



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 ولأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département De Sécurité Industrielle**

## **MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Hygiène et sécurité industrielle**  
**Spécialité : Prévention et intervention**

**Thème**

# **Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle**

Présenté et soutenu publiquement par :

Salhi Anes Abderrahmane

et

Koufi Mohammed

Devant le jury composé de :

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
Mme SERAT Fatima Zohra		Univ d'oran 2	<b>Président</b>
M Nadji Mohamed Amine		Univ d'oran 2	<b>Encadreur</b>
M GHOUARI Adel		Univ d'oran 2	<b>Examineur</b>

**Année 2020/2021**

## **Remerciement**

Je remercie tout d'abord notre Dieu qui m'a donné la force et la puissance pour terminer ce modeste travail.

Tous mes remerciements à mon encadreur Ms:Nadji Amine qui m'a guidé à réaliser ce travail.

Je remercie aussi notre Co-encadreur : Fechfouch Mustapha qui m'a aidé, encouragé à compléter ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous les enseignants de département de la sécurité industrielle qui ont contribué de près ou de loin à ma formation durant tout le cursus universitaire :

Enfin, je ne peux pas mentionner tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, que tous ceux qui m'ont aidé d'un simple encouragement trouvent ici l'expression de ma reconnaissance la plus sincère.

## **DEDICACE**

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mes grands-parents.

A tous mes frères et sœurs.

A tous ceux que j'aime et je respecte

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## Résumé

Le champ industriel est toujours exposé à subir des dangers engendrant des dégâts matériels et humains qui s'étendraient aux régions voisines en produisant une influence de rétrogradation de l'environnement tout entier. Pour ce fait, la réponse à un état d'alerte se voit beaucoup plus indisponible en vue de minimiser les dégâts dus à un éventuel incident ou catastrophe. Pour cet objet on a initié d'établir un régime dans lequel on a adopté un plan de travail bien fait, déterminé toutes les possibilités et les outils et ayant intégré toutes les possibilités humaines et techniques grâce à une démarche organiser nous permettant d'amoindrir le volume des dangers et de manifester une certaine maîtrise de la situation une fois un incident se produit.

Dans notre mémoire celle ci, on a cité l'établissement d'un régime intelligent de la sécurité industrielle et ce pour estimer les différents dangers dans les lieux de travail où les lieux des travailleurs de plus pour déterminer le nombre de sujets atteints en cas d'un danger probable et les différentes interventions mise en œuvre pour le but de minimiser les dangers et la bonne maîtrise des situations.

Notre régime consiste au mélange du champ de la sécurité industrielle et la technique d'IOT ayant pour but d'amoindrir ou se débarrasser de l'effort physique depuis l'exécution des missions à un temps désigné ou selon le cas et ce qui amoindrit les frais et nous aboutit à l'objectif très rapidement.

**Mot clé :** Sécurité industrielle, Internet des Objets, intervention, aide à la décision.

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **Abstract**

The Industrial Field is always vulnerable to many risks, causing a lot of material and human losses, that could extend to nearby places and environment. Therefore responding to emergencies is necessary to minimize the resulting damages of any disaster or accident. So the system that we created following a solid plan selecting and merging all plans, tools, human and technical capacity in a structured process that could reduce risks and control situations in case of accidents.

We addressed in this paper, creating a smart industrial security system aiming to assess different risks in place of work and determining casualties and all interventions should be made to reduce risks and control cases.

Our system combines the industrial security system and IOT aims to minimize manual work through executing tasks in a short time depending on the situation which reduces costs and fulfills the need in a faster way.

**Key words:** Industrial security, Internet of Things, intervention, Decision support.

## ملخص

إن المجال الصناعي معرض للعديد من المخاطر التي قد تتسبب الكثير من الخسائر المادية و البشرية و التي قد تمتد إلى لأماكن المجاورة وحتى على البيئة و عليه فإن لاستجابة لحالة الطوارئ أمر ضروري للتقليل من الأضرار الناجمة عن وقوع أي كارثة أو حادث و عليه فإن النظام الذي قمنا بإنشاءه وبتابع خطة محكمة وتحديد كل المخططات ولأدوات ودمج كل لإمكانيات البشرية و التقنية بطريقة منظمة يمكننا التقليل من المخاطر والتحكم في لأوضاع في حالة وقوع حادث.

وقد تطرقنا في مذكرتنا هذه إلى إنشاء نظام ذكي للأمن الصناعي وذلك بهدف ترقيب مختلف المخاطر في مختلف أماكن العمل و أماكن العمال و تحديد عدد المصابين في حالة حدوث خطر و كذلك تحديد مختلف التدخلات التي يجب القيام بها وذلك بهدف التقليل من المخاطر و التحكم الجيد في لأوضاع .

نظامنا هو مزيج بين مجال لأمن الصناعي وتقنية IOT بهدف إلى التقليل من بعض الجهد اليدوي من خلال تنفيذ المهام في وقت معين أو حسب الحالة و هذا ما يقلل من التكاليف ويوصلنا إلى الهدف بشكل أسرع .

**الكلمات المفتاحية :** لأمن الصناعي ، انترنت لأشياء، التدخل، المساعدة على اتخاذ القرار.

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

---

## SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX.....	10
LISTE DES FIGURES.....	11
LISTE DES ABREVIATIONS.....	12
Introduction General .....	14
<b>Chapitre 01 : présentation des risques industriels :</b>	
1. Introduction :.....	17
2. Définition d'un risque industriel :.....	18
3. Les facteurs de risque industriel : .....	18
3.1 Danger : .....	18
3.2 Risque:.....	18
3.3 Exposition:.....	18
3.4 Facteurs des risques :.....	18
4. Typologie des risques industriels :.....	19
4.1 Risques liés à l'électricité :.....	19
4.1.1 Les dangers de l'électricité :.....	19
4.1.2 Des autres dangers indirects de l'électricité :.....	19
4.1.3 Définition du Milliampère :.....	20
4.1.4 Résistance de l'homme au courant électrique : .....	20
4.1.5 Moyens de prévention :.....	21
4.1.6 Les 5 règles de sécurité: .....	21
4.2 Incendie / Explosion :.....	21
4.2.1 Incendie : .....	22
4.2.1.1 Triangle de feu : .....	22
4.2.1.2 Les différents de feu et leurs agents extincteurs :.....	22
4.2.2 Explosion :.....	23
4.2.2.1 Modalités d'exposition : .....	23
4.2.2.2 Moyens de prévention :.....	23

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

---

4.3	Fuite de gaz : .....	24
4.3.1	Les accidents en cas de fuite de gaz : .....	24
4.3.2	Pour rester en sécurité malgré une fuite de gaz : .....	24
4.4	Chute : .....	25
4.4.1	Identification : .....	25
4.4.2	Modalités d'exposition : .....	25
4.4.3	Moyens de prévention : .....	25
4.5	Chutes d'objets : .....	26
4.5.1	Identification : .....	26
4.5.2	Modalités d'exposition : .....	26
4.5.3	Moyens de prévention : .....	27
4.6	Equipements de travail : .....	27
4.6.1	Modalités d'exposition : .....	27
4.6.2	Moyens de prévention : .....	28
5.	ISO 45001/OHSAS 18001 - Système de management Santé & Sécurité au Travail : .....	28
5.1	Qu'est-ce que la norme ISO 45001 ? .....	29
5.2	Quels sont les bénéfices pour mon organisation ? .....	30
6.	Conclusion : .....	31

## **Chapitre 02: l'utilisation de l'internet des objets en sécurité industrielle**

1.	Introduction.....	33
2.	Historique .....	34
3.	Internet des objets : .....	35
3.1.	Notion de l'objet connecté : .....	35
3.2.	Caractéristiques d'un objet connecté : .....	35
4.	Définition de L'internet des objets : .....	36
5.	L'évolution d'Internet et son impact dans le monde : .....	36



# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

6.	Modèles d'architectures de l'Internet des Objets :.....	37
7.	Technologies clés dans l'IOT:.....	39
8.	Problèmes de sécurité dans IOT : .....	40
9.	Le Domaine D'Application : .....	42
9.1	Les villes intelligentes :.....	42
9.2	Les Appareils intelligents : .....	43
9.3	Le système de santé électronique :.....	43
9.4	Le transport et la mobilité intelligente : .....	44
9.5	Les usines et la fabrication intelligente : .....	45
9.6	L'Internet des objets dans le domaine de sécurité industrielle : .....	46
9.6.1	Objets connectés portables et santé et sécurité du travail : .....	46
9.6.2	Les différents objets connectés portables au travail :.....	47
9.6.3	La prévention des risques par objets connectés portables au travail :...	48
10.	Conclusion :.....	51

## Chapitre 03 : conception d'un prototype de détection d'accident

1.	Introduction:.....	53
2.	Présentation des composants utilisés dans ce système :.....	54
2.1.	Une carte Arduino UNO :.....	54
2.1.1.	Définition du module Arduino.....	54
2.1.2.	Pourquoi Arduino ?.....	56
2.1.3.	Présentation de la carte Arduino UNO :.....	57
2.2.	Les capteurs : (Capteur de gaz - capteur de température et d'humidité- capteur de flamme) .....	58
2.2.1.	Définition d'un capteur : .....	58
2.2.2.	Capteur de gaz(MQ2):.....	59
2.2.2.1.	Les caractéristiques du MQ2 : .....	60
2.2.2.2.	Les différents pins d'un capteur MQ2: .....	60
2.2.2.3.	Connexion du capteur MQ2 avec la plaque Arduino :.....	61

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

---

2.2.3.	Capteur de température et d'humidité DHT11 : .....	62
2.2.3.1.	Le DHT11 est caractérisé par : .....	63
2.2.3.2.	Connexion du capteur DHT 11, avec la plaque Arduino : .....	63
2.2.4.	Capteur de flamme KY-026 : .....	65
2.2.4.1.	Les caractéristiques du capteur flamme sont:.....	66
2.2.4.2.	Connexion du capteur MQ2 avec la plaque Arduino : .....	66
2.3.	RFID :(Radio Fréquence Identification) .....	68
2.3.1.	Le RFID, c'est quoi ?.....	68
2.3.2.	Le lecteur RFID : .....	69
2.3.3.	Le fonctionnement de la technologie RFID .....	70
2.3.4.	Localisation :.....	70
2.3.5.	Description du bracelet interactif:.....	71
2.4.	Un Accéléromètre pour détecter les chutes humaines .....	71
2.4.1.	Définition de l'accéléromètre : .....	71
2.4.2.	Détection de chutes Humaines avec un Accéléromètre Numérique 3 Axes:.....	72
2.4.3.	L'ADXL345 iMEMS Accélérateur : .....	73
2.4.4.	L'utilisation des Techniques de Machine Learning pour la détection de chutes: .....	74
2.4.5.	Le bracelet de détection de chute :.....	74
2.5.	Le bracelet d'alerte manuel : .....	75
3.	Présentation du plan général du système :.....	76
4.	Description générale du système :.....	77
4.1.	La partie hardware :.....	77
4.2.	La partie software :.....	78
4.2.1.	L'état normal : .....	78
4.2.2.	L'état d'alerte :.....	78
5.	Conclusion :.....	80

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **Chapitre 04 : La prise en compte en cas d'une alerte**

1. Introduction.....	82
2. Les sapeurs pompiers : .....	83
2.1. Définition Sapeurs-pompiers : .....	83
2.2. Les missions du Pompier d'Entreprise dans le domaine de la prévention : ..	83
2.3. Les missions du Pompier d'Entreprise dans le domaine de l'intervention : ..	83
3. Évaluation de la zone dangereuse: .....	84
3.1. Trois étapes pour réussir cette évaluation des risques de malveillance: .....	84
3.1.1. Recueil d'information: .....	84
3.1.2. Méthodologie : .....	85
3.1.3. Plan d'actions : .....	86
4. Les équipes de première et seconde intervention : .....	86
4.1. Missions de l'équipe de première intervention : .....	86
4.2. Missions de l'équipe de seconde intervention : .....	86
4.3. Réglementation nationale et lutte contre le feu : .....	86
4.4. La taille des équipes d'EPI et ESI et leur formation : .....	87
4.5. Peut-on obliger un salarié à devenir équipier de première ou de seconde intervention ? .....	88
5. Les équipements de sauvetage : .....	88
5.1. Équipements de protection collective (EPC) : .....	88
5.1.1. Définition : .....	88
5.1.2. Quelques exemples de moyens d'EPC : .....	89
5.2. Equipement de protection individuelle (EPI) : .....	89
5.2.1. Définition : .....	89
5.2.2. Pourquoi l'EPI est-il important ? .....	90
5.2.3. Que devrait faire l'employeur ? .....	90
5.2.4. Types d'EPI pouvant être utilisés : .....	90
6. Matériel de la lutte contre l'incendie : .....	94



## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Accident d'origine électrique.....	19
Figure 2: dangers indirects de l'électricité chute .....	19
Figure 3:dangers indirects de l'électricité Pièces tournantes.....	20
Figure 4:incendie /explosion.....	21
Figure 5 : Triangle de feu .....	22
Figure 6: Fuite de gaz.....	24
Figure 7: Chutes de hauteur / Chutes de plain-pied .....	25
Figure 8: Chutes d'objets.....	26
Figure 9: scie- boi-captage-poussières .....	27
Figure 10 : Système de management Santé & Sécurité au Travail.....	28
Figure 11 : L'Evolution des objets connectés.....	37
Figure 12: Mode d'opération des IOT.....	37
Figure 13: une figure qui représente les constituants d'une ville intelligente .....	42
Figure 14: une figure qui représente des appareils intelligent .....	43
Figure 15: figure qui représente un système de santé électronique .....	44
Figure 16: figure sui représente les aspects de transport intelligent .....	45
Figure 17 : figure qui représente un schéma de l'industrie 4.0.....	46
Figure 18 : La carte Arduino UNO .....	54
Figure 19: Le microcontrôleur de l'Arduino .....	55
Figure 20:Architecture d'un système a base d'une carte Arduino .....	55
Figure 21: Type de carte Arduino .....	56
Figure 22: Description sur la carte Arduino UNO.....	58
Figure 23: Fonctionnement du capteur.....	59
Figure 24: Capteur MQ2.....	60
Figure 25: Connexions entre le capteur de gaz et la carte Arduino .....	61
Figure 26: DHT11 .....	62
Figure 27: Connexions entre le module DHT 11 et la carte Arduino .....	64
Figure 28: Capteur de flamme .....	65
Figure 29: Capteur de flamme .....	67
Figure 30: Puce RFID.....	69
Figure 31 : lecteur RFID et RFID .....	70
Figure 32: Bracelet RFID .....	71
Figure 33: Accéléromètre .....	72
Figure 34: ADXL345 accéléromètre.....	74
Figure 35: Le bracelet d'alerte manuel .....	75
Figure 36: Plan général du système.....	76
Figure 37: La méthode de l'analyse de vulnérabilité.....	85
Figure 38: symbole et photo de la douche de sécurité .....	89
Figure 39: Symbole et photo du lave œil.....	89
Figure 40: la bouche d'incendie .....	98
Figure 41: poteau d'incendie .....	99
Figure 42: Colonne sèche et humide .....	101

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Résistance de l'homme au courant .....	20
<b>Tableau 2:</b> Les différentes classes de feu et leurs agents extincteurs. ....	23
<b>Tableau 3:</b> analyse comparative.....	41
<b>Tableau 4:</b> les risques et leurs agents extincteur.....	96

## LISTE DES ABREVIATIONS

- **ADXL** : Analog Devices
- **AO** : Out Analogique
- **CNIL** : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
- **CSE** : Comité Social et Economique
- **DATI**: Dispositifs d'Alarme pour Travailleur Isolé
- **DHT11** : Détecteur d'Humidité et de Température
- **DNC GL** : Det Norske Veritas Germanischer Lloyd
- **DO** : Out Dégital
- **EPC** : Equipements de Protection collectifs
- **EPI** : Equipements de Protection Individuels
- **EPI** : équipiers de première intervention
- **ESI** : équipiers de seconde intervention
- **GPS**: Global Positioning System
- **GSM**: Global System Mobile
- **HLS**: HighLevelSynthesis.
- **ICPE** : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
- **IDO**: Internet Des Objects
- **IEAG** : Installation d'Extinction Automatique à Gaz
- **IOT**: Internet Of Things
- **IR** : Infra-Rouge
- **ISO**: International Standards Organisation.
- **LTE**: Long Term Evolution
- **M2M**: Machine to Machine
- **MEMS** : Micro-Electro-Mechanical Systems
- **NTC** : Negative Temperature Coefficient
- **OHSAS** : Occupational Health and Safety Assessment Series
- **OTP** : One Time Programming
- **RFID**: Radio Frequency Identification
- **RGPD** : Règlement Général pour La Protection des Données
- **RIA** : Robinet d'Incendie d'Armé

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- **SDI** : Système de Détection d'Incendie
- **SMSI** :Système de Mise en Sécurité Incendie
- **SSI** : Système de Sécurité Incendie
- **UMTS**: Universal Mobile Telecommunications System
- **USB** : Universal Serial Bus
- **UV** : Ultra Violet
- **V2X**: Vehicle-to-everything
- **WAN**: Wide Area Network
- **Wi-Fi**: Wireless Fidelity



## **Introduction générale**

On n'aime pas parler du risque, le mot fait peur, on préfère ne pas évoquer les risques, connus ou inconnus, qui menacent le corps social. Les politiques voudraient bien nier le risque, mais le risque est inséparable de l'action, il est partout présent dans notre vie quotidienne. [1]

L'environnement du travail joue un rôle important dans la vie professionnelle, car la plupart des travailleurs passent ou moins 08 heures sur les lieux de travail donc, le milieu de travail doit être saint et sûr. Malheureusement ce n'est pas le cas pour plusieurs travailleurs exposés à plusieurs menaces pour leur santé (poussières, gaz, bruits, vibration, température extrême...). [1]

Le monde industriel a connu des accidents catastrophiques qui ont eu une influence considérable sur l'homme (corporel, social, psychologique) ; l'environnement (pollution atmosphérique, pollution des eaux et du sol), et les installations et équipements. La sécurité au travail constitue un des principaux leviers de progression dans le cadre de la prévention des risques professionnels et un moyen essentiel de préserver la santé et la sécurité des travailleurs. [1]

Les accidents de travail et les maladies professionnelles sont les concrétisations les plus répandues des risques professionnels. Ils sont nombreux et variés, certains sont bénins et sans conséquences. Par contre un nombre important d'entre eux est grave, voire mortel, ceci sans négliger l'impact financier, social et moral de ces deux phénomènes.[1]

Internet a évolué de telle manière que nous n'aurions jamais pu l'imaginer. Au tout début, les progrès ont eu lieu lentement. Aujourd'hui, l'innovation se produit à un rythme effréné. La vie moderne est bouleversée par les technologies de l'information et de la communication TIC, particulièrement le réseau internet et les services qu'il propose : réseau sociaux, E-commerce, E-learning, webinaire... pour ne citer que quelques exemples. [2]

Les IOT sont en pleines croissance bénéficiant de la création du Cloud Computing et de son autonomie. [2]

Pour internet des objets (IOT) dans le domaine de la sécurité industrielle, malgré les efforts déployés par de nombreuses entreprises et leurs responsables de la santé et de la sécurité, il y a encore place à l'amélioration en matière de sécurité industrielle et de

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

prévention des blessures. De l'exposition aux produits chimiques aux incidents d'équipement et de la fatigue aux chutes, il existe de nombreux dangers dans une variété de lieux de travail à travers le monde. Les travailleurs de la construction en particulier souffrent encore grandement d'incidents sur le lieu de travail, selon le Responsable de la santé et de la sécurité.

Les gestionnaires de la santé et de la sécurité cherchent de plus en plus des moyens de traiter de manière proactive les problèmes de sécurité potentiels, plutôt que d'opter pour une réponse plus réactionnelle. Investir dans les technologies permet aux entreprises de réagir de manière proactive, en les aidant à réduire les risques plus efficacement et en permettant aux employés de rentrer chez eux en toute sécurité dans leur famille. [3]

Et dans notre mémoire, nous avons abordé un système intelligent de sécurité qui permet de :

- Détecter, identifier et signaler les risques potentiels sur nos travailleurs dans une zone industrielle.
- Connaître les mouvements et les emplacements des travailleurs à l'intérieur des lieux de travail.
- Répondre aux avertissements des travailleurs exposés à un danger.
- Connaître le nombre des victimes et leurs informations personnelles en cas de danger.

Notre travail s'articule sur 4 chapitres :

- ✓ Le premier chapitre : présentation des risques industriels.
- ✓ Le deuxième chapitre : l'utilisation de l'Internet des Objets (IOT) en sécurité industrielle.
- ✓ Le troisième chapitre: Conception d'un prototype de détection d'accident. (partie hardware / Partie software).

Le dernier chapitre : Renforcement des décisions prise en cas d'une alerte (Prévention et Intervention).

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale suivie des recommandations et les perspectives dans ce domaine de recherche.

# **Chapitre 01 :**

## **Présentation des risques industriels**

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **1. Introduction :**

Le risque est une notion difficile à cerner mais de façon générale, on peut dire que c'est une contingence indésirable, appréhendée, relativement anodine et peu probable. Par appréhendée, on entend par là que le risque est connu au préalable. L'exposition au risque résulte donc souvent d'une démarche consciente, appelée prise de risque.

En ce sens, le risque se distingue par exemple de l'aléa ou de l'incident, qui surviennent en général de façon imprévue ; Le risque est généralement anodin, mais tout de même suffisamment nuisible pour être indésirable. [4]

Il se distingue notamment du danger, qui suppose la possibilité d'un dommage grave (notamment la mort). On dira par exemple de quelqu'un qui sort tête nue par temps froid qu'il court le risque d'attraper un rhume, tandis qu'on dira qu'il se met en danger s'il traverse une rue sans regarder. Un risque est une contingence peu probable, ce qui constitue une autre différence par rapport au danger. On parle en effet de danger lorsque la probabilité d'occurrence et les conséquences sont importantes, tandis que le risque existe dès lors que sa probabilité d'occurrence n'est pas nulle. L'appréciation de ces différents critères est hautement subjective, ce qui peut justifier que dans les domaines scientifiques et techniques une définition quantifiable et plus rigoureuse du risque a été recherchée. [4]

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **2. Définition d'un risque industriel :**

Le risque industriel est défini comme un évènement accidentel se produisant sur un site Industriel mettant en jeu des produits et/ou des procédés dangereux et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, les biens et l'environnement. [4]

## **3. Les facteurs de risque industriel :**

### **3.1 Danger :**

Propriété intrinsèque des produits, des équipements, des procédés ... pouvant entraîner un dommage. [4]

### **3.2 Risque:**

Exposition d'une cible (salarié, entreprise, environnement y compris la population ...) à un danger. Le risque est caractérisé par la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un évènement redouté (accident) et de la gravité de ses conséquences. [4]

### **3.3 Exposition:**

Dans le présent contexte, quand on parle d'exposition, il s'agit du contact entre le danger et une personne, pouvant dès lors entraîner un dommage. Sans exposition, pas de possibilité de dommage. Le risque est donc la probabilité que quelqu'un soit atteint par un danger. [6]

### **3.4 Facteurs des risques :**

Les facteurs des risques sont des éléments qui peuvent augmenter ou diminuer la probabilité de survenance d'un accident ou la gravité d'un évènement les facteurs des risques complètent l'équation:

$$\text{RISQUE} = \text{DANGER} \times \text{EXPOSITION. [6]}$$

## 4. Typologie des risques industriels :

Comme le présent manuel a pour but de servir de base de travail, il faut noter que la liste des risques présentés aux pages suivantes n'est pas exhaustive et qu'il va de soi qu'un nombre important d'autres risques peut se présenter sur les lieux de travail. Les différentes catégories des risques suivantes servent d'exemple. [4]

### 4.1 Risques liés à l'électricité :

Risques d'accidents résultant du contact avec des installations électriques.



Figure 1: Accident d'origine électrique

#### 4.1.1 Les dangers de l'électricité :

- Brûlure électrique.
- Electrisation ou électrocution.
- Incendie et explosion. [7]

#### 4.1.2 Des autres dangers indirects de l'électricité :

- Chute
- Pièces tournantes... [7]



Figure 2: dangers indirects de l'électricité chute

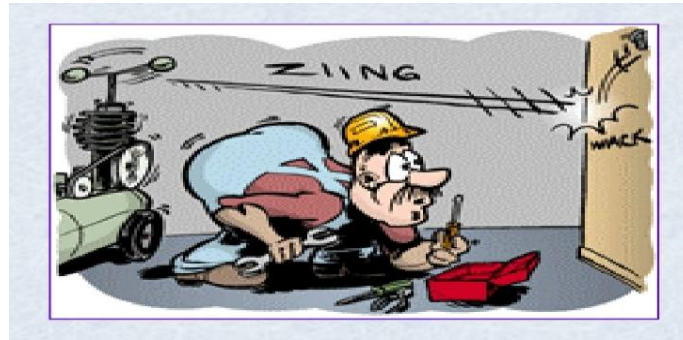


Figure 3:dangers indirects de l'électricité Pièces tournantes

### 4.1.3 Définition du Milliampère :

Comme le débit d'eau est mesuré en litres / minute; Le flux du courant électrique est mesuré en ampères. [7]

**Un milliampère = 0,001 ampère**

### Récapitulons

- 1 à 8 mA = Sensation de choc
- 8 à 15 mA = Choc douloureux
- 15 à 20 mA = Perte du contrôle des muscles
- 20 à 50 mA = Difficulté de respiration
- 50 à 100 mA = Fibrillation Ventriculaire Environ
- 200 mA = muscle du cœur comprimé.

### 4.1.4 Résistance de l'homme au courant électrique : [7]

Partie du corps	Résistance en Ohms
Peau sèche	2,000 à 100,000 $\Omega$
Peau humide	1,000 $\Omega$
Interne Main au Pied	400 $\Omega$ – 600 $\Omega$
Oreille à Oreille	100 $\Omega$ (approximativement.)

Tableau 1 : Résistance de l'homme au courant

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## 4.1.5 Moyens de prévention :

- Information, formation et instruction du personnel
- Remplacement des équipements dangereux par des équipements non dangereux, et/ou, si Cela n'est pas possible, par des équipements moins dangereux
- Contrôle et maintenance des installations
- Signalisation adaptée • Protection ou éloignement des pièces nues sous tension
- Mise en place de consignes en cas d'intervention
- Dispositifs de coupure d'urgence.
- Matériel à double isolation • Equipements de protection individuelle adaptés
- Contrôles périodiques
- Respect des cinq règles de sécurité \* 4.10.4. [4]

## 4.1.6 Les 5 règles de sécurité:

1. Mise hors tension,
2. Protection contre la remise sous tension,
3. Contrôle de l'absence de tension,
4. Mise à la terre et court-circuit,
5. Séparation, isolation, protection des parties voisines sous tension [4]

## 4.2 Incendie / Explosion :

Risque d'accident suite à un incendie ou à une explosion.



Figure 4:incendie /explosion



## 4.2.1 Incendie :

Un incendie est un feu non maîtrisé, ni dans le temps, ni dans l'espace. La caractéristique d'un incendie est de pouvoir s'étendre rapidement et d'occasionner des dégâts généralement importants. [8]

### 4.2.1.1 Triangle de feu :

Incendie est la résultante de l'interaction de ces 3 éléments, également appelé triangle du feu.

Le combustible peut être du bois, de l'essence, du diesel, de l'éthanol, du plastique, du tissu, du papier... Le comburant est généralement l'oxygène contenu dans l'air. Il peut également s'agir de chlore, d'eau oxygénée, d'acide nitrique, de chlorates, de perchlorates... La chaleur produite par une source d'énergie : un frottement d'origine mécanique, de l'électricité (foudre ou électricité statique), une réaction chimique, de l'énergie solaire... [6]



Figure 5 : Triangle de feu

### 4.2.1.2 Les différents de feu et leurs agents extincteurs :

La classification des feux caractérise les différents types de feux selon le combustible.

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle






Classes	classe A	classe B	classe C	classe D	classe F
Signalétique					
Dénomination	Feux "secs" ou "braisants" Feux de matériaux solides formant des braises	Feux « gras » Feux de liquides ou de solides liquéfiables	Feux « gazeux » Feux de gaz	Feux de métaux	Feux d'huiles et graisses végétales ou animales (Auxiliaires de cuisson)
Combustible	bois, papier, tissu, plastiques (Polychlorure de vinyle), déchets ...	Hydrocarbures (essence, fioul, pétrole), alcool, solvants, acétone, paraffine, plastiques (polyéthylène, polystyrène), graisses, goudrons, vernis, huiles, peinture et câble électriques, ...	propane, butane, acétylène, gaz naturel ou méthane, gaz manufacturé,	limaille de fer, phosphore, poudre d'aluminium, poudre de magnésium, sodium, titane, ...	En lien avec l'utilisation d'un auxiliaire de cuisson (cocotte minute, friteuse, ...)
Agent extincteur	Eau pulvérisée (A) Eau pulvérisée avec additif (émulseur) ou mousse Gaz inerte	Dioxyde de carbone (CO2) Eau pulvérisée avec additif (émulseur) (AB) ou mousse Poudres BC (BC) Gaz inerte	Poudres BC (BC)	Extinction réservée aux spécialistes avec du matériel adapté (poudres D) (sable sec, terre sèche).	Poudres BC (BC) Agents de classe F (carbonate de potassium ou acétate d'ammonium)
	Poudres polyvalentes ABC				
Manœuvres et risques	L'eau est indiquée, bon marché, et agit par refroidissement	Extinction au CO2 à condition que la surface enflammée ne soit pas trop grande	Fermer la vanne d'alimentation. Attention : risque d'explosion en cas de soufflage de la flamme !	Danger d'explosion : eau interdite !	Refermer le récipient avec le couvercle, une couverture anti-feu ou une serpillière humide (pas trempée ! l'huile réagit violemment au contact de l'eau)

Tableau 2: Les différentes classes de feu et leurs agents extincteurs.

## 4.2.2 Explosion :

L'explosion est une combustion quasi-instantanée. Elle provoque un effet de souffle accompagné de flammes et de chaleur. Elle ne survient qu'après formation d'une atmosphère explosive... [9]

### 4.2.2.1 Modalités d'exposition :

- Toute situation de travail où se trouvent simultanément des Produits/matériaux combustibles, une source de chaleur et un comburant (p.ex. air)
- Utilisation de substances facilement inflammables
- Création d'une atmosphère explosive (gaz, vapeurs, poussières, etc.)
- Mélange de produits incompatibles.[4]

### 4.2.2.2 Moyens de prévention :

- Formation, information et instruction du personnel
- Remplacement par des produits non dangereux et, si cela n'est possible, par des produits Moins dangereux
- Organisation du stockage
- Organisation de l'alerte et de l'intervention des secours
- Contrôle des équipements et installations
- Signalisation et étiquetage appropriés
- Affichage des consignes de sécurité et des plans d'évacuation
- Installation d'alarmes et de moyens de détection

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Installation de moyens d'extinction
- Suppression des sources de chaleur à proximité.[4]

### 4.3 Fuite de gaz :

Les risques de fuite de gaz sont nombreux : ils peuvent être dus à une défaillance, une mauvaise installation ou une installation vieillissante du gaz. Chacun de ces risques peut avoir de graves conséquences. [10]



Figure 6: Fuite de gaz

#### 4.3.1 Les accidents en cas de fuite de gaz :

Les accidents en cas de fuite de gaz sont le plus souvent l'intoxication, l'asphyxie et l'explosion, cette dernière entraîne bien souvent un incendie avec des risques de brûlures graves. Pour vous éviter d'être confronté à ce type d'événement, vous devez savoir quels sont les gestes à éviter si vous décelez une odeur de gaz suspecte chez vous.[11]

#### 4.3.2 Pour rester en sécurité malgré une fuite de gaz :

- N'utilisez pas d'appareils électriques comme un téléphone portable ou fixe, une lampe de poche et n'allumez pas la lumière via un interrupteur. Si une lampe est déjà allumée, ne l'éteignez pas. Tout risque d'étincelle risque d'allumer la mèche pour une explosion ;
- Ne fumez pas, n'utilisez pas d'allumettes, de briquets ou de bougies car toute flamme risque d'avoir le même effet qu'une étincelle c'est-à-dire l'explosion ;
- Prévenez vos voisins du risque de fuite de gaz en toquant à leur porte plutôt que de sonner ;
- Prenez les escaliers pour vous éloigner et non pas l'ascenseur, c'est plus prudent.

## 4.4 Chute :

Risque d'accident résultant du contact brutal d'une personne avec le sol ou avec une autre Surface suffisamment large et solide. [4]



Figure 7: Chutes de hauteur / Chutes de plain-pied

### 4.4.1 Identification :

- Travail en hauteur
- Déplacements à pied [4]

### 4.4.2 Modalités d'exposition :

- Déplacement sur un sol glissant et/ou encombré, déformé
- Déplacement sur un sol en dénivelé
- Travail en arête de chute (bordures de vide, quais de chargement, toits, terrasses, fenêtres, etc.)
- Accès à des parties hautes (rayonnages, plafonds, armoires,...)
- Utilisation d'échelles, d'échafaudages, d'escaliers, d'escabeaux... [4]

### 4.4.3 Moyens de prévention :

- Formation, information et instruction du personnel
- Signalisation des arêtes de chute
- Signalisation des sols glissants
- Signalisation des sols déformés
- Réparation des chemins de circulation en mauvais état
- Montage des échafaudages par des personnes compétentes et selon les indications du Fabricant
- Vérification de la conformité des matériels (échafaudages et échelles conformes et Maintenus en bon état)

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Eclairage correct
- Equipements de protection collective (garde-corps, etc.)
- Equipements de protection individuelle (chaussures de sécurité antidérapantes, harnais Antichute, etc.) [4]

### **4.5 Chutes d'objets :**

Risques d'accident résultant de la chute d'objets lors du transport ou du stockage (p.ex.: d'un Etage supérieur ou de l'effondrement de matériau) et lors de travaux en hauteur. Risques D'accident résultant de la chute d'objets lors du transport ou du stockage (p.ex.: d'un étage Supérieur ou de l'effondrement de matériau) et lors de travaux en hauteur. [4]



Figure 8: Chutes d'objets

#### **4.5.1 Identification :**

- Lieux de travail superposés
- Objets stockés en hauteur
- Objets empilés sur une grande hauteur
- Travaux effectués à des hauteurs ou étages différents
- Travaux effectués dans des tranchées, des puits, des galeries, etc.
- Transports avec un appareil de levage (grues à tour, ponts roulants, grues mobiles, etc.) [4]

#### **4.5.2 Modalités d'exposition :**

- Travaux avec des objets pouvant tomber d'un niveau supérieur (matériel, outils, etc.)
- Objets empilés sans être sécurisés
- Stockage sur étagères multiples

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Travaux en dénivelé, en profondeur
- Utilisation d'échelles, d'échafaudages, grues, etc. [4]

### 4.5.3 Moyens de prévention :

- Formation, information et instruction du personnel
- Organisation du stockage: emplacements réservés, largeur des allées, stockage selon taille Des objets, etc.
- Limiter la hauteur de stockage selon les caractéristiques des objets
- Installation de protections évitant la chute d'objets pendant des travaux sur échafaudages ou à différents niveaux
- Respect des indications de taille et de poids pour le stockage sur étagères
- Port des équipements de protection individuelle
- Protéger la charge contre la chute lors du transport avec grues
- Ne pas déplacer des charges au-dessus de personnes. [4]

### 4.6 Equipements de travail :

Risque d'accidents causés par l'action mécanique (coupure, perforation, etc.) d'une machine, D'une partie de machine, d'un outil portatif.



Figure 9 : scie-bois-captage-poussières

- Dangers liés aux équipements et matériels en mouvement
- Dangers liés aux matériaux usinés, analysés ou traités (fluides chauds, vapeurs, poussières, Copeaux, etc.)
- Dangers liés aux produits utilisés pour l'usinage, l'analyse ou le traitement de matériaux [4]

### 4.6.1 Modalités d'exposition :

- Parties mobiles accessibles au personnel
- Fluides ou matières pouvant être projetés



## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Utilisation d'outils tranchants
- Toutes situations au cours desquelles il y a possibilité d'écrasement, de cisaillement, de Happement, de heurt, de choc, d'enroulement, etc. [4]

### **4.6.2 Moyens de prévention :**

- Formation et information du personnel
- Protection des organes des machines en mouvement
- Utilisation d'équipements de travail adaptés
- Vérifications périodiques
- Signalisation des éléments ou zones à risques
- Dispositifs d'arrêt d'urgence
- Aménagement du poste de travail
- Utilisation de machines et outils conformes à la réglementation
- Utilisation selon les indications du constructeur / fournisseur [4]

## **5. ISO 45001/OHSAS 18001 - Système de management Santé & Sécurité au Travail :**



**Figure 10 : Système de management Santé & Sécurité au Travail**

La santé et la sécurité au travail concernent toutes les entreprises. La mise en œuvre d'un système de management de la santé et de la sécurité au travail (S&ST ou OH&S) est désormais une obligation légale dans de nombreux pays. De plus, les entreprises sont de plus en plus tenues de rendre compte de leur performance en matière de santé et de

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

sécurité. Il est donc essentiel de démontrer que votre organisation respecte ses engagements en matière de politique.

L'évaluation et la certification tierce partie de votre système de management de la santé et de la sécurité au travail par DNV GL démontrent que sa conformité a été vérifiée. La certification à une norme de système de management internationalement reconnue démontre que vous agissez pour protéger la santé et la sécurité de chacun dans l'organisation et que vous améliorez activement votre performance.

Jusqu'en mars 2018, l'OHSAS 18001 était le référentiel volontaire internationalement reconnu pour la santé et la sécurité au travail. Avec la publication de l'ISO 45001 le 12 mars 2018, l'OHSAS 18001:2007 est devenu obsolète et a été retiré. A l'issue d'une période de migration de trois ans, l'OHSAS 18001 sera remplacée par la norme ISO 45001, au plus tard en mars 2021. Les entreprises certifiées OHSAS 18001 doivent effectuer une migration vers la nouvelle norme au cours de ces trois années.[12]

### **5.1 Qu'est-ce que la norme ISO 45001 ?**

L'ISO 45001 est basée sur l'OHSAS 18001 et d'autres normes et conventions reconnues en matière de santé et de sécurité au travail. Elle applique la structure-cadre High Level Standard (HLS), commune à toutes les normes ISO. La nouvelle norme contient des changements importants par rapport à OHSAS 18001.

L'application d'une nouvelle norme en matière de santé et de sécurité au travail dans le cadre de l'ISO sera un atout pour les entreprises déjà certifiées selon l'ISO 9001 et l'ISO 14001, facilitant l'intégration des systèmes de management.

L'ISO 45001 est désormais la norme internationalement reconnue pour les systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail. Elle s'applique à tout type d'organisation - grande ou petite – et à tout secteur d'activité.

Comme l'OHSAS 18001, la nouvelle norme fournit un cadre basé sur le schéma Plan-Do-Check-Act. Elle exige que l'organisation identifie les dangers et évalue les risques pour la santé et la sécurité au travail lié à ses activités et services, détermine les contrôles nécessaires et fixe des objectifs et des cibles clairs pour améliorer sa performance en matière de SST.

La norme exige qu'une organisation identifie et se conforme aux exigences légales et autres en matière de santé et de sécurité au travail applicables. Cependant, l'ISO 45001 comporte également des changements importants par rapport à l'OHSAS 18001.[12]



# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **5.2 Quels sont les bénéfices pour mon organisation ?**

L'application de la norme ISO 45001 présente plusieurs avantages. Les plus importants sont les améliorations tangibles et démontrables de la performance en matière de santé et de sécurité au travail et un plus grand niveau de contrôle dans le domaine de la conformité légale.

La certification ISO 45001 permet à votre organisation de :

- Établir et améliorer continuellement un système de management de la santé et de la sécurité au travail afin d'éliminer ou de minimiser les risques pour le personnel et les autres parties intéressées qui pourraient être exposés aux dangers de santé et de sécurité associés à vos activités ou services.
- Travailler de façon systématique pour améliorer la performance en matière de santé et de sécurité au travail et prévenir le (ré) occurrence d'accidents et d'incidents.
- Assurer sa conformité à sa politique de santé et de sécurité au travail et démontrer cette conformité aux autres.
- Etre continuellement conforme aux exigences légales applicables en matière de santé et de sécurité au travail.[12]

### **6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, plusieurs modèles de classification ont été proposés. Ils ne sont pas exhaustifs, ces classifications intègrent plusieurs types de risques qui n'ont pas été tous détaillés et hiérarchisés (Risque Planning, Risque technologique, Risque humain, Risque accidentel, Risque conjoncturel ...). Il est important de développer l'analyse de risque en se posant les questions suivantes : Pour qui ? Sur quoi ? Quand ?

Sécurité en entreprise industrielle et performance vont de pair. Cela a toujours été le cas dans le monde de l'industrie et l'est encore davantage dans celle qui se profile, où l'environnement de travail évolue sans cesse et les exigences augmentent constamment. L'amélioration continue passe donc aussi par l'analyse des risques, le traitement et la mise en place de plan de prévention des risques de diverses natures qui guettent les organisations et en particulier les postes de travail. [13]

## **Chapitre 2 : l'utilisation de l'internet des objets en sécurité industrielle**

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

---

## 1. Introduction

L'internet a connu depuis son apparition, un grand essor et a touché pratiquement tous les domaines de notre vie de tous les jours : politique, économique, socioculturel,...etc. Elle est devenue la principale source d'information, [14]

L'internet a également facilité la Communication entre les gens, en transformant le monde en une petite ville.[14]

Le progrès scientifique et technologique a eu, spécialement dans le domaine de l'électronique, de la communication des objets intelligents et des systèmes de capteurs très développés, variés et de différentes tailles, des répercussions positives sur l'internet et apparition également d'un nouveau paradigme qui est « l'Internet des Objets », en anglais : Internet Of Things(IOT).[14]

L'IOT constitue la prochaine génération de la révolution numérique. Ce sont des objets du quotidien qui seront connectés Dans les années à venir proche. Les objets connectés ont la possibilité simple de défier la vie quotidienne et d'améliorer le bien-être des individus, chez eux, dans leur jardiné, au bureau au travail ou au sein de toute autre communauté [14]

La technologie de l'Internet des Objets ou Internet of Things (IOT) est l'extension du réseau Internet à des choses/objets et à des lieux dans le monde physique. Les objets deviennent alors connectés et mis en réseau, tel que les montres connectées, bracelets connectés ou encore chaussures connectées... L'internet des objets est en pleine croissance bénéficiant de la création du Cloud Computing et de son autonomie, de ce fait il peut être appliqué dans divers domaines. [2]

## 2. Historique

L'internet des objets n'existe pas depuis longtemps. Cependant, il existe des rapports de machines communiquant entre elles depuis la fin des années 1600 (Flichy, 1995). Les machines fournissent des communications directes puisque le télégraphe (le premier téléphone fixe) a été développé dans les années 1830 et 1840 (Mueller, 1993). Décrit comme « télégraphie sans fil », la première transmission vocale radio a eu lieu le 3 juin 1900, fournissant un autre élément nécessaire au développement de l'internet des objets. Le développement informatique a commencé dans les années 1950. L'internet, lui-même une composante importante de l'IOT, a débuté dans le cadre de la DARPA en 1962 et a évolué en ARPANET en 1969. Dans les années 1980, des services commerciaux ont commencé à soutenir l'utilisation publique d'ARPANET, permettant l'évolution de notre Internet moderne (Foote, 2016). [15]

Le concept de contrôle à distance des équipements électriques et électroniques « objets » est bien connu depuis le début des années 1990, quand John Romkey a créé le premier appareil avec Internet : un grille-pain qu'il pouvait allumer et éteindre via Internet. Le terme « internet of things » a d'abord été proclamé par Kevin Ashton dans une présentation qu'il a faite chez « Procter and Gamble » (P&G), en 1999, reliant la nouvelle idée de la RFID (Radio Frequency Identification) à la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise (Ashton, 2009). Le terme « objets » fait référence à tout ce qui nous entoure, d'un petit atome à un gros navire (Suresh et al. 2014). [15]

L'IOT est devenu un système utilisant diverses technologies, allant de l'Internet à la communication sans fil des systèmes micro-électromécaniques, jusqu'aux systèmes embarqués. Les domaines traditionnels de l'automatisation (y compris l'automatisation de bâtiments et de maisons), les réseaux de capteurs sans fil, les GPS, les systèmes de contrôle et autres supportent tous l'IOT (Foote, 2016).[15]

## 3. Internet des objets :

### 3.1. Notion de l'objet connecté :

L'IOT repose avant tout sur les objets connectés. On peut dire qu'un objet connecté a la capacité de capter une donnée et de l'envoyer, via le réseau Internet ou d'autres technologies, pour que celle-ci soit analysée et visualisée sur des tableaux de bord dédiés. Les objets connectés interagissent avec leur environnement par le biais de capteurs (température, vitesse, humidité, vibration...). Dans l'Internet des Objets, un objet peut aussi bien être un véhicule, une machine industrielle ou bien une place de parking. [16]

Un objet connecté est défini comme un équipement possède les sept attributs suivants :

- Capteurs
- Connectivité à internet
- Processeurs
- Efficacité énergétique
- Coût optimisé
- Fiabilité
- Sécurité. [16]

### 3.2. Caractéristiques d'un objet connecté :

Généralement, un objet connecté est caractérisé par :

- **Identité** : pour que les objets soient gérables il est essentiel que chaque objet connecté possède une identité unique qu'il lui propre et qui le distingue des autres objets du système. [17]
- **Interactivité** : les progrès technologiques ont permis de connecter une grande variété d'objets et de dispositifs. Un objet n'a pas besoin d'être connecté à un réseau à tout moment. Pour des objets dits passifs tels que des livres ou des DVD, des étiquettes RFID doivent seulement être en mesure de signaler leur présence, de temps en temps, comme le moment de quitter le magasin.
- **Programmable**: l'objet connecté doit être programmé et piloté à distance via un ordinateur, une tablette ou un Smartphone. [17]

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- **Sensibilité** : un objet a la capacité de percevoir son environnement et peut collecter ou transmettre des informations à celui-ci. Il peut ainsi avoir des capteurs signalant les niveaux de température, humidité, de vibrations, d'emplacement ou débruti. [17]
- **Autonomie** : cette caractéristique est, peut-être, la caractéristique la plus importante pour l'objet connecté. On désigne par cette caractéristique la capacité de l'objet d'agir sans l'intervention d'un tiers. En d'autres termes, les objets doivent pouvoir être traités et surveillés individuellement, généralement depuis un point éloigné, et doivent fonctionner indépendamment d'une télécommande, c.-à-d. que chaque objet devient responsable de lui-même. [17]

### **4. Définition de L'internet des objets :**

Il n'existe pas de définition standard et unifiée de l'internet des objets, certaines définitions traitent les aspects techniques de l'IOT, alors que d'autres évoquent les usages et les fonctionnalités. [18]

La technologie IOT est considérée comme l'émergence de l'Internet du futur, Certains la définissent comme des « objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés ». [18]

D'autres, insistent sur l'aspect ubiquitaire de l'IOT permettant de connecter les gens et les objets n'importe où, n'importe quand, par n'importe quoi. [19]

Ce nouveau paradigme informatique est basé non plus sur des PC et des périphériques informatiques, mais sur des objets quotidiens intégrant des capteurs en leurs attribuant une intelligence et la capacité de communiquer via le réseau Internet. [19]

### **5. L'évolution d'Internet et son impact dans le monde :**

En 2003, la population mondiale a frôlé les 6 milliards d'individus et un demi-milliard d'appareils connectés à Internet.

L'idée de l'Internet des objets est apparue en 2009, boosté par l'apparition des Smartphones, le nombre d'appareils connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards.

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

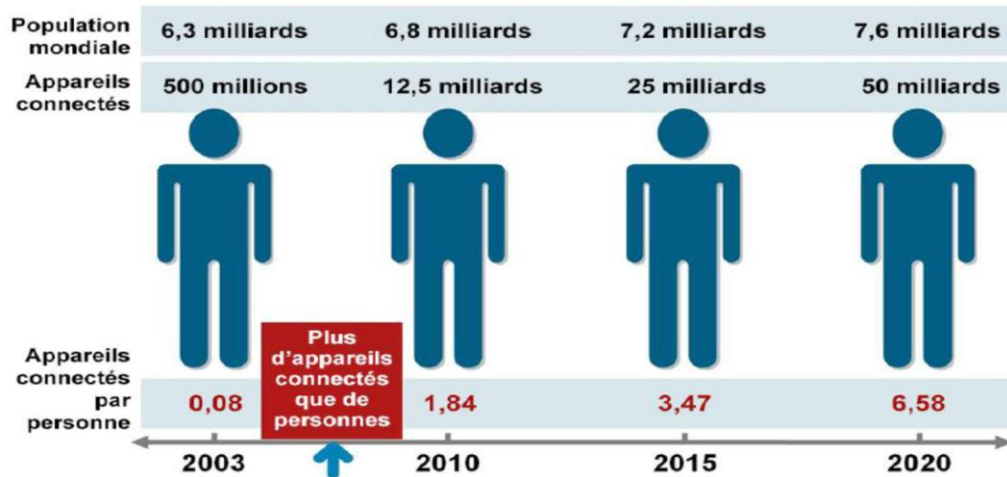


Figure 11 : L'Evolution des objets connectés

Aujourd'hui l'IOT prend de l'ampleur et en ce qui concerne l'avenir, Les experts estiment que 50 milliards d'appareils ont été connectés en 2020, ces estimations ne prennent pas en considération l'évolution rapide d'Internet ni des avancées technologiques, mais uniquement les faits de l'heure actuelle.

Le nombre de capteurs connectés à Internet pourrait augmenter de plusieurs millions, voire de plusieurs milliards du fait que tout ce qui existe se connecte (Animaux, lampes, maisons, personnes, chaussures, arbres,...).[2]

## 6. Modèles d'architectures de l'Internet des Objets :

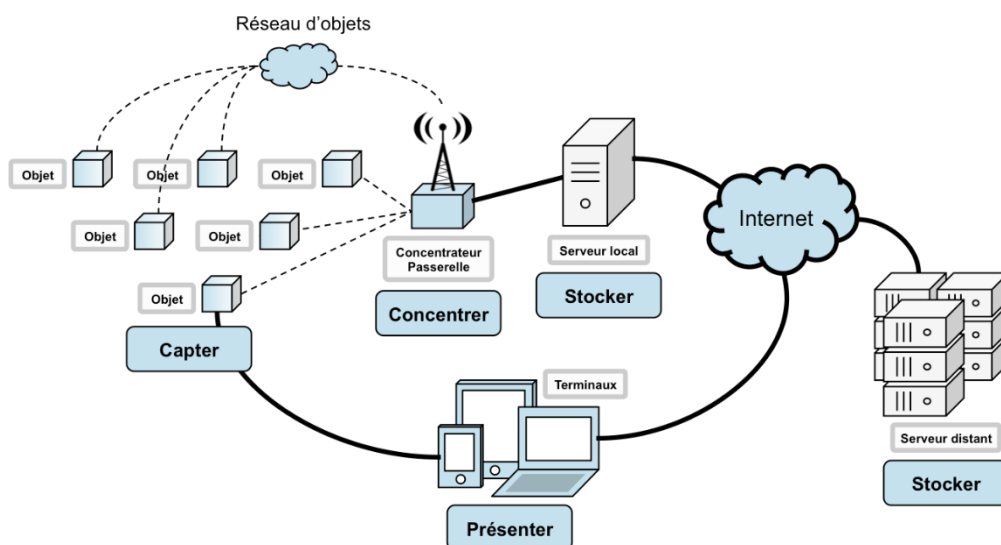


Figure 12: Mode d'opération des IOT



# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Précisons le rôle des différents processus présentés sur ce schéma :

- **Capter** désigne l'action de transformer une grandeur physique analogique en un signal numérique.
- **Concentrer** permet d'interfacer un réseau spécialisé d'objet à un réseau IP standard (ex : WiFi) ou des dispositifs grand public.
- **Stocker** qualifie le fait d'agréger des données brutes, produites en temps réel, méta taguées, arrivant de façon non prédictible.
- Enfin, **présenter** indique la capacité de restituer les informations de façon compréhensible par l'Homme, tout en lui offrant un moyen d'agir et/ou d'interagir.[19]

Deux autres processus n'apparaissent pas sur le schéma, car ils sont à la fois transverses et omniprésents :

## **Le traitement des données :**

Est un processus qui peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution. Une stratégie pertinente, et commune quand on parle d'Internet des objets, consiste à stocker l'information dans sa forme intégrale. On collecte de manière exhaustive, « big data », sans préjuger des traitements qu'on fera subir aux données. Cette stratégie est possible aujourd'hui grâce à des architectures distribuées type NoSQL, capables d'emmagasiner de grandes quantités d'information tout en offrant la possibilité de réaliser des traitements complexes en leur sein (Map/Reduce par exemple). [19]

## **La transmission des données :**

Est un processus qui intervient à tous les niveaux de la chaîne. Deux réseaux, supports des transmissions, cohabitent généralement :

- **Réseau local de concentration :**

On utilise alors des technologies comme ANT, ZigBee, Z-wave, NFC ou Bluetooth LE.

- **Réseau WAN :** permettant d'interconnecter les réseaux spécialisés et de les interfacer avec des fermes de serveur. On utilise alors Wifi, les réseaux cellulaires (GSM, UMTS, LTE) ou encore les connexions physiques standard (Ethernet, fibre optique). Ces réseaux sont généralement connectés à Internet.

Les technologies de transmission utilisées dépendent essentiellement de l'application et du contexte. La transmission peut par exemple exploiter le Push reposant

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

sur Comet ou WebSocket. Les canaux peuvent être bidirectionnels si l'application autorise une rétroaction. Dans certains cas, ces canaux devront transmettre les données en temps réel, dans d'autres cas, le temps ne sera pas un facteur déterminant. [19]

### **7. Technologies clés dans l'IOT:**

**RFID :** RFID (Radio Fréquence Identification) permet l'identification des choses par le système informatique. L'information est transmise sans contact avec le dispositif, simplement en utilisant la fréquence radio. Ceux-ci sont égaux à des étiquettes électroniques. En raison de la prééminence créée par IOT, chaque objet ou appareil est donné RFID tags. Les étiquettes RFID sont attachées à l'automobile, et aussi dans les centres commerciaux. Il scanne automatiquement tous les détails et envoie à une destination particulière. Le monde est donc plus intelligent. [20]

**WiFi :** L'objectif principal du protocole Wifi était de remplacer Ethernet par des communications sans fil sur des bandes non autorisées et de fournir des services sur étagère. Le WiFi a une IP adressable, et il peut être facilement compris, donc il sert de passerelle séparée. [20]

**ZigBee:** est la technologie de transfert des données sur les réseaux sans fil. Ainsi, le problème de consommation d'énergie peut être adressé en utilisant Zigbee. Étant donné que les nœuds sont distribués, il peut être contrôlé à distance. Il est rentable et simple par rapport à Bluetooth. Les passerelles ZigBee sont utilisées pour intégrer appareils dans le système. [20]

**4G LTE:** Dans l'IoT, la technologie 4G est la plus utilisée technologie. La technologie 4G est conséquente de la 3G et de la 2G. 4G la technologie a une capacité de traitement des vitesses jusqu'à 1 giga-octets par seconde. [20]

**Big data:** Le Big data est l'information recueillie par les appareils comme les capteurs et les actionneurs connectés sur Internet. Récupérer les données est aussi importantes que le stockage des données. Analyse des méga données utilisées des algorithmes et des modèles complexes pour trouver les données de notre intérêt. [20]

**Cloud Computing:** Le Cloud est un ensemble d'ordinateurs en réseau qui permettent de décharger le traitement. Comme il y en a beaucoup appareils connectés à l'IoT, ces appareils libèrent un torrent de

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

données qui met une énorme pression sur l'infrastructure Internet qui devient un problème majeur dans le transfert des données pour énormes entreprises, donc la meilleure solution possible pour cela est donnée par Cloud computing qui offre une évolutivité des données.

Cloud computing dans le processus de récupération des données et programmes du pool centralisé de ressources informatiques basé sur les exigences. En termes simples, il peut être défini comme un Cloud qui stocke les données et auquel on peut accéder chaque fois que l'utilisateur l'exige, en utilisant Internet. [20]

### **8. Problèmes de sécurité dans IOT :**

Depuis IOT on a trouvé de vastes applications, et autant de dispositifs sont connectés les uns aux autres, les pirates le trouvent comme un outil pour acquérir l'information sensible. Malgré ses applications et ses avantages, l'IOT est donc sujet à de nombreux problèmes de sécurité.

Le tableau 3 représente certaines des attaques de sécurité dans chaque couche de l'architecture IOT et certaines des attaques sont expliquées ci-dessous : Déni de service : Dans l'attaque par déni de service, l'attaquant suit le trafic ou déclenche les informations de plantage dans la couche réseau. Cela empêche les utilisateurs visés d'accéder aux données. Cette attaque touche principalement les médias et les banques commerciales. L'attaquant fait semblant d'être l'expéditeur original, de sorte que le destinataire est en mesure de tirer des conclusions théoriques. [20]

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Couche	Nom de l'attaque...	Effet	Solution
<b>Couche matérielle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fake node injection</li> <li>• Sleep Denial attack</li> <li>• RF interference of RFID'S</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuite de données</li> <li>• Arrêt du nœud</li> <li>• Distorsion dans la communication du nœud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception physiquesécurisée</li> <li>• Authentification</li> <li>• Authentification</li> </ul>
<b>Couche réseaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinkhole attack</li> <li>• Man-in-the-middle attack</li> <li>• RFID Unauthorizatin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuite de données</li> <li>• Perte de la confidentialité des données</li> <li>• Les données du nœud peuvent être modifiées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Routage Adhoc sécurisé</li> <li>• Cryptage point-point</li> <li>• Authentification réseau</li> </ul>
<b>Couche Middleware</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application security</li> <li>• Data security</li> <li>• Shared resources</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Violation de la confidentialité</li> <li>• Fuite de données</li> <li>• Vol de ressources</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanner d'application Web</li> <li>• Cryptage homomorphe</li> <li>• Hyper sûr</li> </ul>
<b>Couche application</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phishing</li> <li>• Denial-of-Service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuite de données</li> <li>• Destruction desressources</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorisation biométrique</li> <li>• Listes de contrôle d'accès</li> </ul>

Tableau 3: analyse comparative

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## 9. Le Domaine D'Application :

L'internet offre de nombreuses applications à ses utilisateurs. Parmi ces applications nous citons :

### 9.1 Les villes intelligentes :

Beaucoup de grandes villes ont été soutenues par des projets intelligents, comme Séoul, New York, Tokyo, Shanghai, Singapour, Amsterdam et Dubaï. Les villes intelligentes (voir figure 13) peuvent encore être considérées comme des villes de l'avenir et la vie intelligente, et par le taux d'innovation de la création de villes intelligentes d'aujourd'hui, il sera devenu très faisable pour entrer la technologie IOT dans le développement des villes.

La demande exige une planification minutieuse à chaque étape, avec l'appui de l'accord des gouvernements, citoyens à mettre en œuvre la technologie d'Internet des objets dans tous les aspects. Par l'IOT, les villes peuvent être améliorées à plusieurs niveaux, en améliorant les infrastructures, en améliorant les transports.... [21]

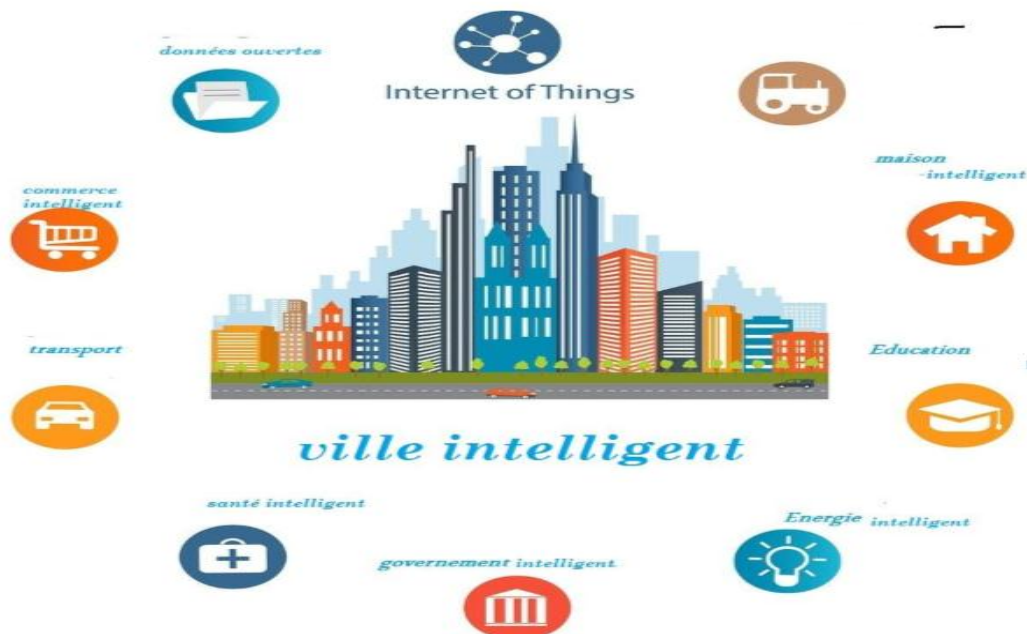


Figure 13: une figure qui représente les constituants d'une ville intelligente

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## 9.2 Les Appareils intelligents :

Des appareils intelligents (voir figure 14) dans les soins de santé sont utilisés pour stocker et gérer les paramètres de soins clés et pour gérer les données sur les maladies capturées. Ils sont principalement déployés pour fournir des solutions de conditionnement physique en suivant les activités ciblées et des dispositifs de diagnostic utilisés pour stocker des données de dispositifs. Principalement, ils sont utilisés comme des solutions de fitness pour suivi des activités du patient et des appareils de diagnostic intelligents tels que les dispositifs de tension matérielle, les podomètres, Google verre, etc. utilisé pour capturer les données des capteurs, pour une analyse plus approfondie par le médecin. [21]



Figure 14: une figure qui représente des appareils intelligent

## 9.3 Le système de santé électronique :

L'internet des objets a rapidement transformé la prestation de soins. Les équipements et les capteurs sont de plus en plus « intelligents » et génèrent toujours plus de données nécessaires aux équipements médicaux, aux professionnels et profitant ainsi aux patients, en réduisant les coûts et en améliorant leur satisfaction. Les données ainsi collectées facilitent, adaptent, améliorent, anticipent ou réorganisent les soins des patients.

Dans le contexte de généralisation du traitement médical électronique, l'Internet des objets est fondamental. En effet, la conception d'un système intelligent de prise de décision clinique, matérialisé par le stockage des données collectées sur les patients et

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

leur accessibilité universelle, procurerait au médecin un excellent appui durant la phase de traitement (voir figure 15). L'internet des objets trouve donc tout son intérêt dans le domaine médical, et qui aussi peut améliorer le développement dans ce dernier. [21]

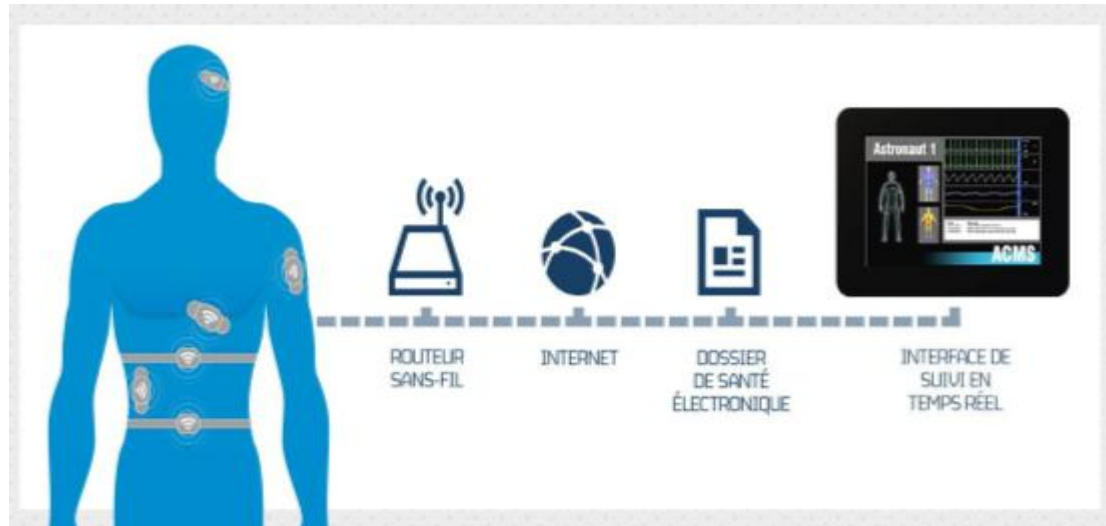


Figure 15: figure qui représente un système de santé électronique

### **9.4 Le transport et la mobilité intelligente :**

Le développement du transport est l'un des facteurs qui indiquent le bien-être de pays. Une application de surveillance de l'état des routes et d'alerte est l'un des applications les plus importantes de l'IOT. Le processus a besoin de l'identification de l'utilisateur et son trajectoire souhaité dans son application sur son téléphonique intelligents.

Le transport intelligent est confronté à trois conceptions principales ils sont l'analyse des transports, le contrôle des véhicules connectées. L'analyse de transport représente l'analyse de la prédiction de la demande et de détection anomalie. Le routage des véhicules et le contrôle de la vitesse en plus de la gestion du trafic sont tous connu comme le contrôle du transport qu'ils ont réellement étroitement lié au véhicules connecté (par la communication V2X), et globalement régie par la diffusion multi-technologie comme montre la figure 16. [21]



## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

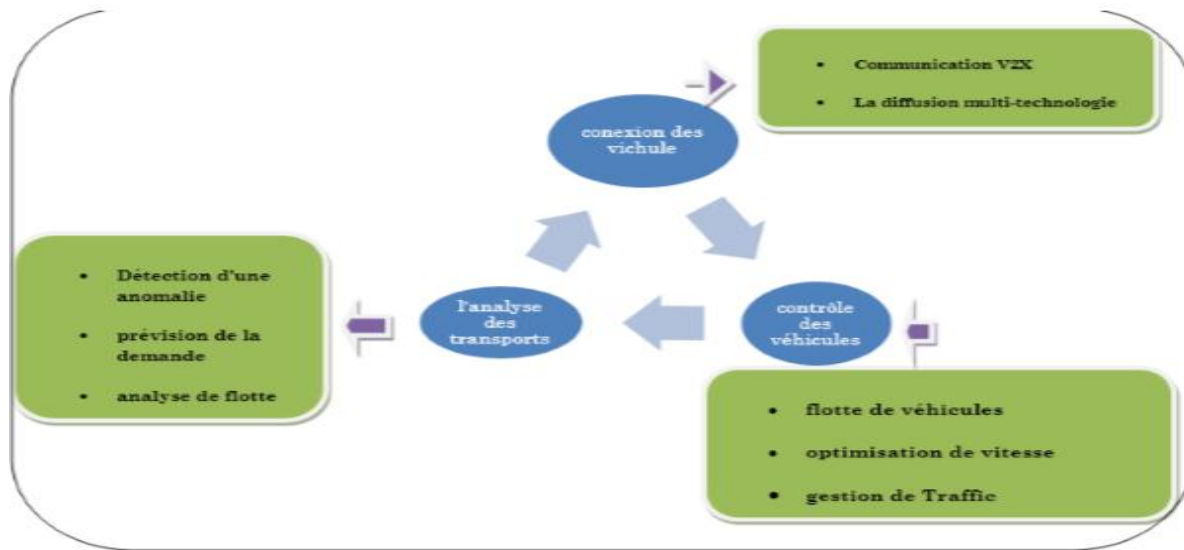


Figure 16: figure sui représente les aspects de transport intelligent

### 9.5 Les usines et la fabrication intelligente :

. L'usine intelligente a ajouté une nouvelle valeur dans la révolution de la fabrication en intégrant l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique et l'automatisation du travail et la communication M2M avec le processus de fabrication. L'usine intelligente va changer fondamentalement, comment les produits sont inventés, fabriqués et expédiés. En même temps, cela améliorera la sécurité des travailleurs et protège l'environnement un faible incident de fabrication. Ces progrès dans la façon dont les machines et autres objets communiquent, et la manière dont la prise de décision passe des humains aux systèmes techniques signifie que la fabrication devient plus intelligente". La révolution des industries et de la fabrication est devenue l'une des plus technologies développées de nos jours, la croissance de l'évolution de l'industrie a pris de nombreuses générations. La première génération liée aux machines mécaniques en plus de la puissance de l'eau et du courant. La deuxième génération de l'industrie traite de la production de masse, des chaînes de montage et de l'électricité. Dans la fin du dernier siècle, les industries sont exploitées sous le contrôle des ordinateurs et de l'automatisation qui est reconnu par la troisième génération d'industries. L'industrie intelligente c'est la quatrième génération connue par l'industrie 4.0 est basée sur les systèmes de chiffrement physiques qui est capables de se connecter à Internet. Le concept de l'industrie 4.0 avec l'Internet des objets peut atteindre de grandes attentes pour les accords de résolution des industries avec de nombreux aspects sont illustrés à la figure 17.[21]



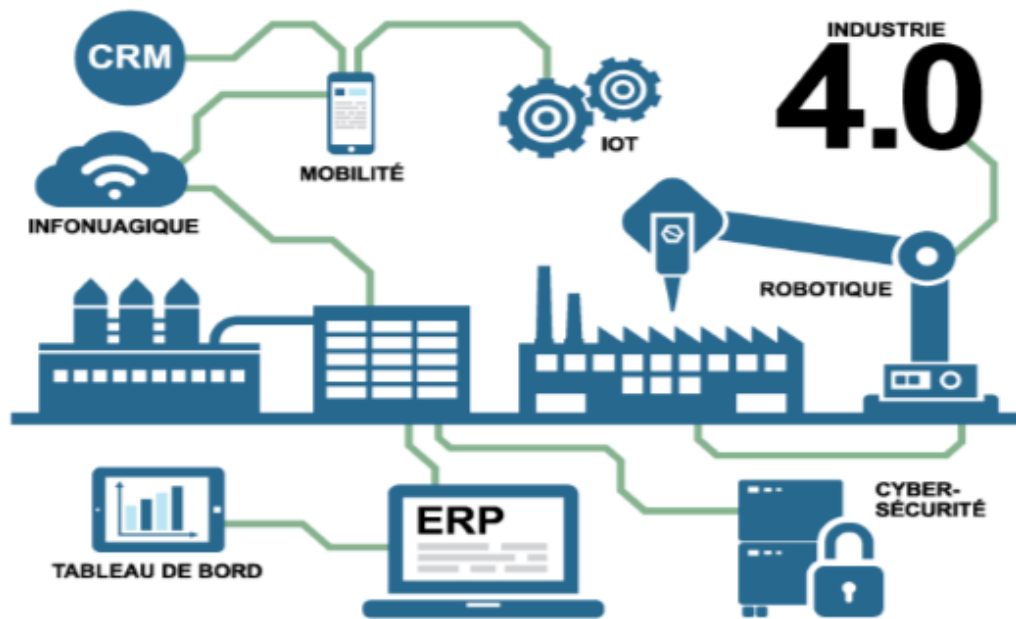


Figure 17 : figure qui représente un schéma de l'industrie 4.0

### 9.6 L'Internet des objets dans le domaine de sécurité industrielle :

#### 9.6.1 Objets connectés portables et santé et sécurité du travail :

Les objets connectés captent, stockent, traitent, transmettent des données, et peuvent communiquer avec d'autres systèmes pour obtenir ou fournir de l'information, avec la capacité à se connecter à un réseau d'information plus large, appelé Internet des Objets ou Internet of Things (IOT).

On distingue les objets connectés portables (wearables) comme les bracelets, casques, vêtements, trackers d'activités (contrôle d'accès, suivi opérationnel...) et les objets connectés intégrés dans un processus pour des applications industrielles (sécurité et gestion technique des bâtiments, chaîne logistique, maintenance préventive des machines ...).

La sécurité et la santé sont parmi les premiers secteurs les plus concernés avec un marché qui se développe rapidement, et en particulier en milieu professionnel : de nombreux objets connectés portables sont et seront utilisés pour géo-localiser et surveiller les constantes physiques et physiologiques des travailleurs, contrôler l'environnement du travail et s'assurer que les conditions de sécurité sont respectées. Les objets connectés portables peuvent détecter les ambiances de travail dangereuses, peuvent mesurer la pénibilité au travail en étant capables de mesurer les efforts et gestes : ils peuvent transmettre un signal d'alarme si son utilisateur est en danger ou

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

excède les limites ergonomiques fixées.

Si les objets connectés en matière de santé et sécurité au travail recèlent ainsi de nombreuses potentialités opportunes, ils engendrent aussi des risques professionnels nouveaux plus difficiles à appréhender dont la gestion est complexe et encore incertaine, car certains sont liés aux facteurs humains et à l'analyse comportementale. La fuite de données personnelles et leur exploitation abusive suscite des craintes, mais le développement des objets connectés soulève aussi de nombreuses questions relatives aux facteurs psychologiques d'acceptabilité : crainte d'intrusion dans la vie personnelle et d'atteinte à la vie privée, inquiétude sur la surveillance constante et minutieuse de la présence, des efforts et de la rapidité de travail à seule fin d'accroître la productivité. L'utilisation possible d'objets connectés implantés dans le corps sous la peau (puce RFID, NFC) accroîtra encore les problèmes éthiques dans le monde du travail, avec le sentiment de dépossession partielle de soi et d'espionnage permanent. Il faut également noter que, paradoxalement, la confiance du travailleur dans le supplément de sécurité apporté par ces dispositifs connectés et dans la surveillance dont il est censé faire l'objet, peut perturber sa perception du danger et l'amener à une prise de risque supérieure. Face aux enjeux de gestion des objets connectés portables, de bonnes pratiques doivent être adoptées par les entreprises.

La mise en œuvre, au sein d'une entreprise, de ces nouveaux objets connectés doit préalablement faire l'objet d'un avis du CSE (Comité Social et Economique) pour s'assurer de leur acceptabilité par le personnel. [22]

### **9.6.2 Les différents objets connectés portables au travail :**

Pour plusieurs aspects de la santé et de la sécurité au travail, différentes applications de technologie portable, reliées à une plateforme centralisée et dotées de balise GPS, permettent la capture, le stockage et le traitement de données, la communication (Wifi, Bluetooth, 4G, ...) et la géo localisation :

- **Traçabilité des expositions professionnelles :**

le " quantified self " ou « self tracking » (auto-mesure de soi) consiste à utiliser des capteurs miniaturisés qui permettent de mesurer les caractéristiques de l'environnement de travail et les paramètres physiologiques du travailleur et de stocker les données : cette technologie permet ou permettra dans le domaine de la santé au travail de mieux évaluer les expositions professionnelles : - Postures contraignantes, vibrations, manutentions manuelles ... - Ambiances de travail :

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

température extérieure, bruit, poussières et fumées, nocturne, ... - Surveillance de la tension artérielle, du rythme cardiaque, de la glycémie, ...

Ce suivi individuel de la santé de chaque salarié contribue à la prévention en évaluant précisément les expositions aux facteurs de pénibilité.

- **Alerte des situations dangereuses** : pour transmettre un signal d'alarme à un travailleur en péril : port effectif des équipements de protection individuelle identifiés par des étiquettes RFID, vérification des habilitations nécessaires pour la conduite d'engins ou la pénétration dans des zones réglementées, capteurs détectant la perte de verticalité (chute) ou de mouvement (perte de conscience), notifications sonores visuelles ou vibratoires d'objets mobiles ou de zones dangereuses (gaz toxique, radioactivité ...).

Les objets connectés portables au travail sont ou seront à court terme très divers :

- ✓ Badge ou bracelet communicant,
- ✓ Dispositifs d'Alarme pour Travailleur Isolé (DATI),
- ✓ Casque connecté pour le guidage à distance,
- ✓ Baudriers, vestes, gilets connectés,
- ✓ Chaussures de sécurité connectées avec semelles porteuses de capteurs de pression pour évaluer le poids des éléments portés...
- ✓ Lunettes de protection intégrant une caméra ainsi que des pictogrammes d'alerte en périphérie du champ de vision,
- ✓ Coussin connecté qui, grâce à des capteurs, vibre en cas de mauvaise posture ou lorsque la position assise est trop prolongée ... [22]

### **9.6.3 La prévention des risques par objets connectés portables au travail :**

Les objets connectés portables au travail représentent à la fois des opportunités favorables et des menaces sur la santé et sécurité au travail. Ces technologies deviennent indubitablement souhaitables dans la mesure où elles permettent de répondre aux problématiques de santé et de sécurité dans le monde professionnel et les objets connectés portables se font désormais de plus en plus nombreux dans les environnements de travail.

Il est évident qu'à terme, toutes ces évolutions modifieront les manières de travailler et impacteront positivement la sécurité et la santé au travail.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Mais, les risques sur la vulnérabilité et la fuite de données personnelles et confidentielles et les risques éthiques sur les relations sociales entre les salariés et leur employeur concernent aussi les objets connectés portables.

- Cette utilisation croissante, au sein des ateliers et bureaux et sur les chantiers, des objets connectés portables, vont obliger les entreprises à mettre en œuvre une cybersécurité renforcée des objets et des systèmes. En effet, tous ces objets directement connectés à un réseau Internet sont très vulnérables aux différentes attaques : vol d'informations, prise en main de l'appareil à distance, modification des données et du contenu. C'est d'autant plus critique que la large diffusion des objets connectés portables et le volume d'informations énorme générés par des milliers d'utilisateurs nécessite de mettre en place une capacité suffisante et des mesures de sécurité très strictes pour résister aux risques liés à la cyber sécurité : le développement d'un monde professionnel totalement connecté offre pour des groupes malveillants de multiples possibilités d'exploiter les défaillances technologiques des dispositifs IOT. Il faut s'assurer que toutes les données sont cryptées, tenir un inventaire précis des objets utilisés et éliminer tous ceux non-conformes et proscrire les appareils personnels, adopter une gestion des biens IT en liaison avec les responsables sécurité, et ceux du service informatique pour intégrer les objets connectés à la sûreté de fonctionnement de l'ensemble.
- Les données collectées par les objets connectés portables sont associées à l'identité du travailleur. Les entreprises doivent donc être particulièrement vigilantes au traitement de ces informations, aux personnes ayant accès à ces données et au stockage de ces données car ces données peuvent aussi être utilisées à des fins de surveillance. Il n'existe actuellement aucune réglementation qui encadre spécifiquement les objets connectés en entreprise. Ces dispositifs doivent se conformer à la fois aux règles dictées par la loi Informatique et Libertés (loi n° 78-17 du 6 janvier 1978) et au règlement européen sur la protection des données (RGPD de mai 2018) : principe de finalité, consentement et information des personnes et conservation limitée des données, droit à la portabilité des données, droit à l'oubli, droit à la limitation du traitement, droit d'opposition au profilage, désignation d'un Délégué à la Protection des Données. Une déclaration auprès de la CNIL est à déposer pour pouvoir traiter ces informations en toute légitimité.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Au-delà de la conformité avec les lois en vigueur, bonne information et conduite adéquate du changement sont indispensables pour le succès d'un déploiement d'objets connectés portables au travail : il faut discuter, sensibiliser et convaincre les travailleurs de l'intérêt que ces objets peuvent apporter à la santé et sécurité au travail, s'assurer de leur accord avant la mise en œuvre et les rassurer sur l'utilisation et le stockage des données.
- Il y a intérêt d'accompagner le changement lié à un projet de développement d'objets connectés par une démarche globale et participative au niveau de l'entreprise : c'est ainsi que l'entreprise pourra conjurer les menaces de cette innovation et profiter des opportunités que recèlent toujours une situation évolutive ou une période de transition et d'incertitude, en facilitant l'acceptation des changements et en réduisant les facteurs de rejet, notamment chez les travailleurs les plus âgés. La phase de formation et de familiarisation des utilisateurs avec les objets connectés est primordiale et il ne faut pas négliger le temps nécessaire à son acceptation sociale. Les jeunes travailleurs, plus réceptifs à ces nouveautés technologiques du fait de leur propre utilisation fréquente dans leurs activités sportives ou de loisir, peuvent s'impliquer plus facilement dans l'adoption des objets connectés au travail, avec néanmoins une nécessité de toujours prévoir une période d'apprentissage et d'adaptation.
- Comme pour tout type d'équipement de travail, une analyse de risque devra être réalisée et les conditions d'utilisation des objets connectés doivent d'être transparentes. L'avis du CSE (Comité Social et Economique) est important pour que l'employeur puisse expliquer les raisons qui le motivent à équiper ses salariés et pour s'entendre avec les représentants du personnel sur les modalités d'utilisation de l'objet connecté afin de préserver le droit à la vie privée des travailleurs, de manière à ce qu'ils ne ressentent pas ces capteurs comme une atteinte à leur liberté et à leur intimité.[22]

## **10. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents concepts, composants et les principales caractéristiques liées à l'internet des objets. Nous avons aussi éclairé la majorité des points essentiels qui vise la réalisation de notre projet. En outre, nous avons montré que cette nouvelle technologie a contribué de manière significative et efficace au développement de la vie humaine, car elle est en fait partie intégrante dans divers domaines. Nous avons montré – en plus– que cette technologie a contribué d'une façon efficace au développement et à rendre la vie des hommes plus aisée, elle est devenue surtout pour les pays développés un outil dont on ne peut plus s'entasser du fait que les choses qu'on voit et qu'on utilise dans notre vie de tous les jours sont désormais douées d'une intelligence remarquable dont on peut citer: la ville intelligente, les appareils intelligents, le système de santé électronique, le transport et la mobilité intelligente, les usines et la fabrication intelligente ...etc.[23]

**Chapitre 3 :**  
**Conception d'un prototype de détection  
d'accident. (Partie software / partie hardware)**

## **1. Introduction:**

Le domaine industriel est plein de risques sur les travailleurs et pour cela on a pensé à implanter un système IOT qui est capable de détecter, identifier et signaler les risques potentiels sur nos travailleurs, notre système est composé de deux parties:

La partie hardware ou un système embarqué qui va détecter la situation et les différents paramètres de l'environnement tel que les fuites de gaz, l'incendie, l'exposition d'électricité, les chutes...etc. et les envoyer à nos serveurs (deuxième partie).

La partie software qui est tout simplement un serveur posé dans le poste de contrôle et qui va récupérer les signaux envoyés à partir de nos capteurs et les traduire en instruction destinée à notre agent. Plus que ça, le système permet d'identifier l'état de la victime, sa position ainsi que ses références et informations (identité, dossier médical...etc.) pour permettre un secours plus efficace.



## 2. Présentation des composants utilisés dans ce système :

### 2.1. Une carte Arduino UNO :

#### 2.1.1. Définition du module Arduino

Arduino est une carte électronique sur laquelle se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.

- **Circuit imprimé:** C'est une sorte de plaque sur laquelle sont soudés plusieurs composants électroniques reliés entre eux par un circuit électrique plus ou moins compliqué. L'Arduino est donc un circuit imprimé. La photo donne une idée de la taille par rapport à la connexion USB carrée (à gauche sur la photographie, la même que sur votre imprimante par exemple). [24]



Figure 18 : La carte Arduino UNO

- **Matériel libre :** En fait, les plans de la carte elle-même sont accessibles par tout le monde, gratuitement. La notion de libre est importante pour des questions de droits de propriété. [24]
- **Microcontrôleur :** C'est le cœur de la carte Arduino. C'est une sorte d'ordinateur minuscule (mémoire morte, mémoire vive, processeur et entrées/sorties) et c'est lui que nous allons programmer. Sur la photo précédente, c'est le grand rectangle noir avec plein de pattes. Une fois lancé et alimenté en énergie, il est autonome. La force de l'Arduino est de nous proposer le microcontrôleur, les entrées/sorties, la connectique et l'alimentation sur une seule carte. La carte Arduino est construite autour d'un microcontrôleur Atmel AVR (pas toujours le même en fonction de la date de sortie de la carte) avec une capacité de mémoire de 32000 octets pour

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

l'Arduino UNO. Soit 32 Ko, ce qui n'est vraiment pas beaucoup et qui permet pourtant de réaliser un maximum de projets ![24]

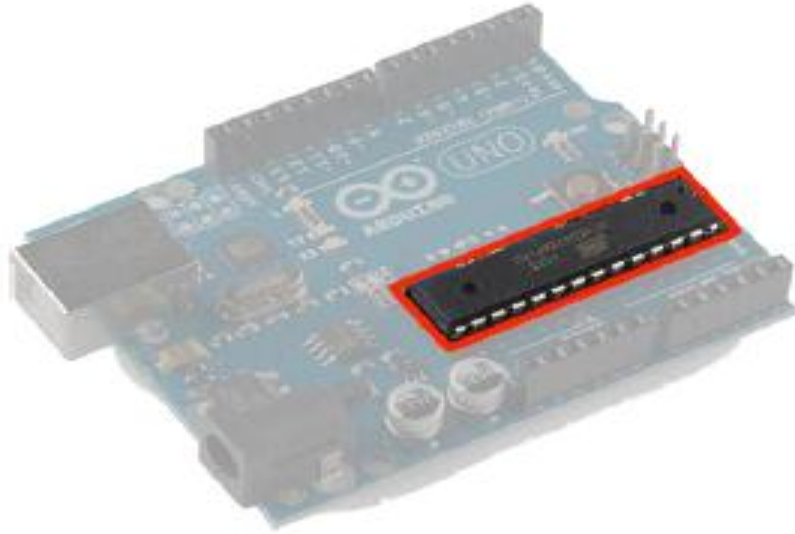


Figure 19: Le microcontrôleur de l'Arduino

L'Arduino est donc une carte qui se connecte sur l'ordinateur pour être programmée, et qui peut ensuite fonctionner seule si elle est alimentée en énergie. Elle permet de recevoir des informations et d'en transmettre depuis ou vers du matériel électronique (diodes, potentiomètres, récepteurs, servomoteurs, moteurs, détecteurs...).

Voici un schéma qui résume les principales interactions en jeu lorsque l'on programme une carte Arduino pour contrôler du matériel. Les flèches vertes indiquent la circulation des signaux électriques, la flèche orange pointillée représente l'envoi du programme vers l'Arduino et les flèches bleues les interactions avec le monde réel.

[24]



Figure 20: Architecture d'un système à base d'une carte Arduino

Les différentes cartes Arduino :

## Différents models :



Figure 21: Type de carte Arduino

Il suffit d'un coup d'œil pour constater que les cartes se différencient par leur taille et par le nombre de broches de connexions, et donc de possibilités de raccordement avec le monde extérieur. Elles ont aussi différents processeurs, fréquences d'horloge et capacités de stockage.

Pourtant, elles fonctionnent toutes selon le même principe et elles peuvent être adressées et programmées par l'intermédiaire du même environnement de développement. Selon le domaine d'application et des besoins du projet, une carte Arduino sera peut-être plus adaptée qu'une autre. L'un aura besoin d'une carte dotée de nombreuses broches d'E/S et choisira par exemple l'Arduino-Mega ou la Due. L'autre préférera l'Arduino Micro ou Nano pour leur petite taille qui leur permet de se glisser dans un petit boîtier. [24]

### 2.1.2. Pourquoi Arduino ?

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des Microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser.

De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant aux personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit :

- **Le prix (réduits)** : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino peut être assemblée à la main, (les cartes Arduino pré-assemblées coûtent moins de 5000 Dinars).
- **Multi plateforme** : le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- **Un environnement de programmation clair et simple** : l'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.
- **Le matériel est « open source »** :
  - On peut le copier, le fabriquer et le modifier librement.
  - **Le logiciel est libre** :
    - On peut l'utiliser et le modifier librement.
    - **Sur l'Internet, on trouve** :
      - Une communauté d'utilisateurs.
      - Des guides d'utilisation.
      - Des exemples.
      - Des forums d'entraide. [24]

### **2.1.3. Présentation de la carte Arduino UNO :**

La carte Arduino UNO est une carte microcontrôleur basée sur l'ATMEGA328. Cette carte dispose :

- De 14 broches numérique d'entrées / sorties (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM)
- De 6 entrées analogique (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numérique).
- D'un quartz 16Mhz.
- D'une prise d'alimentation jacket une connexion USB

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Un bouton de réinitialisation (Reset).
- D'un connecteur ICSP (programmation in circuit')

La carte Arduino UNO contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur ATMEGA328, pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou bien avec un adaptateur, une batterie)

La carte Arduino est compatible avec les circuits imprimés prévus pour les cartes Arduino Uno signifie un en italien, nommé pour marquer la sortie prochaine de Arduino 1.0 la UNO et la version 1.0 seront les versions de référence de Arduino. Dans notre projet le système de sécurité est réalisé grâce à une carte Arduino, nous avons choisi cette carte pour la facilité du développement des programmes et son nombre de broches. [25]

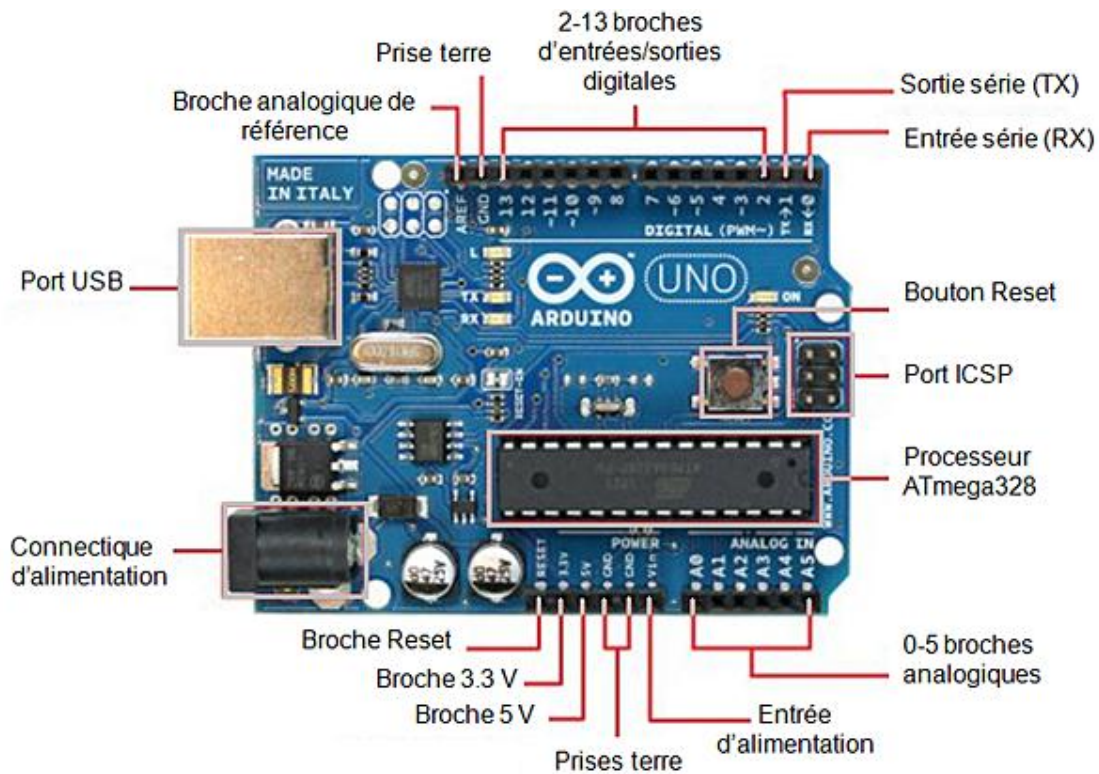


Figure 22: Description sur la carte Arduino UNO

## 2.2. Les capteurs : (Capteur de gaz - capteur de température et d'humidité-capteur de flamme)

### 2.2.1. Définition d'un capteur :

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, telle qu'une tension électrique, une hauteur de mercure,

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

une intensité ou la déviation d'une aiguille. On fait souvent (à tort) la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Le capteur, lui, en est dépourvu.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation. [24]

### ENERGIE

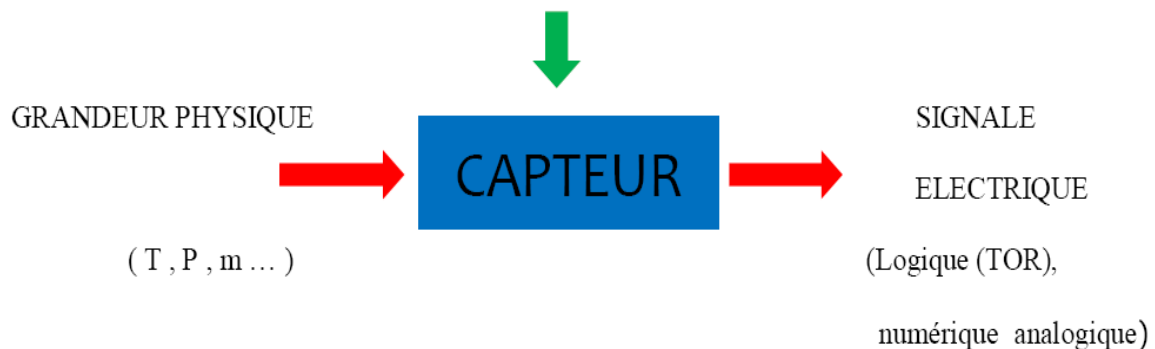


Figure 23: Fonctionnement du capteur

### 2.2.2. Capteur de gaz(MQ2):

Le MQ-2 est un capteur qui permet de détecter du gaz ou de la fumée à des concentrations de 300 ppm à 10000 ppm. Après calibration, le MQ-2 peut détecter différents gaz comme le GPL (LPG), l'i-butane, le propane, le méthane, l'alcool, l'hydrogène ainsi que les fumées. Il est conçu pour un usage intérieur à température ambiante. Le MQ2 doit être alimenté en 5V pour le capteur physico-chimique puisse atteindre sa température de fonctionnement. Il dispose d'une sortie analogique et d'un réglage de la sensibilité par potentiomètre. [a]





Figure 24: Capteur MQ2

Le senseur MQ-2 est un senseur avec une sortie analogique (AOut) qui signale la présence de fumée en élevant la tension en sortie. Plus il y a de fumée et plus la tension monte. Il est possible de régler la sensibilité du module à l'aide du potentiomètre se trouvant à l'arrière du module, ce dernier permet d'ajuster un seuil d'activation pour le signal digital (DOut) qui change lorsque le seuil est atteint [24]

### 2.2.2.1. Les caractéristiques du MQ2 :

Les caractéristiques du MQ2 sont :

- Puce principale : LM393, ZYMQ-2 détecteur de gaz
- Haute sensibilité et bonne sélectivité
- Tension de fonctionnement : 5V DC
- Tension de sortie analogique : 0 ~ 5V (plus la concentration est élevée, plus la tension est élevée)
- Plage de détection : 200 à 10000ppm
- Longue durée de vie et stabilité fiable [24]

### 2.2.2.2. Les différents pins d'un capteur MQ2:

Les différents pins d'un capteur MQ2 sont

- VCC: alimentation positive (5V)
- GND: alimentation négative
- DO: sortie du signal du commutateur
- TTL AO: sortie du signal analogique
- Quatre trous de vis pour un positionnement facile
- Dimensions : 32 x 22 x 27mm[24]

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## 2.2.2.3. Connexion du capteur MQ2 avec la plaque Arduino :

### ✚ Matériel nécessaire pour tester le MQ-2 sur un Arduino :

- 1x Arduino Uno (ou équivalent)
- 1x Détecteur de gaz MQ-2
- Quelques câbles.[26]

### ✚ Circuit :

Connectez les 3 broches du capteur à l'Arduino ,en suivant le schéma de câblage suivant :

Reliez les Pins **Vcc** et **GND** du capteur au **5V** et au **GND** de l'Arduino

Reliez le Pin **D0** du capteur à l'entrée analogique **A0** de l'Arduino [26]

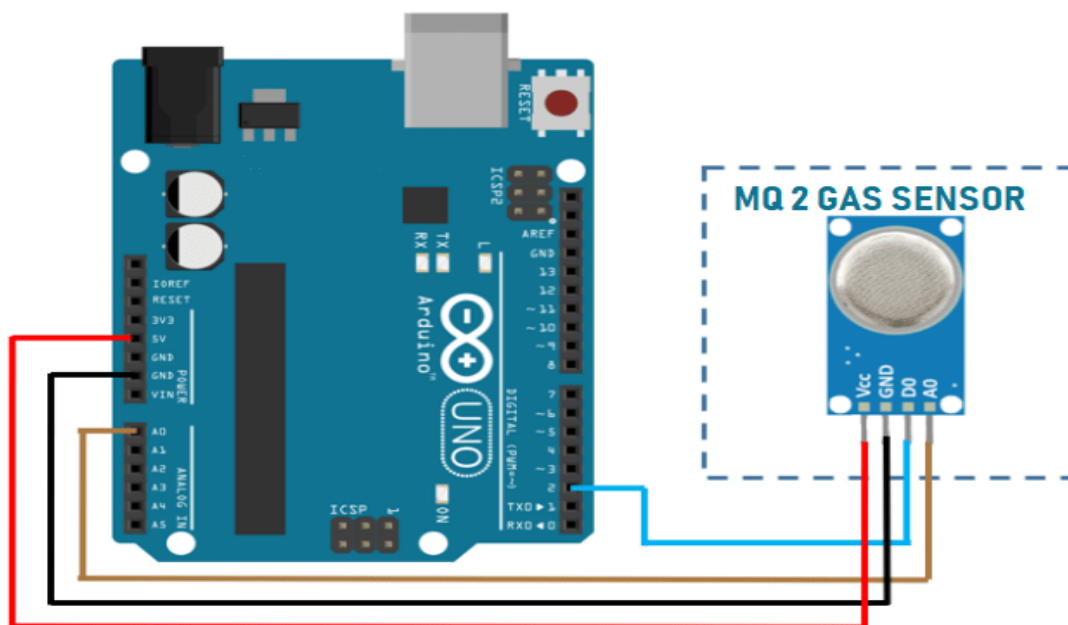


Figure 25: Connexions entre le capteur de gaz et la carte Arduino

### ✚ Code de base :

```
/*  
Programme de test des détecteurs de gaz de la série MQx  
Plus d'info sur http://www.projetsdiy.fr  
*/  
const int mqxPin = A0;// La sortie analogique du détecteur MQx est reliée au Pin  
analogique A0 de l'Arduino  
void setup()  
{  
Serial.begin(9600);// Initialise le port série à 9600 bps //
```



```
}  
voidloop()  
{  
Serial.println(analogRead(mqxPin));  
delay(1000);// Imprime une mesure chaque seconde  
}  
... [26]
```

### 2.2.3. Capteur de température et d'humidité DHT11 :

C'est un capteur de Température et d'Humidité très apprécié pour sa simplicité de mise en œuvre et son coût peu élevé. Il ne requiert qu'une résistance de tirage et une alimentation 3V ou 5V pour fonctionner. Sa programmation est facile à l'aide des librairies Arduino, [24]

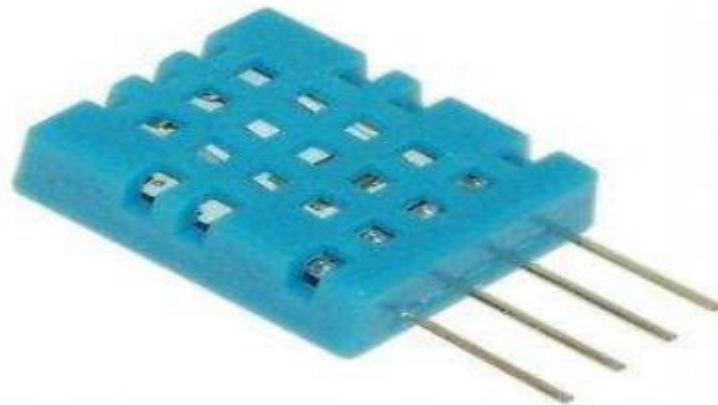


Figure 26: DHT11

Le module numérique DHT11 délivre et reçoit un signal digital sur une entrée/sortie série unique. Ses deux capteurs analogiques sont une résistance qui détermine le taux d'humidité et une thermo-résistance de type NTC (Negative Temperature Coefficient) afin de mesurer la température.

La calibration du module est faite en usine et les paramètres sont sauvés dans une mémoire OTP (One Time Programming, comme celle vue en TD de PeiP1 sur les diodes). Le lien entre l'arduino et les capteurs est assuré par un microcontrôleur 8 bits. Une communication avec le module s'effectue sur 40 bits et dure typiquement 4ms.

[24]

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

### **2.2.3.1. Le DHT11 est caractérisé par :**

Alimentation: 3-5.5V DC

Signal de Sortie: Signal Numérique via single-bus

Capteur: Résistance Polymère

Plage de Mesure: Humidité: 20-90%RH; Température: 0-50°C

Précision: Humidité +-4%RH (Max +-5%RH); Température +-2.0°C

Résolution: Humidité 1%RH; Température 0.1°C

Hystérésis +-1%RH

Stabilité +-0.5%RH/an

Période de mesure: 2s

Dimensions: 12x15.5x5.5 ... [24]

### **2.2.3.2. Connexion du capteur DHT 11, avec la plaque Arduino :**

On va découvrir le fonctionnement du module DHT 11, un dispositif qui mesure la température et l'humidité. On réalisera les connexions nécessaires pour les relier avec la carte Arduino et on pourra voir les différentes mesures enregistrées par l'ordinateur.[27]

#### **✚ Les broches du module DHT version PCB sont:**

- GND -> connexion à la masse.
- DATA -> pour la transmission des données.
- VCC -> source d'énergie.

#### **✚ Il est nécessaire:**

- Carte Arduino UNO ou équivalente.
- Module DHT 11 inséré dans un circuit imprimé.
- Câbles.[27]

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

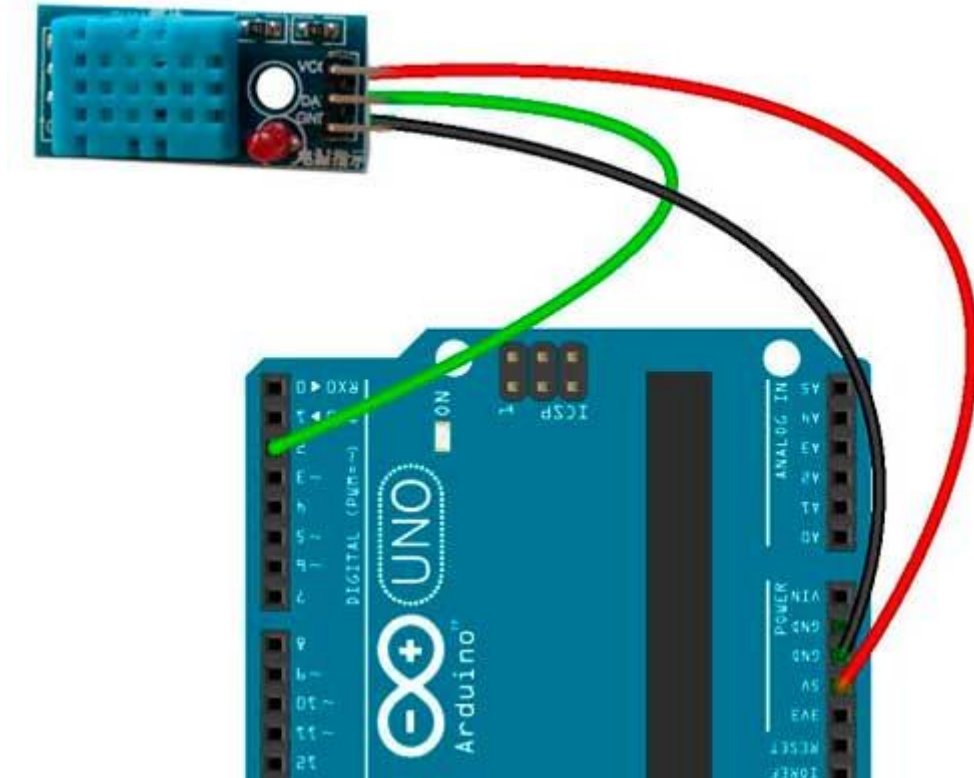


Figure 27: Connexions entre le module DHT 11 et la carte Arduino

### 🚦 Code de base:

```
#include "DHT.h"
#define PinCapteur 2 // Pin digital auquel on relie le capteur
#define Type DHT11 // Type de capteur
DHT dht(PinCapteur, Type);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}

void loop(){
  delay(5000);
  float humidite = dht.readHumidity();
  float temperature = dht.readTemperature();
  Serial.print("Humidité: ");
```

```
Serial.println(humidite);  
Serial.print("Température:");  
Serial.println(temperature);  
}
```

... [27]

### 2.2.4. Capteur de flamme KY-026 :

Le détecteur de flamme détecte toute élévation de température ou présence de produits issus d'une combustion.

Les flammes produisent des rayonnements caractérisés par une fréquence de scintillement plus ou moins intense dans des bandes spectrales spécifiques.

Le principe du détecteur de flamme est de répondre aux rayonnements électromagnétiques émis par une flamme, en les distinguant des rayonnements interférents présents dans l'environnement d'utilisation.

Les détecteurs de flamme optiques sont constitués de capteurs UV et/ou IR pour détecter ces rayonnements. Il existe trois catégories d'appareils pour détecter une flamme :

- Les détecteurs dotés de capteurs Infra-Rouge (IR)
- Les détecteurs composés de capteurs Ultra-Violet (UV)
- Et les détecteurs combinant IR et UV (en général, ils sont constitués de deux capteurs IR et d'un capteur UV) ... [24]

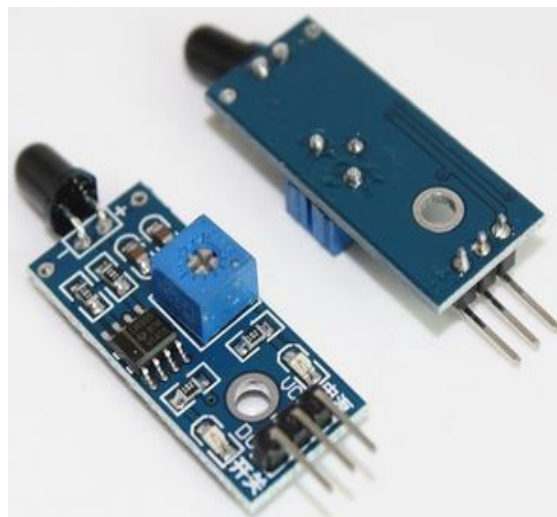


Figure 28: Capteur de flamme

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

### **2.2.4.1. Les caractéristiques du capteur flamme sont:**

Module capteur de détection de flamme Capteur le plus sensible pour des longueurs d'onde infrarouge de la flamme entre 760 nm et 1100 nm. Il a deux sorties:

**AO:** sortie analogique, signaux de tension de sortie sur la résistance thermique en temps réel,

**DO:** lorsque la température atteint à un certain seuil, signaux de seuil de sortie haute et basse est réglable par potentiomètre.

- Capteur de détection de 60 degrés Convient pour projet Arduino DIY
- Tension: DC 3 ~ 5.5V
- Matériel: PCB
- Couleur: bleu + rouge + gris argent
- Dimension du produit: 3,5 x 1,5 x 1,2 cm
- Dimension de l'emballage: 80 x 41 x 15mm
- Poids: 5 [24]

### **2.2.4.2. Connexion du capteur MQ2 avec la plaque**

#### **Arduino :**

On à choisir capteur de flamme KY-026 permet la détection de flamme à l'aide d'un récepteur infrarouge qui va capter les émissions lumineuses de sources de chaleur.

#### **Matériel :**

- Arduino UNO
- Câble USB A Mâle/B Mâle
- Capteur de flamme KY-026

#### **Principe de fonctionnement :**

Toutes sources de chaleur (au-delà de 0K) émet une lumière infrarouge. Le module de détection de flamme KY-026 pour Arduino mesure l'intensité de la lumière infrarouge émise par le feu sur une plage de longueur d'onde comprise entre 760 à 1100 nm. Le module dispose de sorties numériques et analogiques et d'un potentiomètre pour régler la sensibilité. Utilisé couramment dans les systèmes de détection d'incendie.[28]

#### **Circuit :**

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Nous allons relier la sortie analogique à la broche A0 de l'Arduino et la sortie numérique à la broche 2. Le capteur peut être alimenté par la sortie 5V de l'Arduino.

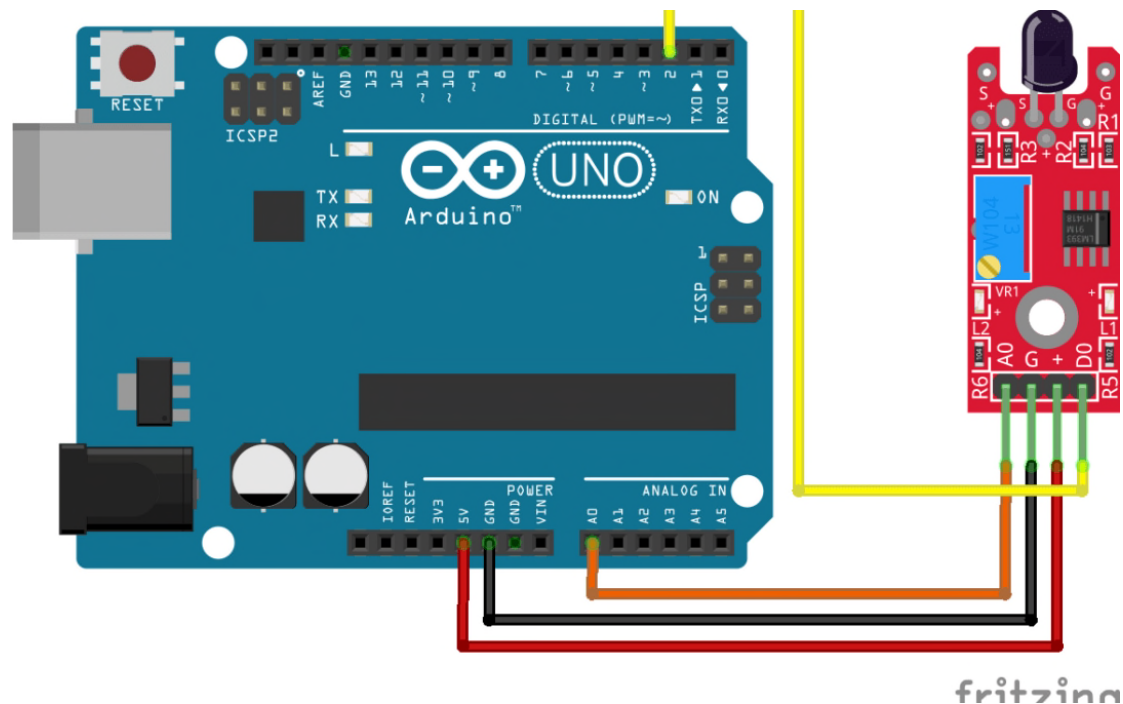


Figure 29: Capteur de flamme

### Code :

Dans le code de gestion du capteur de flamme, nous allons lire la sortie numérique du capteur et allumer la LED embarquée si son état est HIGH. Nous allons aussi lire la valeur analogique et l'afficher sur le moniteur série.[28]

```
const int ledPin = 13;  
const int digitalPin = 2;  
const int analogPin = A0;  
int digitalVal;  
int analogVal;  
void setup(){  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(ledPin, OUTPUT);  
  pinMode(digitalPin, INPUT);  
  Serial.println(F("Flame Sensor Initialized"));
```

```
}  
void loop(){  
  readFlameSensor();  
  delay(500);  
}  
void readFlameSensor(){  
  // Read the digital interface  
  digitalVal = digitalRead(digitalPin);  
  if (digitalVal == HIGH){  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
    Serial.println(F("  -> Flame detected"));  
  }else{  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
  }  
  // Read the analog interface  
  analogVal = analogRead(analogPin);  
  Serial.print(F("Sensor Value"));Serial.println(analogVal);  
}  
... [28]
```

### 2.3. RFID :(Radio Fréquence Identification)

#### 2.3.1. Le RFID, c'est quoi ?

RFID veut dire Radio Fréquence Identification, ou plus simplement radio-identification en français. Cette technologie permet de lire, sauvegarder et collecter des données à distance stockées sur des radio-étiquettes, appelées aussi tags RFID. Chaque radio-étiquette comprend une puce électronique en silicium, une antenne et une encapsulation ou un substrat. La puce stocke les données qui sont transmises via l'antenne à un lecteur émettant à une certaine fréquence.

La radio-identification fut d'abord utilisée dans les années 1930 par l'armée britannique puis quelques années plus tard l'Union soviétique. La RFID s'est développée les décennies suivantes (traçabilité d'objets, sécurité, défense), mais c'est seulement depuis 2005 qu'elle est employée globalement dans le monde entier.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Populaire, elle se retrouve aujourd'hui dans de nombreuses utilisations quotidiennes. [29]



Figure 30: Puce RFID

### 2.3.2. Le lecteur RFID :

Un lecteur RFID peut alimenter les tags passifs, lire et écrire des données sur les tags, convertir les informations reçues et les transmettre à un terminal en émettant des radiofréquences.

La fréquence varie selon l'utilisation faite. Les basses fréquences ont un taux de transfert lent et une portée courte, mais une capacité de lecture élevée, quel que soit l'environnement. Plus la fréquence est haute, plus le taux de transfert est rapide et la portée longue, plus la capacité de lecture se révèle difficile. Les basses fréquences sont par exemple utilisées pour le suivi d'animaux et d'objets et les plus hautes fréquences pour les télépéages.

Il existe plusieurs types de lecteurs, là encore selon l'utilisation. Ils peuvent être de différentes tailles, fixes ou portatives. [29]





Figure 31 : lecteur RFID et RFID

### 2.3.3. Le fonctionnement de la technologie RFID

Au cœur de la technologie RFID, on trouve d'abord des lecteurs RFID. Ils émettent des radiofréquences destinées à activer les puces RFID se trouvant dans les environs de quelques centimètres à plusieurs centaines de mètres pour les plus performants et permettant ainsi d'échanger des informations avec elles. Les fréquences les plus élevées sont utilisées pour échanger plus d'informations à un débit plus important. Les fréquences les moins élevées aident à mieux pénétrer dans la matière. Les radio-étiquettes qui peuvent être réinscriptibles ou non, quant à elles, sont composées d'une antenne, d'une fine puce en silicium et d'une encapsulation. Certaines sont dites passives lorsqu'elles comptent sur l'énergie du lecteur RFID pour fonctionner. D'autres sont dites actives. Elles sont équipées en plus d'une batterie qui leur permet de transmettre des informations à un lecteur situé à distance. Les radio-étiquettes intelligentes, quant à elles, autorisent à crypter les informations qu'elles contiennent.[29]

### 2.3.4. Localisation :

La reconnaissance d'activité sur RFID peut aider à la prise de conscience du contexte et peut donc être appliquée sur site au lieu du GPS, nous pouvons utiliser la RFID pour la localisation ici. L'une des raisons est que les signaux GPS ne répondent pas à l'intérieur des bâtiments, des pièces et du sous-sol. Une autre façon de reconnaître l'activité consiste à utiliser un capteur portable. Les capteurs portables peuvent aider le positionnement et le suivi GPS bidimensionnels ou le manque d'informations sur la

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

hauteur de l'utilisateur par la technologie de reconnaissance d'activité RFID peut résoudre le problème.

En plus de connaître l'emplacement des travailleurs dans des endroits intérieurs et souterrains, nous pouvons également connaître les informations personnelles des travailleurs grâce à cette technologie.

### **2.3.5. Description du bracelet interactif:**

Le bracelet RFID est porté dans le système autour du bras de chaque employé. Ce bracelet en silicone est réutilisable et très résistant. Vous pourrez les utiliser dans les milieux aquatiques et dans des conditions extrêmes sans problème de fonctionnement. Le bracelet RFID est un bracelet à double usage, connaître les positions du travailleurs dans les salles de travail et identifier leurs identités (nom, prénom, âge et l'état de la sante ...).

Le processus de suivi les positions des travailleurs à travers le lecteur RFID qui est installé à l'entrée de chaque salle de travail, lorsque le travailleur entre ou sort dans la salle, Le lecteur RFID lit la puce RFID et envoyer d'information à l'ordinateur dans le poste de surveillance et donc déterminant l'opération de l'entrée et de la sortie.



Figure 32: Bracelet RFID

## **2.4. Un Accéléromètre pour détecter les chutes humaines**

### **2.4.1. Définition de l'accéléromètre :**

- Les accéléromètres sont utilisés pour enregistrer à la fois les accélérations statiques (la gravité) et dynamique (choc, mouvement).
- Une des applications principale des accéléromètres est le calcul d'inclinaison. Grâce à l'effet de la gravité, un accéléromètre peut vous dire comment est orienté votre objet

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

par rapport à la terre. Sur un smart phone, ça vous permet de passer du mode portrait au mode paysage.

- Un accéléromètre peut aussi capter les mouvements. Par exemple, dans les WiiMote de Nintendo, ils sont utilisés pour reproduire à l'écran vos mouvements au tennis ou au golf.
- Enfin, un accéléromètre peut aussi être utilisé pour capter si un objet est en chute libre. C'est utilisé pour protéger des objets fragiles (disque dur), car une chute libre implique in fine un choc ! [30]

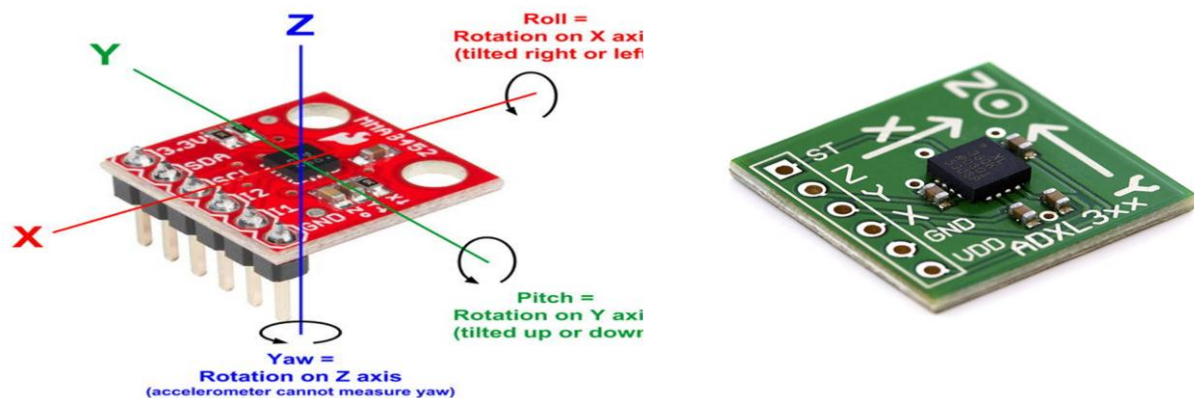


Figure 33: Accéléromètre

Les caractéristiques de l'accéléromètre sont :

- Dynamique : s'exprime en g : de  $-/+1g$  à  $-/+250g$  En fonction des applications
- Interfaces : analogique ou numérique (SPI/I2C)
- Nombre d'axes : 1 à 3 axes, parfois plus, mais on parle d'accéléromètre et de gyroscope, voir magnétomètre
- Consommation : capteurs destinés aux objets portables (bracelet) : donné souvent en  $\mu A$  ou mA. [30]

### 2.4.2. Détection de chutes Humaines avec un Accéléromètre Numérique 3 Axes:

Les progrès technologiques des capteurs d'accélération à micro électromécanique (MEMS) ont permis de concevoir des détecteurs de chute basés sur un accéléromètre MEMS intégré à 3 axes (iMEMS). La technique est basée sur le principe de détection des changements de mouvement et de position corporelle d'un individu, portant un capteur, en suivant les changements d'accélération dans trois directions orthogonales. Les données sont analysées en continu de manière algorithmique pour déterminer si le

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

corps de l'individu tombe ou non. Si une personne tombe, l'appareil peut utiliser un émetteur sans fil pour émettre une alerte afin d'obtenir de l'aide. L'élément central de la détection des chutes est un principe et un algorithme de détection efficaces et fiables pour juger de l'existence d'une situation de chute d'urgence.

Cette méthode, basé sur la recherche sur les principes de détection des chutes pour un corps individuel, propose une nouvelle solution pour la détection des situations de chute en utilisant l'accéléromètre ADXL345, 1 a 3 axes d'Analog Devices. [31]

### **2.4.3. L'ADXL345 iMEMS Accélérateur :**

La technologie des semi-conducteurs iMEMS combine des structures micromécaniques et des circuits électriques sur une seule puce de silicium. Grâce à cette technologie, les accéléromètres iMEMS détectent l'accélération sur un, deux ou même trois axes et fournissent des sorties analogiques ou numériques. Selon l'application, l'accéléromètre peut offrir différentes plages de détection, de plusieurs g à des dizaines de g. Les versions numériques peuvent même avoir plusieurs modes d'interruption. Ces fonctionnalités offrent à l'utilisateur des solutions pratiques et flexibles. L'ADXL345 récemment introduit est un accéléromètre iMEMS 3 axes avec sortie numérique. Il dispose d'une plage de mesure sélectionnable de  $\pm 2$  g,  $\pm 4$  g,  $\pm 8$  g ou  $\pm 16$  g; résolution jusqu'à 13 bits; sensibilité fixe de 4 mg/LSB; un minuscule boîtier de 3 mm  $\times$  5 mm  $\times$  1 mm; consommation d'énergie ultralow (25  $\mu$ A à 130  $\mu$ A); interface numérique série standard I2C <sup>®</sup> et SPI; et stockage FIFO à 32 niveaux. Une variété de fonctionnalités intégrées, y compris la détection d'état de mouvement et les interruptions flexibles, simplifient grandement la mise en œuvre de l'algorithme de détection de chute. Comme vous le verrez, cette combinaison de fonctionnalités fait de l'ADXL345 un accéléromètre idéal pour les applications de détection de chute. La solution de détection de chute proposée ici tire pleinement parti de ces fonctions internes, en minimisant la complexité de l'algorithme avec peu d'exigence pour accéder aux valeurs d'accélération réelles ou effectuer d'autres calculs.[31]



Figure 34: ADXL345 accéléromètre

### 2.4.4. L'utilisation des Techniques de Machine Learning pour la détection de chutes:

Au courant des dernières années, les techniques d'Intelligence Artificiel ont été de plus en plus utilisées pour améliorer la vie des individus et les protéger contre les risques de la vie courante. La chute est un phénomène fréquent en milieu de travail. La détection des chutes, et l'alerte des groupes d'intervention ont gagné de plus en plus d'attention. Aujourd'hui et grâce à l'Intelligence Artificiel et au nombre extensive de données collectées on est devenu capable de construire des modèles de détection de chute avec une exactitude de plus de 96%. [32]

Dans notre projet on a utilisé une base de données accessible au public contenant des enregistrements des activités de la vie quotidienne et des chutes appeler SisFall [33], Les données de cette base de données on été collecté en utilisons Trois type d'accéléromètres (ADXL345, ITG3200 et MMA8451Q) et organisés selon l'accélération sur les trois différentes axes (X, Y et Z). Les données vont être traitées avant l'application des différents algorithmes de machine Learning afin de faire l'extraction de fonctionnalités. Après cela on va procéder à l'application d'une variété d'algorithmes de classification et faire une analyse comparative afin de choisir la meilleure performance possible. Comme dernière étape, on va déploiera notre modèle sur notre système.

### 2.4.5. Le bracelet de détection de chute :

- liée avec l'accéléromètre.
- une alerte lancée automatiquement.

Le détecteur de chute, comme son nom l'indique, déclenche automatiquement une alerte vers notre poste de surveillance 24h/24 dès qu'il capte une chute d'un travailleur au service de téléassistance. Grâce à cette adaptation, vous vous assurez

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

qu'aucune perte rapide d'équilibre ou autre problème ne vous empêche d'obtenir de l'aide rapidement.

Le bracelet de détection de chute est de plus calibré pour repérer exclusivement une chute type syncope : seule celle d'un corps humain, après une perte d'équilibre par exemple, ayant un impact lourd au sol, suivi d'une absence de mouvement déclenchera l'alarme. Ceci pour empêcher les fausses alertes.

### **2.5. Le bracelet d'alerte manuel :**

Le but de l'alerte manuelle est d'informer le poste de surveillance par la diffusion d'un signallorsque le travailleur ressent un danger ou subi une blessure grave (Saignement, grande plaie, incapacité à respirer...) mais qu'il reste néanmoins conscient mais incapable de se sauver lui-même. On pourra identifier le positionnement et l'identité du travailleur qui a déclenché l'alerte à travers la technique RFID pour une intervention et un sauvetage rapide.

Pour être plus efficace, il est nécessaire d'expliquer aux travailleurs le fonctionnement de cet appareil et les procédures qui nécessitent son utilisation et les mesures à prendre pour se protéger.

#### **Remarque :**

Pour éviter les fausses alertes (appuyez sur le bouton par erreur) le travailleur doit appuyer sur le bouton pendant un certain temps pour que l'alerte fonctionne (3 second pour envoyez le signal d'alerte).



Figure 35: Le bracelet d'alerte manuel



# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## 3. Présentation du plan général du système :

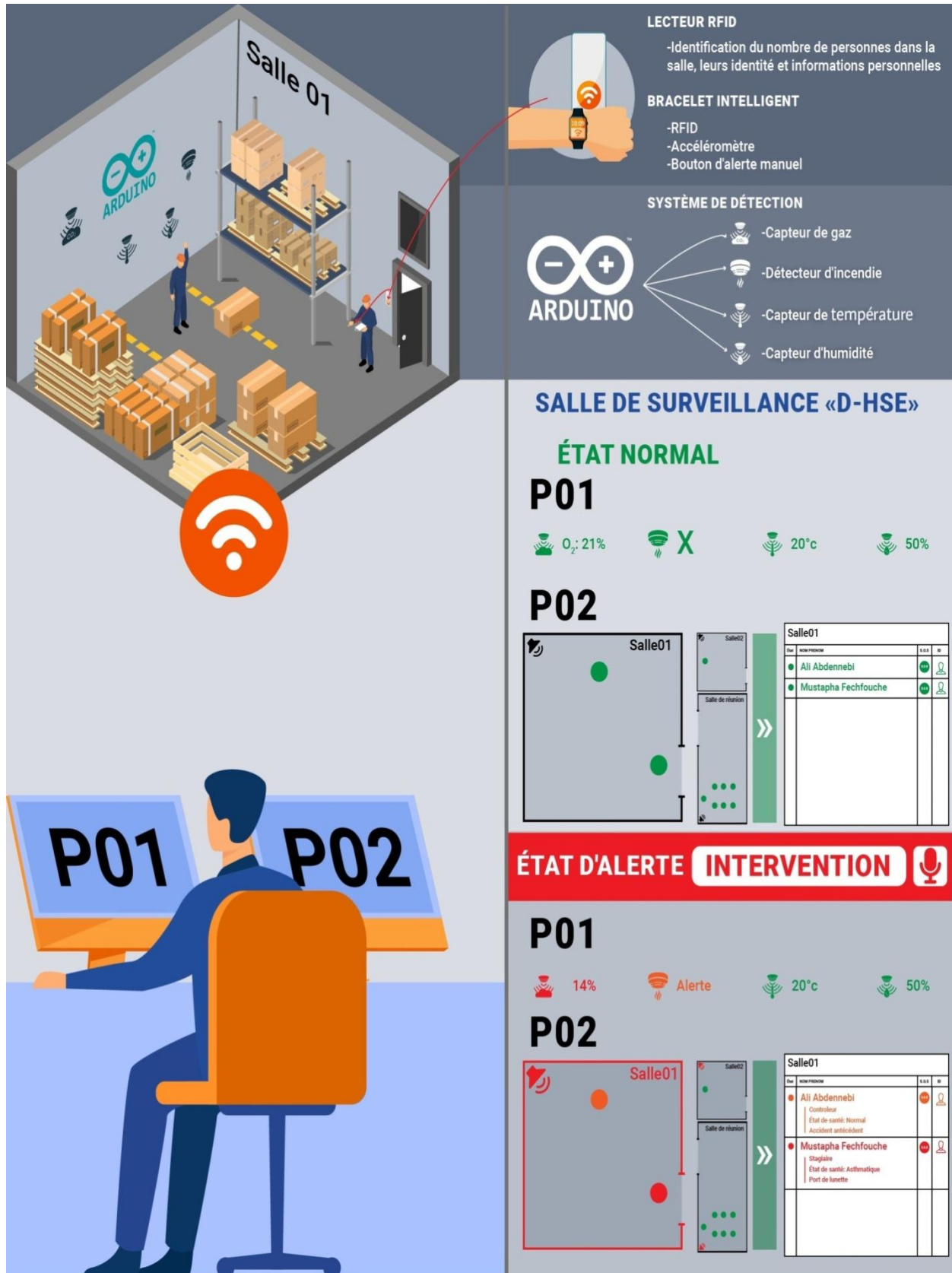


Figure 36: Plan général du système

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **4. Description générale du système :**

Le système est capable de détecter, identifier et signaler les risques potentiels sur nos travailleurs, notre système est composé de deux parties:

### **4.1. La partie hardware :**

Un système embarqué va détecter la situation et les différents paramètres de l'environnement tel que les fuites de gaz, l'incendie, l'exposition d'électricité, les chutes...etc. et les envoyer à notre serveur(deuxième partie).

- Sur Arduino on trouve un microcontrôleur (calculateur) qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques. D'une manière générale, on y branche des capteurs (capteurs de flamme, capteurs de gaz, capteur DHT11), le programme de l'Arduino traite les informations données par les capteurs. Il déclenche des actions et transmet des informations à l'ordinateur se trouvant dans la deuxième salle.
- le bracelet intelligent contient trois objets nécessaires à son fonctionnement : puce RFID, un accéléromètre et un bouton d'alerte manuel :
- ✓ Le système RFID fonctionne de la manière suivante : L'étiquette RFID est elle-même équipée d'une puce reliée à une antenne, à l'aide de cette puce, l'antenne permet de transmettre les informations qui peuvent être lues grâce à un lecteur émetteur-récepteur.

Nous avons choisi et utilisé la puce RFID et le lecteur RFID pour identifier la localisation des travailleurs dans les salles. Cette technique permet de nous faire voir l'emplacement des travailleurs par l'ordinateur dans les zones de travail. En plus de ça, cette technologie permet de reconnaître des informations personnelles des travailleurs (nom, prénom, âge, type de travail et l'état de la santé ...).

Chaque travailleur détient un bracelet intelligent qui contient une puce RFID, lorsque le travailleur A entre dans la salle de travail B, le lecteur RFID installé à l'entrée de chaque pièce lit la puce RFID et il envoie à l'ordinateur que le travailleur A est entré ou sorti de la salle B.

- ✓ La détection de chute c'est une alerte pour les soins médicaux.

L'accéléromètre fonctionne en testant des algorithmes de détection de chute et en utilisant des fonctionnalités inspirées d'un modèle de chute en plusieurs étapes et d'une approche d'apprentissage automatique, et ainsi le dispositif peut détecter une éventuelle chute d'un travailleur due à une exposition à un choc électrique ou à une blessure causée par un évanouissement ou une glissade ... etc.



## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

L'accéléromètre envoie un signal au poste de surveillance.

- ✓ Le bouton SOS nous informe que le travailleur est dans un état de danger. Lorsqu'on appuie sur le bouton SOS, on s'attend à recevoir un signal sur l'ordinateur se trouvant dans le poste de surveillance, l'ordinateur le reçoit pour nous informer que le travailleur a besoin d'aide.

### **4.2. La partie software :**

C'est tout simplement un serveur posé dans le poste de contrôle et qui va récupérer les signaux envoyés à partir de nos capteurs et les traduire en instructions destinées à notre agent. Plus que ça, le système permet d'identifier l'état de victime, sa position ainsi que ses références et informations (identité, dossier médical..etc.) pour permettre un secours plus efficace.

Nous expliquerons cette partie à travers deux états (l'état normal et l'état d'intervention).

#### **4.2.1. L'état normal :**

Dans la salle de surveillance et à l'état normal on trouve deux écrans ( poste 1 et poste 2 ).Le premier poste reçoit les signaux envoyés par Arduino on pourra donc apercevoir un symbole du capteur de température avec son degré un symbole du capteur d'humidité avec son pourcentage dans chaque salle (exprimé en couleur verte cela veut dire que la température et l'humidité dans les salles sont à l'état normal) .En plus de ça on pourra apercevoir aussi un symbole de capteur de gaz et de l'incendie dans chaque salle avec des couleurs vertes, cela signifie qu'aucune fuite de gaz n'est détectée .

Au niveau du deuxième poste, on observe un schéma complet de l'entreprise (toutes les salles) et les mouvements des travailleurs grâce à la technique RFID avec la capacité de reconnaître les informations complètes sur les travailleurs. On trouve aussi un symbole d'alerte manuelle SOS avec la couleur verte, cela signifie qu'il n'y a pas eu d'alerte manuelle.

#### **4.2.2. L'état d'alerte :**

On prend l'exemple qui est représenté sur la figure : en cas d'une fuite de gaz dans la salle 01, nous recevrons un signal dans le premier écran (poste1) avec une alerte sonore. Le symbole du capteur de gaz s'affichera en couleur rouge cela signifie qu'il y a une fuite de gaz on pourra apercevoir aussi un symbole de capteur de flamme avec une couleur orange cela nous informe sur la possibilité d'un risque incendie.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Dans le deuxième poste, on observera deux travailleurs dans la salle 01 le premier est suivi par un symbole d'une alerte manuelle SOS avec une couleur orange, cela signifie que le travailleur est conscient mais en situation dangereuse.

Le deuxième travailleur est suivi par un symbole d'une alerte manuelle SOS avec une couleur rouge, cela signifie qu'il est dans un cas de danger mais qu'il n'a pas pu déclencher une alerte manuelle donc il est inconscient.

D'une autre part, le symbole de haut-parleur installé dans les salles est utilisé pour avertir le reste des travailleurs qui peuvent être près de la salle où le danger se trouve, et en suite procéder à l'évacuation des autres salles.

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **5. Conclusion :**

Dans ce chapitre on a présenté une conception d'un système de détection et de prévention d'accident dans un environnement de travail, nous avons commencé par la présentation des différents composants utilisés pour son élaboration, après on a présenté une description du système, porté sur deux partie principales, la partie hardware et la partie software.

Malgré les défis de la mise en œuvre d'un tel système dans la vie réelle, Il s'agit toujours d'un projet très prometteur qui pourrait changer la donne en matière de prévention de risque en milieu professionnel, et contribuera sans aucun doute à sauver des vies humaines.

## **Chapitre 4 : Les décisions prises en cas d'une alerte ( Prévention et Intervention).**

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **1. Introduction**

Pour faire face aux différents risques industriels, nous devons nous préparer et nous entraîner correctement à les contrer, que ce soit des risques de nature électriques, risques d'incendie ou risques de chute ...Etc. La détection de ces risques sera plus efficace s'ils pouvaient être prédits et détectés par un système d'alarme intelligent et par conséquent contribuer à minimiser leur impacts.

Pour assurer la continuité du travail, nous devons effectuer certaines tâches qui aideraient à rendre l'entreprise plus sûre et plus stable, assurant ainsi la santé et la sécurité des travailleurs et protégeant également les équipements et l'environnement.

## **2. Les sapeurs pompiers :**

### **2.1. Définition Sapeurs-pompiers :**

Les sapeurs-pompiers, ou pompiers, sont généralement appelés « soldats du feu » en référence à leur rôle dans le cadre de la lutte incendie. Cependant, la mission des sapeurs-pompiers est beaucoup plus générale et consiste à secourir et protéger les personnes, les biens ou l'environnement, à lutter contre les périls ou les conséquences des accidents de toute nature : inondations, pollutions, incendies, accidents de la route, etc.[34]

### **2.2. Les missions du Pompier d'Entreprise dans le domaine de la prévention :**

Le pompier d'entreprise est amené à conseiller les équipes de direction pour mieux prévenir le risque incendie. Il doit notamment intervenir dans les domaines suivants :

- Etablissement / actualisation et mise en œuvre de procédures, protocoles, consignes, spécifiques aux objectifs de protection, et retours d'expériences
- Sensibilisation aux consignes internes concernant la sécurité des personnes et des biens, l'accessibilité et l'évacuation, (réalisation d'exercices d'incendie, réunion d'information...), diffusion de la culture sécurité incendie
- Gestion de l'aptitude à l'emploi des moyens affectés à la sécurité passive et active (maîtrise d'ouvrage et assistance)
- Participation à la formation des salariés et du personnel d'entreprises intervenantes aux manœuvres d'incendie et à l'utilisation de certains matériels
- Surveillance de l'application des règles de prévention incendie et risques associés.[35]

### **2.3. Les missions du Pompier d'Entreprise dans le domaine de l'intervention :**

Le pompier d'entreprise doit intervenir immédiatement en cas de déclenchement d'un incendie et en attendant l'intervention des secours.

Ses missions s'exercent dans les domaines suivants :

- Surveillance et gestion des alarmes incendie et risques associés
- Mise en sécurité des personnes
- Secours à personne
- Sauvegarde des actifs stratégiques

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Mise en œuvre des moyens affectés à la sécurité passive et active
- Accueil et information des services d'incendie et de secours.

Selon son niveau hiérarchique (équipier, chef d'équipe, chef de groupe, responsable sécurité incendie, chargé de mission), les responsabilités exercées par le salarié diffèrent dans le cadre de ces missions.[35]

### **3. Évaluation de la zone dangereuse:**

Dans le cadre de la mise à niveau de votre système de sûreté, vous avez besoin :

- D'auditer et d'évaluer les composantes de votre organisation sûreté,
- D'assurer le renforcement de la mise en sûreté de vos bâtiments et infrastructures industriels et opérationnels,
- De protéger vos infrastructures, vos équipements, les biens et les données,
- D'assurer la protection de votre personnel.

L'objectif est de procéder à une analyse de risque pour identifier et prévenir les risques de malveillance en tenant compte des équipements de sûreté existants et des mesures opérationnelles déjà en place, tout en garantissant le niveau de sécurité de vos installations.

Les résultats de cette évaluation permettent d'identifier les points forts et les points faibles de votre organisation et les moyens de maîtrise en place.[36]

### **3.1. Trois étapes pour réussir cette évaluation des risques de malveillance:**

#### **3.1.1. Recueil d'information:**

L'objet de cette étape est :

- De planifier l'ensemble de la mission,
- D'établir un état des lieux en matière de sûreté des infrastructures, des biens, du personnel et du public.

Il conviendra ensuite :

- De reconnaître les zones sensibles et pour les bâtiments (approche bâtiment aire), les moyens d'accès et la résistance à l'effraction pour les prémunir des intrusions sur les 6 faces (Nord, Est, Sud, Ouest, les sous-sols et les toitures),

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- D'appréhender l'organisation de la sûreté actuelle, les mesures et moyens en place et le système de contrôle interne,
- De dresser un bilan post-audit et déterminer les outils de cotation des scénarios à utiliser.[36]

### 3.1.2. Méthodologie :

La méthode de l'analyse de vulnérabilité se résume par le schéma suivant :

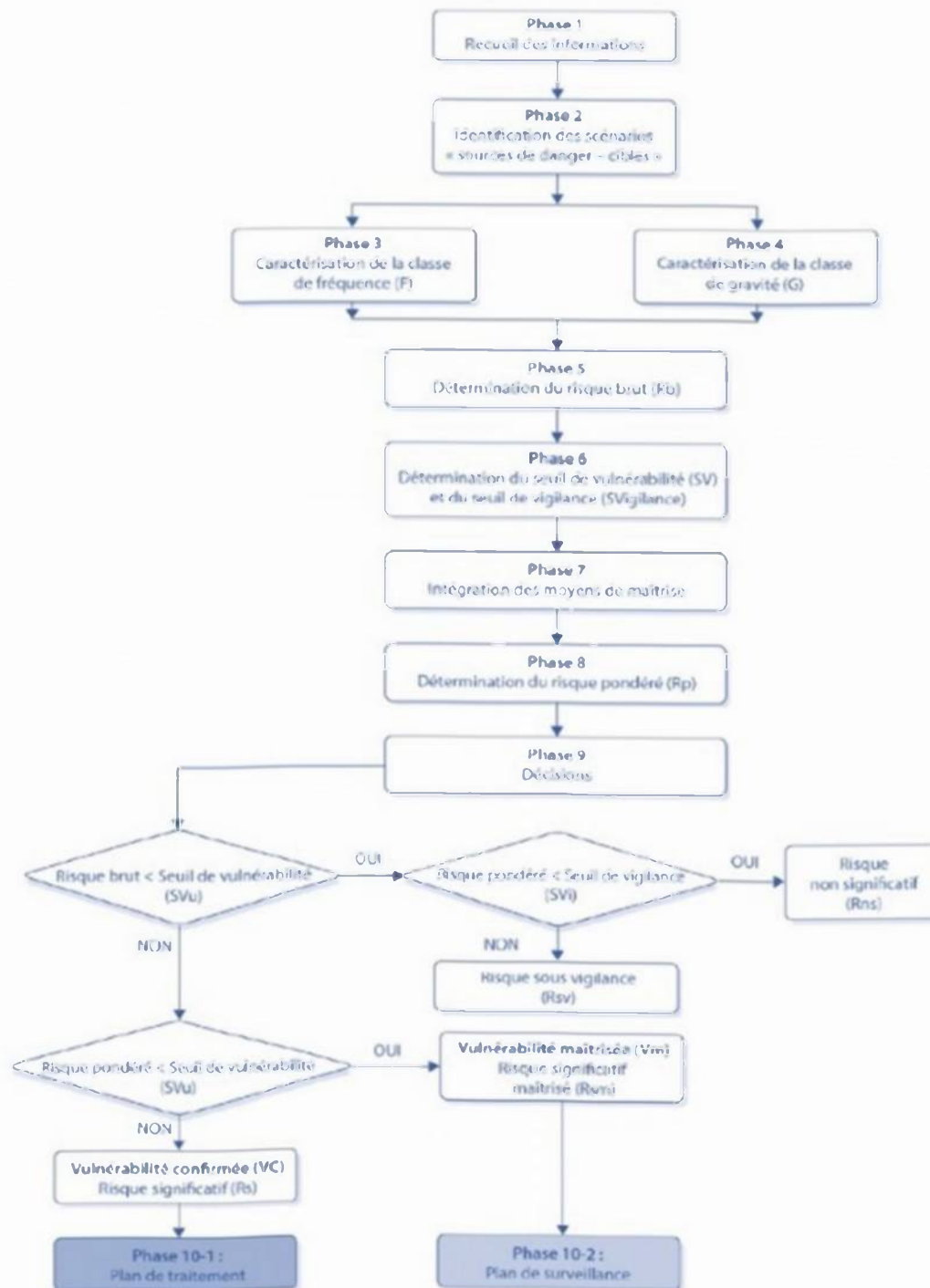


Figure 37: La méthode de l'analyse de vulnérabilité



## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Sur la base de la collecte des informations réalisées, il sera établi des scénarios « sources de danger- cibles » et d'actes de malveillance.[36]

### **3.1.3. Plan d'actions :**

En fonction des résultats de l'analyse de vulnérabilité, nous proposons des préconisations et des axes d'amélioration qui vont nourrir un plan d'action dans la durée, voir un schéma directeur de la protection.[36]

## **4. Les équipes de première et seconde intervention :**

### **4.1. Missions de l'équipe de première intervention :**

- de donner l'alarme pour déclencher les secours intérieurs et prévenir le poste de surveillance (qui alertera les secours extérieurs) ;
- d'intervenir immédiatement dans la zone de travail, avec les moyens disponibles sur place (avec les extincteurs et les RIA).[36]

### **4.2. Missions de l'équipe de seconde intervention :**

De façon générale, la seconde intervention correspond à toutes les actions de sauvetage, d'extinction, de protection qui sont menées avec des moyens mutualisés et non plus avec les moyens humains et matériels présents à proximité immédiate. Les ESI sont donc les personnes désignées et formées à la seconde intervention.

L'effectif, les missions et l'équipement des ESI sont définis en fonction des risques et des objectifs de la seconde intervention déterminés par l'exploitant. [36]

### **4.3. Réglementation nationale et lutte contre le feu :**

Les obligations de l'employeur en matière de prévention et de lutte contre l'incendie issues du Code du travail correspondent à la première intervention (articles R. 4227-28 à R. 4227-39 : manipulation des extincteurs et le cas échéant des autres moyens d'extinction disponibles sur place, alarme sonore, consigne de sécurité incendie).

Ainsi, réglementairement en ce qui concerne la première intervention, il y a lieu de se référer aux règles de formation en matière de manipulation des extincteurs : ensemble du personnel et périodicité de six mois, incluant les remarques ci-dessus en termes de tolérances.

La seconde intervention n'est pas imposée par le Code du travail. La réglementation nationale des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ne

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

traite pas des ESI. Cependant, la mise en place et la formation des ESI peuvent être imposées au cas par cas dans le cadre de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation du site ou par le biais d'un arrêté préfectoral de prescriptions complémentaires.[36]

### **4.4. La taille des équipes d'EPI et ESI et leur formation :**

**Nombre d'EPI :** « Les équipiers de première intervention sont choisis en tenant compte des séquences de travail et de la configuration des locaux. Ils sont regroupés par zone géographique et par séquence de travail, en équipes constituées et désignées sur les panneaux de consignes et le registre de sécurité.

L'effectif est défini afin de répondre simultanément aux deux critères suivants :

- leur répartition géographique est telle qu'il soit possible de réunir en tous points d'une zone un effectif minimal de deux personnes en moins d'une minute ;
- au moins un employé sur dix par secteur (par secteur il faut comprendre une entité géographique cohérente - un atelier, un étage, une cellule de stockage, etc.).

En concertation avec l'assureur et en fonction du risque, l'effectif peut être augmenté, en particulier pour les petites entreprises. »

**Nombre d'ESI :** « Les équipiers de seconde intervention sont choisis en tenant compte de la nature des risques, des séquences de travail et de la configuration des locaux. Ils sont regroupés en équipes constituées et désignées sur les consignes et le registre de sécurité. »

L'effectif de base est de cinq équipiers (deux binômes d'intervenants et un contrôleur) mais il doit être adapté en fonction des risques, des missions et des moyens à mettre en œuvre.

En ce qui concerne la périodicité de la formation, le recyclage consiste à organiser des séances d'entraînement pratique en situations (avec des exercices sur feux à combustibles réels), à minima tous les ans.[36]

### **4.5. Peut-on obliger un salarié à devenir équipier de première ou de seconde intervention ?**

Au moment de l'embauche, la fonction d'EPI ou d'ESI peut être intégrée au contrat de travail ou à la fiche de poste, ce qui la rend dès lors obligatoire pour le salarié.

Imposer une fonction d'EPI ou d'ESI au salarié au cours de l'exécution du contrat de travail est plus délicat. En effet, la jurisprudence considère que l'employeur ne peut imposer au salarié une modification importante de son contrat de travail sans son accord. Le salarié peut donc refuser une nouvelle mission sans relation avec sa fonction ou les tâches qui découlent de son contrat. Il convient au cas par cas de vérifier si la fonction d'EPI ou d'ESI peut être considérée comme inhérente au poste de travail occupé et être ainsi imposée au salarié.[36]

## **5. Les équipements de sauvetage :**

### **5.1. Équipements de protection collective (EPC) :**

#### **5.1.1. Définition :**

**Les équipements de protection collective (EPC) :** sont des dispositifs techniques qui isolent un danger des personnes potentielles exposées à ce même danger. Le recours à un EPC protège toute personne se trouvant à proximité du danger. C'est une grande différence qui le distingue d'un équipement de protection individuelle, lequel n'est destiné qu'à protéger individuellement le travailleur qui le porte contre des dommages.

La fonction principale des équipements de protection collective consiste à réduire à un niveau acceptable les risques auxquels les travailleurs sont exposés. Les équipements de protection collective ont une ou plusieurs des fonctions suivantes:

- 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. [37]

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## 5.1.2. Quelques exemples de moyens d'EPC :

Les douches d'urgence et les laves œil assurent une décontamination sur place. Elles permettent aux travailleurs de rincer à grande eau les substances dangereuses pouvant causer une blessure.

- La douche de sécurité doit être située à proximité des postes de travail, facilement accessible, distribuée de l'eau à 20-25°C et mise en action au moyen d'une chaîne ou d'une pédale. [38]



Figure 38: symbole et photo de la douche de sécurité

- Lavage d'œil doit être installé à proximité de chaque unité de travail présentant un risque. [38]



Figure 39: Symbole et photo de la lave œil

Le plus important est que les travailleurs reçoivent les instructions et formations nécessaires pour utiliser de manière correcte et en toute sécurité les équipements de protection collective mis en place au sein de l'entreprise. Ce n'est qu'à cette condition que la sécurité dans l'environnement de travail pourra s'améliorer et qu'il sera possible de réduire le nombre d'accidents de travail et de situations dangereuses.[37]

## 5.2. Equipement de protection individuelle (EPI) :

### 5.2.1. Définition :

**Les équipements de protection individuelles (EPI) :** est un équipement destiné à protéger l'utilisateur contre les risques liés à l'activité du travailleur et pouvant

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

provoquer un accident ou des atteintes à la santé. Il englobe notamment les éléments suivants: casques de sécurité, chaussures de sécurité, gants, protections oculaires et auditives, masques respiratoires, vêtements de protection à haute visibilité ou harnais de sécurité.[40]

### **5.2.2. Pourquoi l'EPI est-il important ?**

Seulement, même lorsque des vérifications ont été effectuées et que des systèmes de travail sécurisés sont mis en œuvre, certains risques peuvent subsister. Il s'agit notamment de lésions occasionnées:

- Aux poumons (par exemple, en cas d'inhalation d'air contaminé);
- À la tête et aux pieds (provoquées, entre autres, par la chute d'objets);
- Aux yeux (par exemple, par des particules projetées ou des éclaboussures de liquides corrosifs);
- À la peau (suite à un contact avec des matériaux corrosifs, par exemple);
- À l'ensemble du corps (notamment en cas d'exposition à des températures extrêmes).

L'EPI est nécessaire dans ces cas pour réduire les risques.[40]

### **5.2.3. Que devrait faire l'employeur ?**

- N'utiliser l'EPI qu'en dernier ressort.
- L'EPI doit être fournie gratuitement aux travailleurs exposés à un risque ne pouvant pas être évité raisonnablement par des protections collectives. Ainsi, le port du casque de protection est obligatoire sur la plupart des zones de travail, l'employeur doit le fournir gratuitement à ses travailleurs.
- Il doit choisir soigneusement l'équipement (voir le choix en détail ci-dessous), il doit le maintenir en bon état et s'assurer que les travailleurs sont formés pour l'utiliser correctement et savent comment déceler et signaler les défauts.

[40]

### **5.2.4. Types d'EPI pouvant être utilisés :**

#### **❖ Yeux :**

#### **Dangers :**

Eclaboussures de produits chimiques, projections de particules métalliques, poussières, projectiles, gaz et vapeurs, rayonnements.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

### **Choix possible :**

Lunettes de protection, masques, écrans faciaux, écrans protecteurs, visières-écrans.

### **Remarque :**

S'assurer que la protection oculaire choisie offre la bonne combinaison de protection contre les chocs, les poussières, les éclaboussures ou les particules de métal en fusion pour la tâche à effectuer et qu'elle convient à l'utilisateur.[40]

### ❖ **Tête et cou :**

### **Dangers :**

Impact d'objets qui tombent ou sont projetés, risque de chocs à la tête et d'happement des cheveux dans une machine, fuites ou éclaboussures de produits chimiques, intempéries ou températures extrêmes.

### **Choix possible :**

Casques de sécurité, casquettes antichoc, filets à cheveux, casques de pompier.

### **Remarque :**

- Certains casques de sécurité disposent ou peuvent être équipés d'une protection oculaire ou auditive spécialement conçue.
- Ne pas oublier la protection du cou et utiliser une guimpe ou un foulard ad hoc pendant les travaux de soudure.
- Remplacer toutes les protections de la tête qui sont endommagées.[40]

### ❖ **Oreilles :**

### **Dangers :**

Le bruit. Il s'agit d'une combinaison du bruit et d'une durée d'exposition ; néanmoins des bruits très puissants (haut niveau sonore) présentent également un danger même si l'exposition est de courte durée.

### **Choix possible :**

Bouchons d'oreilles, casque de protection auditive, embouts semi-ruraux, tampon auriculaire moulé (...)

### **Remarque :**

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Fournir les bons protecteurs auditifs adaptés au type de travail à effectuer, et veiller à ce que les travailleurs sachent comment les ajuster.
- Choisir des protecteurs qui réduisent le bruit à un niveau acceptable tout en permettant de travailler en toute sécurité et de pouvoir communiquer.[40]

### ❖ **Mains et bras :**

#### **Dangers :**

Eraflures, coupures et perforations, chocs, produits chimiques, chocs électriques, agents biologiques, températures extrêmes et rayonnement, immersion prolongée dans l'eau.

#### **Choix possible :**

Gants, gants avec manchettes, gantelets et manchons couvrant une partie ou l'intégralité du bras.

#### **Remarque :**

- Eviter de porter des gants lorsqu'on travaille sur certaines machines, par exemple les perceuses d'établi où les gants peuvent être happés.
- Certains matériaux absorbent rapidement les produits chimiques – prendre cet aspect en considération au moment de faire son choix d'achat de la protection.
- Les crèmes protectrices ne sont pas fiables et ne sauraient se substituer à un EPI approprié.
- Le fait de porter des gants pendant de longues périodes peut échauffer et faire transpirer la peau, entraînant des problèmes cutanés. Porter des sous-gants en coton pour y remédier.[40]

### ❖ **Pieds et jambes :**

#### **Dangers :**

Conditions humides, froides ou chaudes, accumulation électrostatique, glissades, coupures et perforations, chute d'objets, charges lourdes, éclaboussures de produits chimiques, projections de particules métalliques, véhicules.

#### **Choix possible :**

Bottes et chaussures de sécurité à bouts renforcés et résistantes à la pénétration, bottes à semelle intermédiaire, chaussures spéciales (bottes de fonderie, bottes de tronçonneuse).

#### **Remarque :**

- Les types de semelles et les matériaux qui les composent sont très variables afin d'empêcher les glissades dans différentes situations. Les modèles peuvent

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

être résistants à l'huile et aux produits chimiques, être antistatiques, électro-conducteurs ou thermiquement isolants.

- Il convient de choisir des chaussures appropriées en fonction des risques que présentent les conditions de travail à son poste.[40]

### ❖ **Poumons :**

#### **Dangers :**

Poussières, gaz, vapeurs, atmosphère pauvre en oxygène.

#### **Choix possible :**

– Equipement de protection respiratoire

- Certains respirateurs ont pour fonction de filtrer les contaminants présents dans l'air ambiant. Il peut s'agir de simples masques et respirateurs filtrants ou de respirateurs à ventilation assistée.
- L'utilisateur doit s'assurer que l'équipement de protection respiratoire s'ajuste correctement, notamment s'il porte un respirateur hermétique (masque filtrant, demi-masque respiratoire et masque respiratoire complet).
- Il existe également des types d'appareils respiratoires qui fournissent une alimentation indépendante en air respirable (tuyaux d'air frais, air comprimé, appareils respiratoires autonomes).

#### **Remarque :**

- Il convient d'utiliser le bon type de filtre pour appareil respiratoire, chaque modèle n'étant efficace que pour un nombre limité de substances.
- Les filtres ont une durée de vie limitée. En cas de manque d'oxygène ou de risque de perte de conscience due à une exposition à des niveaux élevés de fumées nocives, utiliser uniquement un appareil respiratoire, jamais de cartouche à filtre à air.
- L'appareil respiratoire devra être utilisé dans un espace confiné ou s'il existe un risque de manque d'oxygène dans la zone de travail.[40]

### ❖ **L'ensemble du corps :**

#### **Dangers :**

Insolation, éclaboussures de produits chimiques, projections de particules métalliques, pulvérisations provenant de fuites de pression ou de pistolets pulvérisateurs, poussières contaminées, chocs ou pénétrations, usure excessive ou emmêlement des vêtements.



# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **Choix possible :**

Salopettes conventionnelles ou jetables, combinaisons de chaudière, tabliers, combinaisons imperméables contre le risque chimique.

## **Remarque :**

- Il existe des matériaux ignifuges, antistatiques, en cote de mailles, imperméables aux produits chimiques, à haute visibilité.
- Ne pas oublier d'autres protections, par exemple harnais de sécurité ou gilets de sauvetage.[40]

## **6. Matériel de la lutte contre l'incendie :**

### **6.1. Matériels mobiles de lutte contre l'incendie : extincteurs et couvertures anti-feu :**

Le rôle joué par les extincteurs portatifs et mobiles comme premier secours d'urgence dans la lutte contre les incendies est important.

Les extincteurs sont conçus pour combattre des incidents relativement mineurs au départ qui pourraient très vite devenir des incendies majeurs.

La rapidité d'intervention est primordiale dans la mesure où l'utilisation d'un extincteur n'est efficace que sur un foyer naissant et sur une classe de feux compatible :

- **Classe A** : Feux de matériaux solides, généralement de nature organique : Bois, cartons, paille, papier ... Ces matériaux brûlent en formant des braises qui peuvent ré-enflammer la matière même si elle paraît éteinte.
- **Classe B** : Feux de liquides ou de solides liquéfiables : Hydrocarbures (essence, gazole, white-spirit), caoutchouc, alcools, solvants ... Ces matériaux brûlent sans faire de braise.
- **Classe C** : Feux de gaz : méthane, butane, propane ...
- **Classe D** : Feux de métaux : sodium, magnésium, phosphore ... qui ne se rencontrent pratiquement que dans l'industrie.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- **Classe F** : Feux liés aux auxiliaires de cuisine, huiles et graisses végétales et animales sur les appareils de cuisson.

Les extincteurs sont donc de plusieurs types : tout dépend de l'agent extincteur qu'ils contiennent pour l'utilisation adéquate (eau ou mousse, poudre, dioxyde de carbone...) et de leur poids ou de leur équipement (sur roues...). Ils doivent être placés sur des piliers ou sur les murs, en des endroits bien dégagés, de préférence à l'entrée des ateliers ou des locaux. Ils sont signalés par inscription en rouge (conformément à la signalisation de santé et sécurité au travail). Les extincteurs portatifs doivent être conformes à la norme EN-3 et porter le marquage CE. Toute nouvelle installation d'extincteurs doit faire l'objet de la part de l'installateur spécialisé de la délivrance d'un certificat de conformité.[22]

### **6.1.1. Extincteur à eau avec additif AFFF (Agent Formant un Film Flottant) :**

Ils sont les plus efficaces sur les feux de classe A. Grâce à l'additif, ils sont aussi parfaitement utilisables sur les feux de classe B (liquides), bien que la mousse soit plus efficace et plus sûre.[42]

### **6.1.2. Extincteur à mousse :**

Les extincteurs à mousse ont une conception identique aux extincteurs à eau avec additif, car il s'agit du même mélange mais la solution est mélangée à l'air au niveau du diffuseur. Il s'agit du seul agent capable d'éteindre proprement, sûrement et sans risque de rallumage, les feux de liquides (classe B). La mousse, en flottant, agit en isolant l'air de ces derniers. La mousse est inutilisable sur des feux d'installations électriques, car elle est conductrice.[22]

### **6.1.3. Les extincteurs à poudre ABC (ou poudres polyvalentes) :**

Les extincteurs à poudre contiennent une poudre chimique qui agit en étouffant le feu et en isolant le combustible. L'inconvénient de l'utilisation de la poudre est qu'elle est abrasive et mélangée à l'eau elle devient corrosive (notamment pour les circuits électriques, ou les biens de valeur) et qu'elle diminue la visibilité dans un espace confiné et amène une gêne respiratoire. Ce sont les extincteurs qui éteignent le feu le plus rapidement, mais pas forcément d'une façon définitive. Sur les liquides (classe B), la poudre rend le rallumage difficile mais pas impossible. La poudre est le seul

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

agent extincteur efficace sur les feux de gaz (classe C). On peut également noter que ce sont les seuls extincteurs utilisables par très grand froid sur les feux de type A. [22]

### **6.1.4. Les extincteurs à CO<sub>2</sub> :**

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) agit principalement par étouffement, en diminuant fortement la concentration d'oxygène alimentant le feu. Le CO<sub>2</sub> n'est vraiment efficace que sur les feux naissants. Il est efficace sur les petits feux de liquides (classe B). et est utilisable sur les feux de solides (classe A) lorsque ceux-ci sont très peu épais (tissu, papier, etc.). Par contre, il est totalement inefficace sur les feux de solides épais ou formant des braises, en raison de leur forte inertie thermique. Sa grande utilité réside en la possibilité de refroidir des appareils électriques en surchauffe (moteurs électriques, transformateurs...). Les extincteurs à CO<sub>2</sub> sont les seuls qui peuvent servir à séparer de la source d'électricité une victime en train de s'électriser. Le CO<sub>2</sub> a également l'avantage de ne laisser aucun résidu et de ne causer aucun dégât, ce qui en fait le seul agent utilisable dans un environnement informatique ou une cuisine par exemple.[22]

Par ailleurs certains risques particuliers nécessitent des extincteurs spécifiques: huiles de fritures, matériel électrique sous tension, feux de métaux...etc. [22]

Récapitulatif simplifié de choix des extincteurs pour les départs de feux :

<b>Risque à combattre</b>	<b>Nature de l'agent extincteur</b>
Risque courant	Eau pulvérisée avec additif
Cuisine	CO <sub>2</sub>
Electricité, informatique	CO <sub>2</sub>
Hydrocarbures	Poudre

Tableau 4: les risques et leurs agents extincteur

### **6.2. Matériels fixes de lutte contre l'incendie : robinets d'incendie armés (RIA) :**

**Les robinets d'incendie armés (RIA) :** permettent, lorsque l'emploi de l'eau n'est pas interdit, une action puissante et efficace lors de la première intervention, dans l'attente

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

d'arrivée des secours. Ils doivent être implantés à des emplacements abrités du gel, et à proximité des accès. Ils sont signalés de façon claire.

Les possibilités d'alimentation en eau, au besoin en disposant de réservoirs, sont évidemment essentielles. Des robinets d'incendie armé, ou RIA, sont destinés aux établissements recevant du public (hôpitaux, salles de spectacle ou grands magasins...) et sont installés dans de très nombreux établissements industriels.

Le RIA comprend un tuyau semi-rigide, enroulé sur un dévidoir qui varie entre 20 et 30 mètres ; il est alimenté en permanence en eau, avec une pression et un débit suffisants (2,5 bar minimum), d'où son appellation d'armé. Il ne s'aplatit donc pas mais conserve sa section circulaire, ce qui permet de l'utiliser même sans le dérouler entièrement. Il est terminé par un embout permettant deux types de jet, un dit bâton, l'autre diffusé, dont le diamètre est variable selon l'importance du risque. Les RIA d'un ERP doivent être disposées de façon à ce que leurs lances couvrent la totalité de la surface d'un établissement. Plus précisément, les RIA devront être disposées de manière à ce que tout point de la surface des locaux protégés soit couvert par au moins deux jets en position diffusée. Dans les établissements commerciaux recevant du public et supérieurs à 3000 m<sup>2</sup> la protection RIA est complémentaire de la mise en place d'une extinction automatique à eau.

Les installations R.I.A. concernent les bâtiments industriels, commerciaux, agricoles ou tertiaires, sachant que l'exploitation et les contraintes d'encombrement peuvent être différentes dans un même établissement. Il existe 2 types : Le dévidoir tournant fixe est utilisé en cas de contrainte d'encombrement, pour locaux en enfilade et locaux ne permettant pas un débattement par pivotement de la bobine.(couloirs, niches,...), le dévidoir tournant pivotant autrement car il est plus facile à déployer.

Il convient par ailleurs de disposer d'un ensemble d'accessoires (lances et adaptateurs, tuyaux, robinets diffuseurs...)[22]

### **6.3. Les bouches et les poteaux d'incendie :**

#### **6.3.1. Définitions :**

La bouche d'incendie est un appareil de robinetterie, raccordé à un réseau d'eau sous pression enterré ou protégé et permettant le branchement au niveau du sol du matériel mobile des services de lutte contre l'incendie.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

La bouche d'incendie normalisée est incongelable ; elle est munie d'une prise de 100 mm de diamètre ; elle est prévue pour être utilisée sur les circuits hydrauliques sous pression maximale en service de 16 bar. Le débit nominal mesuré à la prise doit être de 60 m<sup>3</sup>/h.

La bouche d'incendie est désignée par le diamètre nominal de la prise, le mode de raccordement (bride fixe ou orientable) et le diamètre nominal de raccordement de l'orifice d'entrée et la profondeur de raccordement. La profondeur de raccordement est la distance en mm entre le niveau théorique du sol et l'axe de l'orifice d'alimentation de la bouche d'incendie.[42]



Figure 40: la bouche d'incendie

Un poteau d'incendie est une installation analogue à la bouche d'incendie mais dont les prises sont disposées au-dessus du sol.

Les bouches et les poteaux d'incendie peuvent être alimentés soit par un réseau de distribution publique d'eau, soit par un réseau d'eau sous pression privé.

Les bouches et poteaux d'incendie sont normalisés.

Les poteaux d'incendie normalisés sont incongelables, ils possèdent selon le modèle :

- poteau de 100 : une prise centrale de 100 mm et deux prises latérales de 65 mm ; leur débit nominal est de 60 m<sup>3</sup>/h ;
  - poteau de 2 x 100 : deux prises latérales de 100 mm et une prise centrale de 65 mm ; leur débit nominal est de 120 m<sup>3</sup>/h ;
  - poteau de 65 : une prise centrale de 65 mm ; leur débit nominal est de 30 m<sup>3</sup>/h ;
- ils sont prévus pour être utilisés sur des circuits hydrauliques sous pression maximale en service  $\leq 16$  bar.

Hormis leurs caractéristiques dimensionnelles, les poteaux d'incendie peuvent se distinguer de la manière suivante.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

Ils peuvent être munis d'un système de vidange soit automatique soit semi-automatique.

Les prises peuvent être exposées à vue et le poteau est dit « à prises apparentes ». Lorsqu'elles sont protégées par un capotage, il est dit « sous coffre ».

Les poteaux peuvent être équipés d'un dispositif empêchant la rupture des canalisations en cas de renversement (accident de circulation par exemple), dans ce cas ils sont dits « renversables » ; dans le cas contraire, ils sont « non renversables ».

Les poteaux d'incendie doivent être peints en « rouge incendie » normalisé et porter :

- la marque ou le sigle du fabricant ;-
- sur le couvercle, le sens et le nombre de tours d'ouverture ;-
- les deux derniers chiffres de l'année de fabrication.[42]



Figure 41: poteau d'incendie

### **6.3.2. Implantation et Installation :**

Ces installations doivent faire l'objet d'une étude avec les services d'incendie et de secours, tant en ce qui concerne le type que le nombre et l'emplacement des appareils, ainsi que le tracé des canalisations destinées à les alimenter.

- Un poteau d'incendie doit être situé à une distance comprise entre 1 et 5 m du bord de la chaussée accessible aux véhicules des services d'incendie et de secours, de manière à ne gêner ni la circulation des piétons ni celle des voitures d'handicapés. Il peut être mis à l'abri des chocs éventuels liés à la circulation automobile par un système de protection (murette, barrière). Le poteau doit être orienté de manière à faciliter la mise en place et la manœuvre des tuyaux.
- Une bouche d'incendie doit être située au plus à 5 m du bord de la chaussée accessible aux véhicules des services d'incendie et de secours, sur un emplacement le moins vulnérable possible au stationnement des

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

véhicules. Cet emplacement est signalé par une plaque normalisée (norme NF S 61-221). Un espace libre de 0,50 m de rayon doit être ménagé autour du carré de manœuvre.

La norme NF S 62-200 relative aux règles d'installation des bouches et poteaux d'incendie précise que ceux-ci doivent être mis en place selon les règles de l'art et conformément au cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux (Fascicule n° 71).

Après réception d'un appareil par les services d'incendie et de secours, toute mise en indisponibilité ou remise en eau doit être signalée immédiatement. Toute modification de l'installation susceptible de modifier les caractéristiques du réseau ou des appareils doit également être signalée. [42]

### **6.3.3. Vérifications :**

Il est souhaitable d'effectuer tous les mois une inspection de ces installations, de réaliser des essais tous les 6 mois et de faire procéder à une vérification complète une fois par an.

Rappelons que l'entretien et la vérification des bouches et poteaux d'incendie relève de la responsabilité du chef d'établissement pour les installations privées et du maire pour les installations publiques.[42]

## **6.4. La colonne sèche et humide :**

### **6.4.1. Définition :**

**La colonne sèche :** est un dispositif de lutte contre les incendies pour les immeubles, bâtiments de moins de 50 mètres de hauteur. Il s'agit d'une conduite rigide parcourant les étages du bâtiment sur laquelle il est possible de raccorder un tuyau à chaque extrémité dont l'une se trouve dans la zone à défendre et l'autre à l'extérieur, dans un endroit facile d'accès pour les secours. Cette colonne est en quelque sorte un tuyau fixe permettant aux pompiers de gagner du temps et éviter les contraintes de passage de leurs tuyaux. Elle est appelée "sèche" car elle n'est pas alimentée, elle est mise en eau par les services de secours qui doivent la brancher à un fourgon incendie. [43]

**La colonne humide :** elle est aussi, un dispositif de lutte contre l'incendie mais à destination des immeubles de grande hauteur, (plus de 50 mètres). Elle est appelée "humide" car, contrairement à la colonne sèche, elle est pressurisée et continuellement alimentée en eau grâce à des pompes ou à un château d'eau. Il s'agit d'une conduite

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

verticale munie de prises à chaque étage du bâtiment, elle permet aux sapeurs-pompiers de se raccorder directement à l'endroit du sinistre, ce qui réduit le temps de la manœuvre. Elle est l'équivalent, en intérieur, d'un poteau incendie. [43]



Figure 42: Colonne sèche et humide

### 7. Le système de sécurité incendie (SSI) :

Le système de sécurité incendie (SSI) sont de plus en plus utilisés pour protéger les entreprises contre les risques importants. Le système de sécurité incendie (SSI) se prévoit dès la conception d'un local ou d'un bâtiment : il se compose du système de détection incendie (SDI) et du système de mise en sécurité incendie (SMSI) dont les systèmes d'extinction automatiques.

Diverses **installations fixes d'extinction automatiques** peuvent être réalisées lorsque les risques sont graves ou ponctuels, ou que la valeur du matériel à protéger est grande (équipements informatiques, centraux téléphoniques...).

Ces procédés permettent de contenir, voire d'éteindre un foyer d'incendie par une intervention précoce et rapide, même en l'absence des occupants. Une installation fixe comprend cinq parties principales :

- la source ou réserve de produits extincteurs,
- le réseau de distribution de l'agent extincteur,
- les diffuseurs de l'agent,
- le dispositif de mise en œuvre (tableau de commande...),
- le dispositif d'alarme.

Principaux types d'installations fixes d'extinction

- Systèmes d'aspersion par eau type « sprinkler »
- Systèmes d'extinction par mousse (surtout pour les stockages de produits pétroliers)
- Systèmes d'extinction par poudre (chaufferies...)



## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- Systèmes d'extinction par gaz (gaz inertes, hydrocarbures halogénés. [22])

### **7.1. Système de détection incendie (SDI) :**

Il faut choisir judicieusement les types de détecteurs (certifiés NF ou agréés APSAD...) adaptés au local, aux personnes et aux biens à protéger et les implanter en quantité suffisante.

Le choix de l'emplacement des détecteurs dépend :

- de la hauteur du local.
- de la localisation et de la configuration du plafond du sens des courants d'air.
- de l'emplacement des entrées d'air et des gaines de ventilation,
- de l'accessibilité pour permettre les opérations de maintenance (nettoyage et essais).

Principaux types de détecteurs

- Détecteurs de fumée de type optique : détection des aérosols de combustion
  - Détecteurs de chaleur de type thermostatique : détection d'une température anormalement élevée
  - Détecteurs de flamme : détection dans le domaine de l'infrarouge ou de l'ultraviolet.
- [22]

### **7.2. Système de mise en sécurité incendie (SMSI) :**

Ce système regroupe un organe de signalisation et de commande, ainsi que les dispositifs actionnés de sécurité ou DAS (portes coupe feu, systèmes de désenfumage mécanique).

Il comporte l'ensemble des équipements qui assurent les fonctions nécessaires à la mise en sécurité d'un bâtiment ou d'un établissement en cas d'incendie : le compartimentage, la gestion des issues, le désenfumage, l'extinction automatique et la mise à l'arrêt de certaines installations techniques (gaz, électricité...).[22]

### **7.3. Systèmes d'extinction automatiques fixes à eau de type sprinkleur :**

L'installation se présente sous la forme d'un réseau de canalisation permettant d'arroser dans les délais les plus brefs, avec de l'eau sous pression, un foyer d'incendie qui se déclare. Les plafonds des locaux à protéger sont munis de canalisations portant des têtes d'extincteurs ou "sprinkleurs".

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

A partir d'une certaine température, le ou les sprinklers qui y sont soumis s'ouvrent brusquement et permettent un arrosage local en pluie très efficace. L'ouverture d'un sprinkler occasionne une baisse de pression dans l'installation. Ce phénomène est utilisé pour déclencher l'alarme par un moyen sonore.

En dehors d'installations industrielles particulières, chaque tête est indépendante et n'apporte de l'eau que sur la zone enflammée. Les installations sprinklers sont donc soit du type déluge (déclenchement simultané sur toute la zone concernée) généralement déclenché par une détection, soit du type sous eau (buses à ampoule) avec le déclenchement d'une buse ou d'un groupe de buses en cas d'élévation de la température. Les choix des températures de déclenchement, la plus courante étant de 68°C pour les bureaux, doivent tenir compte de la température ambiante et de l'application concernée (fours, chaufferie, séchoirs, etc.) pour éviter tout déclenchement inapproprié. Il y a aussi de nombreux types de têtes de gicleurs en fonction des locaux à protéger.

Pour éviter les risques de gel dans des locaux non chauffés, les canalisations de l'installation sont, au lieu d'eau, remplies d'air sous pression.

Les quantités d'eau à mettre en œuvre sont importantes. Aussi, la zone traitée doit être équipée d'une rétention.

Dans les applications souterraines (tunnels, métros ...), l'évacuation de grands volumes d'eau peut présenter une véritable difficulté, de même que l'installation d'équipements et tuyaux de grand diamètre dans les zones situées à une certaine distance sous terre : des installations à brouillard d'eau avec des sprinklers à très grande vitesse qui forment un brouillard, représente alors une solution efficace : en diminuant la taille des gouttelettes, l'accroissement de la pression crée un phénomène de brumisation sur une surface élargie. Au contact des flammes, l'eau se vaporise, absorbant la chaleur et déplaçant l'oxygène qui alimente le feu, et conduisant ainsi à le contenir puis l'éteindre. Plus la surface de diffusion est grande, plus le système est efficace pour réduire la température et l'oxygène dans la zone touchée.[22]

### **7.4. Systèmes automatiques de protection à rideau d'eau :**

Un rideau d'eau est destiné à l'arrosage d'une paroi afin de renforcer sa résistance au feu. Un rideau d'eau est constitué par une ou plusieurs antennes équipées de sprinklers ou de pulvérisateurs dont les orifices sont ouverts en permanence. Le

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

mode de déclenchement d'un rideau d'eau doit être manuel et automatique. Le mode de déclenchement automatique peut être commandé par un réseau de sprinklers pilote ou par un système de détection incendie.

On n'utilise donc pas le système de rideau d'eau à proprement parler pour l'extinction mais plutôt pour éviter la propagation du feu car le rideau d'eau diminue les effets du rayonnement, ou pour augmenter la résistance au feu des matériaux des portes, murs, cloisons...

On installe en général un rideau d'eau pour isoler la paroi d'un bâtiment protégé par sprinklers, de feux pouvant provenir de l'extérieur. Par exemple présence de silo d'huile végétale, de carburant, ou de tout autre produit inflammable, qui si il était en feu transmettrait le feu par rayonnement ou par conduction au bâtiment adjacent.[22]

### **7.5. Systèmes d'extinction automatiques fixes à gaz)**

Une Installation d'extinction automatique à gaz (IEAG) est un système fixe qui permet de détecter l'éclosion d'un incendie et de l'éteindre par l'apport de gaz neutres (CO<sub>2</sub>, argon/azote) ou inhibiteurs dans un délai bref. Elles sont composées d'une réserve d'agent extincteur (souvent sous pression permanente), d'une tuyauterie pour l'acheminer et d'un système de déclenchement automatique ou manuel.

On en trouve, à des échelles très différentes :

- dans des chaudières ;
- dans des compartiments moteurs, machines sous carter ;
- dans des armoires électriques ;
- dans des salles informatiques, centres de stockage de données, centraux téléphoniques
- dans des cuisines et leurs hottes ;
- dans des musées, bibliothèques

Une IEAG se trouve surtout dans les locaux présentant un risque d'incendie important, renfermant du matériel de grande valeur ou dans lesquels l'eau ne peut pas être utilisée.

Pour l'extinction automatique d'incendie de cuisines de restaurants ou cuisines collectives, il existe des systèmes dédiés comprenant un coffret contenant l'agent extincteur et la cartouche de propulsion, un réseau d'extinction, buses de diffusion...etc. [22]

## **8. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons parlé des différentes décisions qui peuvent être prise pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs sur leur lieu de travail et cela par plusieurs méthodes et équipements qui peuvent se tenir face à face pour lutter contre les risques industriels signalés par le système de détection intelligent ,

Il est donc essentiel de gérer les risques à travers un suivi régulier et l'établissement de systèmes d'alerte précoce multirisques et d'intervention rapide pour réduire la possibilité de catastrophes, sans oublier l'importance de la prévention avant et pendant le danger. [41]

**“Mieux vaut prévenir que guérir”[5]**

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## **Conclusion générale**

Au cours de notre formation, nous avons pu observer les différents dangers en milieu de travail et bien que les entreprises travaillent avec des systèmes de détection avancés, ceux-ci ne permettent pas à l'équipe d'intervention d'identifier la probabilité d'un accident et la possibilité d'avoir une personne blessée (victime) au niveau du lieu de travail.

Grâce à ces observations, nous avons mis en place une idée pour faciliter les tâches du groupe de travail afin qu'il puisse connaître le lieu et l'employé, en référence à son identité et sa santé. Le système que nous avons étudié est un système de détection intelligent que nous avons connecté à la technologie Arduino afin de faciliter et d'accélérer la transmission d'informations à l'unité d'intervention.

Arduino est un ordinateur construit qui peut interagir et contrôler l'environnement mieux qu'un ordinateur de bureau. [5]

En fin, nous avons parlé des différentes méthodes de prévention et d'intervention afin de faire face aux risques potentiels en milieu industriel, préservant ainsi la sécurité et la santé des travailleurs, des équipements et de l'environnement

# Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

## Bibliographie

- ✚ [1] : Bouzeria.N, Identification et évaluation des risques de l'activité de la manutention au sein de l'entreprise portuaire de Bejaïa (EPB) Cas des Dockers Professionnels 2012-2013.
- ✚ [2] : TALEB Omar & MANKOURI Abdelkrim, université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen, « Programmation de la sécurité Internet des Objet, Etude de cas module WIFI Electric imp. » en Mai 2016.
- ✚ [3] : Retrouvez ce dossier sur le site de HSE-NETWORK : <https://www.hse-network.com/> .
- ✚ [4] : Retrouvez ce dossier sur le site de l'INRS : [www.inrs.fr/demarche/risques-industriels.html](http://www.inrs.fr/demarche/risques-industriels.html) .
- ✚ [5] : Retrouvez ce dossier sur le site de INSTITUT MONTAIGNE : <https://www.institutmontaigne.org/> .
- ✚ [6] : Retrouvez ce dossier sur le site de bioex : <https://www.bio-ex.com/fr/>.
- ✚ [7] : Retrouvez ce dossier sur le site de bosha-algerie : <http://www.bosha-algerie.com/>.
- ✚ [8] : Retrouvez ce dossier sur le site BUREAU VERITAS : <https://www.bureauveritas.fr/>.
- ✚ [9] : Retrouvez ce dossier sur le site de ACMS : <https://www.acms.asso.fr/>.
- ✚ [10] : Retrouvez ce dossier sur le site de sapeurs-pompiers de France : <https://www.pompiers.fr/> .
- ✚ [11] : Retrouvez ce dossier sur le site de GAZISSIMO : <https://gazissimo.fr/> .
- ✚ [12] : Retrouvez ce dossier sur le site de DNV : <https://www.dnv.fr/> .
- ✚ [13] : Retrouvez ce dossier sur le site de Picomto : <https://www.picomto.com/>.
- ✚ [14] : *DAVE, Evans. L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ? Avril 2011, 12 p. (Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG))*
- ✚ [15] : Rafael Marques « SYSTÈME DE PRODUITS ET SERVICES BASÉS SUR L'INTERNET DES OBJETS : CONCEPTION ET IMPLANTATION PILOTE DANS UNE STATION-SERVICE », UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL, en JUILLET 2018.
- ✚ [16] : *SYNOX Group. 4 choses à savoir sur l'Internet des objets. [en ligne]. Disponible sur : <<https://www.synox.io/4-choses-a-savoir-sur-linternet-des-objets/>> (Consulté le 02/02/2019).*

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- ✚ [17] : MELITI Nedjema. *Architecture Basée Agents pour le diagnostic d'un système d'IOT (Internet of Things). Mémoire de Master académique, Architectures Distribuées. Oum-El-Bouaghi : Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi, 2017, 111 p.*
- ✚ [18] : Rahim Tafazolli, "TECHNOLOGIES FOR THE WIRELESS FUTURE", John Wiley & Sons, 2006.
- ✚ [19] : Posté le 13/09/2011 par Guillaume Plouin, Nicolas Colomer , Retrouvez ce dossier sur le site de octo talks : [www.blog.octo.com](http://www.blog.octo.com) .
- ✚ [20] : Simha, C. Y., Harshini, V. M., Raghuvamsi, L. V. S., & Kounte, M. R. (2018) « Enabling Technologies for Internet of Things & It's Security issues», School of Electronics and Communication Engineering, REVA University, Bengaluru, 560064.
- ✚ [21] : Retrouvez ce dossier sur le site de dépôt numérique université Larbi Ben M'hidi Om-El-Baouaghi : <http://bib.univ-oeb.dz/> .
- ✚ [22] : Retrouvez ce dossier sur le site de officiel-prevention : <https://www.officiel-prevention.com/>.
- ✚ [23] : Retrouvez ce dossier sur le site de University of Biskra Repository : <http://archives.univ-biskra.dz>.
- ✚ [24] : ZERROUKI & Mohamed Amine - NESNAS Riadh « CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN SYSTÈME DE COMMANDE D'UNE HABITATION ». UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, Année universitaire 2017/2018.
- ✚ [25] : MANSOUR Amir « Etude et réalisation d'un système de sécurité basé sur module GSM Sim 900 via ATMEGA 328 » . UNIVERSITE Mouloud MAMMERI DE TIZI-OUZOU, Promotion 2017/2018.
- ✚ [26] : Retrouvez ce dossier sur le site de P. domotique et objets connectés : <https://projetsdiy.fr/> .
- ✚ [27] : Retrouvez ce dossier sur le site de Le Disrupteur Dimensionnel : <https://ledisrupteurdimensionnel.com/>
- ✚ [28] : Retrouvez ce dossier sur le site de ARANACORP : <https://www.aranacorp.com/fr/>
- ✚ [29] : Retrouvez ce dossier sur le site de 20ANS FUTURA TECH : <https://www.futura-sciences.com/>.

## Conception d'un système intelligent de sécurité industrielle

- ✚ [30] : F. Ferrero « Les accéléromètres Electronique pour Arduino» , site de ubuntu : <http://users.polytech.unice.fr/>.
- ✚ [31] : Ning Jia " Detecting human Falls with a3-Axis Digital Accelerometer " site de AnalogDialogue, en JUL2009.
- ✚ [32]: Barometric Pressure and Triaxial Accelerometry-Based Falls Event Detection | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore .
- ✚ [33]: Angela Sucerquia, José David López,\* and Jesús Francisco Vargas-Bonilla « SisFall: A Fall and Movement Dataset», 20Jan 2017.
- ✚ [34] : Retrouvez ce dossier sur le site de Tissot éditions : <https://www.editions-tissot.fr/> .
- ✚ [35]: Retrouvez ce dossier sur le site de Préventica : <https://projetsdiy.fr/>.
- ✚ [36]: Retrouvez ce dossier sur le site de cnpp :<https://www.cnpp.com/> .
- ✚ [37]: Retrouvez ce dossier sur le site de service public fédéral.Emploi,Travail et Concératon sociale : <https://www.beswic.be/fr> .
- ✚ [38]: « QUELQUES EXEMPLES DE MOYENS DE PROTECTION COLLECTIVE » . Université de Nantes, UVED : Université Virtuelle Environnement&Développement Durable, Retrouvez ce dossier sur le site : <https://www.univ-nantes.fr/> .
- ✚ [39]: Retrouvez ce dossier sur le site عالم الهندسة :<https://www.eleccurrent.com/> .
- ✚ [40]: Retrouvez ce dossier sur le site : OIT: Organisation Internationale du Travail : <https://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm>.
- ✚ [41]: Retrouvez ce dossier sur le site : Gravitazz Institule For disasterreduction and emergency management : <https://www.preventionweb.net/english/>
- ✚ [42]: Retrouvez ce dossier sur le site PRÉCÉDENT : <http://cs.pontdecheruy.free.fr/livres/livre5/56.htm> .
- ✚ [43]: Retrouvez ce dossier sur le site HAI: HYDRO APPLICATION INCEDIE : <https://www.ha-incendie.fr/> .