>

<p>Protecteurs auditifs</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Exposition à un environnement bruyant	<p>Choisir des protecteurs qui répondent aux besoins des utilisateurs, qui s'ajustent et s'entretiennent facilement</p> <p>Évaluer les limites des protecteurs auditifs en fonction des caractéristiques du milieu (ex. : circulation de chariots élévateurs)</p> <p>Pour plus de détails, consultez sur www.cchst.ca: Protecteurs auditifs</p>	<p>L'employeur doit notamment se conformer aux dispositions suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Exposition au bruit continu et au bruit d'impact (art.131 à 135, RSST)• Mesures correctives et EPI (art.136, RSST)• Conformité des protecteurs auditifs à la norme ACNOR Z94.2-1974 : Protecteurs auditifs (art.137, RSST)• Affichage du port obligatoire des protecteurs auditifs (art.138, RSST)
--	---	---	--

Types d'EPI	Risques	Critères des élection	Dispositions du RSST et autres normes
<p>Masques</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalation de contaminants (produits chimiques, biologiques, poussières, etc.) 	<p>Choisir l'EPI de protection respiratoire de façon rigoureuse, en fonction du risque et de chaque utilisateur</p> <p>Faire des tests d'étanchéité</p> <p>Former les travailleurs sur les règles d'utilisation et d'entretien</p> <p>Pour plus de détails, consultez sur www.cchst.ca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entretien des appareils respiratoires • Essais d'étanchéité • Guide de protection respiratoire 	<p>L'équipement de protection respiratoire doit être sélectionné en fonction du <i>Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec</i> de l'IRSST.</p> <p>L'équipement doit être choisi, ajusté, utilisé et entretenu conformément à la norme CSAZ94.4-93: Choix, entretien et utilisation des respirateurs (art.45, RSST).</p> <p>L'équipement de protection respiratoire doit notamment être :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1° conçu pour offrir une protection à l'égard du danger auxquelles t'exposé le travailleur 2° inspecté par le travailleur à chaque fois qu'il le porte 3° inspecté par l'employeur au moins une fois par mois et à chaque fois qu'un travailleur signale qu'il est défectueux 4° entreposé dans un endroit propre (art.47,RSST)

<p>Harnais de sécurité</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Risques de chute • Travail en espace clos 	<p>Consulter un fournisseur spécialisé en équipement de protection contre les chutes</p> <p>Porter une attention particulière aux harnais pour les travailleuses : ceux-ci doivent être adaptés à leur physique, sinon ils n'offrent aucune protection</p> <p>Pour plus de détails, consultez sur www.cchst.ca: Entretien des ceintures de travail, des harnais et des cordons d'assujettissement</p>	<p>Le port d'un harnais de sécurité est obligatoire pour tout travailleur exposé à une chute de plus de 3m sauf s'il est protégé par un dispositif lui assurant une sécurité équivalente ou s'il ne fait qu'utiliser un moyen d'accès ou de sortie (art.346, RSST)</p> <p>Le harnais de sécurité doit être utilisé avec l'un des systèmes suivants:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1° un absorbeur d'énergie auquel est relié un cordon d'assujettissement ne permettant pas une chute libre de plus de 1, 2m 2° un enrouleur-dérouleur qui inclut un absorbeur d'énergie ou qui y est relié (art.347, RSST) <p>Le harnais de sécurité doit être conforme à la norme CAN/CSA Z259.10-M90: Harnais de sécurité</p>
---	--	---	---

Types d'EPI	Risques	Critères des élection	Dispositions du RSST et autres normes
<p>Vêtements de protection</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Éclaboussure • Brûlure • Coupure • Exposition à des contaminants (chimiques, biologiques, etc.) • Exposition à du rayonnement • Exposition à des risques électriques • Exposition à une chaleur intense • Exposition au froid • Travail en plongée 	<p>Choisir des vêtements de protection qui conviennent à la taille de chaque travailleur</p> <p>S'assurer que les vêtements de protection sont bien ajustés pour ne pas gêner le mouvement et éviter les risques de coincement avec une pièce en mouvement</p> <p>Pour plus de détails, consultez sur www.cchst.ca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vêtement de sécurité à haute visibilité • Vêtements de protection individuelle <p>Appellations commerciales et fabricants</p>	<p>Le port d'un équipement de protection approprié à la nature de son travail est obligatoire pour tout travailleur exposé:</p> <ul style="list-style-type: none"> • à des objets brûlants, tranchants ou qui présentent des arêtes vives ou des saillies dangereuses • à des éclaboussures de métal en fusion • au contact de matières dangereuses (art.345, RSST) <p>Ces équipements peuvent inclure une cagoule, un tablier, des jambières, des manchettes, des gants, etc.</p>

<p>Casques de sécurité</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Chute d'objets lourds • Se cogner contre des objets • Choc électrique 	<p>S'assurer que les casques sont bien ajustés et que la tête repose sur le fond de coiffe</p> <p>Déterminer s'il y a un risque d'impact latéral (par le côté)</p> <p>Pour plus de détails, consultez sur www.cchst.ca: Entretien des casques de sécurité</p>	<p>Le port d'un casque de sécurité est obligatoire pour tout travailleur exposé à être blessé à la tête par des impacts verticaux, par la pénétration d'objets qui tombent, par des chocs latéraux ou par un choc électrique (art.341,RSST)</p> <p>Ce casque de sécurité doit être conforme à la norme ANSI Z89.1-1986: Protective Head wear for Industrial Workers ou à la norme CAN/CSA Z94.1-92: Casques de sécurité pour l'industrie (si possibilité de choc latéral)</p>
---	---	---	---

7.3.5 Sanctions en cas de non port des EPI :

Le non-respect des consignes de sécurité est une faute passible d'une sanction disciplinaire, allant de l'avertissement au licenciement, voire même la faute grave rendant impossible le maintien du salarié dans l'entreprise. Les sanctions découlent bien entendu de chaque cas particulier et il appartient à l'employeur de déterminer quel niveau de sanction est le plus approprié en fonction du manquement commis par le travailleur.

Il est cependant fréquent que le travailleur puisse se défendre en invoquant une insuffisance d'information ou de formation au matériel de sécurité, des consignes peu claires ou la non-conformité des équipements de protection individuelle.[12]

8. Accident de travail récurrent :

Il n'est pas toujours facile de partager des retours d'expérience sur les accidents professionnels liés au manque ou au mauvais usage des EPI, car cela peut être considéré comme une violation de la vie privée et de la confidentialité des personnes impliquées. Cependant, il est important de souligner que ces accidents peuvent avoir des conséquences graves pour les travailleurs, notamment des blessures physiques, une perte de salaire due à l'incapacité de travailler, des coûts médicaux et psychologiques, et dans les cas les plus graves, une invalidité permanente ou même la mort. Il est également important de noter que les accidents liés aux EPI peuvent être évités en fournissant les EPI appropriés, en formant les travailleurs à leur utilisation et en veillant à ce que les EPI soient utilisés correctement. Les entreprises doivent mettre en place des politiques et des procédures pour garantir que les EPI soient utilisées conformément aux normes de sécurité et de santé au travail. Enfin, les retours d'expérience sur les accidents professionnels liés aux EPI peuvent aider à identifier les risques et les lacunes dans les politiques et les procédures de sécurité de l'entreprise, ainsi que les moyens de les améliorer pour protéger les travailleurs. Ces retours d'expérience peuvent être partagés avec d'autres entreprises et organisations pour améliorer les normes de sécurité et de santé au travail dans l'ensemble de l'industrie.

A titre d'exemple :

- un travailleur de l'industrie de la construction a été gravement blessé à la tête après avoir été frappé par une poutre en acier qui était en train d'être soulevée. Le travailleur ne portait pas de casque de sécurité.
- un travailleur a subi des brûlures chimiques graves aux mains après avoir manipulé un produit chimique corrosif sans porter de gants de protection.
- un travailleur a subi une grave blessure oculaire après avoir été frappé par un éclat de métal lorsqu'il a tenté de percer une plaque d'acier sans porter de lunettes de protection.
- Un travailleur a été exposé à des niveaux élevés de bruit lorsqu'il a travaillé près d'une machine bruyante sans porter de bouchons d'oreille. Il a subi une perte auditive permanente.

Conclusion

En conclusion les équipements de protection individuelle sont essentiels pour garantir la

sécurité des travailleurs dans de nombreux domaines. Ils permettent de protéger les travailleurs des risques professionnels tels que les blessures, les maladies et même la mort. Le choix des EPI doit être effectué en fonction des risques identifiés et des besoins spécifiques de chaque travailleur. Il est également important de former les travailleurs à l'utilisation des EPI et de veiller à leur entretien régulier. En adoptant une approche proactive en matière de sécurité et de santé des travailleurs, les entreprises peuvent contribuer à réduire les risques professionnels et à améliorer la qualité de vie de leurs employés.

Chapitre 02 : Gestion et intervention des incendies

Introduction

Un incendie peut éclater en un instant et se propager en quelques secondes, Qu'il s'agisse d'une maison, d'un site industriel ou d'une forêt, les feux peuvent avoir des conséquences humaines (décès, handicaps physiques, pertes d'emploi...), environnementales (pollution, destruction des biotopes...) et économiques (cessations d'activité...) dramatiques. Les progrès réalisés dans le domaine de la prévention et de la protection sont parvenus à limiter le nombre de décès et de blessures.

Dans ce chapitre, nous allons présenter d'une façon générale le feu sa combustion, ses paramètres, ses sources et ses modes de propagation nous avons discuté ensuite sur le phénomène d'incendie, ainsi que les procédures de prévention et d'intervention, En cas particulier l'intervention des pompiers.

1. Incendie

Un incendie est un feu violent et destructeur pour les activités humaines ou la nature. Il est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et l'espace. Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant, cette réaction nécessite une source d'énergie pour être initiée. Le combustible, le comburant et la source d'énergie constituent le triangle du feu[13].

1.1 Feu :

Dans la norme ISO 13943, le feu désigne un processus de combustion indépendant qui se développe au fil du temps et de l'espace.

1.2 Déclenchement d'un incendie

1.2.1 Triangle du feu :

L'incendie engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants ou toxiques. L'énergie émise favorise le développement de l'incendie. Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant en présence d'une source de chaleur.

1.2.2 Combustible :

- Classe A - Bois, carton, papier, tissu, charbon... tout ce qui laisse des braises
- Classe B - Essence, white-spirit, fuel, huile, paraffine... ce qui brûle sans laisser de braises
- Classe C - Tous les gaz, propane, butane, acétylène, hydrogène, méthane. ...
- Classe D - Les métaux finement divisés, en poudre ou en filaments, poudre d'aluminium,
- laine d'acier, uranium, zinc, magnésium, sodium...

1.2.3 Comburant :

Oxygène de l'air, chlore, eau oxygénée, acide nitrique, oxylythe, acide sulfurique, nitrate de potasse chlorates, perchlorates.

1.2.4 Energie :

Mécanique due au frottement, électrique (foudre, électricité statique) chimique, biochimique, solaire.



Figure 4. Eléments de triangles de feu

Le feu est une réaction chimique pour laquelle trois éléments sont nécessaires : une matière combustible, de l'oxygène et une température d'inflammation. Cette température d'inflammation peut être atteinte en présence d'une flamme, d'une étincelle, d'une source de chaleur, d'un frottement... Ces trois éléments sont généralement présentés dans un triangle, le triangle du feu.

Il y a beaucoup de matières comburantes. Elles sont subdivisées en trois catégories:

- Les matières solides (par exemple : vêtements - matériel d'emballages - chiffons sales)
- Les matières liquides (par exemple : essence - diesel- peinture -diluant pour peinture)
- Les matières gazeuses (par exemple : gaz naturel - propane)

On a normalement 21 % d'oxygène dans l'air. C'est suffisant pour qu'un processus de combustion démarre. Si la teneur en oxygène dans l'air est plus élevée (par exemple, en cas de fuite d'une bonbonne d'oxygène), la combustion sera plus rapide. Il y a beaucoup de sources qui peuvent mener à un incendie ou une explosion:

- Feu ouvert (bout de cigarette incandescent - étincelles de soudage)
- Etincelles due à un court-circuit ou de l'électricité statique
- Augmentation de la chaleur suite à des chauffages ou des frottements

Les trois côtés du triangle du feu indiquent les conditions pour la naissance d'un feu, il ne peut pas y avoir de feu si l'un de ces éléments manque. Si les trois éléments sont combinés dans les bonnes proportions, le triangle de feu est fermé et un feu prend naissance. Quand on retire un de ces facteurs, le feu s'éteint. Ce triangle est donc aussi un instrument utile pour prévenir et combattre l'incendie.[14]

1.3 Phases de développement d'un incendie :

Un incendie passe par une phase de développement, puis de régression, entraînant une élévation suivie d'une baisse de température. Selon le mode d'inflammation et la nature du combustible, le développement sera plus ou moins rapide.

La sévérité du feu et la durée de ces phases dépendent de plusieurs paramètres :

- Quantité et répartition des matériaux combustibles (charge incendie)
- Vitesse de combustion de ces matériaux
- Géométrie du compartimentes
- Propriétés thermiques des parois du compartiment

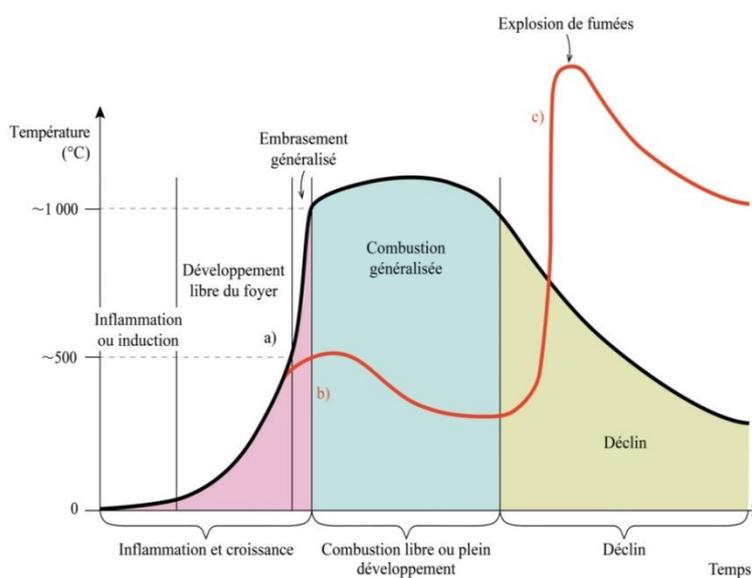
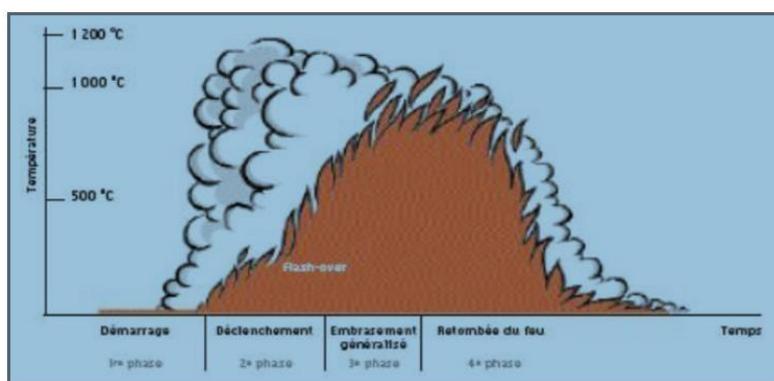


Figure 5. Phases de développement d'un incendie

1.4 Démarrage du feu (1^{re} phase) :

La rapidité de démarrage d'un incendie sera fonction du combustible en cause, de sa forme, de la ventilation du lieu et du type de source d'allumage. Durant la phase de feu couvant, la température est localisée au point d'ignition ; les premiers gaz et la fumée apparaissent.

1.5 Déclenchement de l'incendie (2^e phase) :

Au cours de la deuxième phase, où le foyer est vif mais encore localisé, le rayonnement ou le contact des flammes, atteint les matières proches, les gaz chauds se dégagent et emplissent le volume, annonçant la troisième phase.

1.6 Embrassement généralisé (3^e phase) :

Les gaz chaud s'accumule portent les combustibles présent leur température d'inflammation et l'ensemble des volumes s'embrase brutalement (flash-over). L'incendie atteint son point maximal. La présence de gaz inflammables peut également provoquer des déflagrations plus ou moins violentes.

1.7 Retombée du feu/ déclin (4^e phase) :

La violence du feu décroît avec la disparition progressive du combustible.

2. Causes d'un départ d'incendie

Les causes responsables d'un départ d'incendie peuvent être classées en trois groupes: les causes techniques, les causes humaines et les causes naturelles.

2.1 Causes techniques

2.1.1 *Liées aux combustibles*

Conditions de manipulation de gaz ou de liquides extrêmement inflammables, facilement inflammables ou inflammables.

- **Produits chimiques de laboratoires :**

Les éthers éthyliques, méthanol, butane, éthanol, hydrogène...

- **Produits d'emploi courant :**

Colle correcteur vernis peinture ...Bombe aérosol avec gaz propulseur inflammable (propane butane) produit de nettoyage ; d'hygiène et insecticide ; et l'état des conditions de stockage.

- **Produits inflammables :**

Absence de locaux d'entreposage conforme réglementation, d'armoires de sécurité et pour liquides inflammables, absence de ventilation, absence de détection incendie...

- **Matériaux combustibles :**

Entreposage sauvage, non prise en compte du potentiel calorifique des locaux ni du pouvoir

calorifique des matériaux (locaux d'archives).

- Réactions chimiques dangereuses
- Réaction exothermique non contrôlée pouvant provoquer l'inflammation des produits de la réaction;
- Réaction libérant des gaz inflammables;
- Réaction violente entre produits chimiques ;

2.2 Liées aux comburants :

2.2.1 L'oxygène :

Présent à 21 % dans l'air ambiant, l'oxygène de l'air est le comburant privilégié. La réaction des matériaux au feu diffère en milieu suroxygéné. Tout mélange gazeux comportant plus de 21% d'oxygène est un mélange comburant.

2.2.2 Composés dans lesquels les éléments électro négatifs sont faiblement liés :

Peroxydes, acide nitrique, acide perchlorique, et leurs sels minéraux et organiques. Les peroxydes inorganiques (eau oxygénée concentrée) ...

2.3 Liées aux énergies d'activation

Courant électrique :

- Vétusté des installations, isolement défectueux des conducteurs au niveau des fiches murales
- Surcharge des conducteurs et des circuits
- Résistances de contact mal établi qui provoquent des échauffements
- Utilisation de multiprises en sur capacité
- Utilisation de câbles d'alimentation de diamètre insuffisant et fusibles inadaptés à la charge de l'appareil
- Utilisation de câble de rallonge enroulé
- Entretien et contrôle réguliers des installations

Échauffement mécanique : frottement, pression...Axe de moteur grippé (exemple : pompes à vide, centrifugeuse...).

Surface chaude : plaque électrique, agit acteurs chauffants...

Flamme nue : veilleuse d'appareil à gaz et de chaudière.

Énergie électrostatique : téléphone portable, tissu synthétique.

2.4 Causes humaines

Travaux par points chauds : Ils concernent le soudage au chalumeau à gaz oxyacétylénique ou l'arc électrique, les coupages, meulage, l'oxycoupage des métaux... et tous travaux susceptibles de communiquer le feu à des matières combustibles par production d'étincelles, de flammes ou de chaleur. Imprudence, négligence, ignorance, malveillance.

2.5 Causes naturelles :

Climatiques: foudre, soleil, canicule

3. Procédés d'extinction:

L'extinction d'un foyer consiste à supprimer l'un des éléments du triangle du feu.

Pour un feu de bois (classe A) :

Suppression de l'énergie en refroidissant le foyer, c'est à dire en l'arrosant avec l'extincteur à eau pulvérisée. (Ceci afin de descendre la température en dessous du point éclair du produit combustible.)

Pour un feu D'hydrocarbures (classe B) :

Suppression le comburant en étouffant le foyer grâce à du gaz carbonique, de la mousse, ou encore de la poudre.(Le gaz carbonique va remplacer ou appauvrir la proportion d'oxygène dans l'air. La mousse créera un écran entre combustible et carburant. La poudre bloquera la réaction chimique d'oxydation entre combustible et comburant)

Pour un feu de gaz (classe C) :

Suppression le combustible en fermant le robinet, mais on pourrait tout aussi bien utiliser une extincteur à poudre, en prenant soin de fermer l'arrivée du gaz aussitôt après avoir éteint. Sinon un nuage de gaz se formera engendrant considérable.

Pour un feu de métaux (classe D) :

Suppression le comburant en étouffant le foyer à l'aide de sable ou dépoudres spéciales.

4. Prévention et protection :

Le risque d'incendie existera toujours puisqu'il est impossible de n'utiliser que des produits incombustibles dans les bâtiments. Aussi, le respect et la mise en place d'un ensemble de mesures de prévention adéquates et leur prise en compte dans la conception du bâtiment sont essentiels pour limiter et maîtriser le risque incendie.

4.1 Principe de prévention :

Un incendie peut être évité si l'on s'arrange pour que le triangle du feu ne soit pas fermé. On peut le faire en éliminant un des trois facteurs (oxygène, combustible et source d'inflammation).

Matière combustible :

Dans un environnement avec de l'oxygène où une source de chaleur peut se transformer en source d'inflammation, il faut éviter la présence de matières combustibles.

Oxygène :

Il n'est généralement pas possible d'éliminer l'oxygène, mais on peut dans certains cas, diminuer la teneur ou le volume en oxygène. L'oxygène ne brûle pas lui-même mais entretient le processus de combustion et peut augmenter considérablement le danger d'incendie (par ex. éviction d'oxygène par l'azote dans les silos).

Source d'inflammation ;

L'incendie peut être prévenu en évitant les sources d'inflammation où du matériel combustible et de l'oxygène sont présents.

4.2 Protection :

Protection active:

Les protections initiales sont dites «actives» lorsqu'elles mettent en œuvre des dispositifs dynamiques (détection, alarmes, désenfumage, sprinklers) ou font intervenir l'action humaine pour éteindre le début d'incendie (robinet d'incendie armé ou RIA). Elles ont pour objectif premier de mettre l'évacuation des personnes dans les meilleurs délais et de faciliter l'intervention rapide des secours.

Protection passive :

La protection passive regroupe les moyens mis en œuvre pour limiter les effets destructeurs du feu.

5. Principales recommandations pour une bonne sécurité :

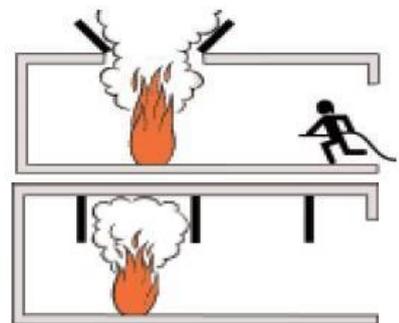
Alarme (détection) :

Permet l'évacuation du bâtiment dès les premiers instants de l'incendie



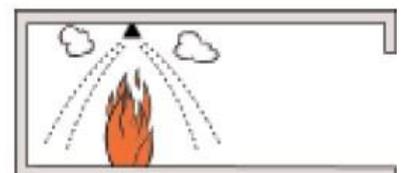
Désenfumage :

- Evacue les gaz nocifs
- Limite l'extension du feu
- Facilite l'évacuation des occupants
- Permet l'intervention des secours



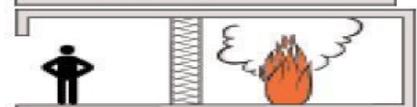
Cantonnement :

Une retombée en plafond, le cantonnement, piège les fumées et évite l'extension des gaz nocifs



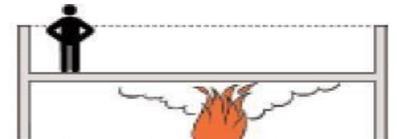
Sprinklers :

- Maîtrisent le début d'incendie
- Limitent l'extension du feu



Compartmentage :

Assure la sécurité des secours hors du local enflammé



Structure résistant au feu :

La résistance au feu n'a que peu d'influence dans les immeubles de faible hauteur, mais elle est importante dans les bâtiments à plusieurs étages pour préserver le temps nécessaire à l'évacuation et assurer la sécurité des pompiers et des personnes attendant les secours.

Normes de sécurité :

La formation du personnel, la présence d'extincteurs homologués régulièrement entretenus et de RIA augmentent les possibilités d'intervention précoce et donc d'extinction du feu.

Pompiers

La proximité, les équipements et l'accessibilité des pompiers permettent de sauver des vies humaines, limitent les pertes et évitent la propagation à un tiers.



6. Protection civile (Pompiers) :

Les pompiers peuvent être appelés à intervenir dans de nombreux environnements ou lieux de travail. Il est impossible de prévoir tous les risques auxquels les pompiers peuvent être exposés. Les demandes du métier de pompier peuvent être sporadiques et imprévisibles et la pratique de ce métier peut comprendre des périodes intermittentes de stress physique et psychologique intense.

6.1 Principales fonctions d'un pompier :

- Intervenir en cas d'incendies, d'accidents (routiers, industriels, aériens, etc.), d'effondrements de bâtiment, de catastrophes naturelles (tornades, inondations, p. ex.) et d'autres situations d'urgence.
- Porter secours à des victimes.
- Combattre des incendies au moyen de divers équipements et méthodes (haches, eau, extincteurs chimiques, échelles, véhicules, bateaux, etc.).
- Prodiger les premiers soins.
- Éduquer le public en matière de sécurité.

Des équipes spécialisées peuvent être mises sur pied pour intervenir en cas d'urgence mettant en cause des produits dangereux particuliers ou des situations dangereuses précises.

6.2 Différentes spécialités opérationnelles des pompiers :

Tout comme le métier de gendarme, le **métier de sapeur-pompier** ouvre la porte à de nombreuses **spécialités opérationnelles**. Après plusieurs années de service, les pompiers peuvent décider de se spécialiser. Mais pour espérer rejoindre ces unités. Il leur faudra auparavant affronter une sélection interne féroce et suivre une formation exigeante.

Si les **missions quotidiennes des sapeurs-pompiers** se concentrent avant tout sur le **secours aux victimes** (environ 80% des interventions), certaines unités sont spécialement formées pour intervenir dans des situations bien spécifiques.

6.2.1 Groupe d'intervention en milieu périlleux :

Cette unité est composée du groupe d'intervention en milieu périlleux (GRIMP) ainsi que le groupe de recherche et sauvetage en milieu urbain (RSMU). Ces cellules interviennent lorsque les moyens traditionnels des pompiers ne sont pas adaptés ou suffisants. Cela peut être dû à la hauteur, la profondeur ou bien encore à la difficulté d'accès des lieux. Ce sont également eux qui sont spécialisés dans les manœuvres hélitreuillées. Ils maîtrisent des techniques utilisées traditionnellement en alpinisme ou en spéléologie.

6.2.2 Groupe d'exploration longue durée (GELD) :

Cette unité est spécialisée dans les **environnements à l'atmosphère viciée ou en feu** dans des sites naturels ou artificiels, connus pour leur complexité ou leur exigüité. Comme son nom l'indique, ces spécialistes sont appelés pour des **interventions particulièrement longues**. Ils peuvent ainsi être amenés à intervenir dans les environnements suivants :

- parkings souterrains,
- tunnels,
- navires,
- gares souterraines,
- carrières souterraines,

Pour ces interventions, les sapeurs-pompiers sont équipés d'appareils respiratoires isolants à circuit fermé.

6.2.3 Spécialistes des risques NRBC :

La spécialité des risques Nucléaires, Radiologiques, Biologiques et Chimiques (NRBC) regroupe deux cellules mobiles, une pour l'**intervention chimique (CMIC)** et une autre pour l'**intervention radiologique (CMIR)**. Ces spécialistes assurent principalement des missions d'antipollution et/ou de décontamination : levées de doutes, fuites, déversements accidentels ou malveillants, feux industriels, nuages toxiques, ...etc.

6.2.4 Équipes cynotechniques des sapeurs-pompiers :

Composées de binômes chiens et conducteurs, les **équipes cynotechniques des pompiers** sont amenées à collaborer avec les équipes de sauvetage déblaiement pour la **recherche de personnes ensevelies**. Elles sont également indispensables pour le sauvetage et la recherche de personnes égarées via le pistage et le que stage. Grâce à leur odorat, les

chiens interviennent pour détecter et localiser des personnes conscientes ou non et qui n'ont pas ou plus la capacité de se manifester par le bruit ou des appels au secours.

6.2.5 Sauvetage déblaiement (SD) :

Les **sapeurs-pompiers spécialistes du sauvetage déblaiement** interviennent pour la reconnaissance, le sauvetage et la sécurisation de **sites en milieux effondrés** (mouvements de terrains, effondrement de bâtiment, accidents de la route...). En collaboration avec les équipes cynotechniques, ils sont appelés à **porter secours à des victimes en se vélies**.

6.2.6 Spécialistes en intervention aquatique et subaquatique :

Cette **composante nautique des sapeurs-pompiers** regroupe les **scaphandriers autonomes légers (SAL)** et les pompiers formés au **sauvetage aquatique (SAV)**. Les spécialistes nautiques des sapeurs-pompiers sont appelés à maîtriser un large éventail de compétences allant de la conduite d'embarcation, au sauvetage et recherche en milieu aquatique ou subaquatique et à l'appui lors de catastrophes naturelles comme des inondations.[15]

6.3 Sapeurs-pompiers : les interventions de lutte contre les incendies

Pour les sapeurs-pompiers, les interventions de lutte contre les incendies sont une source majeure d'un stress psychophysiologique aigu. Le stress qui résulte de ce type d'intervention dépend de l'interaction des trois différentes phases successives dans le déroulement d'une intervention :

- (1) la phase du signal d'alarme et de la mobilisation subséquente ;
- (2) la phase de l'intervention en elle-même ;
- (3) la phase de récupération post-intervention.

Le choix a donc été fait de dresser un état de l'art des travaux déjà réalisés sur les sapeurs-pompiers autour de ce découpage en trois phases distinctes et successives.

6.3.1 Phase du signal d'alarme et de mobilisation :

Cette première phase, qui précède l'intervention en elle-même, n'est pas sans conséquences sur l'organisme des sapeurs-pompiers. Cette phase correspond au moment où le sapeur-pompier est averti de son départ en intervention par un signal d'alarme. S'ensuit alors la période de mobilisation durant laquelle le sapeur-pompier stoppe son activité en cours pour se préparer, pour s'équiper avec ses EPI et pour ensuite aller dans le véhicule avec lequel il se rendra en intervention. Cette transition d'un état de repos à un état de stress à la fois mental et physique est l'une « des caractéristiques du métier de sapeur-pompier »

6.3.2 Phase d'intervention :

Cette phase débute dès l'arrivée des sapeurs-pompiers sur le site d'intervention et se termine lorsqu'ils le quittent. Elle inclut l'ensemble des activités opérationnelles à réaliser. Comme nous l'avons abordé précédemment, lors des interventions de lutte contre les incendies les sapeurs-pompiers sont amenés à réaliser différentes tâches, comme rechercher et sauver des victimes, attaquer et éteindre des incendies, se déplacer, transporter des équipements lourds (échelles, tuyaux, outils, etc.), forcer des entrées ou encore ventiler des

bâtiments enfumés. Les intervenants sont ainsi amenés à manipuler, soulever, tirer et transporter des objets d'un poids compris entre 36 et plus de 61 kg. Lors des différentes tâches, les sapeurs-pompiers vont réaliser un travail physique exigeant, dans des environnements dangereux et chaotiques, sous la pression du temps et d'un stress psychologique. Cela va avoir diverses conséquences tant sur le plan physiologique que sur le plan psychologique, entraînant des adaptations cardiorespiratoires, métaboliques, hormonales, immunologiques ou encore cognitives.

7. Freins dans le métier de pompier :

7.1 Risques de lutte contre les incendies :

- Les risques physiques ;
- Les risques thermiques ;
- Les risques chimiques ;
- Les risques psychologiques ;
- Les risques pour la santé ;
- Les cardiopathies ;
- L'anévrisme de l'aorte ;
- Les pneumopathies ;
- Les lésions ;

7.2 Coût énergétique :

La consommation d'oxygène ($\dot{V} O_2$) a largement été utilisée pour quantifier l'intensité des exercices physiques que les sapeurs-pompiers sont amenés à réaliser lors des interventions de lutte contre les incendies et ainsi en estimer le coût énergétique. Les études ont montré que la $\dot{V} O_2$ moyenne des sapeurs-pompiers était comprise entre 23,2 et 41,7 $l \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour réaliser une intervention de lutte contre l'incendie, ce qui représente une intensité comprise entre 47 et plus de 90% de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V} O_{2\text{max}}$). A partir des mesures de $\dot{V} O_2$, des auteurs ont estimé la contribution de chaque filière énergétique pour ce type d'exercice.

Le coût énergétique des sapeurs-pompiers lors d'interventions dépend de plusieurs facteurs tels que la nature de l'intervention, la durée de l'engagement, le type de matériel utilisé et le niveau d'effort physique requis. Les interventions des sapeurs-pompiers peuvent impliquer des activités physiques intenses telles que la lutte contre les incendies, le sauvetage de personnes, la recherche de victimes et la gestion des débris. Ces activités sont généralement exigeantes sur le plan énergétique et peuvent entraîner une dépense importante de calories et de carburant. Le coût énergétique varie également selon le type de matériel utilisé lors de l'intervention. Les équipements de protection individuelle, les appareils respiratoires et les

outils de sauvetage sont généralement lourds et peuvent augmenter considérablement la demande énergétique nécessaire pour effectuer les tâches.

De plus, la durée de l'intervention peut également jouer un rôle important dans le coût énergétique total. Les interventions de longue durée nécessitent une endurance physique plus importante, qui peut être épuisante pour les sapeurs-pompiers. Il est donc difficile de donner une estimation précise du coût énergétique des sapeurs-pompiers dans les interventions, car cela varie considérablement selon les facteurs mentionnés ci-dessus. Cependant, il est important de noter que les sapeurs-pompiers doivent maintenir une bonne forme physique pour être prêts à répondre aux situations d'urgence et pour minimiser le risque de blessures ou d'épuisement. En plus du travail physique, les EPI portés par les sapeurs-pompiers vont également influencer la $\dot{V}O_2$ lors des interventions. Durant les interventions de lutte contre les incendies, les sapeurs-pompiers vont se protéger à l'aide de couches de vêtements de protection thermique, de bottes de protection pour se protéger contre la pénétration d'objets et les blessures par écrasement, d'un casque pour se protéger la tête et d'un appareil respiratoire isolant (ARI) pour se protéger de la fumée et des gaz nocifs.

7.3 Réponses cardiovasculaires :

Les réponses cardiovasculaires ont été largement étudiées à partir de l'évolution de la FC durant des interventions réelles ou des interventions simulées. Durant les activités de lutte contre les incendies, la FC atteint des niveaux maximaux ou presque maximaux et peut même parfois dépasser la FC max prédite à partir d'équations basées sur l'âge des sapeurs-pompiers ont montré que pour réaliser une intervention d'une durée de 11 minutes, les sapeurs-pompiers sont à une intensité moyenne qui correspond à 95% de leur FC max et certaines valeurs peuvent monter jusqu'à 110% de la FC max mesurée en laboratoire. Même lors d'exercices d'une durée prolongée comprise entre 38 et 50 minutes, qui nécessitent l'utilisation de plusieurs bouteilles d'ARI, le stress cardiaque des sapeurs-pompiers demeure important avec une FC moyenne sur la totalité de l'exercice supérieure à 150 BPM

Par ailleurs, la tenue de protection des sapeurs-pompiers joue un rôle important dans le stress cardiaque enduré lors des interventions. ont montré que lors d'un exercice sous-maximal réalisé en laboratoire, la FC était supérieure avec le port des vêtements de protection et de l'ARI en comparaison d'une tenue de sport légère. Cette augmentation de la FC d'exercice serait principalement due au poids des EPI. En effet, aucune différence n'avait été obtenue entre la condition EPI et une condition dans laquelle les sapeurs-pompiers portaient une surcharge d'un poids équivalent.

7.4 Stress thermique :

Un stress thermique est caractérisé par une température interne qui s'élève ou qui s'abaisse en dehors de la température « normale » de l'organisme. Dans le cadre d'une hyperthermie, le stress thermique est causé par un déséquilibre entre les apports de chaleur et la capacité de l'organisme à l'évacuer. Les apports de chaleur peuvent provenir de l'environnement extérieur et/ou de la production de chaleur métabolique par les muscles actifs (thermogenèse). La thermolyse quant à elle peut se définir comme l'ensemble des processus permettant au corps d'évacuer la chaleur excessive. L'évacuation de la chaleur de l'organismes fait principalement au niveau de la peau via quatre modes : la conduction, la convection, la

radiation et l'évaporation. Les conditions dans lesquelles interviennent les sapeurs-pompiers sont donc propices à l'apparition d'un stress thermique, avec la combinaison de différents facteurs qui vont agir d'une part sur les apports de chaleur et d'autre part sur les processus de la thermo régulation. Ces facteurs sont

- (1) un apport de chaleur par l'environnement extérieur,
- (2) le port d'EPI lourds, isolants et non perméables, emprisonnant ainsi la chaleur métabolique
- (3) un travail physique entraînant une forte thermogénèse.

Tableau 3. Causes du stress chez les sapeurs-pompiers

Quand?	Causes
Phase pré-opérationnelle (avant les interventions)	<ul style="list-style-type: none"> - Souvenir d'une intervention tragique ou vécue comme. - Attente de longue heure sans déclenchement de l'alerte (mécanisme de sous-stress) - Difficulté relationnelle avec l'équipe - Baisse de forme physique et mentale :sur ménage, conditions d'alimentation difficiles
Phase opérationnelle (pendant l'intervention)	<ul style="list-style-type: none"> - Phénomène proprement dit de l'alerte: riche en émotion (effet de l'inattendu) - Contrainte de temps, agir le plus rapidement possible - Se trouver dans une situation d'urgence grave (mort, panique des victimes...) - Le manque d'information concernant la mission - l'inconnue, la survenue d'événements anormaux (explosions...) - sentiment d'absence de supervision - exposition à des vues insoutenables - stress physiologiques: manque d'oxygène, contrainte thermique, effet de matière toxique...
Phase post opérationnel (après l'intervention)	<ul style="list-style-type: none"> -intervention traumatisante (stress post traumatique)

8. Obstacle peuvent intervenir lors d'une intervention par les sapeurs-pompiers :

La propagation du feu : le feu peut se propager rapidement et de manière imprévisible ce qui peut rendre difficile la maîtrise de l'incendie

- Les conditions météorologiques : le vent la pluie ou la neige peuvent rendre difficile l'accès à l'incendie et compliquer les opérations de lutte contre le feu
- Les obstacles physiques : les bâtiments les arbres les voitures ou tout autre obstacle physique peuvent empêcher les pompiers d'atteindre l'incendie ou de le combattre efficacement

- Les risques pour la sécurité : les pompiers peuvent être exposés à des risques tels que des explosions des effondrements de bâtiments des gaz toxiques ou des chutes
- Le manque de ressource : le manque de personnel de matériel ou d'eau peut rendre difficile la lutte contre l'incendie
- La coordination : entre les différentes équipes de pompiers peut être difficile en particulier dans les situations d'urgence ou la communication peut être perturbée.
- La fumée : elle peut être très dense et réduire considérablement la visibilité ce qui rend difficile pour les pompiers de voir où ils vont et ce qu'ils font.
- Les flammes : peuvent être très chaudes et dangereuses pour les pompiers qui tentent de les éteindre. Ils peuvent également se propager rapidement ce qui peut rendre la situation encore plus dangereuse.

9. Protection de la tête et de visage :

La protection de la tête et du visage est très importante pendant un incendie pour prévenir les brûlures et les blessures causées par les flammes, la chaleur, les fumées et les débris car peuvent tous causer des blessures graves à ces zones sensibles du corps peuvent tous causer des blessures graves à ces zones sensibles du corps

Il existe plusieurs équipements de protection individuelle (EPI) conçus spécifiquement pour la protection de la tête et du visage lors d'un incendie. Voici quelques exemples :

- Casques de sécurité : Les casques de sécurité sont conçus pour protéger la tête contre les chocs et les brûlures. Les casques de sécurité pour les pompiers sont souvent équipés d'une visière en polycarbonate pour protéger le visage contre les flammes et les débris.
- Cagoules de protection : Les cagoules de protection sont des couvre-chefs qui couvrent tout le visage et le cou, y compris les yeux, le nez et la bouche. Elles peuvent être utilisées sous un casque de sécurité pour fournir une protection supplémentaire contre les brûlures et les produits de combustion.
- Écrans faciaux : Les écrans faciaux sont des dispositifs de protection qui se fixent sur un casque de sécurité et qui protègent le visage contre les flammes, les débris et les produits de combustion.
- un masque respiratoire : pour protéger les poumons contre les fumées et les gaz toxiques qui peuvent causer des dommages respiratoires graves. Les masques respiratoires doivent être conformes aux normes de sécurité en vigueur et être bien ajustés pour une protection efficace.

Il est important de porter les équipements de protection individuelle appropriés pour chaque situation, selon les risques potentiels auxquels on peut être confronté. Il est également important de suivre les normes de sécurité en matière de protection incendie et de formation continue pour garantir une protection efficace et une réponse rapide en cas d'urgence.

9.1 Normes de protection de la tête et de visage :

Tableau 4. Norme de protection de la tête et de visage

<p>La norme EN 397 précise les exigences physiques et de performance, les méthodes d'essai et les exigences de marquage de casques de protection pour l'industrie</p>	
<p>La norme EN 50365 est applicable aux casques électriquement isolants utilisés pour le travail sur ou près de parties sous tension d'installations ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu</p>	
<p>La Norme EN 812 européenne précise les exigences physiques et de performance, les méthodes d'essai et les exigences démarquage pour les casquettes anti-heurt pour l'industrie.</p>	
<p>La norme EN14052 détaille les exigences physiques et de performance, les méthodes d'essais et les exigences de marquage des casques de protection à haute performance pour l'industrie</p>	

<p>la norme EN 12492 est utilisé pour les feux de forêts ou les détections de gaz car leur jugulaire haute performance permet l'attachement de combinaisons ou de masques .Les casques de pompiers répondent également à cette norme.</p>	
<p>La norme EN 166 s'applique à tous types de protecteurs individuels de l'œil pouvant être utilisés pour protéger l'œil d'un danger pouvant l'endommager ou altérer la vision.</p>	
<p>La norme EN 1731 protection de l'œil et de la face de type grillagé contre les risques mécaniques et/ou contre la chaleur.</p>	
<p>La norme EN 14458 écran facial et visière des casques de sapeurs-pompiers et de protection à haute performance pour l'industrie, utilisés par des sapeurs-pompiers, les services d'ambulance et d'urgence.</p>	

10. Casque de lutte contre l'incendie :

Le Casque est un équipement de protection individuelle essentiel pour garantir la sécurité des pompiers lors de leur intervention en cas d'incendie ou d'autres situations d'urgence. **Les agents d'intervention généralement et les pompiers spécifiquement courent toujours le risque d'être blessés par le feu les fumées la poussière et les chutes des objets enflammés.**

Les casques de lutte contre l'incendie sont conçus pour offrir une protection essentielle aux pompiers lorsqu'ils sont confrontés à des situations dangereuses. Ils jouent un rôle crucial dans la réduction des risques de blessures graves et contribuent à assurer la sécurité des pompiers tout en exécutant leurs missions de sauvetage et d'extinction des incendies.

10.1 Types des casques de lutte contre l'incendie :

Il existe des différents types de casques pour répondre aux besoins de sécurité et de confort des sapeurs-pompiers lors de leurs opérations. Voici quelques exemples de types de casques de sapeurs-pompiers :

- **Casque intégral** : ce type de casque offre une protection totale pour la tête et le visage, y compris la nuque, le menton et la mâchoire. Il est généralement équipé d'un écran facial et d'un protège-cou amovible pour une protection supplémentaire contre les impacts, la chaleur et les flammes.
- **Casque demi-coque** : ce type de casque offre une protection pour la partie supérieure de la tête et les côtés, mais pas pour le menton ou la nuque. Il est généralement équipé d'un écran facial amovible pour une protection supplémentaire contre les impacts, la chaleur et les flammes.
- **Casque avec visière** : ce type de casque offre une protection pour la tête et le visage, avec une visière transparente qui se rabat vers le haut pour faciliter la communication et la ventilation.
- **Casque avec lampe frontale** : ce type de casque est équipé d'une lampe frontale intégrée pour aider les sapeurs-pompiers à voir dans des environnements sombres ou enfumés. Il peut être utilisé avec un écran facial pour une protection supplémentaire.
- **Casque avec système de communication** : ce type de casque est équipé d'un système de communication intégré pour permettre aux sapeurs-pompiers de communiquer entre eux pendant les opérations. Il peut être utilisé avec un écran facial pour une protection supplémentaire.
- **Le casque F1 pour les feux urbains**: Il a un revêtement nickelé pour réfléchir la chaleur, et dispose de deux visières, une visière anti-projection (utilisée en secours routier par exemple), et une visière transparente ou dorée contre le rayonnement thermique. Le casque est maintenu par une mentonnière et on peut ajouter un bavolet en tissu aluminés ou en feutre, accroché par des Velcro
- **Le casque F2 pour les feux de forêt** : c'est un casque plus léger, de couleur rouge (pour les hommes du rang), jaune (pour les sous-officiers) ou blanche (pour les officiers), et muni de lunettes de protection et d'une jugulaire

En Algérie, les agents d'interventions portent généralement des casques de type F1. Ces casques sont fabriqués en France et sont largement utilisés dans de nombreux pays du monde en raison de leur fiabilité et de leur robustesse.

Le casque F1 offre une protection contre les chocs et les impacts, ainsi qu'une bonne isolation thermique et acoustique. Il est également équipé d'un système de ventilation pour aider à réduire la chaleur à l'intérieur du casque.

Il existe cependant plusieurs marques de casques F1 sur le marché, chacune avec ses propres caractéristiques et fonctionnalités. Par conséquent, il est important que les agents d'interventions algériens choisissent des casques qui répondent aux normes de sécurité en vigueur dans leur pays et qui conviennent à leurs besoins spécifiques.

10.2 Composants général d'un casque de lutte contre l'incendie

- **Coque extérieure** : La coque extérieure du casque de sapeurs-pompiers mesure généralement entre 25 et 35 cm de longueur, entre 20 et 25 cm de largeur et entre 15 et 20 cm de hauteur.
- **Coque intérieure** : La coque intérieure du casque de sapeurs-pompiers est en général légèrement plus petite que la coque extérieure, pour permettre un meilleur ajustement et un confort accru.
- **Jugulaire** : La jugulaire mesure environ 2 à 3 cm de largeur et peut être ajustée pour s'adapter à la taille de la tête du porteur.
- **Visière** : La visière mesure généralement entre 15 et 25 cm de largeur et entre 10 et 15 cm de hauteur.
- **Écran facial** : L'écran facial mesure généralement entre 20 et 30 cm de largeur et entre 15 et 20 cm de hauteur.
- **Système de ventilation** : Les dimensions du système de ventilation dépendent du modèle de casque, mais il est généralement conçu pour permettre une bonne circulation de l'air à l'intérieur du casque.
- **Éclairage** : Les dimensions de l'éclairage intégré varient en fonction du modèle de casque, mais il est généralement conçu pour offrir une bonne visibilité dans des conditions de faible luminosité.
- **Équipement de communication** : Les dimensions de l'équipement de communication varient en fonction du modèle de casque, mais il est généralement conçu pour offrir une bonne qualité de communication et une réception claire.

10.3 Composants de casque F1

Les casques F1 ont été livrés entre 1985 et 1999. Ils sont tous équipés d'une coiffe standard et d'un calotin souple.

- A Calotte - GA1700
- B Écran facial – GA1007
- C Écran oculaire – GA1006
- D Résille – GA1012K
- E Jugulaire – GA1009C
- F Mentonnière – GA1016A
- H Embouts de Jugulaire
- I Plaque de nuque – GA1013A
- J Coussins de nuque – GA1014B
- K Bandeau – GA1011C
- L Calotin mousse – plus disponible
- M Sous-coque – GA1003H
- N Inserts de sous-coque – GA1004
- O Axes et molettes – GA1008E
- P Epingle – GA1022 (vendues par 20)
- Q Cales de joues – GA1023B
- G Inserts de calotte - GA1041
- R Plaque attribut – GA1100*--
- S Plaque d'ouïes – GA1015
- T Ecusson (optionnel)
- U Support de bandeau – avec D

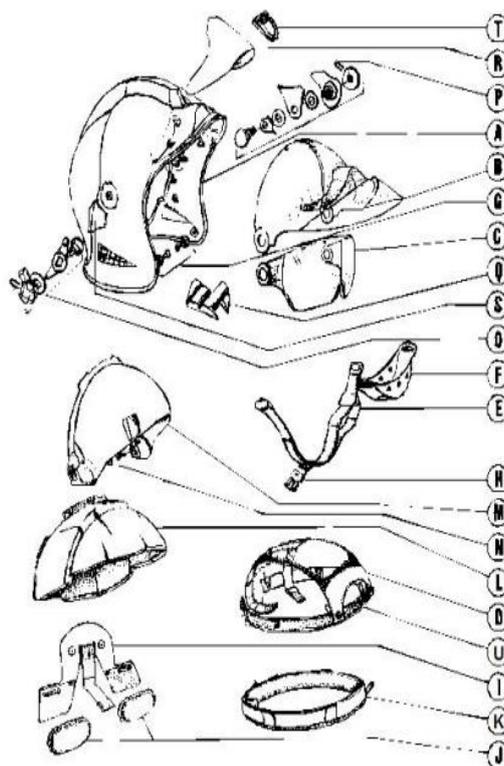


Figure 6. composant de casque

10.4 Entretien préventif du casque F1 :

Le casque est un équipement de protection individuel dont la durée de vie dépend beaucoup du soin apporté à son rangement et à son entretien. Le respect des conseils suivants contribuera grandement à maintenir le casque F1 dans un état idéal pour optimiser sa durée de vie :

- Après chaque utilisation et avant de ranger le casque, nettoyer la calotte et les écrans avec des produits ne contenant pas de solvant. Les produits fournis par MSA Gallet (Poli F1 pour la calotte Nickel et Clear Pilot pour les écrans) sont les seuls produits garantis par MSA Gallet pour un nettoyage optimal. Pour la calotte peinte, nettoyer avec de l'eau savonneuse.
- Eviter d'exposer le casque aux gaz d'échappement : toujours ranger le casque dans sa housse après utilisation, si possible dans une zone propre et sèche (armoire fermée).
- Bien régler le casque à votre tête pour optimiser son confort
- Penser aux bandes rétro-réfléchissantes obligatoires qui améliorent la visibilité dans les conditions de visibilité réduite en intervention
- Ne jamais modifier un casque : c'est un EPI de catégorie 3 et toute modification, même si elle peut paraître mineure (gravure dans la calotte, ajout d'un autocollant sur la calotte, etc.) fait perdre au casque sa conformité aux exigences réglementaires.
- N'utiliser que les pièces détachées d'origine MSA Gallet (même raison que précédemment) qui sont les seules agréées.

Conclusion

La sécurité des pompiers est extrêmement importante, car ils risquent leur vie pour protéger les autres. Les pompiers sont souvent confrontés à des situations dangereuses, telles que des incendies, des explosions, des accidents de la route et des effondrements de bâtiments, qui peuvent causer des blessures graves, voire la mort.

Il est donc essentiel de prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des pompiers. Cela peut inclure des formations régulières pour les pompiers, l'utilisation d'équipements de protection individuelle, l'entretien régulier des véhicules et de l'équipement, la mise en place de protocoles de sécurité stricts et la sensibilisation du public aux risques et aux mesures de sécurité afin de les rendre faire leurs travail en toute confiance sans obstacles.

**Chapitre 03 : Conception matérielle
et logicielle du projet**

Introduction

A partir des résultats de la recherche bibliographique que nous avons effectuée dans les deux premiers chapitres, nous avons constatée l'importance de porte des EPI surtout pour les métiers ou les travailleurs sont face à un risque important tant que les pompiers.

L'évolution des technologies et des exigences en matière de sécurité a conduit à l'émergence de casques intelligents, qui intègrent des fonctionnalités avancées pour améliorer la protection et les performances des utilisateurs.

Pour cela, dans ce chapitre nous présentons un aperçu général sur cette nouvelle ère. Nous allons aborder le concept de conception matérielle et logiciel de réalisation y compris les systèmes, modules, cartes de développement et concept d'IoT, expliquer son principe de fonctionnement, ses composantes.

1. ESP32 Espressif et l'ESP32 :

Espressif Système st une multinationale publique, société de semi-conducteurs établis en2008,avec siège à Shanghai et des bureaux en Grande Chine,enIndeeten Europe.Ilsontuneéquipepassionnéed'ingénieursetdescientifiquesdepartoutdanslemonde,axésu rledéveloppementdepointeWifietBluetooth,faiblepuissance IOT solutions.

La puce ESP8266wifi, faite par Espressif. Elle est apparue sur certains sites chinois au milieu de 2014 et au début il a été utilisé comme « pont » pour connecter les microcontrôleurs (Arduino...) aux réseaux wifi grâce à son très faible coût.

En raison du fait que le micro logiciel original n'était pas bien documenté, qu'il a quelques bogues et qu'il n'offrait que des fonctionnalités « standard », la communauté des fabricants a mis au point des micro logiciels alternatifs (dont le plus célèbre est sûrement Node MCU) pour exploiter pleinement la puissance de la puce et construire des systèmes complets, sans avoir besoin de micro contrôleurs externes.

En septembre 2016, après une phase de test bêta qui a duré quelques mois, Espressif a annoncé et mis àdispositionlesuccesseurdel'ESP8266, appelé ESP32

1.1DéfinitiondeESP32 :

ESP32estunsystèmeàfaiblecoûtetàfaibleconsommationd'énergie sur une puce (SOC) série avec Wifi et double mode Bluetooth capacités.

ESP32 offre une plateforme robuste, qui aide à répondre aux exigences continues en matière d'utilisation efficace de la puissance, de conception compacte, de sécurité, de haute performance et de fiabilité.

Espressif fournit des ressources matérielles et logicielles de base pour aider les développeurs d'applications à réaliser leurs idées à l'aide du matériel de la série ESP32. Le cadre de développement de logiciels par Espressif est destiné au développement d'applications IOT avec Wifi, Bluetooth, gestion de l'énergie et plusieurs autres fonctionnalités du système.



Figure 7. Logo d'Espressif



Figure 8. Module ESP32

1.2 Modules et les cartes de développement ESP32 :

Espressif conçoit et fabrique différents modules et cartes de développement pour aider les utilisateurs à évaluer le potentiel de la famille de puces ESP32.

1.3 Modules ESP32 :

Ils s'agit d'une famille de modules basés sur ESP32 avec certains composants clés intégrés, y compris un oscillateur à cristaux et un circuit correspondant à l'antenne. Les modules constituent des solutions prêtes à l'emploi pour l'intégration dans les produits finaux. Combinés à quelques composants supplémentaires, tels qu'une interface de programmation, des résistances d'amorçage et des têtes de broche, ces modules peuvent également être utilisés pour évaluer les fonctionnalités de ESP32



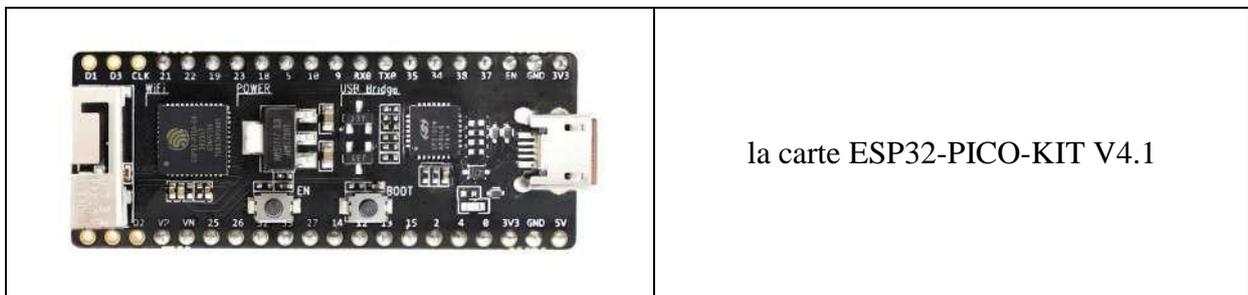
Figure 9. exemple de module ESP32

1.4 Cartes de développement ESP32 :

Les caractéristiques des différentes cartes de développement sont:

- Accès à différentes broches GPIO ESP32.
- Différentes interfaces : USB, JTAG.

Différents périphériques : pavés tactiles, écrans LCD, emplacements pour cartes SD, en-têtes femelles pour modules de caméra, etc.



la carte ESP32-PICO-KIT V4.1

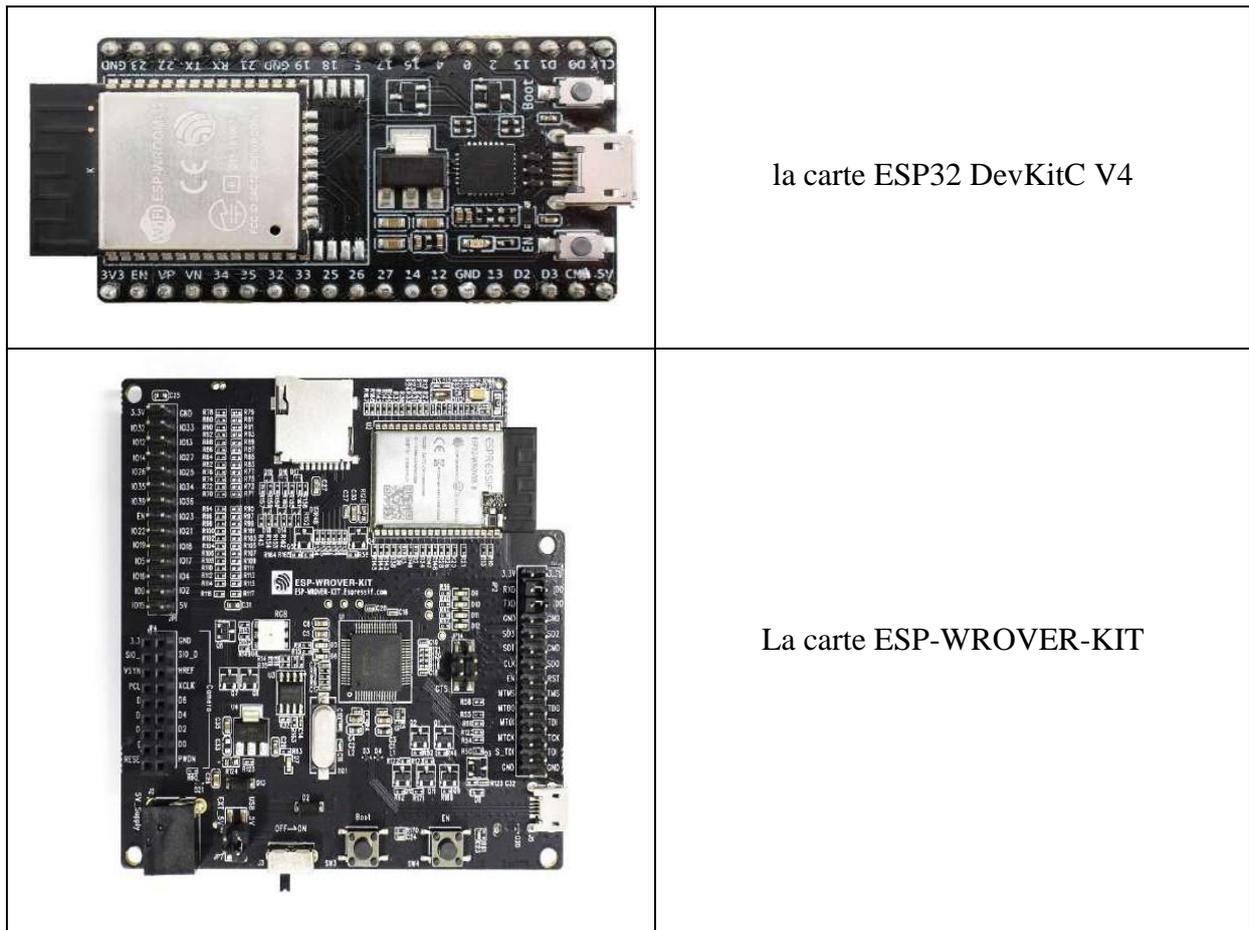


Figure 9. Les modules ESP32

2. Composants utilisés :

2.1 Détecteur d'humidité et de température DHT11 :

Définition :

Le DHT11 est un capteur numérique de température et d'humidité de base à très faible coût. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant et crache un signal numérique sur la broche de données.

Description :

- peut détecter l'humidité ambiante et la température ;
- capteurs utilisant DHT11 ;
- gamme de mesure de l'humidité : 20 % -95 % erreur de mesure : + -5 % ;
- plage de mesure température : 0 - erreur de mesure 50°C : + - 2°C ;
- tension de fonctionnement : 3, 3V-5V ;
- la formule sortie : Digital output ;
- taille de PCB : 3,2 cm * 1,4 cm ;
- poids : 8g environ

Description de l'Interface module (3 fils) :

- 1 VCC externe 3, 3V-5V
- 2 DGN
- Port de données 3 : interface de sortie numérique connecté au microcontrôleur port e/s[16]

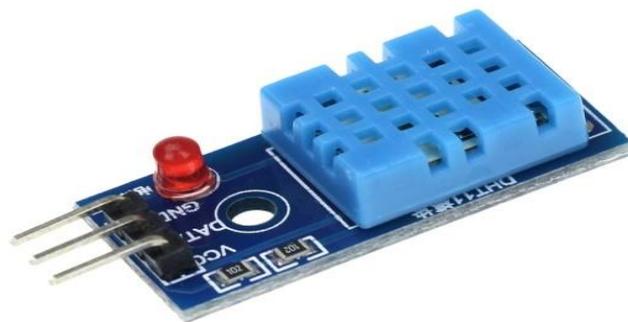
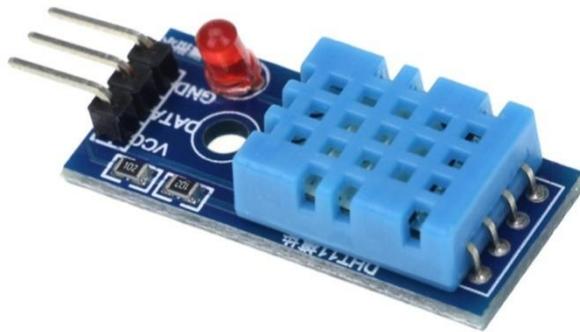


Figure 10. Capteur DHT11

Détecteur de qualité d'air MQ135 :

Définition :

Le MQ135 est un capteur qui permet de mesurer la qualité de l'air. Le MQ135 est sensible aux principaux polluants présents dans l'atmosphère de la maison. Ce capteur est sensible au CO₂, à l'alcool, au Benzène, à l'oxyde d'azote (NO_x) et à l'ammoniac (NH₃). Ce capteur est plus économique que son grand frère le MQ8 si vous avez besoin de mesurer la présence de CO₂ dans une pièce.[17]

Caractéristiques:

- Alimentation : 5 VCC
- Plage de mesure : 10 à 1000 ppm
- Sortie analogique et digitale (seuil ajustable via potentiomètre)
- Sensibilité : 2 à 20 kΩ
- Faible temps de réponse
- Haute sensibilité
- Température de service : -20 à 50 °C
- Compatibilité : Arduino et Raspberry Pi
- Dimensions : 52 x 20 x 13 mm
- Poids : 8 g



Figure 11. Capteur MQ135

2.2 Caméra thermique infrarouge :

Définition :

La caméra thermique est désormais utilisée dans différents corps de métiers. Pour les particuliers, elle permet de **vérifier l'isolation d'un logement** en détectant tous les points faibles qui entraînent une **déperdition énergétique**. Elle peut également permettre de **contrôler le bon fonctionnement d'une installation de chauffage**[18]

Principe de caméra thermique :

Le principe d'une *caméra thermique* est de mesurer et d'enregistrer les différentes ondes de chaleur, rayonnements infrarouges, émis par un corps ou un objet. Elle reproduit une image représentant l'intensité du rayonnement, ce qui permet d'évaluer la température. En effet, plus la température d'un corps ou d'un objet est élevée, plus le rayonnement est important. Ce sont ces données qui permettent aux caméras thermiques de restituer une cartographie spatiale des températures, appelée thermographe. Pouvant détecter les corps chauds, comme les corps froids, elle applique à chaque température une couleur et indique celle-ci en degrés Celsius ou en degrés Fahrenheit. Le plus généralement les températures froides sont dans des teintes de bleus, et les températures chaudes, dans des teintes de rouges.

Champ d'application de caméra thermique :

- Dans la lutte contre les incendies, elle permet de détecter la présence d'un feu couvrant, s'il reste un point chaud après l'extinction d'un feu et de prévenir des feux électriques en identifiant des points de surchauffes ponctuelles dues à un court-circuit par exemple.
- Dans le secourisme, elle permet la recherche de victimes éventuelles sous les débris ou aux alentours d'un accident de la route.
- Dans l'industrie, la recherche et le développement, elle est utilisée pour détecter des anomalies dans le processus de fabrication comme une surchauffe dans un circuit électrique, la vérification du bon fonctionnement d'un four ou d'un moteur, un problème avec le circuit de refroidissement, etc...[19]

Caméra thermique testo 869 :

Ecran LCD 3,5" d'une résolution de 320 x 240 pixels Possibilités d'affichage seulement image IR Palette de couleurs 4 (fer, arc-en-ciel HC, froid-chaud, gris) Mesure Étendue de mesure - 20 ... +280 °C Précision ± 3 °C, ± 3 % v.m.

- Résolution infrarouge de 160 x 120 pixels
- Sensibilité thermique < 120 mK Objectif 34° à mise au point fixe
- Détection automatique des points chauds et froids
- Images infrarouges JPEG



Figure 12. Caméra thermique testo 869

Données techniques :

Débit d'images infrarouges	
Résolution infrarouge	160 x 120 pixels
Sensibilité thermique (NETD)	< 120 mK à +30 °C
Champ de vision / Distance min. pour la mise au point	34° x 26° / <0,5 m (mise au point fixe)
Résolution géométrique (IFOV)	3,68 mrad
Fréquence d'acquisition d'images	9 Hz
Mise au point	Mise au point fixe
Réponse spectrale	7,5 ... 14 µm
Représentation de l'image	
Ecran	Ecran LCD 3,5" d'une résolution de 320 x 240 pixels
Possibilités d'affichage	seulement image IR
Palette de couleurs	4 (fer, arc-en-ciel HC, froid-chaud, gris)
Mesure	
Étendue de mesure	-20 ... +280 °C
Précision	± 3 °C, ± 3 % v.m.
Réglage de l'émissivité / de la température réfléchie	0,01 ... 1 / manuel
Fonctions de mesure	
Fonctions d'analyse	Mesure du point central, détection du point chaud/froid
Équipements de la caméra	
Objectif	34° x 26°
Enregistrer JPEG	✓
Mode plein écran	✓
Stockage d'images	
Format de fichier	.bmt et .jpg ; exportation possible aux formats .bmp, .jpg, .png, .csv, .xls
Mémoire	Mémoire interne (1,6 GB / >2000 images)
Alimentation en courant	
Type de piles	Accu Lithium-Ion remplaçable sur site
Autonomie	4 heures
Options de chargement	dans l'appareil / sur la station de chargement
Fonctionnement sur réseau	oui
Conditions environnementales	
Température de fonctionnement	-15 ... +50 °C
Température de stockage	-30 ... +60 °C
Humidité de l'air	20 ... 80 %HR (sans rosée)
Indice de protection du boîtier (IEC 60529)	IP 54
Vibrations (IEC 60068-2-6)	2G
Caractéristiques physiques	
Poids	550 g
Dimensions (LxIxP)	219 x 96 x 95 mm
boîtier	PC - ABS
Logiciel	
Configurations requises	Windows XP (Service Pack 3) Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10 Interface : USB 2.0
Normes, contrôles, garantie	
Directive UE	2004 / 108 / CE
Garantie	2 ans

Figure 13. Données techniques et normes

Écran OLED (organic light-emitting diode):

Détails :

Écran OLED graphique monochrome de 0,96" (24 mm) avec une résolution de 128 x 32 pixels monté sur un PCB de 28 x 28 mm. La surface d'affichage effective est de 11 mm x 23 mm. Il dispose d'un connecteur à 4 broches à utiliser avec un Bus I²C (avec signaux SCL & SDA) L'afficheur fonctionne avec des applications 5 V et 3,3 V.[20]

Caractéristiques :

- Taille : 0,96 pouce / 24 mm
- Résolution : 128 x 32 pixels
- Taille de la planche : 28 x 28 mm
- Surface d'affichage effective : 11 x 23 mm
- Angle visuel : > 160°
- Tension d'entrée : 3,3 V ~ 6 V
- Large prise en charge de la tension : 3,3 V, 5 V

- Angle de vue : > 160
- Lecteur IC : SSD1306
- Température de fonctionnement : -30 °C à 80 °C[20]

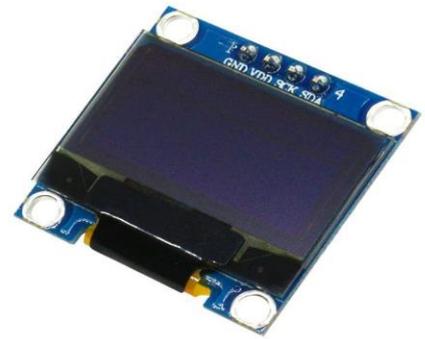


Figure 14. Écran OLED

I²C (Inter-Integrated Circuit):

- Signaux : SCL, SDA
- Adresse I²C : 0x78 (ou 0x3c, par défaut) ou 0x7a (ou 0x3d)

Avantages OLED :

- Plus petit volume
- Consommation d'énergie ultra-faible
- Contraste élevé
- Point d'affichage auto-lumineux
- Large prise en charge de la tension[20]



Figure 15. Écran OLED

Caractéristiques :

UGS	18747
EAN	018747
Fabricant	Kuongshun

3. ARDUINO WIFI ESP8266:

ESP8266 peut être intégré dans un Wifi qui fournit une puce à faible coût avec une pile TCP / IP complète et un microcontrôleur. Il est alimenté par 3.3v et dispose d'un processeur Tensilica Xtensa LX106 de 80 Mhz, 64 Ko de RAM pour les instructions et 96 Ko pour les données, 16 broches GPIO, des broches UART dédiées et une interface SPI et I2C.

3.1 Utilisation de Lesp8266 :

L'ESP8266, en termes simples, **ajoute la capacité de connectivité WiFi à nos projets.** Autrement dit, il permet une connexion sans fil à un réseau local ou à Internet. Cela permet un grand nombre de possibilités, comme la possibilité de connecter ou de déconnecter des appareils électriques ou d'autres types de systèmes mécaniques de notre maison pour domotique la maison et la contrôler sur Internet à partir de notre smartphone ou de tout ordinateur connecté de n'importe où.

Il peut également être utilisé pour contrôler les systèmes de jardinage et d'irrigation à travers le réseau, pour automatiser les systèmes industriels, le contrôle des **Caméras de vidéosurveillance IP**, surveillez les données des réseaux de capteurs répartis en différents points, pour les appareils portables avec capacité de connexion, pour **Projets IoT** (Internet des objets ou Internet des objets) et tout ce que vous pouvez imaginer ...

3.2 Caractéristiques du module ESP8266:

- Processeur Tensilica Xtensa L106 32 bits RISC 80Mhz
- Convertisseur ADC 10 bits
- RAM 64 Ko i / 96 Ko d
- GPIO 16 broches (tous ne peuvent pas être utilisés, le GPIO16 est également connecté au RTC ou à l'horloge en temps réel)
- UART
- SPI
- I2C
- Tension 3v et 3.6v
- Intensité 80mA
- Température de fonctionnement -40 à 125 ° C
- WiFi IEEE 802.11 b / g / n avec prise en charge IPv4 et protocoles TCP / UDP / HTTP / HTTPS / FTP
- Consommation 0.0005 à 170 mA selon la force du signal

- Modes: mode actif (actif), mode veille (endormi), sommeil profond (sommeil profond)
- affecte la consommation[21]

3.3 Brochage du module

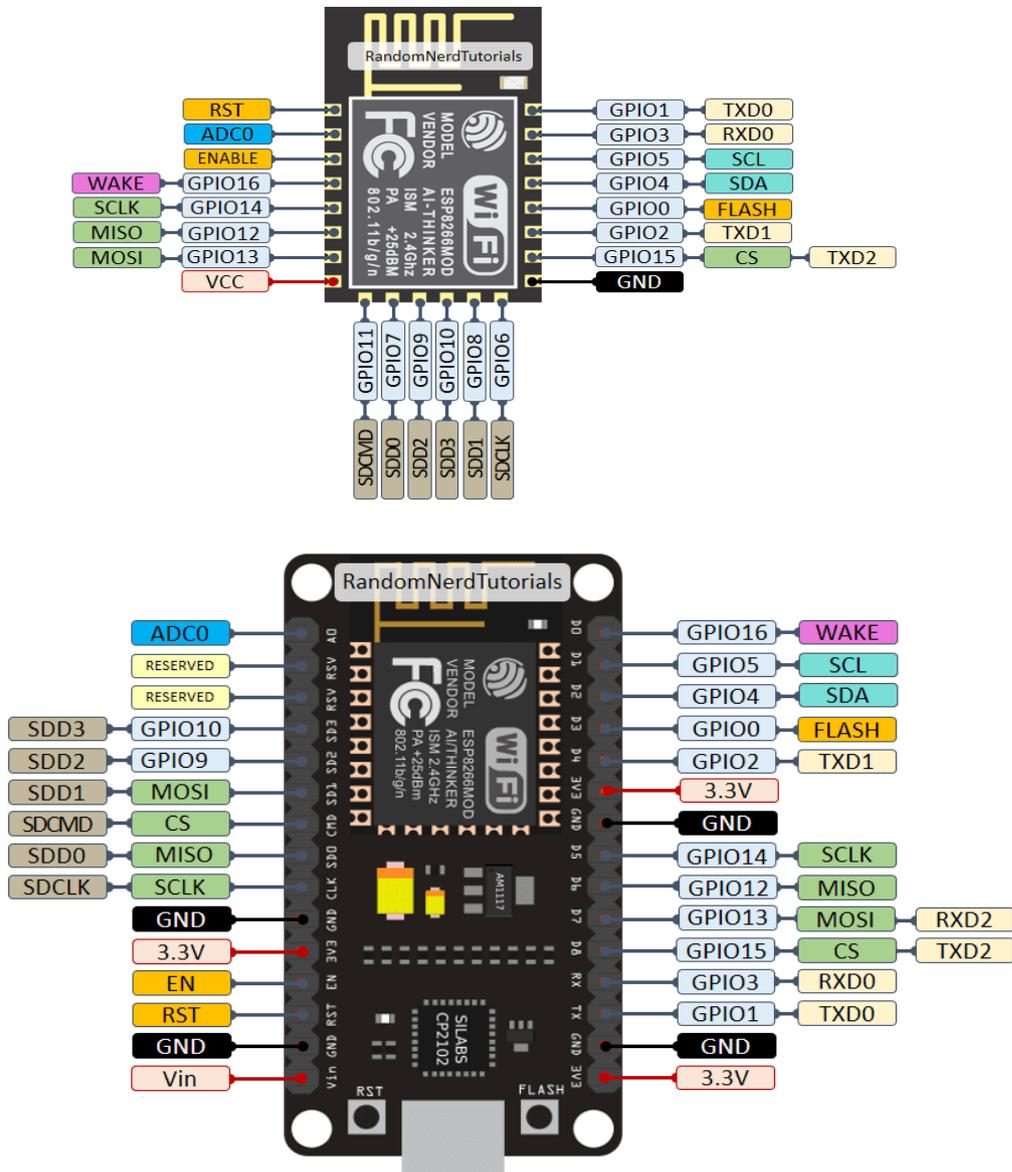


Figure 16. Brochage du module ESP8266

4. Logiciel de programmation :

4.1 Blynk :

Définition :

Blynk est une plate-forme pour l'Internet des Objets (IoT). Elle permet notamment de concevoir une application mobile (Android et iOS) pour contrôler et visualiser les données d'un système embarqué via un serveur cloud public ou privé.[22]

Fonctionnement de Blynk :

Blynk a été conçu pour l'Internet des Objets. Il peut contrôler un hardware à distance, il peut afficher des données de capteur, il peut stocker des données, les visualiser et faire beaucoup d'autres trucs cools.

Il y a trois composants majeurs dans la plateforme :

- **Application Blynk** - vous permet de créer de fantastiques interfaces pour vos projets en utilisant différents widgets que nous fournissons.
- **Serveur Blynk** - responsable de toutes les communications entre le smartphone et le hardware. Vous pouvez utiliser notre Cloud Blynk ou faire tourner votre [Serveur privé Blynk](#) localement. C'est open-source, ça peut facilement gérer des milliers de périphériques et peut même être démarré sur un Raspberry Pi.
- **Bibliothèque Blynk** - pour toutes les plateformes hardware populaires - active la communication avec le serveur et traite toutes les commandes entrantes et sortantes.

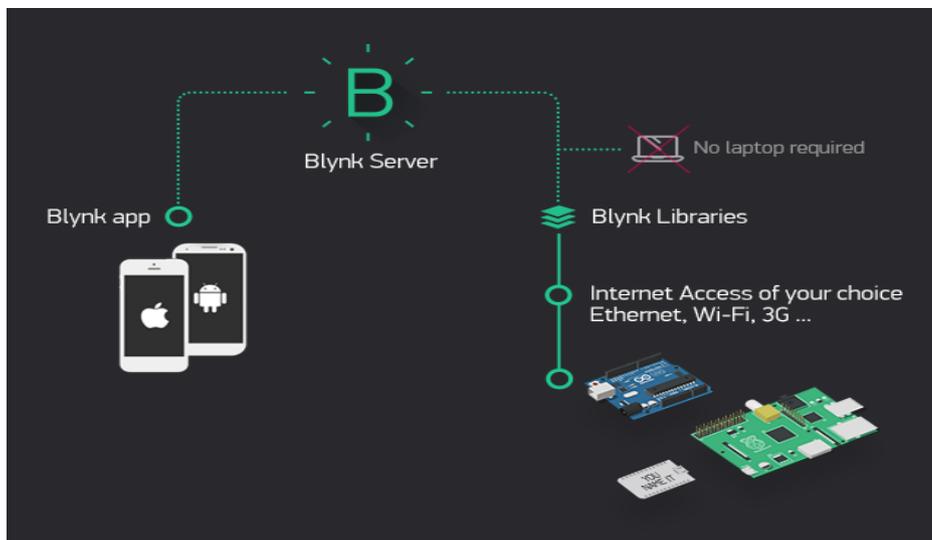


Figure 17. Fonctionnement de Blynk

Fonctionnalité :

- API et UI similaire pour tous les hardwares et périphériques supportés
- Connexion au cloud via:
 - ✓ Ethernet

- ✓ Wifi
- ✓ Bluetooth et BLE
- ✓ USB (Serial)
- Collection de widgets faciles à utiliser
- Manipulation des broches directes sans code à écrire
- Facilité d'intégrer et ajouter de nouvelles fonctionnalités en utilisant les broches virtuelles
- Surveillance de l'historique des données via le widget **History Graph**
- Communication Périphérique-à-Périphérique en utilisant le widget **Bridge**
- Envoi d'emails, de tweets, de notifications push, etc.

Principe :

Une application Blynk communique avec un serveur Blynk. Celui-ci peut-être public (blynk-cloud.com) ou privé. Le serveur Blynk communique avec le système embarqué via une communication de type Ethernet, Wifi ou GSM, 2G, 3G, LTE, etc ... et la bibliothèque Blynk fournie. Les technologies supportées sont C++, JS, Python, ou HTTP.

Blynk prend déjà en charge plus de 400 cartes dont les populaires Arduino, ESP8266, ESP32 et RaspberryPi. Remarque : Il est même possible d'utiliser une simple carte Arduino avec une liaison USB. Dans ce cas, il faut utiliser l'application com2tcp fournie sur un PC.[23]

4.2 Arduino :

Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques. Le gros avantage de l'électronique programmée c'est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et par conséquent, le coût de la réalisation, mais aussi la charge de travail à la conception d'une carte électronique. Le système Arduino permet de :

- contrôler les appareils domestiques
- fabriquer votre propre robot
- faire un jeu de lumières
- communiquer avec l'ordinateur
- télécommander un appareil mobile (modélisme)

Le système Arduino est composé de deux choses principales : **le matériel** et **le logiciel**.

Le matériel :

Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un micro contrôleur Atmega du fabricant Atmel

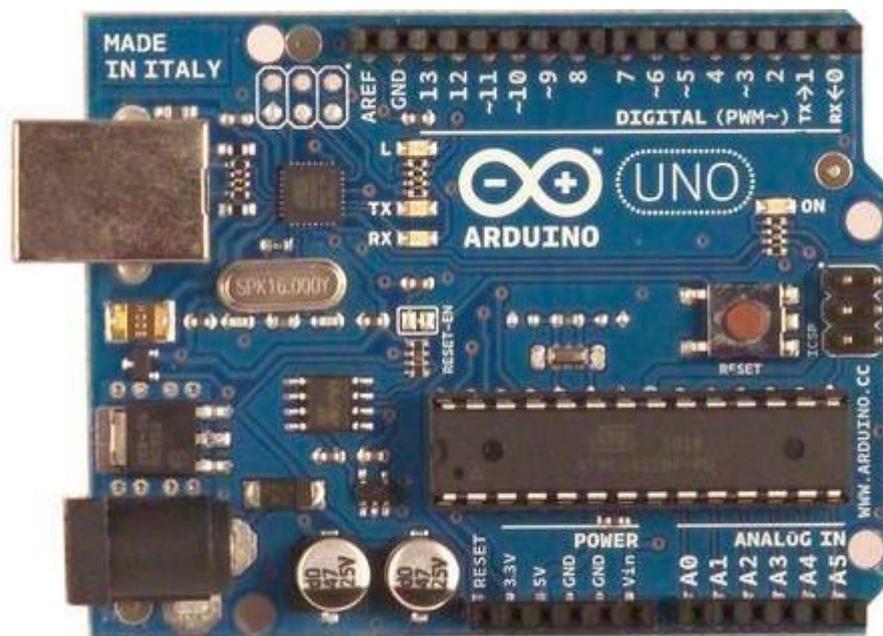


Figure 18. Carte électronique arduino uno

Le logiciel :

Le logiciel permet de programmer la carte Arduino. Il offre une multitude de fonctionnalités

ADDIN ZOTERO_ITEM CSL_CITATION
{"citationID":"sgn61cYd","properties":{"formattedCitation":"[23]","plainCitation":"[23]","noteIndex":0},"citationItems":[{"id":42,"uris":["http://zotero.org/users/11909100/items/S6DFKD97"],"itemData":{"id":42,"type":"document","title":"arduino.pdf","URL":"http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/arduino.pdf","accessed":{"date-parts":[["2023",6,18]]}}}], "schema":"https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json"} [23] Les créateurs d'Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes arduino soit visuelle, simple et complète à la fois.

C'est ce que l'on appelle une IDE, qui signifie Integrated Développement Environnement ou Environnement de Développement « Intégré » en français (donc EDI).

L'IDE affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation.

Vous pouvez donc saisir votre programme, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte arduino...

A la date de rédaction de cette page, la version la plus récente de l'IDE Arduino est la 1.8.10. L'aspect est à peu près identique sur chaque plate-forme (Windows, Mac et

Linux). L'image suivante montre l'écran initial qui apparaît au lancement de l'IDE. [24]

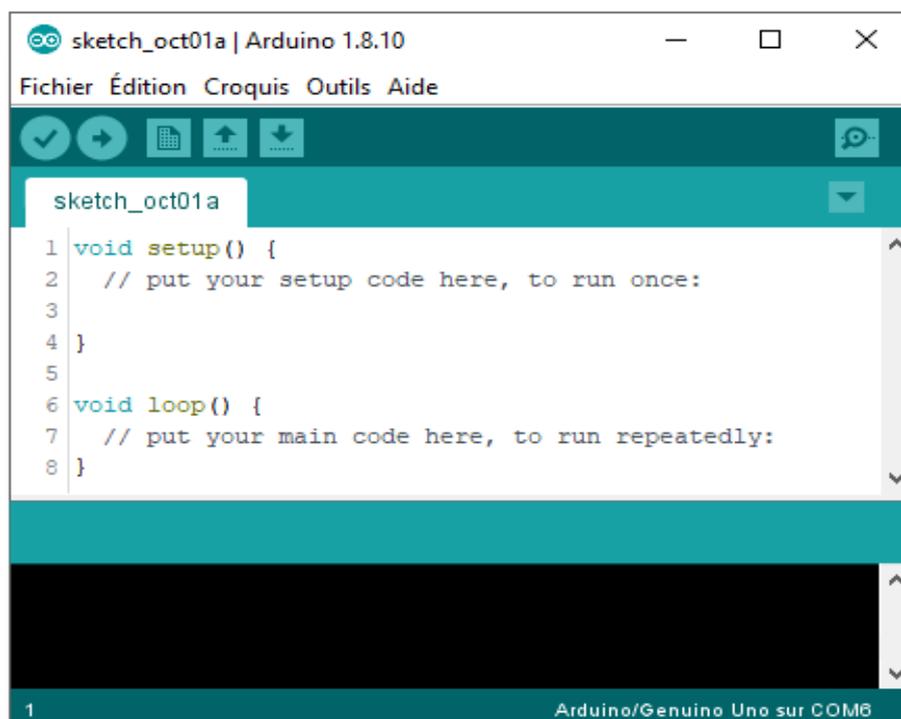


Figure 19. Programme arduino

4.3 Internet of Things (IOT):

Definition:

Le terme d'Internet des Objets (IdO)¹ ne fait pas encore consensus sur sa définition, ce qui s'explique par la jeunesse de ce concept en pleine mutation. Il existe ainsi autant de définitions que d'entités impliquées dans la réflexion, le développement ou la normalisation de ce nouveau paradigme. [25]

L'Internet of Things (IoT) décrit le réseau de terminaux physiques, les « objets », qui intègrent des capteurs, des softwares et d'autres technologies en vue de se connecter à d'autres terminaux et systèmes sur Internet et d'échanger des données avec eux. Ces terminaux peuvent aussi bien être de simples appareils domestiques que des outils industriels d'une grande complexité. Avec plus de 7 milliards de terminaux IoT connectés aujourd'hui, les experts s'attendent à ce que ce nombre passe à 10 milliards d'ici 2020 et 22 milliards d'ici 2025. Oracle dispose d'un réseau de partenaires de terminaux. [26]

Fonctionnement de l'IOT :

L'Internet des objets fait référence aux appareils physiques qui reçoivent et transfèrent des données sur des réseaux sans fil, avec une intervention humaine limitée. Cette technologie repose sur l'intégration d'un système informatique à toutes sortes d'objets.

Par exemple, un thermostat connecté (l'adjectif « *connecté* » renvoie souvent à *l'Internet des objets*) reçoit des données de géo localisation issues de votre voiture connectée lorsque vous rentrez du travail et règle la température intérieure de votre logement avant votre arrivée. Aucune intervention de votre part n'est nécessaire, et le résultat s'avère meilleur que si vous aviez réglé manuellement le thermostat.

Un système IoT classique, tel que celui de la maison connectée décrite ci-dessus, fonctionne grâce à l'envoi, la réception et l'analyse continus de données selon une boucle de rétroaction. En fonction de la technologie IoT utilisée, les analyses peuvent être effectuées par des êtres humains ou par une intelligence artificielle aidée de l'apprentissage automatique (IA/AA), en quasi temps réel ou sur une longue période.

Reprenons l'exemple de la maison connectée. Pour prévoir le moment optimal de réglage du thermostat avant votre retour, votre système IoT peut se connecter à l'API Google Maps afin d'obtenir une modélisation du trafic en temps réel dans votre zone. Il peut également utiliser des données relatives à vos trajets habituels que votre voiture a recueillies sur une longue période. De plus, les données IoT recueillies par le thermostat de chaque client peuvent être analysées par des fournisseurs d'énergie dans le but d'optimiser leurs services à grande échelle.[27]

Les composants d'un système IoT :

Un système IoT assemble de nombreux acteurs et composants technologiques. Il est composé d'objets connectés, de réseaux de communication sans fil, de plateformes de collecte, d'hébergement et de traitement des données.

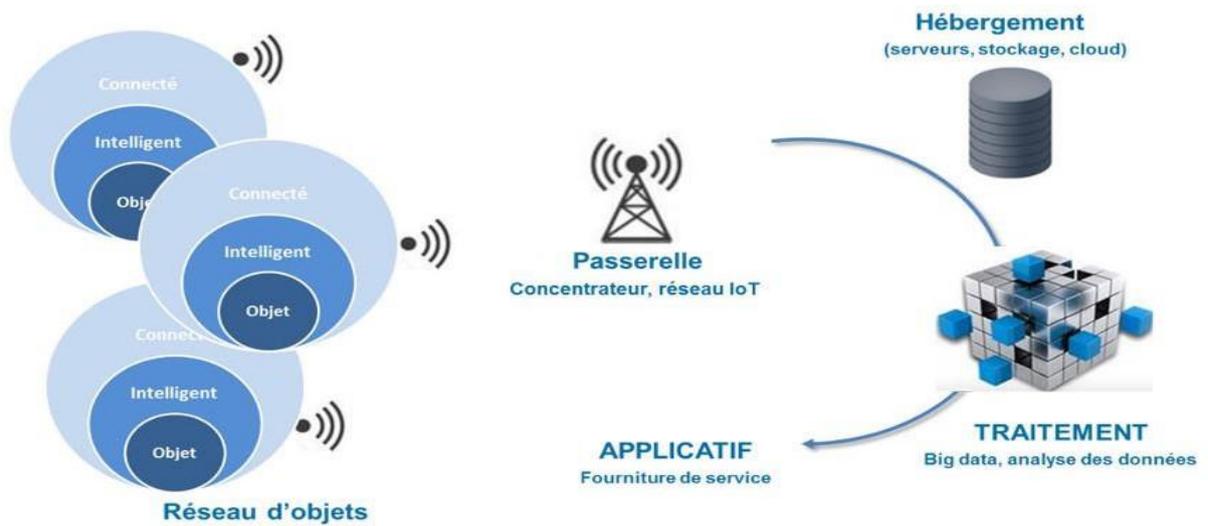


Figure 20. Réseau IOT

Conclusion

Le CSI01 à créer un système qui peut surveiller la température, l'humidité et la qualité de l'air, et transmettre ces données à une plateforme IoT. Cela permet au l'opérateur de surveiller en temps réel les conditions environnementales à distance et de prendre des mesures appropriées si nécessaire

**Chapitre 04 : Réalisation de casque
de sécurité dédiée aux pompiers**

Introduction :

Dans cette section, nous présenterons notre réalisation qui consiste à améliorer le casque, l'un des équipements de protection essentiels, en utilisant le système de l'Internet des objets (IoT). Notre objectif est d'intégrer des fonctionnalités intelligentes au casque des pompiers afin de renforcer leur sécurité et leurs performances opérationnelles. Nous allons maintenant détailler les aspects clés de notre réalisation.

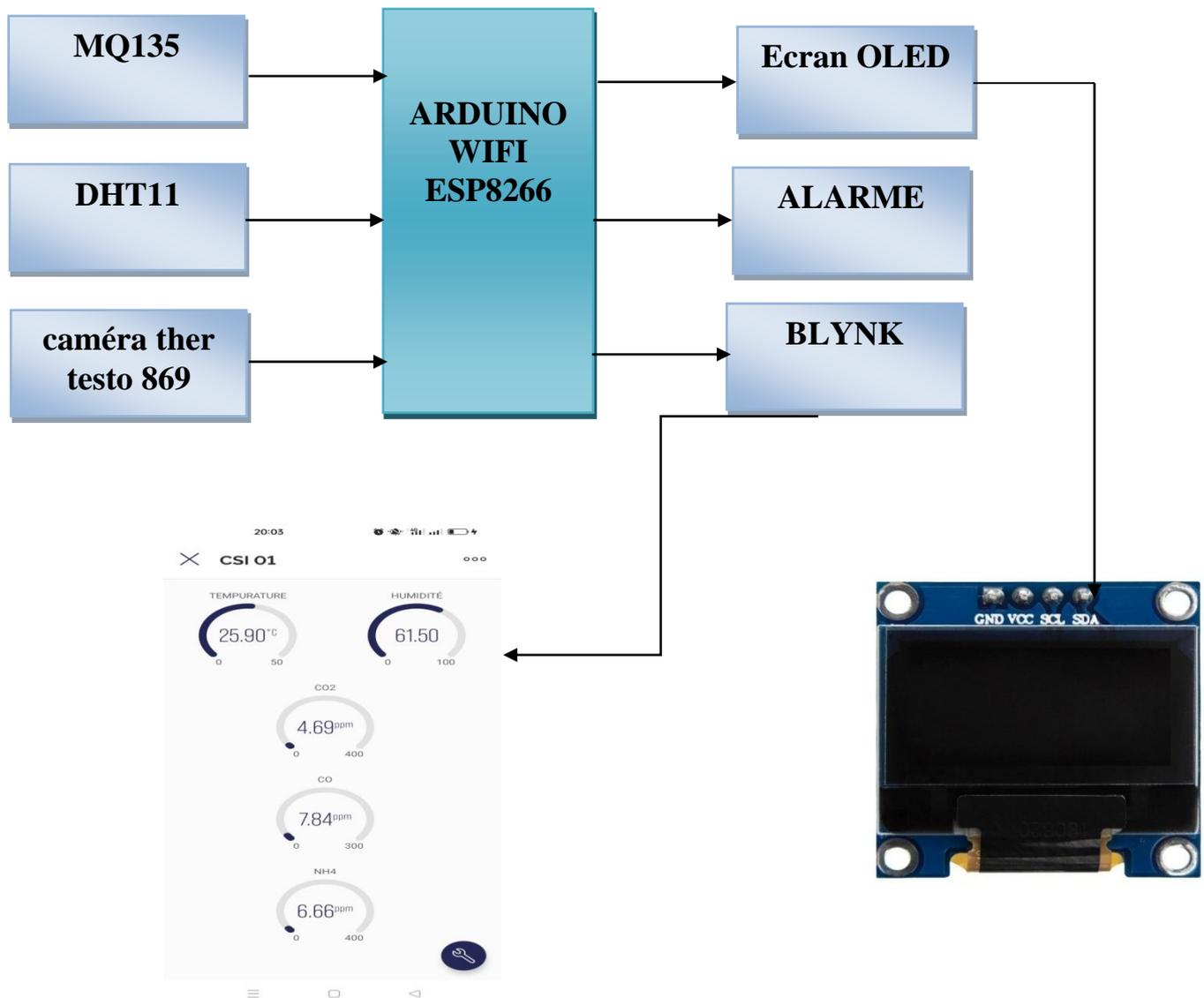


Figure 21. Architecture de l'ensemble du système

1. Détecteur MQ135 :

L'utilisation du MQ135 dans ce projet nous permettra de traiter la qualité de l'air de l'espace atmosphérique et d'afficher différents pour entages des gaz présents dans cet environnement afin que les pompiers évoluant dans des environnements enfumés puissent mieux performer malgré les obstacles lui permettant de fonctionner correctement .MQ135 envoie un signal à la carte ESP8266 dès que l'air est traité. La carte affiche les lectures de CO2CONH4.....du MQ135 à l'aide d'un OLED pour alerter les sapeurs-pompiers des zones à risque d'étouffement et protéger leur santé.

2. Indice de la qualité d'air (IQA) :

Considérez l'IQA comme un critère qui va de 0 à 500. Plus la valeur de l'IQA est élevée, plus le niveau de pollution de l'air est élevé et plus le problème de santé est important. Par exemple, une valeur IQA de 50 représente une bonne qualité de l'air avec peu de potentiel d'affecter la santé publique, tandis qu'une valeur IQA supérieure à 300 représente une qualité de l'air dangereuse.

Tableau 5. Indice de la qualité d'air

Air Quality Index Levels of Health Concern	Numerical Value	Meaning
Good	0-50	Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk.
Moderate	51-100	Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution.
Unhealthy for Sensitive Groups	101-150	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected.
Unhealthy	151-200	Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects.
Very Unhealthy	201-300	Health alert: everyone may experience more serious health effects.
Hazardous	> 300	Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected.

3. Schéma de MQ135 associé avec l'OLED I2C 0,96 :

Assemblons maintenant le matériel et effectuons le codage pour le grand projet IoT. Nous interfacerons le capteur de qualité de l'air MQ135 avec la carte NodeMCU ESP8266 et l'écran OLED I2C 0,96". Le schéma du circuit est donné ci-dessous.

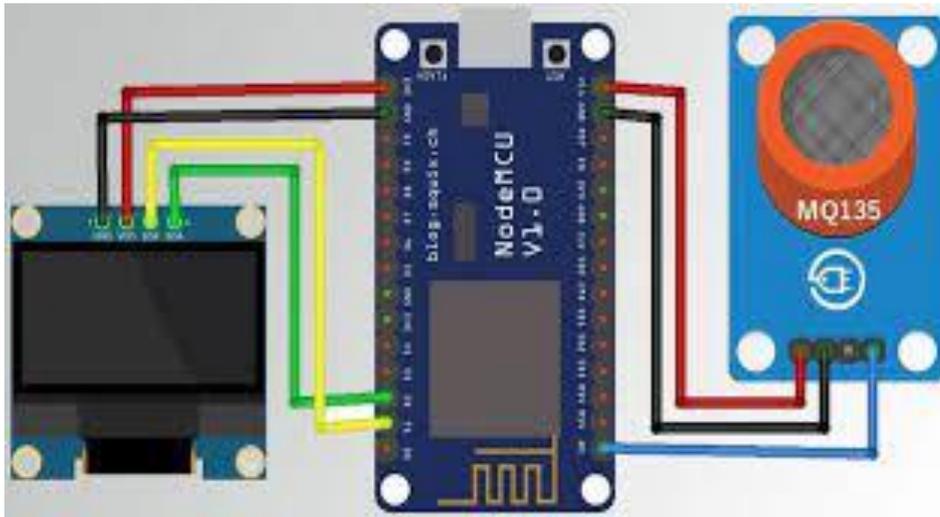


Figure 22. Schéma du circuit-capteur, écran et carte Node MCU ESP 8266

Vous pouvez assembler le circuit dans une planche à pain. Tout d'abord, connectez la broche d'entrée analogique MQ135 à A0 de NodeMCU. Connectez ensuite ses VCC et GND à NodeMCU Vin & GND respectivement. De même, l'écran OLED 0,96" est un module I2C. Alors, connectez ses broches SDA et SCL aux broches Nodemcu D2 et D1. Connectez son VCC à 3,3 V GND à GND

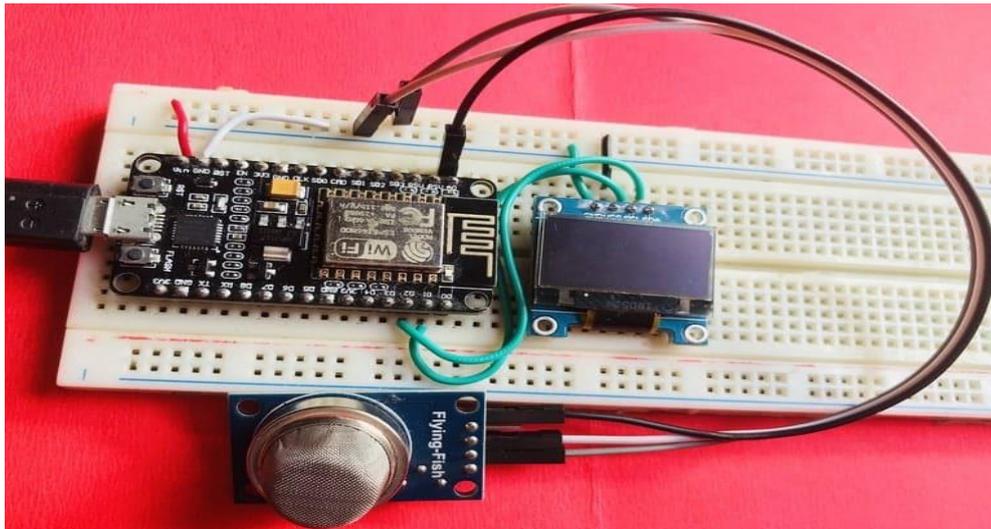


Figure 23. Schéma du circuit sur une planche à pain

4. Programme arduino de MQ135, ESP8266, OLED 12C 0,96 :

La figure ci-dessous représente le model de programmation de MQ135, ESP8266, OLED 12C 0,96 que nous avons fait.

```
MQ135_OLED | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide
MQ135_OLED
//declare oled display
#include <Adafruit_SSD1306.h>
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);

//Declare Sensor
MQUnifiedsensor MQ135(placa, Voltage_Resolution, ADC

//*****SETUP*****
void setup() {
  Serial.begin(115200); //Init serial port
  //Init the oled display
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // initi
  display.display();
  delay(1000);
  display.clearDisplay();
}
```

Figure 24. Programme Arduino de MQ135, ESP8266, OLED12 C 0.96

5. Fonctionnement de l'MQ135 avec l'ESP8266 :

Après avoir exécuté les programmes MQ135 et OLED sur l'ESP8266, nous avons essayé ce système dans un environnement propre et pollué et nous avons obtenu les résultats suivants :

- Dans un milieu propre :

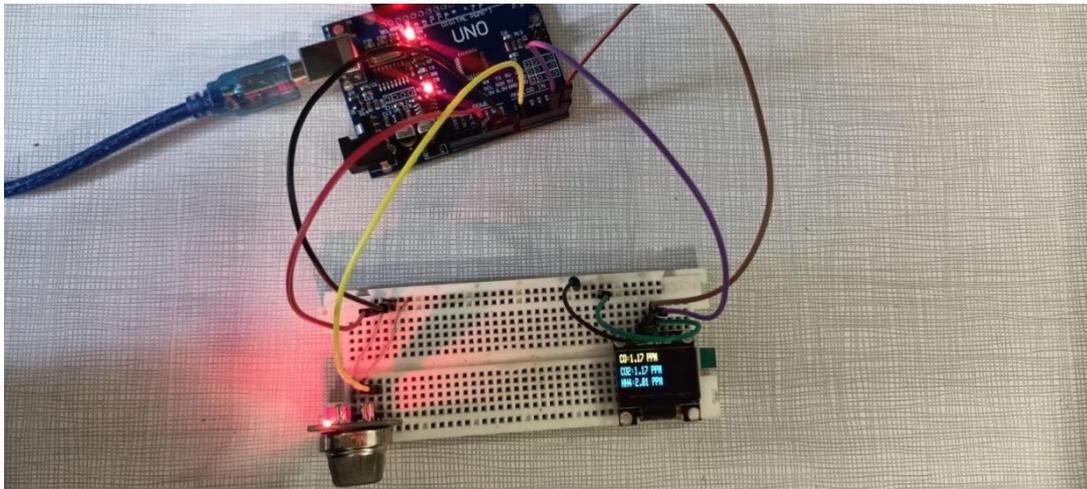


Figure 25. Image de système dans un milieu propre

Dans un environnement non polluant L'alarme ne retentit pas car le gaz est dans la valeur standard.

- Dans un milieu pollué :

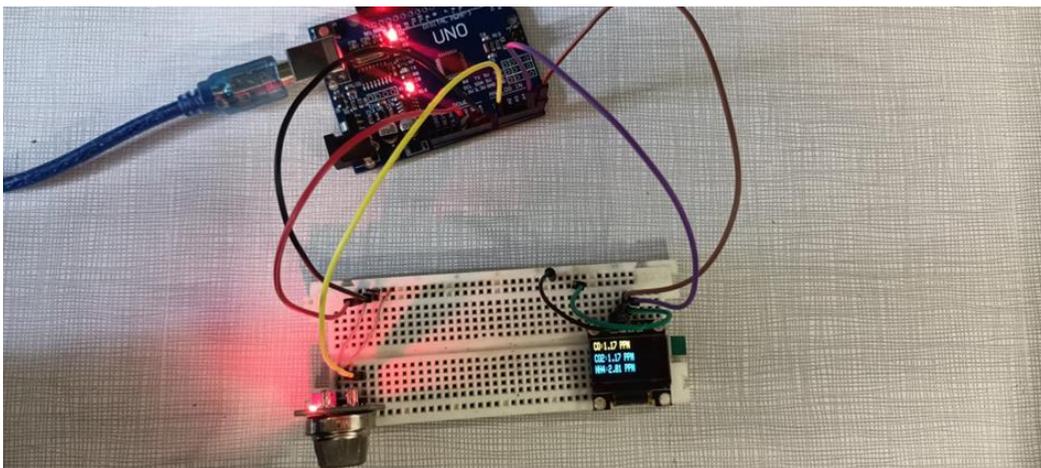


Figure 26. Image de système dans milieu pollue

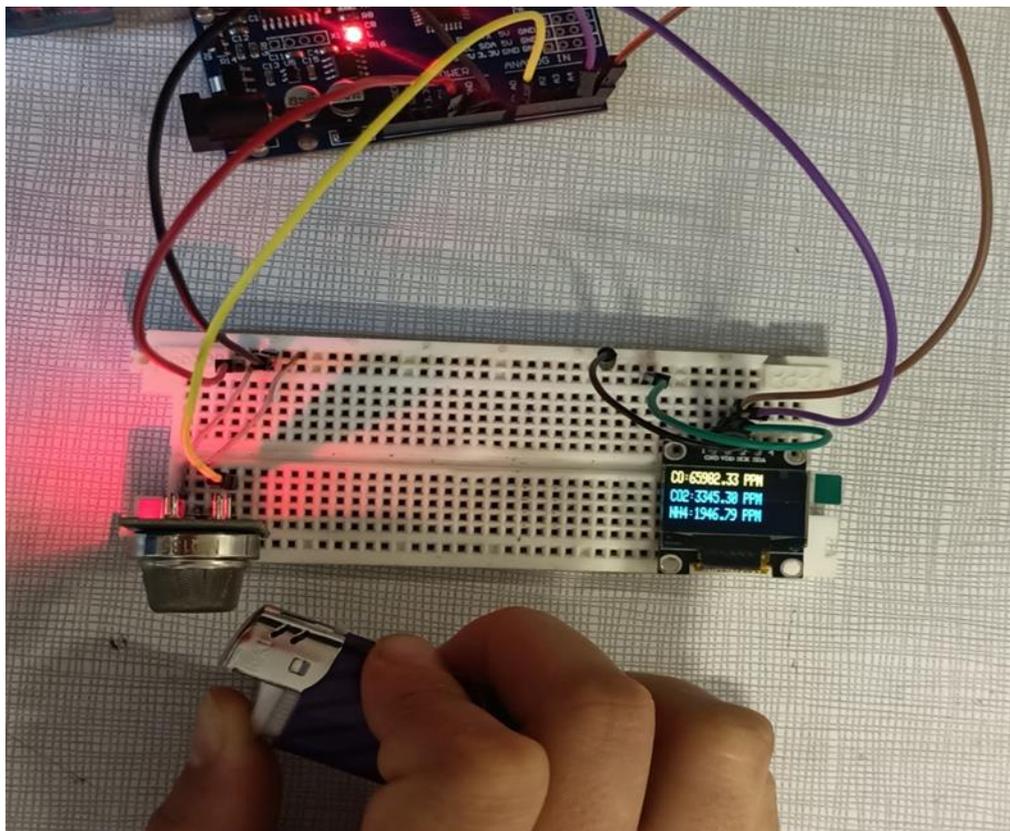


Figure 27. Teste de détection de gaz

Tout d'abord, on a observés que la LED est allumée, ce qui suggère qu'il y a un indicateur visuel activé. Ensuite, il est mentionné que le taux de gaz a augmenté, ce qui implique une concentration accrue de gaz dans l'environnement. Enfin, il est précisé qu'une alarme a été déclenchée, indiquant ainsi un danger potentiel. Ces éléments combinés suggèrent que l'agent se trouve dans une zone présentant un risque d'asphyxie. La présence de la LED allumée, l'augmentation du taux de gaz et l'activation de l'alarme constituent des signaux d'alerte clairs, indiquant la nécessité d'une intervention immédiate pour garantir la sécurité de l'agent et prendre les mesures appropriées pour prévenir tout incident d'asphyxie.

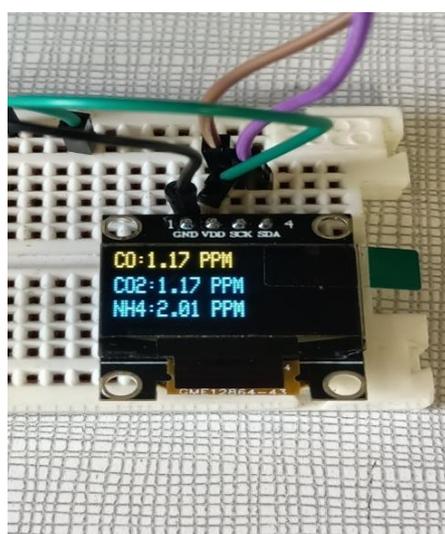


Figure 28. Image d'affichage de l'écran LED

6. Détecteur DHT11 :

L'utilisation du DHT11 dans ce projet nous permettra de mesurer la température et l'humidité de l'air et d'afficher leurs pourcentages dans cet environnement, et permettant aussi aux pompiers opérant dans des environnements enfumés, chauds et humides de fonctionner correctement diminuant le stress. Une fois l'ATM est traité, le DHT11 envoie un signal à la carte ESP8266. Cette carte affiche les lectures de température et d'humidité du DHT11 à l'aide d'OLED pour alerter les pompiers des points chauds et protéger leur santé.

7. Schéma de DHT11 associé avec l'OLED I2C 0,96 :

L'écran OLED que nous utilisons communique via le protocole de communication I2C, nous devons donc le connecter aux broches I2C de l'ESP8266. Connectez la broche D1 à la broche SCKOLED Broche D2 à broche OLESDA Le capteur DHT11 a trois broches (de gauche à droite): VCC, broche de données et GND. La broche de données est connectée à la broche D5 (GPIO14). Le module d'affichage OLED 0,96 et le capteur DHT11 sont alimentés en 3, 3 ou 5V depuis la carte ESP8266

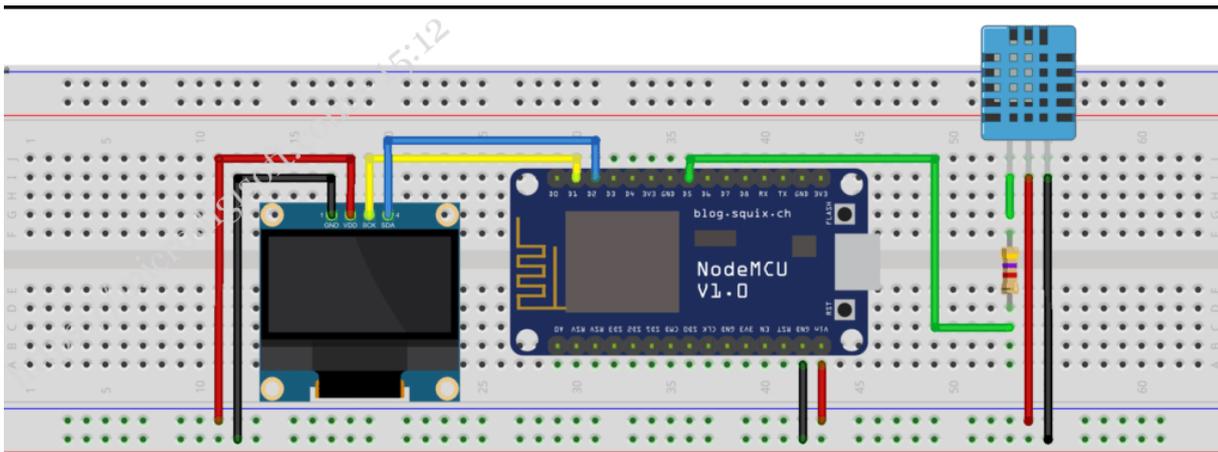
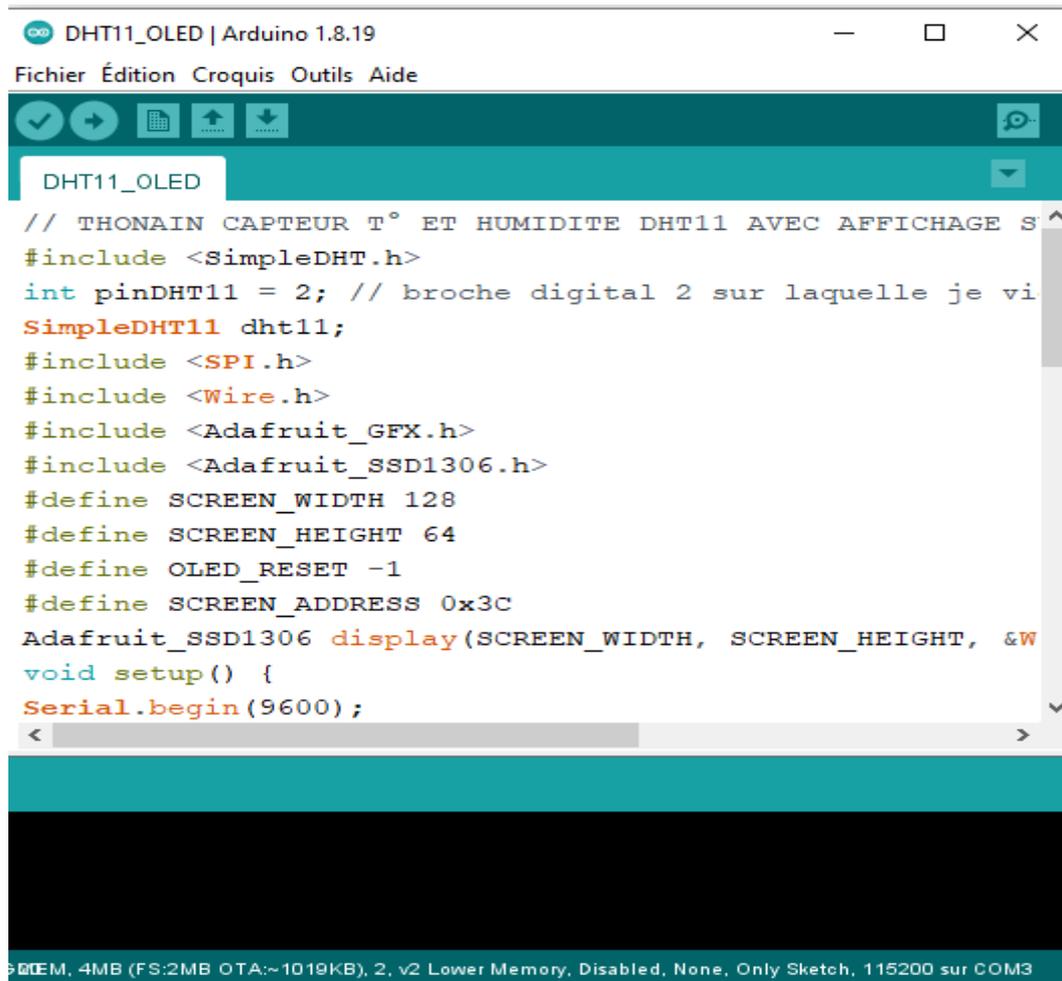


Figure 29. assemblage de DHT11 avec l'OLED I2C 0.96 dans une planche à pain

8. Programme arduino de DHT11, ESP8266, OLED 12C 0,96 :

La figure ci-dessous représente le modèle de programmation de DHT11, ESP8266, OLED 12C 0,96 que nous avons fait.



```
DHT11_OLED | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide
DHT11_OLED
// THONAIN CAPTEUR T° ET HUMIDITE DHT11 AVEC AFFICHAGE S
#include <SimpleDHT.h>
int pinDHT11 = 2; // broche digital 2 sur laquelle je vi
SimpleDHT11 dht11;
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &W
void setup() {
Serial.begin(9600);
```

Figure 30. Programme DHT11, ESP8266, OLED12C 0.96

9. Fonctionnement de DHT11 avec l'ESP8266 :

Après avoir couplé le DHT11 avec l'OLED I2C0.96 et la carte dans des conditions atmosphériques normales, l'écran OLED ressemble à ceci:

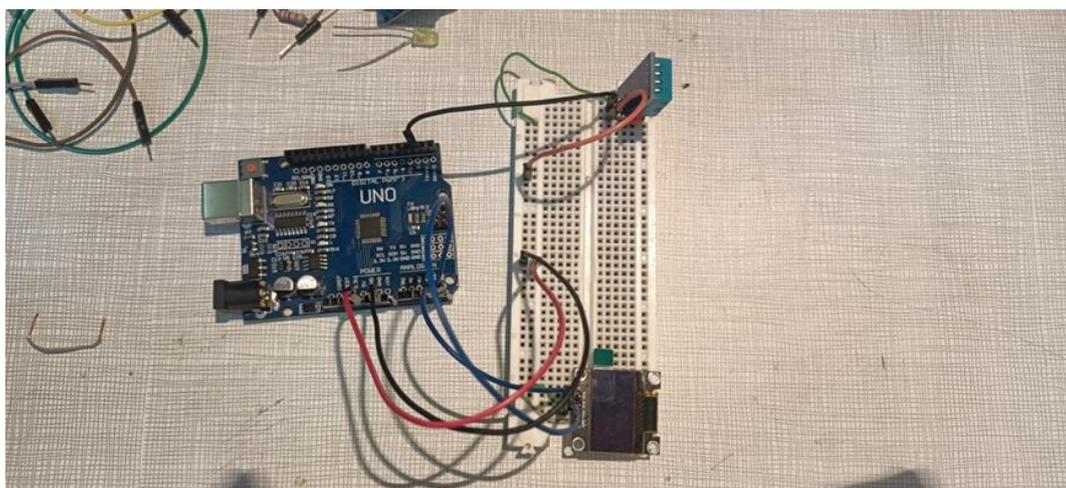


Figure 31. Assemblage de DHT11 avec l'OLED12C0.96 et la carte à condition normal

Lorsque vous utilisez une lampe pour augmenter la température, l'OLED affichera les résultats suivants :

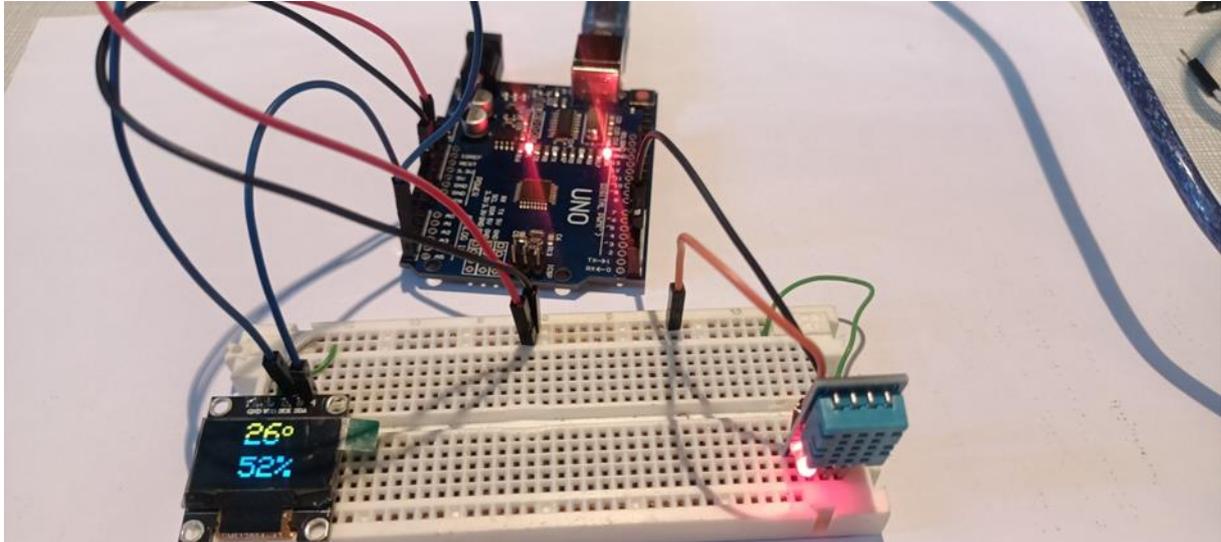


Figure 32. Assemblage de DHT11 avec l'OLED I2C 0.96 et à la carte à haute température

Le capteur DHT11 est un capteur d'humidité et de température utilisé couramment dans les projets électroniques. Lorsqu'une source de chaleur, comme une lampe, est placée à proximité du capteur, la température détectée par le capteur augmentera en conséquence. Cela dû à la chaleur émise par la lampe.

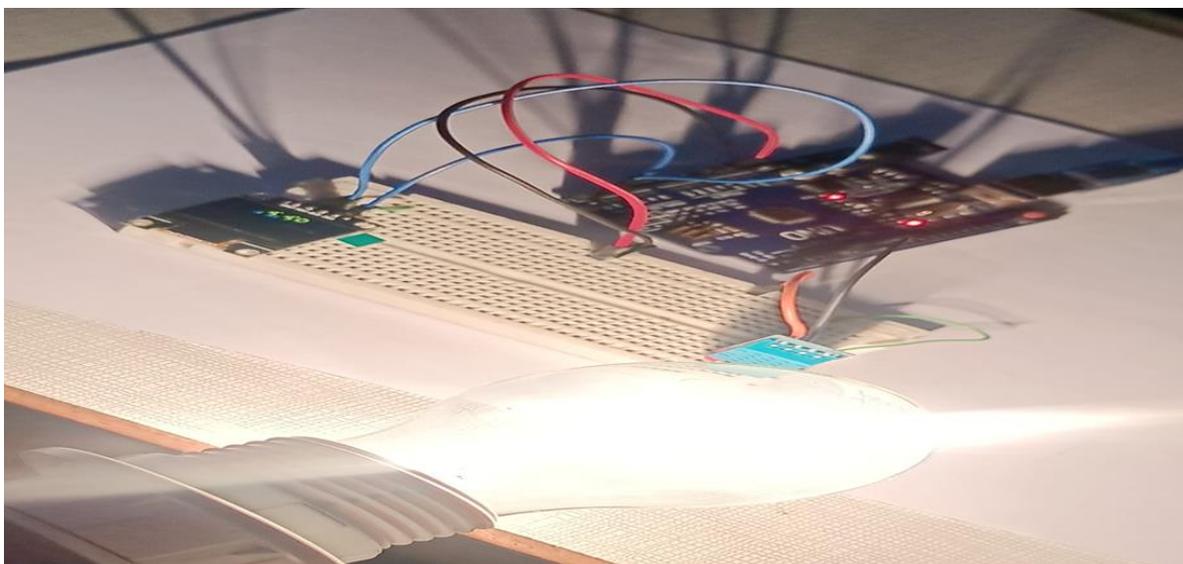


Figure 33. Test de capteur d'humidité et température DHT11

Lorsque la température augmente, un seuil prédéfini peut être atteint, ce qui déclenche l'allumage d'une LED. La LED qui est connectée au système pour indiquer visuellement le dépassement de ce seuil de température.

Parallèlement, l'affichage OLED est utilisé pour afficher le pourcentage de la température et de l'humidité. Le capteur DHT11 mesure à la fois la température et l'humidité, et ces valeurs sont ensuite affichées sur l'écran OLED.

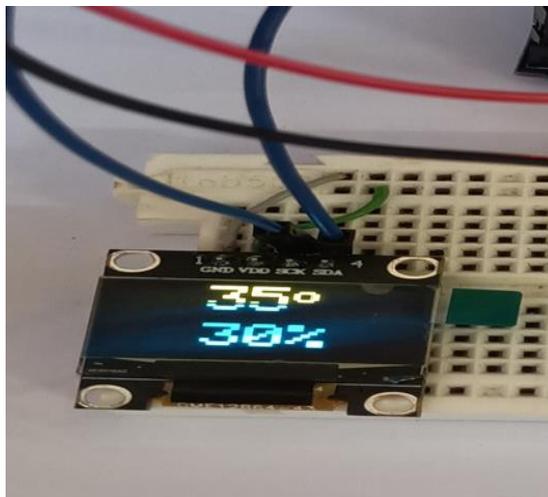


Figure 34. Affichage de température et de l'humidité sur l'écran OLED

Si l'augmentation de la température et de l'humidité, ainsi que l'allumage du voyant LED, attirent l'attention d'un agent d'intervention, cela peut indiquer la présence d'un environnement chaud ou potentiellement dangereux. Dans de tels cas, il est important de prendre des précautions pour assurer la sécurité. Les mesures à prendre dépendront de la situation spécifique et de l'environnement dans lequel vous vous trouvez.

Voici quelques suggestions générales pour vous protéger dans une zone à risque :

- **Évacuation** : Si l'environnement est potentiellement dangereux, vous devriez envisager de quitter la zone immédiatement et chercher un endroit sûr.
- **Équipement de protection** : Si l'évacuation n'est pas possible ou immédiate, assurez-vous de porter un équipement de protection approprié, tel qu'une combinaison ignifuge, des gants, un masque respiratoire, etc., en fonction des risques spécifiques.
- **Communication** : Informez rapidement les autorités compétentes ou l'agent d'intervention de votre situation et de l'environnement dangereux que vous avez identifié.
- **Suivez les procédures d'urgence** : Si vous vous trouvez dans une zone réglementée ou à risque connu, il peut y avoir des procédures spécifiques à suivre en cas d'urgence. Assurez-vous de les connaître et de les suivre attentivement.

10. Système finale de projet :

Explications :

- Connectez le pin VCC du DHT11 et du MQ135 au pin 3V3 de l'ESP8266.
- Connectez le pin GND du DHT11 et du MQ135 au pin GND de l'ESP8266.
- Connectez le pin AOUT du MQ135 au pin D8 de l'ESP8266.
- Connectez le pin Data du DHT11 au pin D7 de l'ESP8266.
- Connectez une LED avec une résistance appropriée en série (par exemple, 220 ohms) entre le pin D6 de l'ESP8266 et la masse (GND).
- Connectez les pins SDA et SCL de l'OLED I2C aux pins SDA et SCL de l'ESP8266 respectivement.
- Assurez-vous d'alimenter l'ESP8266 en connectant son pin 3V3 au VCC de l'ESP8266 et son pin GND au GND de l'ESP8266.

Ce schéma vous permettra de lire les valeurs du capteur de gaz MQ135 à partir du pin AOUT, les valeurs de température et d'humidité du capteur DHT11 à partir du pin Data, et d'afficher ces données sur l'afficheur OLED I2C.

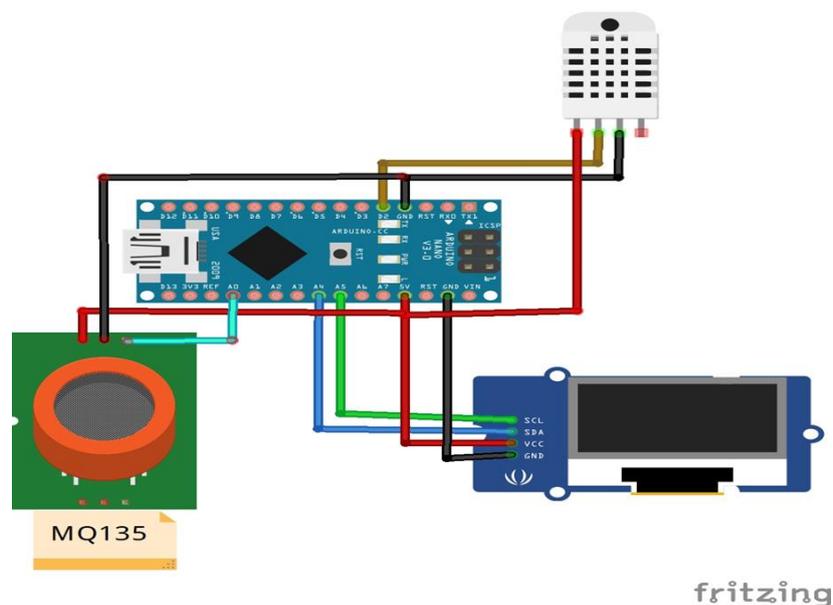


Figure 35. Schéma d'assemblage du système final

Après le téléversement du code approprié sur la carte Arduino ESP8266 vous pouvez lire les données des capteurs et les afficher sur l'afficheur OLED I2C et BLYNK

L'assemblage dans une planche à pain :

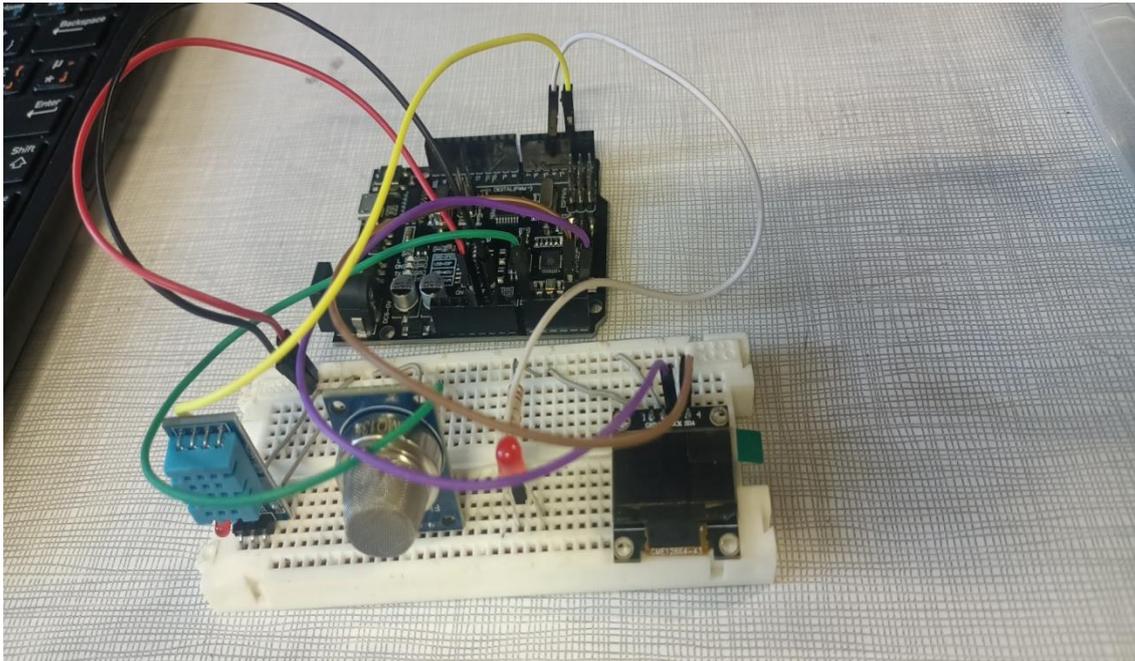
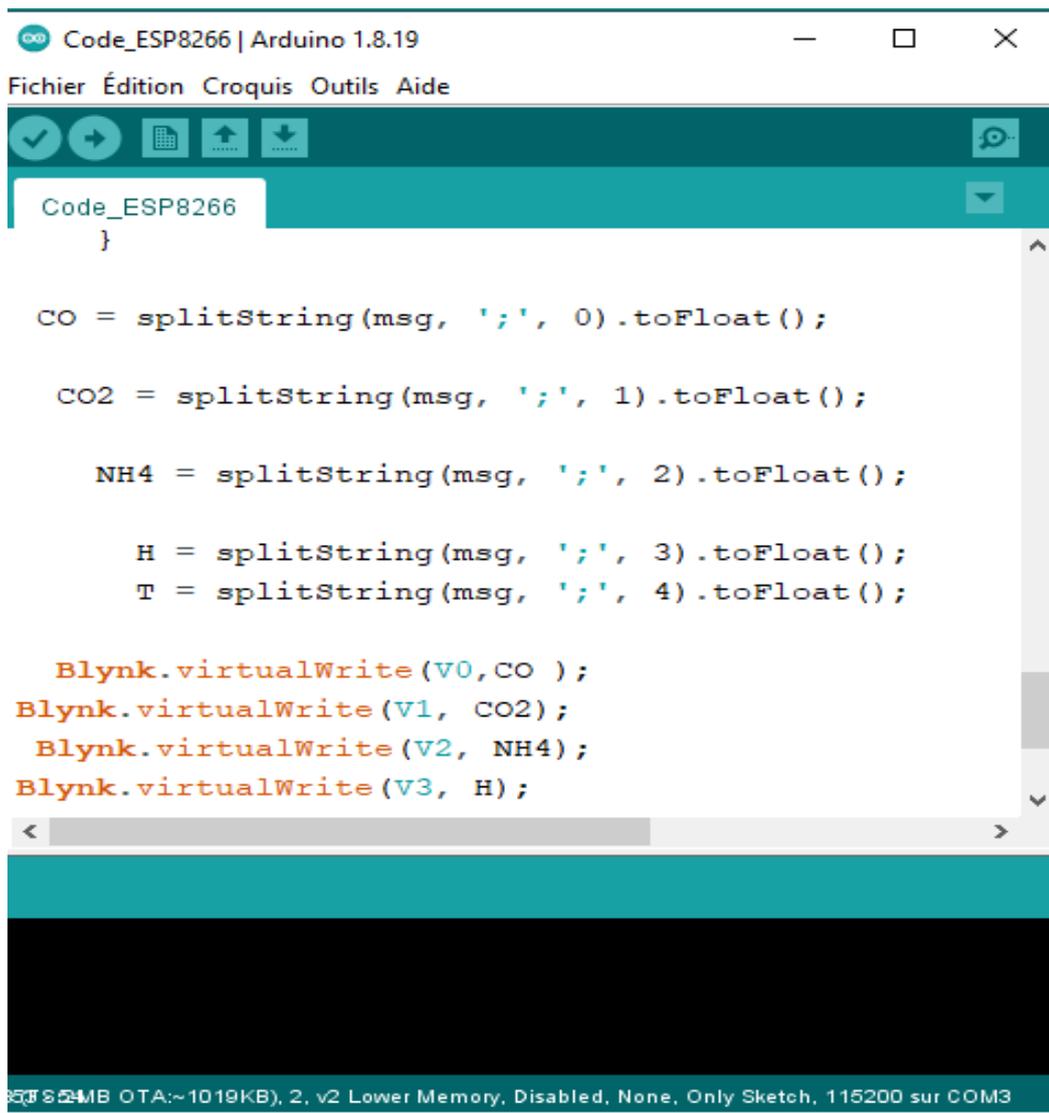


Figure 36. Assemblage à pain de carte Arduino ESP8266, capteur, et l'afficheur OLED 12C

11. Programme Arduino deMQ135, DHT11, ESP8266, OLED 12C 0,96 (programme finale) :

La figure ci-dessous représente le model de programmation de MQ135, DHT11, ESP8266, OLED 12C 0,96 que nous avons fait



```
Code_ESP8266 | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

Code_ESP8266
}

CO = splitString(msg, ';', 0).toFloat();

CO2 = splitString(msg, ';', 1).toFloat();

NH4 = splitString(msg, ';', 2).toFloat();

H = splitString(msg, ';', 3).toFloat();
T = splitString(msg, ';', 4).toFloat();

Blynk.virtualWrite(V0, CO );
Blynk.virtualWrite(V1, CO2);
Blynk.virtualWrite(V2, NH4);
Blynk.virtualWrite(V3, H);

87824MB OTA:~1019KB), 2, v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 sur COM3
```

Figure 37. Image de programme arduino de MQ135, DHT11, ESP8266, OLED12C 0.96

12. Fonctionnement de système final :

Dans l'ensemble, le système fonctionne de la manière suivante : les capteurs MQ135 et DHT11 mesurent respectivement la qualité de l'air et l'humidité/température environnantes. Les données collectées par ces capteurs sont lues par l'ESP8266. L'ESP8266 traite ensuite ces données et les envoie à BLYNK via la connexion WiFi. De plus, les données peuvent également être affichées sur l'écran OLED pour une visualisation locale.

Cela permet de surveiller en temps réel la qualité de l'air, l'humidité et la température dans un environnement donné, et de prendre des mesures appropriées en fonction des valeurs mesurées.

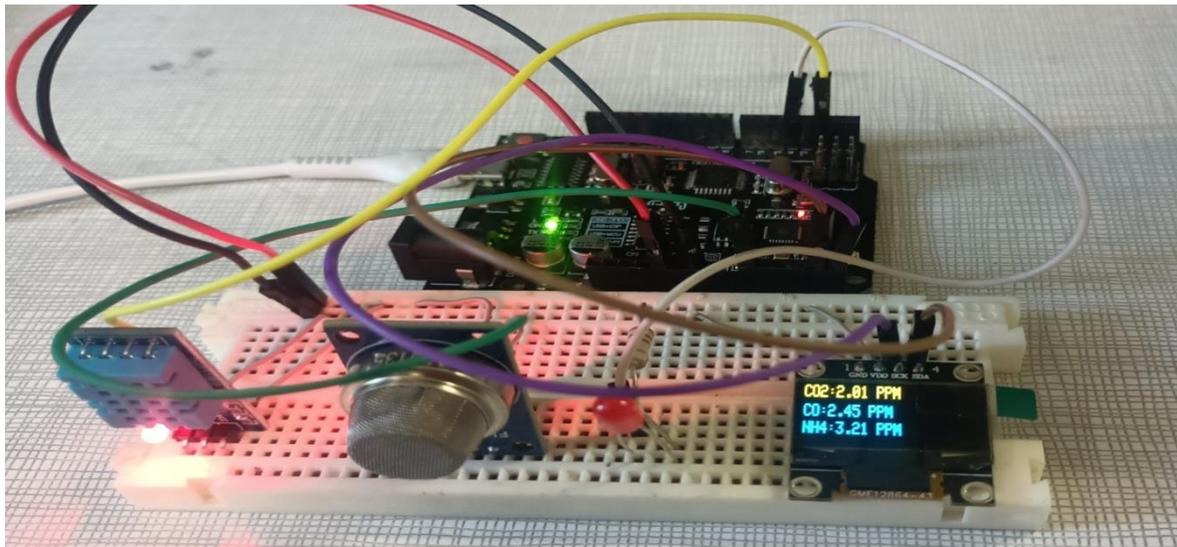


Figure 39.assemblage de carte arduino ESP8266, MQ135, OLEDI2C 0.96

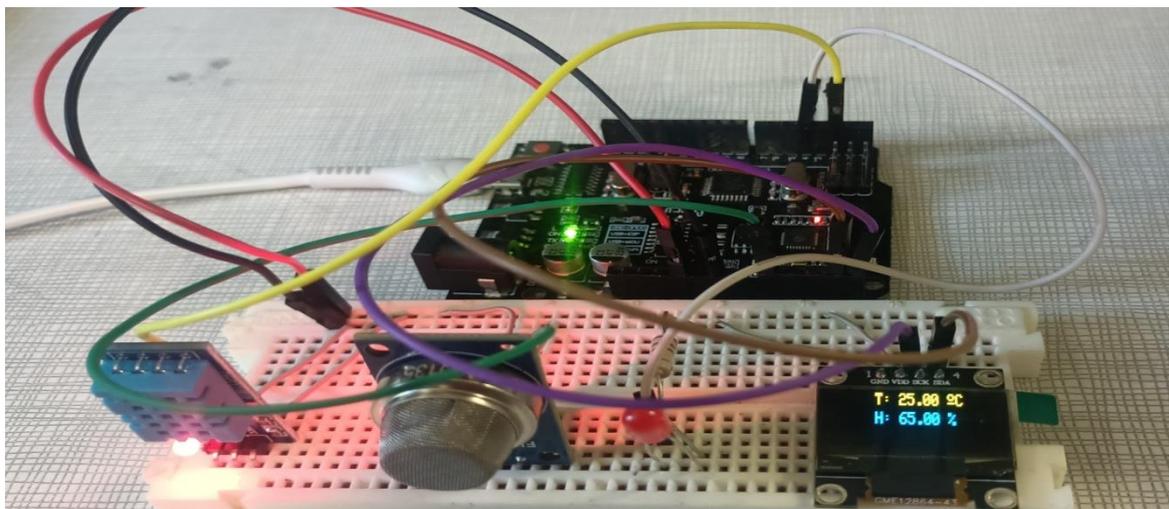


Figure 40.Assemblage de carte arduino ESP8266, MQ135, DHT11, ESP 8266, OLEDI2C 0.96 (condition habituel)

Dans les conditions atmosphérique habituelle, il est généralement constaté que notre système fonctionne normale et le LED n'est pas allumé

Après avoir réalisé les connexions entre la LED le capteur DHT11 le capteur MQ135 et l'écran OLED I2C 0,96 avec une carte ESP8266 nous avons tenté de simuler un environnement atmosphérique pollué avec une augmentation de la température et l'humidité. Nous avons observé que la LED s'est allumée, ce qui nous a informés à partir du Blynk et l'écran OLED que la zone présente un risque environnemental.

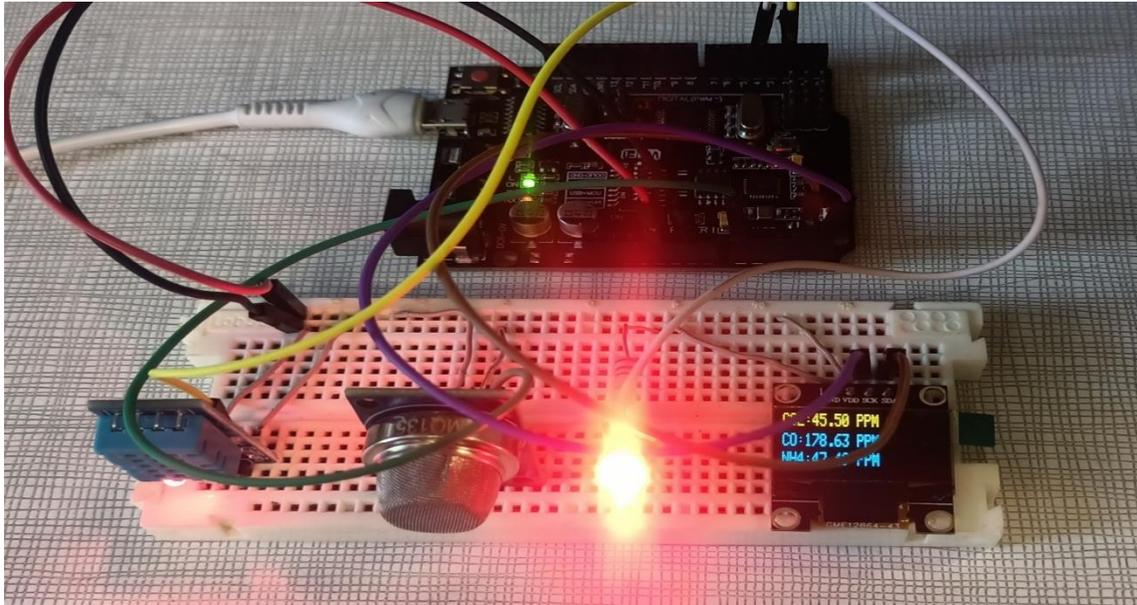


Figure 41. Assemblent de carte Arduino ESP8266, MQ135, DHT11, ESP 8266, OLED I2C 0.96 (atmosphère pollué)

L'organigramme de la figure suivante explique les étapes du fonctionnement de notre système afin de synchroniser les données avec l'ESP8266 d'un côté et le Blynk, l'opérateur, l'afficheur OLED d'autre côté.

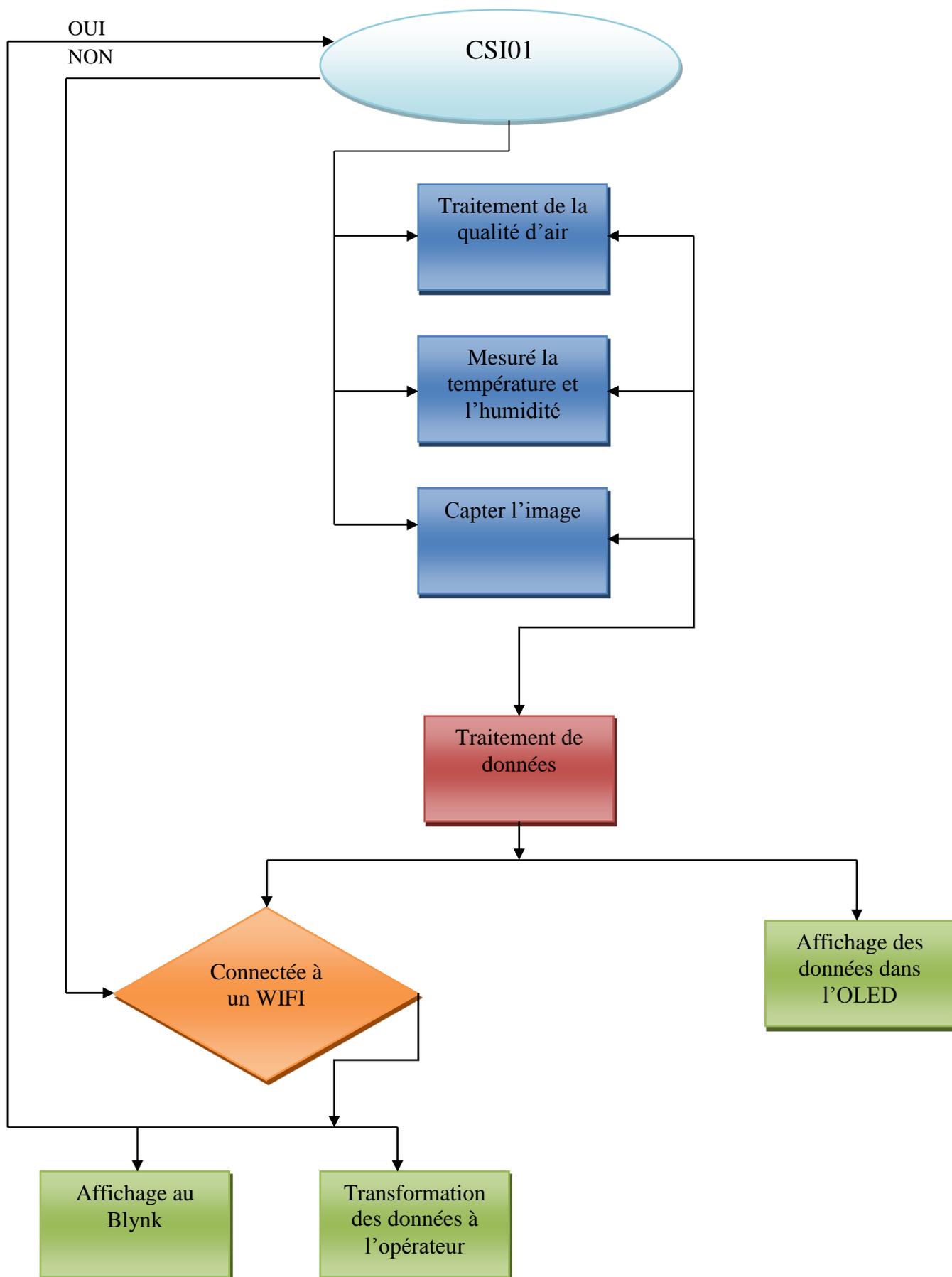


Figure 42 : Organigramme des étapes de fonctionnement du système

3. Synthèse sur le casque CSI01 :

Le casque de plongée CSI01 aide les pompiers à voir clairement dans les bâtiments remplis de fumée pour effectuer des missions de sauvetage. En utilisant leur équipement de lutte contre les incendies traditionnel, ils doivent garder le contact des mains avec les murs ou ramper sur le sol tout en transportant un appui aérien lourd et un équipement portatif, ce qui peut ralentir le processus de sauvetage.

Ce casque offre une vision filaire de la géométrie intérieure, de cette façon, les pompiers peuvent identifier facilement leur environnement et la recherche des victimes peut être effectuée avec plus de précision. *Le casque de plongée CSI01* simplifie de nombreuses couches de protection contre la chaleur et les chocs en un ensemble de protection plus simple pour faciliter les mouvements.

Le casque de plongée CSI01 pourrait être la vision future de l'équipement de lutte contre l'incendie. Au lieu d'utiliser une carte écrite à la main et des informations verbales, les pompiers peuvent utiliser ce casque pour naviguer à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. Ils n'ont pas besoin de ramper sur le sol ou de garder les mains sur le mur pour trouver des victimes, il suffit de marcher ou de courir vers les victimes.

Un immeuble en feu est un endroit bruyant. Les pompiers aiment écouter les sons car ils peuvent fournir un avertissement précoce d'un joint qui s'effondre ou d'une porte. Mais ces bruits de feu bruyants interfèrent également avec les sons de communication avec le chef du plongeur fumigène et les coéquipiers. Le bruit sélectif CSI01 annule les sons environnants et améliore uniquement les sons de la victime et les craquements prédéfinis pour une communication plus claire.

Avec le casque de plongée CSI01, le chef des pompiers n'a pas à deviner et à remplir les rapports ultérieurs. Tout est enregistré simultanément. Cela fournit des améliorations pour les futures missions de sauvetage et une meilleure évaluation et une étape vers la prévention de futurs incendies.

Conclusion :

En conclusion, notre parcours dans la réalisation de notre casque intelligent a été une expérience riche en défis et en apprentissage. Au cours des essais que nous avons effectués, nous avons pu mettre à l'épreuve les fonctionnalités clés de notre casque intelligent. Les résultats obtenus ont démontré la fiabilité et l'efficacité de notre produit. Les performances en matière de captation audio et vidéo, la précision des capteurs de mouvement, ainsi que la qualité de l'affichage ont surpassé nos attentes initiales. Cependant, malgré ces résultats prometteurs, nous reconnaissons qu'il reste encore des défis à relever pour parfaire notre casque intelligent. Nous continuerons à travailler sur l'optimisation des fonctionnalités existantes et à explorer de nouvelles possibilités pour offrir une expérience encore plus immersive et personnalisée.

Conclusion générale

Ce mémoire a mis en évidence l'importance cruciale de l'amélioration des équipements de protection individuelle (EPI) classique surtout les casques anti-incendie dans le domaine de la sécurité incendie. Les incendies représentent une menace sérieuse pour la vie des individus et la protection contre ces dangers doit être considérée comme une priorité absolue.

Dans ce mémoire, nous avons étudié les différentes améliorations apportées aux casques anti-incendie, notamment l'utilisation de matériaux ignifuges de haute qualité, l'intégration de systèmes de refroidissement et de communication, ainsi que l'amélioration du design pour garantir un ajustement optimal. Ces améliorations ont contribué à réduire les risques d'incendie et à améliorer la sécurité des pompiers et des autres professionnels exposés à des environnements dangereux.

Cependant, malgré ces avancées, il est essentiel de continuer à investir dans la recherche et le développement pour améliorer constamment les EPI et les casques anti-incendie en particulier. Les normes de sécurité doivent être régulièrement révisées pour s'assurer qu'elles sont en phase avec les nouvelles technologies et les nouveaux défis auxquels les pompiers et les travailleurs exposés aux incendies sont confrontés. La collaboration entre les chercheurs, les fabricants, les utilisateurs finaux et les organismes de réglementation est également cruciale pour garantir que les EPI répondent aux besoins réels sur le terrain.

L'amélioration continue des équipements de protection individuelle et des casques anti-incendie est essentielle pour garantir la sécurité et la protection des travailleurs et des intervenants d'urgence lors d'incendies. Ces avancées technologiques permettent de réduire les risques de blessures graves et de sauver des vies. Il est donc impératif de poursuivre les efforts de recherche, de développement et de sensibilisation pour promouvoir l'utilisation appropriée et efficace de ces équipements vitaux dans le domaine de la sécurité incendie.

L'objectif principal de ce projet était de développer un moyen précis pour l'utilisateur du casque de plongée CSI01 (casque anti-incendie) de voir et de se déplacer dans un environnement de fumée épaisse sans avoir besoin de transporter des équipements supplémentaires. Ce produit est capable de simplifier de nombreuses couches de protection thermique en une seule unité et de fournir un équipement de communication entre les autres sauveteurs. Il serait plus facile pour les pompiers de porter le CSI01 en se rendant sur les lieux de l'incendie. Au cas où vous ne l'auriez pas réalisé, les pompiers doivent s'habiller dans les 90 secondes, sinon ils sont laissés pour compte. Ainsi, ces héros portent souvent de nombreux équipements imprécis et inconfortables afin de se précipiter pour vous secourir. Il peut être très difficile de mettre une cagoule de protection intérieure, un masque à gaz intégral, un casque à isolation thermique, une cagoule extérieure, un appareil d'imagerie thermique et un appareil de communication audio en seulement 90 secondes.

Les capteurs de température et d'humidité intégrés dans le casque anti-incendie fourniront des données précises sur les variations de température et d'humidité dans les zones d'incendie. Ces informations aideront les pompiers à évaluer les risques potentiels, à anticiper les changements de conditions et à ajuster leurs stratégies en conséquence. Par exemple, en détectant les zones de température élevée, les pompiers pourront éviter les zones les plus dangereuses ou prendre des mesures préventives pour réduire les risques d'exposition à la chaleur extrême.

Conclusion générale

De plus, l'intégration de capteurs de gaz dans le casque anti-incendie permettra la détection précoce de gaz toxiques ou inflammables. Les capteurs analyseront en continu les niveaux de gaz présents dans l'air ambiant et alerteront les pompiers en cas de dépassement des seuils de sécurité. Cela leur permettra de réagir rapidement et de prendre les mesures appropriées pour minimiser les risques pour leur santé et leur sécurité.

En outre, l'ajout de caméras infrarouges dans le casque anti-incendie fournira une vision thermique aux pompiers, leur permettant de voir à travers la fumée dense et les conditions de faible visibilité. Les caméras infrarouges détectent les variations de chaleur et génèrent des images en temps réel, offrant ainsi une perception améliorée de l'environnement. Les pompiers pourront localiser les sources de chaleur, repérer les victimes potentielles et naviguer efficacement dans des situations d'urgence complexes.

En conclusion, ce mémoire contribuera à une meilleure compréhension des progrès réalisés dans le domaine des casques anti-incendie et de leur impact sur la sécurité des pompiers. Il soulignera l'importance de continuer à investir dans la recherche et le développement pour garantir que les pompiers disposent des meilleurs outils pour accomplir leur mission de sauvetage, tout en minimisant les risques auxquels ils sont exposés.

Références

- [1] « [wcms_792225.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms_792225.pdf) ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms_792225.pdf
- [2] « Beaboss.fr le site des dirigeants de petites et moyennes entreprises - BeaBoss.fr », 14 juin 2023. <https://www.beaboss.fr> (consulté le 18 juin 2023).
- [3] « Loi N° 88-07 Du 26 Janvier 1988 | PDF ». <https://fr.scribd.com/document/504533713/Loi-n-88-07-du-26-Janvier-1988> (consulté le 18 juin 2023).
- [4] « CDC - Page Not Found », 25 février 2023. https://www.cdc.gov/404_source.html (consulté le 18 juin 2023).
- [5] « Nichan Margossian », *Cairn Sciences*. <https://www.cairn-sciences.info/publications-de-Nichan-Margossian--734027.htm> (consulté le 18 juin 2023).
- [6] E. Seuil, « Le Principe de prévention , Patrick Pe... » <https://www.seuil.com/ouvrage/le-principe-de-prevention-patrick-peretti-watel/9782021009958> (consulté le 18 juin 2023).
- [7] « Santé et sécurité au travail - INRS ». <https://www.inrs.fr/> (consulté le 18 juin 2023).
- [8] « World Health Organization (WHO) ». <https://www.who.int/fr> (consulté le 18 juin 2023).
- [9] « Équipements de protection collective (EPC) », *Beswic*, 5 octobre 2015. <https://www.beswic.be/fr/themes/equipements-de-protection/equipements-de-protection-collective-epc> (consulté le 18 juin 2023).
- [10] « 20190718-1105-RisquesProfessionnels-Fiches-livret-epi.pdf ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cdg90.fr/wp-content/uploads/2021/07/20190718-1105-RisquesProfessionnels-Fiches-livret-epi.pdf>
- [11] « CSN_Thematique_equipements_protection.pdf ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://formationsst.csn.info/wp-content/uploads/2014/02/CSN_Thematique_equipements_protection.pdf
- [12] « Quelles sont les sanctions en cas de non port des EPI ? - Securinorme ». <https://www.securinorme.com/prevention-au-travail/222-queelles-sont-les-sanctions-en-cas-de-non-port-des-epi-> (consulté le 18 juin 2023).
- [13] « G. Sauce's research works », *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/G-Sauce-44836685> (consulté le 18 juin 2023).
- [14] <https://www.facebook.com/alertis>, « Quels sont les 3 éléments du triangle de feu ? - Centre de formation ALERTIS », <https://www.alertis.fr/>. <https://www.alertis.fr/faq/quel-est-le-triangle-du-feu/> (consulté le 18 juin 2023).
- [15] « Sapeurs-pompiers : les spécialités opérationnelles ». <https://vetsecurite.com/blog/sapeurs-pompiers-les-differentes-specialites-operationnelles-n228> (consulté le 18 juin 2023).
- [16] Prestashop 1.5, « Capteur de temperature-humidite de base DHT11 et extras - Boutique Semageek ». <https://boutique.semageek.com/fr/1553-capteur-de-temperature-humidite-de-base-dht11-et-extras-3006413633931.html> (consulté le 18 juin 2023).
- [17] <https://www.facebook.com/binairetech2011>, « Capteur de Gaz MQ135 », *Binarytech Electronique Algérie*. <https://binarytech-dz.com/produit/capteurs-robotique/capteurs/air-gaz-eau/capteur-de-gaz-mq135/> (consulté le 18 juin 2023).
- [18] « testo-869-Fiche-technique.pdf ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.capinstrumentation.fr/CI2/wp-content/uploads/2016/08/testo-869-Fiche-technique.pdf>
- [19] XPair, « Caméra thermique : principe, fonctionnement, explications », *XPair*. <https://www.xpair.com/lexique/definition/camera-thermique.htm> (consulté le 18 juin 2023).
- [20] « 0.96" OLED Display (Blue, I²C, 4-Pin) | Elektor ». <https://www.elektor.com/0-96-oled-display-blue-i2c-4-pin> (consulté le 18 juin 2023).
- [21] Isaac, « ESP8266: le module WIFI pour Arduino », *Hardware libre*, 10 juin 2019. <https://www.hwlibre.com/fr/espXNUMX/> (consulté le 18 juin 2023).
- [22] « [blynk.pdf](http://tvaira.free.fr/dev/tutoriel/blynk.pdf) ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <http://tvaira.free.fr/dev/tutoriel/blynk.pdf>
- [23] « Blynk ». <https://booteille.github.io/blynk-docs-fr/> (consulté le 18 juin 2023).
- [24] « [arduino.pdf](http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/arduino.pdf) ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/arduino.pdf>

Références

- [25] « mémoire final walid hadjadj.pdf ». Consulté le: 18 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <http://bib.univ-oeb.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/6921/1/m%C3%A9moire%20final%20walid%20hadjadj.pdf>
- [26] « Qu'est-ce que l'Internet of Things (IoT) ? » <https://www.oracle.com/fr/internet-of-things/what-is-iot/> (consulté le 18 juin 2023).
- [27] « L'IoT (Internet des objets), qu'est-ce que c'est ? » <https://www.redhat.com/fr/topics/internet-of-things/what-is-iot> (consulté le 18 juin 2023).