

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Études de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electrotechnique

Spécialité : **Electrotechnique Industrielle**

Présenté par
Amar IMOULA

Thème

Mise en Maquette d'un Système de Détection d'Incendie et de Désenfumage Grâce à une Carte Arduino

Mémoire soutenu publiquement le 03 octobre 2024 devant le jury composé de :

Mme Ferroudja BITAM-MEGHERBI

Professeure, UMMTO, Présidente

Mme Malika LOUANCHI

MAA, UMMTO, Encadreur

M Ramdane CHERIK

Ingénieur, GSIX, Co-Encadreur

M Mohamed Lamine HAMIDA

MCA, UMMTO, Examineur

Remerciements

Toute ma gratitude va à mon encadrante Madame Malika Louanchi pour avoir mis sa confiance en moi, pour avoir été tolérante et d'une grande aide.

Mes remerciements s'adressent à mon co-encadrant Monsieur Ramande Cherk gérant de l'entreprise GSIX Society à Krim Belkacem, Tizi Ouzou, pour avoir proposé ce sujet.

Je remercie chaleureusement Monsieur Mohamed Lamine Hamida pour ses conseils avisés et son investissement dans ce travail.

Je remercie les membres du jury pour avoir pris le temps de lire et juger le contenu de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les membres de la faculté de Génie Electrique et d'Informatique qui m'ont accompagné durant ces belles années universitaires.

Dédicaces

Je dédie tout mon travail à ma mère qui a su m'encourager et me soutenir.

A ma chère Melissa

Amar

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I Généralités sur les Incendies	4
I.1. Introduction	5
I.2. Causes de déclenchements de feu	5
I.2.1. Causes Energétiques	5
I.2.2 Causes Humaines	5
I.2.3. Causes Naturelles	5
I.3. Principe de combustion	6
I.3.1. Source d'énergie	6
I.3.2. Combustible	6
I.3.3. Comburant	6
I.4. Conséquences des incendies	7
I.4.1. Pertes humaines	7
I.4.1.1. Pertes dues aux flammes	7
I.4.1.2. Pertes dues à la fumée	7
I.4.2. Pertes matérielles et financières	8
I.4.3 Pertes environnementales	10
I.5. Protocole en cas d'incendie	10
I.5.1. Evacuation du personnel	10
I.5.1.1. Définition	10
I.5.1.2. Règles d'évacuation	10
I.5.2. Rôles des équipes d'intervention (sécurité)	11
I.5.3. Moyens de signalisation	12
I.5.3.1. Dossier technique	12
I.5.3.2. Alarme	12
I.5.3.3. Alerte	12
I.6. Moyens de lutte contre les incendies	13
I.6.1. Robinets d'Incendie Armés RIA	13
I.6.2. Extincteurs	13
I.6.3. Poteaux et bouches incendie	15
I.6.4. Colonnes incendie	15
I.6.5. Installations fixes d'extinction	16
I.6.5.1. Sprinklers	16
I.6.5.2. Installation d'extinction à gaz	17
I.6.6. Désenfumage	18

I.6.7. Systèmes de détection d'incendie	19
I.7. Conclusion	20
Chapitre II Désenfumage et Détection d'incendies	21
II.1. Introduction	22
II.2. Détection d'incendies	22
II.2.1. Principes de fonctionnement d'un système de détection incendie	22
II.2.2. Types d'installation de détection d'incendie	23
II.2.2.1. Installations conventionnelles	23
II.2.2.2. Installations adressables	23
II.2.3. Détecteurs automatiques d'incendie	23
II.2.3.1. Types de détecteurs automatiques d'incendie	23
II.2.4. Déclencheur manuel	24
II.2.5. Types de raccordement des détecteurs d'incendie	25
II.2.5.1. Raccordement série	25
II.2.5.2. Raccordement parallèle	25
II.2.6. Etats de détecteurs d'incendie	26
II.2.6.1. Etat de veille	26
II.2.6.2. Etat d'alarme	26
II.2.6.3. Etat de dérangement	26
II.2.7. Commandes automatiques	26
II.3. Désenfumage	26
II.3.1. Effet de la fumée	27
II.3.1.1. Raréfaction de l'oxygène	27
II.3.1.2. Gaz toxiques	27
II.3.1.2. Gaz irritants	28
II.3.2. Principes de désenfumage	28
II.3.3. Contraintes du désenfumage	30
II.3.3.1. Compartimentage	30
II.3.3.2. Stratification	31
II.3.3.3. Balayage	32
II.3.4. Types de désenfumage	32
II.3.4.1. Désenfumage naturel	33
II.3.4.2. Désenfumage mécanique	34
II.4. Classification des constructions	35
II.4.1. Bâtiments d'habitation BH	35
II.4.2. Etablissements recevant du public ERP	35
II.4.2.1. Classement des ERP	36

II.4.3. Immeubles de grande hauteur IGH	36
II.4.3.1. Dispositions de sécurité	37
II.4.3.2. Locaux à risques	37
II.5. Normes et réglementation Algériennes	38
II.5.1. Dans les BH	38
II.5.2. Dans les ERP et IGH	38
II.5.2.1 Dans les ERP	38
II.5.2.2. Dans les IGH	39
II.6. Conclusion	39
Chapitre III Simulation et Mise en Maquette	40
III.1. Introduction	41
III.2. Plan de réalisation	41
III.3. Description du système	41
III.3.1. Schéma de principe	41
III.3.2. Composants électroniques utilisés	41
III.3.2.1. Carte Arduino	41
III.3.2.2. Détecteur de Fumée	42
III.3.2.3. Moteur et hélice	43
III.3.2.4. Breadboard	44
III.3.2.5. LED	44
III.3.2.6. Buzzer	45
III.3.2.7. Bouton poussoir/Interrupteur	45
III.3.2.8. Résistances	46
III.3.2.9. Jumpers	47
III.4. Conception et assemblage	48
III.4.1. Schéma de câblage	48
III.4.2. Programme sur IDE Arduino	50
III.4.3. Simulation sur Proteus	52
III.4.4. Etapes du montage réel	56
III.5.1. Protocole de tests	57
III.5.2. Analyses des résultats	58
III.5.3. Problèmes rencontrés	58
III.5.4. Améliorations et ajustements	60
III.6. Conclusion	62
Conclusion Générale	64
Références bibliographiques	66
Annexes	68

Introduction Générale

Les incendies représentent un danger omniprésent et dévastateur dans notre société moderne, touchant aussi bien les résidences privées que les grands complexes commerciaux et industriels. La fumée générée par un incendie est particulièrement dangereuse, car elle contient des particules toxiques et des gaz nocifs qui peuvent rapidement rendre l'air irrespirable et bloquer les chemins d'évacuation. En outre, la chaleur intense peut entraîner des températures extrêmement élevées, ce qui augmente les risques pour les victimes coincées dans les bâtiments et complique les opérations de sauvetage et d'évacuation. [1]

Pour contrer ces dangers, les systèmes ont été développés comme le désenfumage qui sert à évacuer efficacement la fumée et les gaz chauds, créant ainsi des conditions plus sûres pour l'évacuation des occupants et permettant une intervention plus efficace des équipes de secours. Ces systèmes sont particulièrement cruciaux dans les bâtiments de grande hauteur et les structures complexes, où la gestion et l'isolation de la fumée deviennent un défi majeur. [1]

Le désenfumage est un élément clé dans la stratégie de la sécurité incendie d'une structure. La présence de fumée durant un d'incendie peut rapidement apparaître, rendant prioritaire l'efficacité et la rapidité des systèmes de désenfumage pour permettre une évacuation sécurisée et rapide tout en minimisant les risques de brûlures et d'inhalation de fumée toxique. La conception de ce système doit donc être soigneusement planifiée pour répondre aux spécificités de chaque bâtiment et aux exigences des normes de sécurité incendie. Pour concevoir et tester ces systèmes de manière efficace, il est souvent nécessaire de recourir à des maquettes ou des prototypes réduits qui simulent les conditions réelles à une échelle plus maniable. Cela permet de valider les concepts avant leur mise en œuvre à grande échelle, d'identifier et de corriger les problèmes potentiels, et de garantir que le système répondra aux exigences de performance et de sécurité. [1]

Le travail que nous présentons dans ce mémoire de fin d'étude est une mise en maquette d'un système de désenfumage, tout en abordant les raisons et les méthodes de mise en œuvre dans des situations réelles.

Le premier chapitre explore de la manière la plus détaillée possible les aspects qui entourent le feu, les incendies, les raisons de leur déclenchement mais surtout les conséquences qui suivent la destruction que provoque un incendie. Nous verrons également les outils qui aident à lutter ou à prévenir les incendies.

Dans le deuxième chapitre, nous allons aborder deux techniques spécifiques qui luttent contre les incendies d'une façon collaborative. Ces deux systèmes qui travaillent de pair sont le désenfumage et la détection d'incendie. Nous passerons en revue les parties qui composent les deux structures ainsi que leur principe de fonctionnement. Ce chapitre contiendra aussi la classification des diverses constructions qui dictent le type de désenfumage.

Le troisième chapitre on retrouvera le développement et la réalisation étape par étape de la maquette fonctionnelle d'un système de désenfumage en utilisant une carte Arduino. L'utilisation d'une carte Arduino pour cette tâche permet de démontrer les principes de fonctionnement à petite échelle tout en offrant une possibilité de développement et d'améliorations qui aiderait à se rapprocher de la réalité des structures mises en prototypes.

Dans notre travail nous allons utiliser plusieurs outils tel qu'un logiciel de programmation pour la carte Arduino, un logiciel de simulation pour tester le système avant

Introduction Générale

l'assemblage physique. Des essais pratiques seront réalisés pour valider le bon fonctionnement du système et son adéquation avec les objectifs de désenfumage.

Chapitre I

Généralités sur les

Incendies

I.1. Introduction

Le feu est une force de la nature capable de détruire tout sur son passage, provoquant des incendies qui peuvent avoir des conséquences dévastatrices. Il est essentiel de comprendre les mécanismes qui gouvernent cette puissante réaction chimique, ainsi que les divers facteurs qui peuvent l'initier, qu'ils soient naturels ou d'origine humaine. Ce chapitre se penche en détail sur les caractéristiques du feu, les conditions qui favorisent son apparition, et les différents types de dégâts qu'il peut causer. En explorant ces aspects, nous visons à mieux appréhender les risques associés au feu et à améliorer les stratégies de prévention et de gestion des incendies. [1]

I.2. Causes de déclenchements de feu

I.2.1. Causes Energétiques

Cette cause englobe plusieurs aspects de l'énergie :[1]

- Causes thermiques qui peuvent se manifester par des surfaces chaudes, des chauffages, des flammes nues ou des travaux par point chaud,
- Causes électriques se présentant sous forme d'étincelles, d'échauffements, de non-conformité des installations ou de surcharges électriques,
- Causes mécaniques comme les échauffements,
- Cause chimique par exemple les réactions exothermiques exemple : Réaction entre un acide et une base.

I.2.2 Causes Humaines

Toutes causes qui sont directement liées à la négligence ou à la volonté de l'être humain comme :[1]

- Mégots de cigarettes jetées dans la nature,
- Débris de verre,
- Malveillance : pyromanie.

I.2.3. Causes Naturelles

Dans ce cas les causes qui déclenchent les incendies ne se retrouvent influencées que par des éléments présents naturellement dans l'environnement : [1]

- Causes Bactériologiques qui peuvent se présenter dans le phénomène de la fermentation bactérienne la fermentation libère de l'énergie thermique,
- Causes météorologiques comme l'impact de foudre ou la concentration des rayons solaires.

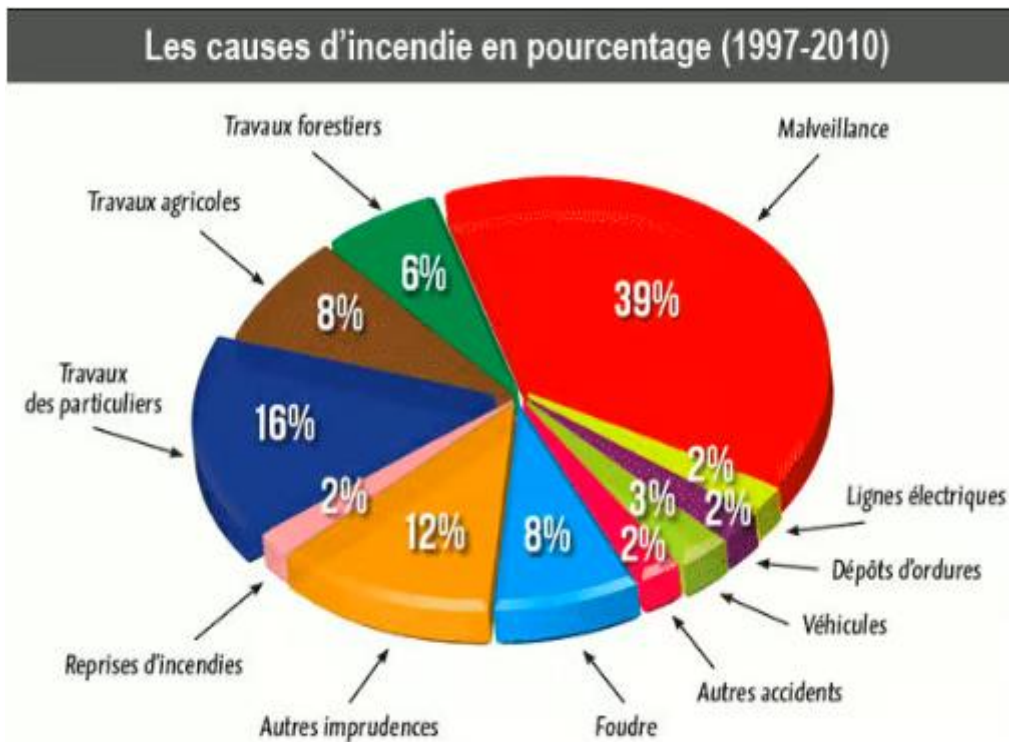


Figure.I.1. Exemple de causes menant aux incendies entre 1997 à 2010 en France [futurasciences]

I.3. Principe de combustion

Les incendies illustrent un phénomène nommé : combustion, ce phénomène se produit quand une réaction chimique a lieu entre ce qu'on appelle combustible et comburant initié par une source d'énergie c'est la notion de triangle de feu. L'absence d'un des 3 éléments du triangle empêche le déclenchement de la combustion. [2]

I.3.1. Source d'énergie

Tout action qui cause une étincelle ou une flamme, par exemple : [2]

- Cigarette allumée,
- Etincelle électrique,
- Bougie allumée,
- Court-circuit.

I.3.2. Combustible

Tous les matériaux qui quand ils sont en contact avec une source d'énergie peuvent brûler. Comme : [2]

- Bois,
- Papier,
- Dérivés de pétrole.

I.3.3. Comburant

Tout environnement (air) propice pour alimenter le feu. Tel que : [2]

- Oxygène,
- Ozone.



Figure.I.2. Triangle du feu [alertis]

I.4. Conséquences des incendies

Les incendies outre leur lourd impact sur le plan matériel, provoquent également des pertes au niveau économique, environnemental mais surtout au niveau humain, d'une manière directe et aussi indirecte.

I.4.1. Pertes humaines

Les pertes humaines durant les incendies sont souvent très lourdes, dont les causes sont :

I.4.1.1. Pertes dues aux flammes

Pour des températures des flammes allant de 600 à 1200°C, les victimes prises par le feu sont retrouvées présentant des brûlures, des blessures ou handicaps liées à l'effondrement des structures, et des traumatismes ou malheureusement elles sont retrouvées décédées. [1]

I.4.1.2. Pertes dues à la fumée

Les intoxications liées aux fumées et gaz provenant des incendies sont encore plus dangereuses et plus meurtrières que les flammes en elles-mêmes. Les victimes d'un incendie qui se retrouvent entourées de fumées peuvent être atteintes par : [1]

a. Asphyxie

Cet événement est lié à la raréfaction d'oxygène dans l'air. Durant un incendie le feu utilise l'oxygène comme comburant, donc son taux (taux normal de l'oxygène dans l'air est d'environ 21 %) chute rapidement, ce qui rend l'environnement irrespirable pour l'être humain.

b. Intoxication

Le phénomène de combustion génère des gaz toxiques dont le monoxyde de carbone, ces derniers sont responsables de l'intoxication des victimes.

c. Difficultés d'évacuation

L'opacité et la densité des fumées rendent délicate voir difficile la procédure d'évacuation des victimes, les secours sont alors gênés dans la vitesse et l'efficacité de leur opération.



Figure.I.3. Feu d'un bâtiment avec émanations de flammes et de fumée [Crétiva]

I.4.2. Pertes matérielles et financières

Les ravages causés par les incendies ont un impact sur une longue durée pour les particuliers et les entreprises touchés. Nous citons : [1]

- **Perte d'emploi pour les salariés** (dans 70% des cas, l'entreprise touchée par l'incendie ne s'en relève pas et disparaît, le personnel se retrouve alors au chômage)



Figure.I.4. Evacuation des employés d'une entreprise [CountAct]

- **Arrêt de la production,**
- **Faillite du chef d'entreprise** à cause des frais engendrés par l'indemnisation des victimes, reconstruction des structures et substitution du matériel,



Figure.I.5. *Faillite d'un chef d'entreprise* [iStock]

- **Dégâts majeurs sur les locaux** et donc **fermeture temporaire** des entreprises,



Figure.I.6. *Entrepôt de Saint-Benoît détruit après un incendie* [La Nouvelle République]

- **Destruction de l'exploitation informatique**, des réserves de matériaux et d'outillage,



Figure.I.7. *Ravage du feu sur un local industriel* [C'défi Santé et Sécurité]

- **Perte d'image et de réputation** et **fuite de la clientèle.**

I.4.3 Pertes environnementales

Les répercussions des incendies s'étendent aussi à l'environnement, engendrant une pollution de l'air par les émanations des combustibles, une altération des sols et de l'eau causée par les agents extincteurs et les eaux de ruissellement, une dégradation esthétique du paysage, ainsi qu'une génération de déchets parfois non biodégradables. [1]



Figure.I.8. *Ravage d'un feu de forêt en Kabylie en 2021 [Journal GEO]*

I.5. Protocole en cas d'incendie

I.5.1. Evacuation du personnel

I.5.1.1. Définition

C'est la mise à l'abri en sécurité de toutes les personnes présentes, dans les lieux où se déclenche l'incendie, ce en les dirigeant vers des périmètres hors d'atteinte du feu (hors des locaux). [3]

Les employés de chaque entreprise doivent être préparés en amont à cette situation, grâce à des exercices de simulation. Ils sont alors totalement dans la capacité de réagir à cette catastrophe. [3]

I.5.1.2. Règles d'évacuation

- **Arrêt immédiat du travail** : aucun instant ne doit être perdu, chaque seconde est vitale durant un incendie,
- **Extinction systématique des appareils électriques** : afin d'éviter davantage de dégâts ou une aggravation de l'incendie,

- **Fermer les portes et fenêtres** avant de et se diriger vers la sortie de secours la plus proche et ce en se baissant car l'air frais se trouve près du sol, cet air est moins chargé en fumée,
- **Eviter les ascenseurs** : souvent en cas d'incendie ces derniers se bloquent très rapidement,
- **Ne jamais retourner en arrière** : si l'on quitte des lieux touchés par le feu, en y retournant on peut se faire piéger dans les flammes,
- **Garder son calme** : afin d'arriver à suivre correctement les instructions,
- **Rejoindre le point de rassemblement** : pour savoir s'il manque des personnes afin de signaler cela aux équipes de secours
- **Aider les personnes handicapées** : dans le but de les sortir le plus rapidement possible. Ne pas les laisser seules et faire prévenir les secours.



Figure.I.9. Exemple de consignes de sécurité disposées dans les entreprises [Le Registre]

I.5.2. Rôles des équipes d'intervention (sécurité)

Durant un incendie l'intervention des équipes de sécurité se déroule selon un plan très précis. Les équipes d'intervention se divisent alors en plusieurs groupes, chacun de ces groupes réalise une opération pour mener à bien la lutte contre le feu. [3]

Un premier groupe se charge de prévenir les personnes et donner l'alerte, puis de prodiguer les premiers secours aux blessés mais surtout évaluer la situation sur place. [3]

Le second groupe quant à lui possède des informations précises sur la situation, entre autres le risque incendie, l'évolution en milieu hostile, connaissance des lieux des accès, l'identification des risques particuliers de l'établissement. Ces derniers sont donc aptes à guider et informer les pompiers de la manière la plus efficace possible. [3]

I.5.3. Moyens de signalisation

I.5.3.1. Dossier technique

Le dossier technique est un indispensable, il est fourni aux équipes de sécurité, il est souvent composé des plans des locaux, de l'importance de chaque installation technique ainsi que le protocole à suivre en cas d'incendie. [3]

Des exercices de simulation d'évacuation doivent également être fréquemment pratiqués, afin de rendre le processus plus rapide en cas de réel danger. Ces exercices se déroulent généralement sans informer les employés pour qu'ils réagissent le plus naturellement. [3]

I.5.3.2. Alarme

Cet outil est considéré comme un avertissement destiné au personnel et au public présent dans les locaux. Les alarmes peuvent se présenter sous format sonore et/ou visuel, informant ainsi d'un danger qui les menace immédiatement. Des lors du déclenchement d'une alarme il est primordial d'évacuer les lieux le plus rapidement possible. [3]



Figure.I.10. *Alarme* [Officiel Prevention]

I.5.3.3. Alerte

Après le déclenchement de l'alarme l'information est transférée aux services de secours publics. L'alerte peut être transmise par le téléphone, par ligne directe ou par une personne extérieure. L'accueil des services de secours est prévu à l'entrée de l'établissement dès que l'alerte est donnée. [3]



Figure.I.11. *Alerte des pompiers* [Officiel Prevention]

I.6. Moyens de lutte contre les incendies

I.6.1. Robinets d'Incendie Armés RIA

C'est un moyen d'intervention de première instance, c'est le Rampart de secours le plus accessible car les robinets d'incendies armés sont placés à l'intérieur des bâtiments, souvent implantés proches des zones à risque. Les RIA se doivent d'être efficaces en atteignant chaque recoins des locaux importants (au moins deux jets de lance sont nécessaires à tous points de la surface). [1,3]

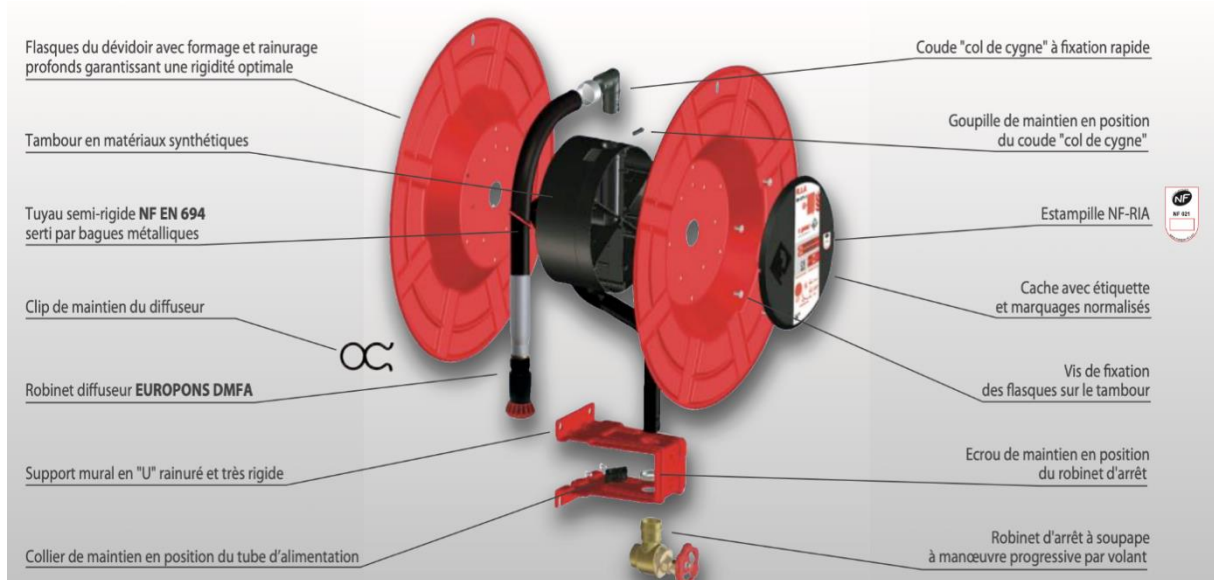


Figure.I.12. Robinet d'incendie armés [Gedo Wordpress]

I.6.2. Extincteurs

Ce sont des outils d'appoint pour combattre le début d'un feu. Les extincteurs sont régulièrement remplis, le produit extincteur (poudre, liquide, mousse) présent dans ces appareils doit être renouveler (dépendamment du type de produit utilisé) pour rester efficace. Lors d'un déclenchement d'incendie l'agent extincteur est projeté vers le foyer du feu grâce à l'effet de la pression. [3]

Il existe plusieurs types d'extincteurs : [3]

- **Extincteurs portatifs** : ils peuvent se présenter sous deux formes, à pression permanente et a pression auxiliaire. Ils sont placés à des endroits stratégiques et faciles d'accès tel que les couloirs et les cages d'escaliers.
- **Extincteurs mobiles** : ces extincteurs sont similaires aux extincteurs portatifs mais ils transportent une quantité plus importante que ces derniers. Ils sont placés en évidence au niveau de grandes surfaces plates (entrepôts, halls,...).



Figure.I.13. *Extincteur portatif* [Freepik]



Figure.I.14. *Extincteurs Mobiles* [DUBERARD]

Les extincteurs ne sont jamais choisis au hasard, il y a des éléments qui caractérisant les feux (dans les zones où sont implantés les extincteurs) qu'il est nécessaire de prendre en compte : [3]

- **Feux de classe A** : catégorisant des feux prenant sur des matériaux solides de nature organique comme le bois, le carton ou le papier qui brûlent sous forme de braises.
- **Feux de classe B** : catégorisant des feux prenant sur des liquides ou de solides liquéfiables comme les alcools, les dérivés de pétrole.
- **Feux de classe C** : catégorisant des feux prenant grâce à des gaz, tels que le méthane ou le propane
- **Feux de classe D** : catégorisant des feux prenant de métaux.
- **Feux de classe F** : liés aux auxiliaires de cuisson sur les appareils de cuisson.

Les extincteurs contiennent divers agents extincteurs de différente nature selon la classe du feu à combattre. Ces produits se présentent généralement sous forme d'eau associée à une

substance émulsifiante. Ils peuvent être également sous forme de mousse ou de poudre à base de produit chimique. [3]

I.6.3. Poteaux et bouches incendie

Les poteaux et les bouches sont des dispositifs d'intervention de deuxième instance, ils sont utilisés par les sapeurs-pompiers pour raccrocher des tuyaux à une arrivée d'eau. On les retrouve à l'extérieur des bâtiments dans la rue. Ils doivent impérativement être incongelables, visibles et accessibles. [1,3]



Figure.I.15. Bouches incendie [arp-securite]

I.6.4. Colonnes incendie

Ce sont des tuyauteries (arrivée d'eau) spécifiques pour la lutte contre les incendies, on les retrouve essentiellement dans les ERP (Établissements Recevant du Public) et IGH (Immeuble de Grande Hauteur). Afin de donner la possibilité aux sapeurs-pompiers de les utiliser efficacement les colonnes incendie sont munies de plusieurs prises, pour multiplier les tuyaux accrochables. [3]

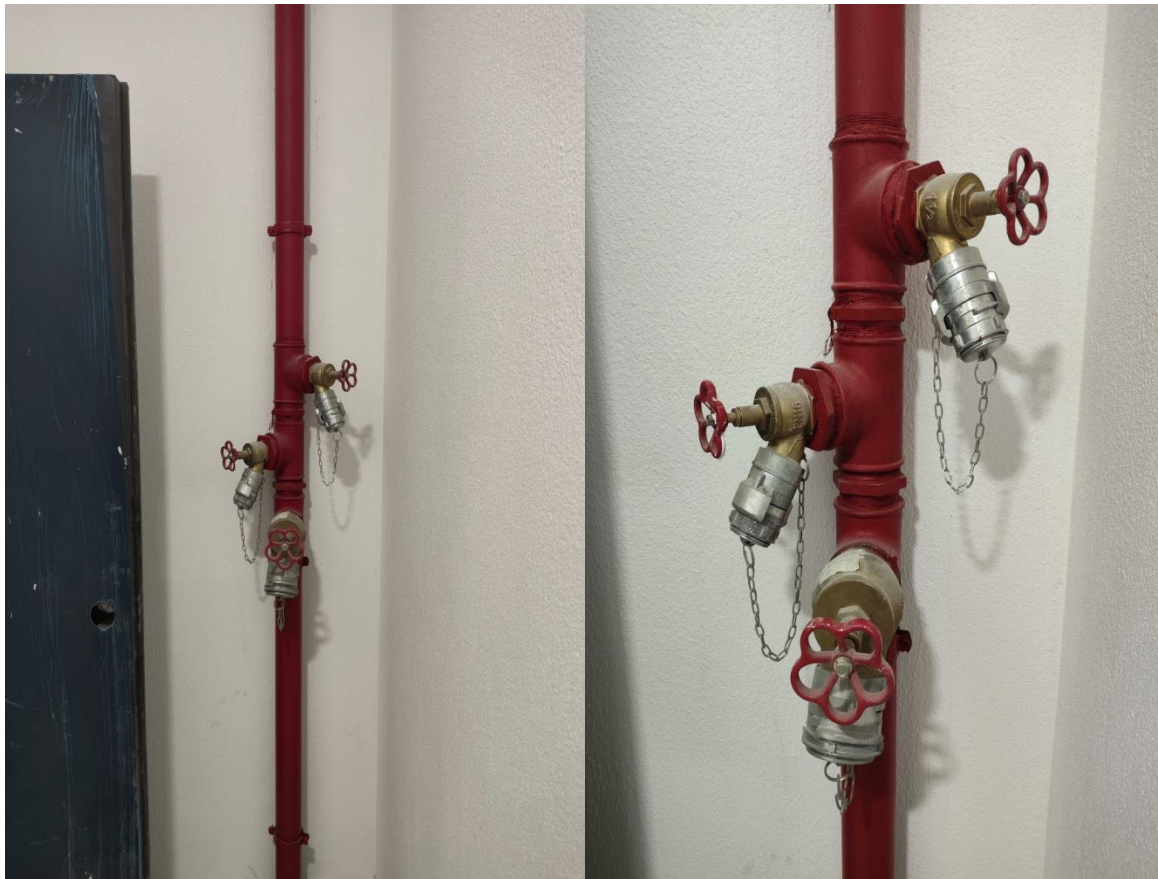


Figure.I.16. Colonnes incendie installées dans des locaux à Cheraga

I.6.5. Installations fixes d'extinction

Les installations fixes d'extinction ont systématiquement besoin des conditions suivantes afin de pouvoir être mis en place, peu importe leurs types : [1]

- Source de produit extincteur,
- Réseau de distribution de l'agent extincteur,
- Diffuseurs,
- Dispositif de mise en œuvre,
- Dispositif d'alarme.

On cite deux types principaux d'installation fixes d'extinction :

I.6.5.1. Sprinklers

Les sprinklers font partis des systèmes d'extinction. Cette installation se compose d'une tête contenant une ampoule/fusible sensible aux hausses de température, qui éclate en début d'incendie. Un débit d'eau nécessaire à l'extinction du feu (depuis un réservoir d'eau) est donc injecté dans la tuyauterie du système par l'action d'une pompe. L'eau sous pression est alors projetée à travers les **sprinklers** sur les flammes. [1]

Il existe différents types d'installations à sprinkler dont : [1]

- **Installations de sprinkler sec ou humide** : les installations les plus courantes, elles comportent une tuyauterie sous eau ou, sous air,
- **Installations déluge** : ces installations protègent une surface dans sa totalité. Ce système convient particulièrement pour la protection de transformateurs et le refroidissement de réservoirs de stockage,
- **Installations à mousse** : adaptées dans les risques spéciaux ou de protection de produits à haute valeur.

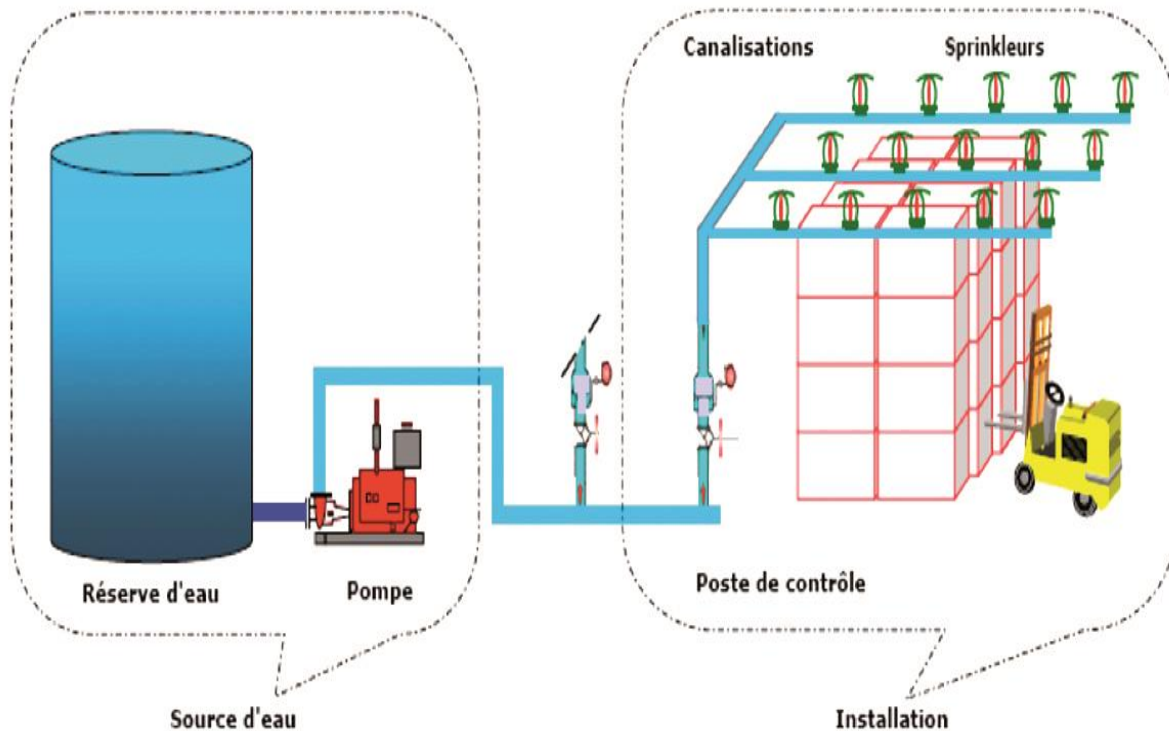


Figure.I.17. *Système d'extinction à sprinklers* [MMA Entrerise]

I.6.5.2. Installation d'extinction à gaz

Elles sont utilisées quand il est primordial de protéger du matériel précieux de grande valeur ou lorsque lesquels l'eau représente un risque de dégâts. [1]

Les gaz pouvant être utilisés dans ces systèmes peuvent être répartis en deux familles :

- **Les gaz agissant par étouffement** : Azote, Argon, Aragonite (50 % azote, 50 % argon), Inergen (52 % azote, 40 % argon, 8% CO₂)
- **Les gaz agissant par inhibition** : FM200 (CF₃CHF₂CF₃), FE13 (CHF₃)

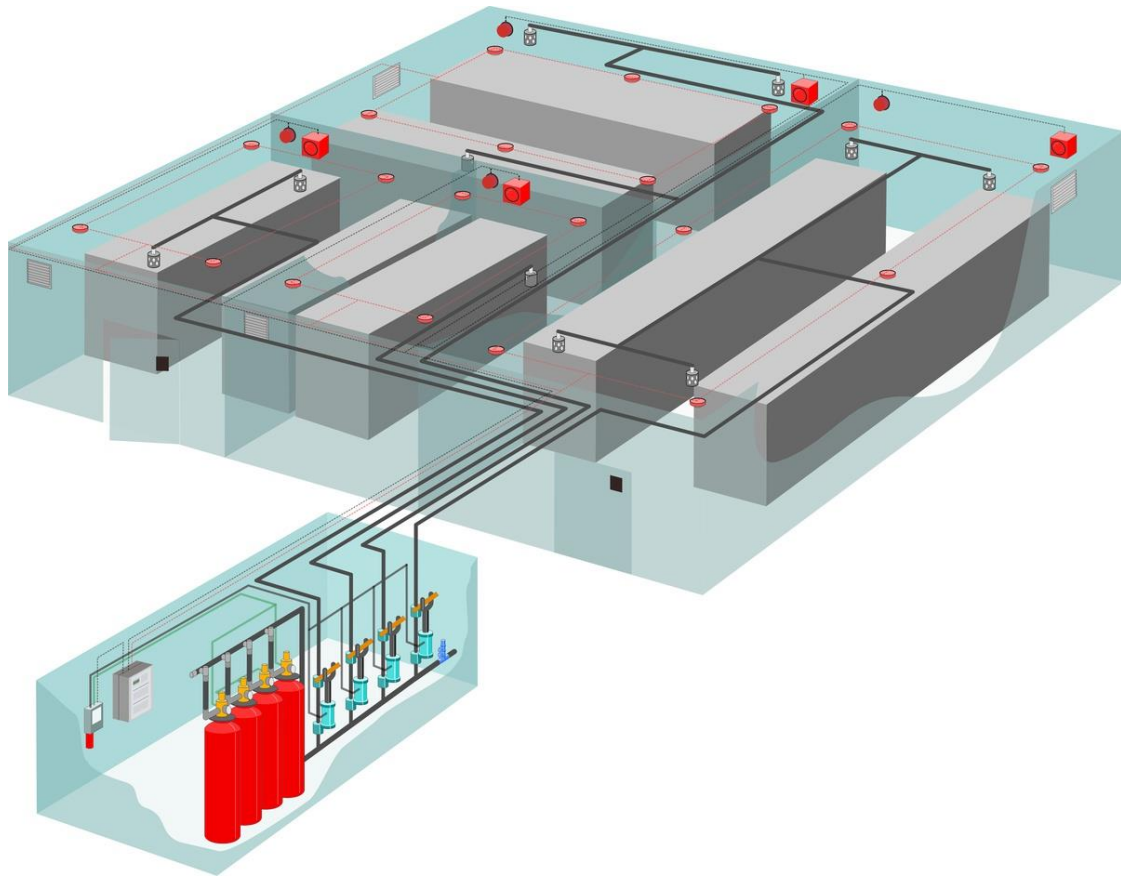


Figure.I.18. *Installation d'extinction à gaz [Minimax]*

I.6.6. Désenfumage

Contrairement aux méthodes précédentes le désenfumage n'est pas à proprement parlé un moyen d'extinction d'incendie, mais plutôt un moyen de protection contre les ravages des fumées et gaz toxiques libérés par les flammes. Ainsi l'incendie se retrouve confiné, il ne peut donc pas se propager. [1]

Le système de désenfumage fonctionne sur le principe d'extraction des fumées, gaz toxiques et air chaud, pour par la suite les remplacer par de l'air frais brassé depuis l'extérieur. Cette installation vise dans un premier temps, à éviter aux personnes présentes dans les locaux de se retrouver en contact avec de l'air irrespirable. Dans un second temps, le circuit de désenfumage est utile pour faciliter toutes les opérations et les déplacements des équipes de secours. [1]

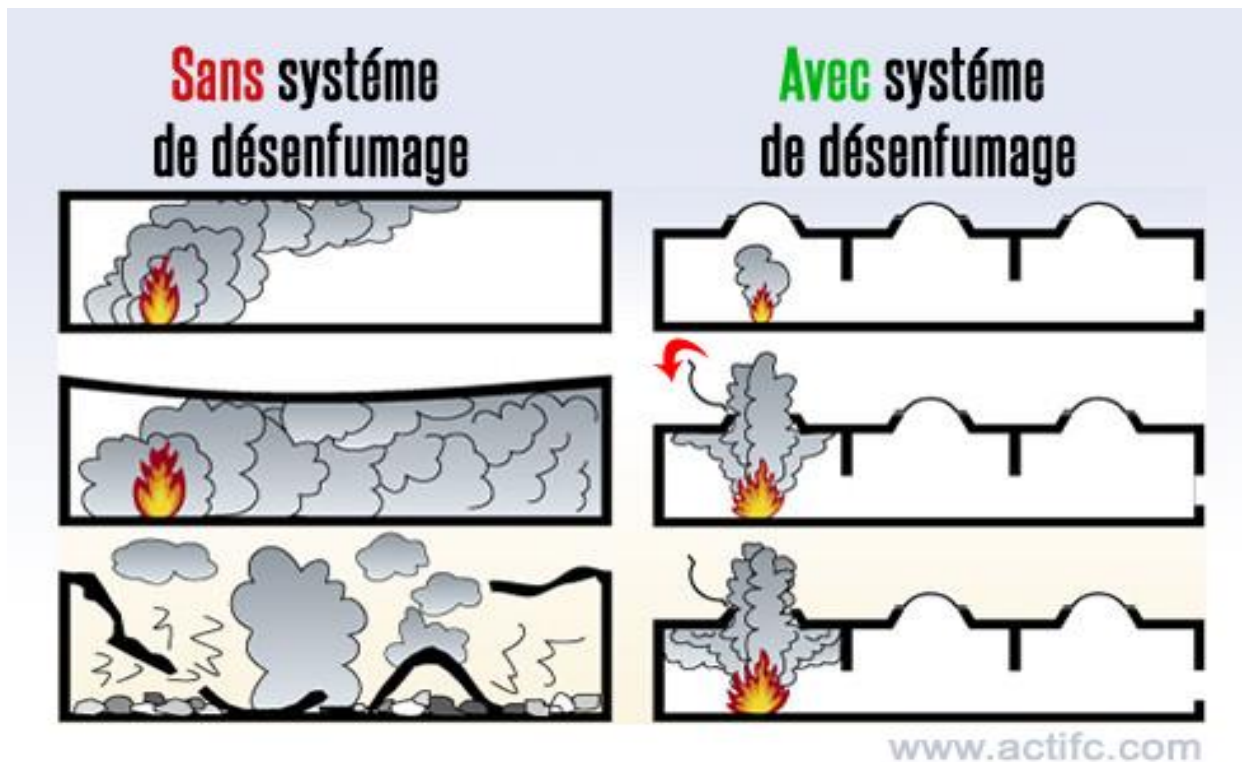


Figure.I.19. Comparaison entre un local munie de systèmes de désenfumage et un local dépourvu [Actif Construction]

I.6.7. Systèmes de détection d'incendie

Tous les systèmes de lutte contre les incendies sont dépendants d'un seul et même dispositif afin de pouvoir être efficaces. Ce dispositif commun à tous se nomme : **Système de détection d'incendie**. Les systèmes de détection d'incendie sont des appareillages conçus pour détecter les départs de feu dans les bâtiments ou les environnements susceptibles de présenter un risque d'incendie. Ces systèmes sont conçus pour identifier les signes précédant et induisant un incendie, tels que la fumée, la chaleur ou les flammes, et déclencher des alarmes afin d'alerter les occupants du bâtiment et les autorités compétentes. [3]

Les composants typiques d'un système de détection d'incendie peuvent inclure des détecteurs de fumée, des détecteurs de chaleur, des détecteurs de flamme, des détecteurs de gaz, des panneaux de contrôle, des sirènes et des dispositifs de notification, tels que des alarmes sonores/visuelles ou des messages vocaux. [3]

Ces systèmes peuvent être câblés ou sans fil, et ils peuvent être installés dans une variété de bâtiments, y compris les résidences, les bureaux, les usines, les hôpitaux, les écoles et d'autres installations commerciales et industrielles. L'objectif principal des systèmes de détection d'incendie est d'assurer la sécurité des occupants et de minimiser les dommages matériels en détectant rapidement les incendies et en permettant une réponse rapide. [3]



Figure.I.20. Exemple de système de détection incendie couplé à une installation d’extinction à gaz [Desautel]

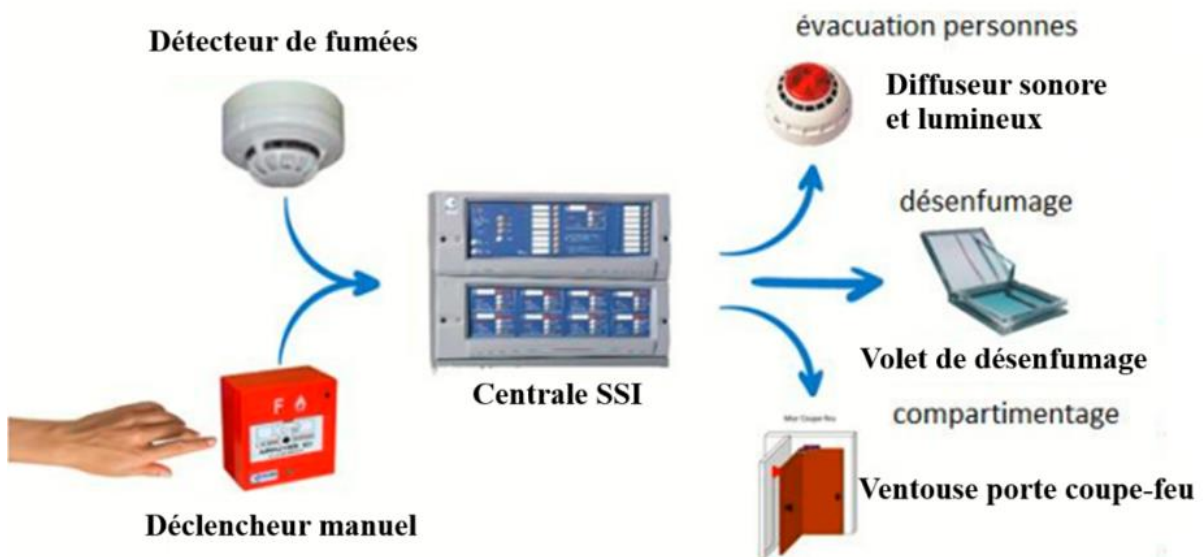


Figure.I.21. Exemple de système de détection incendie couplé à une installation de désenfumage [Theonorme]

I.7. Conclusion

Il est important de connaître les enjeux qui entourent les raisons et les conséquences du déclenchement d’un feu. Les moyens de détecter et de lutter contre les incendies sont les axes majeurs de ce travail particulièrement l’aspect et la technicité du désenfumage.

Chapitre II

Désenfumage et

Détection d'incendies

II.1. Introduction

La sécurité des êtres humains est prioritaire lors de l'établissement d'un espace accueillant des regroupements de personnes (entreprises, centres commerciaux, logements...). Comme abordé précédemment, les fumées tuent plus que les flammes on doit donc prévenir l'hécatombe qu'elles provoquent si un incendie se déclare. Les solutions mises en place pour sécuriser les personnes menacées sont le désenfumage en collaboration avec la détection d'incendies. [3]

II.2. Détection d'incendies

La lutte contre les incendies implique l'activation de divers équipements techniques destinés à prévenir les risques de panique et de blessures, en se basant sur les données fournies par le système de détection. L'incendie représente l'un des dangers majeurs pour la santé et la sécurité des individus, il faut être capable de s'en prévenir dès les premières secondes de son déclenchement. [4,5]

La prévention contre les incendies se concrétise par la mise en place de mesures spécifiques visant à réduire la probabilité de la fatalité d'un incendie grâce à des solutions techniques, des méthodes d'organisation et de signalisation. Ces techniques visent particulièrement à : [5]

- Détecter les débuts d'incendie rapidement ;
- Localiser précisément le lieu du sinistre ;
- Assurer le fonctionnement des équipements même en cas de coupure de courant.

II.2.1. Principes de fonctionnement d'un système de détection incendie

Un système de détection incendie se doit d'avoir trois caractéristiques primordiales : [5]

- Il doit être rapide, afin de permettre aux installations d'extinction et d'évacuation de réagir le plus tôt possible,
- Il faut que le système de détection soit le plus fiable pour assurer une protection continue,
- Il doit être crédible, car on ne peut se permettre de lancer de fausses alertes,
- Il doit satisfaire le coût de réalisation, l'encombrement des circuits.

Une installation de détection dans son aspect globale, se compose systématiquement de : [5]

Détecteurs automatiques : ils peuvent se présenter sous forme de détecteurs de fumée, d'incendie, d'intrusion...

Equipements de signalisation : on retrouve dans cette catégorie des LED, des afficheurs...

Equipements de contrôle : on utilise ici une centrale de détection,

Commandes automatiques : on ressent selon les situations plusieurs types de réponse aux commandes automatiques comme les extincteurs, les sprinklers, le désenfumage...

II.2.2. Types d'installation de détection d'incendie

II.2.2.1. Installations conventionnelles

Les lieux qui sont sous la protection du système de détection incendie représentent des boucles de détection. On peut y placer jusqu'à 32 détecteurs/déclencheurs manuels maximum. [5]

II.2.2.2. Installations adressables

Chaque endroit se rapporte à une adresse et chaque adresse de zone peut comporter jusqu'à 32 points de détection. [5]

II.2.3. Détecteurs automatiques d'incendie

Les détecteurs automatiques d'incendie sont des dispositifs dont le rôle est de repérer quelconque changement ou variation de grandeurs physiques. En outre, durant le déclenchement d'un incendie on constate plusieurs données relevables, qui nous renseignent sur le développement de ce dernier. Par exemple, on remarque que la température ambiante augmente, des radiations électromagnétiques sont émises et la présence de mauvaises odeurs dues aux gaz libérés. [5]

II.2.3.1. Types de détecteurs automatiques d'incendie

Il existe trois types de détecteurs d'incendie : [6]

a. Détecteurs de fumée

Ils sont au nombre de deux : détecteur de fumée à ionisation et détecteur de fumée optique à diffusion de lumière.

- Le premier fonctionne sur tous les types d'aérosols, il se compose d'une chambre d'analyse et d'une chambre de référence, l'influence perturbatrice générée par les émissions dues à l'incendie sur l'air ionisé est captée et analysée. C'est le détecteur de fumée le plus répandu, on le retrouve dans 80% des systèmes.

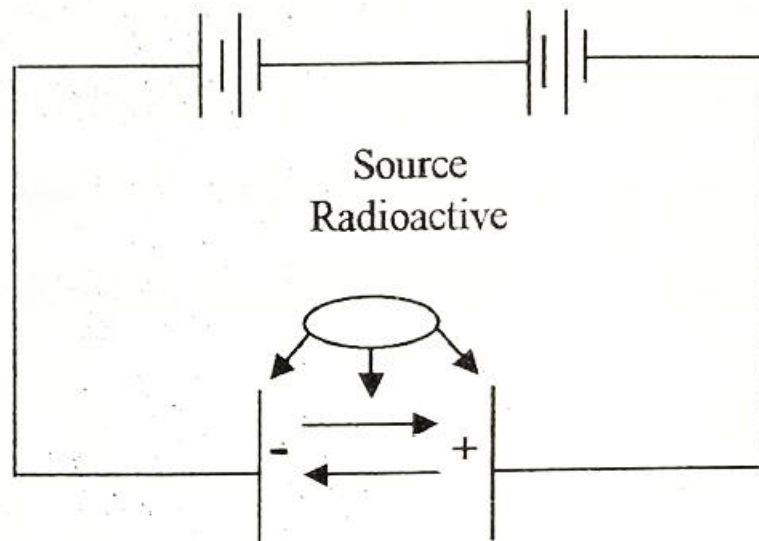


Figure II.1. Chambre d'ionisation. [1]

- Le second se compose d'une chambre de mesure (chambre noir) et d'une chambre de détection. Un phénomène de visualisation d'un faisceau lumineux est en continu dans cet appareillage, avec la présence de fumée dans la chambre de détection les rayons émis se reflètent sur les particules ce qui sensibilise le récepteur de lumière et donc déclenche une alarme.

b. Détecteurs de flamme

Il existe deux types de détecteurs de flamme :

- Le détecteur d'infrarouge qui est composé d'un circuit électronique et d'une cellule de silicium ou de sulfate de plomb, ces matériaux rendent ce détecteur très sensible à la lumière. Le détecteur d'infrarouge fonctionne sur une fréquence allant de 5 à 30 MHz.

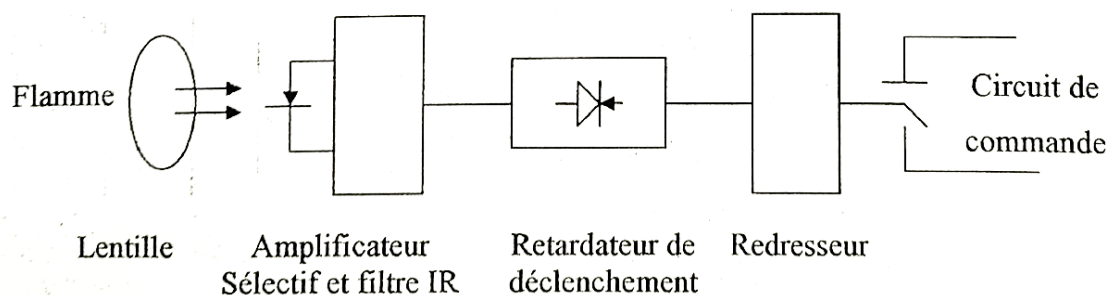


Figure II.2. Principe de fonctionnement d'un détecteur à infrarouge. [1]

- Le détecteur d'ultraviolet est muni d'un tube en quartz rempli d'un gaz, ce tube est placé entre deux électrodes. Le rayonnement ultraviolet entraîne l'ionisation de ce gaz, cela permet alors le passage d'un courant électrique entre les deux électrodes.

c. Détecteurs de chaleur

Il existe trois types de détecteurs de chaleur :

- Le détecteur thermostatique est le plus ancien, il enclenche l'alarme dès que la température ambiante atteint ou dépasse la valeur définie par le constructeur.
- Le détecteur thermodifférentiel se base sur l'analyse de deux zones sensées avoir la même température. L'alarme incendie est déclenchée dès que cette équivalence n'est plus satisfaite.
- Le détecteur thermovélocimétrique a pour principe de fonctionnement une sensibilité à la vitesse d'augmentation de la température ambiante. L'alarme incendie est déclenchée quand la température s'élève grandement sur un laps de temps très court.

II.2.4. Déclencheur manuel

Autrement appelé boîtier brise-glace (BBG) ce coffret rouge protégé dans une structure de verre est un outil mis à la disposition des personnes constatant un incendie. Il suffit de casser et d'appuyer afin de déclencher l'alarme incendie. [5]



Figure II.3. Boitier brise-glace [cds security]

II.2.5. Types de raccordement des détecteurs d'incendie

Afin d'assurer ses taches un détecteur d'incendie peut être raccordé de différentes manières selon le besoin comme tout autre installation comportant une partie électrique/électronique : [3,5]

II.2.5.1. Raccordement série

Dans un branchement en série les appareils se partagent entre eux une seule tension d'alimentation mais sont parcourus par le même courant. On définit alors la relation suivante :

$$U_{\text{détecteur}} = \frac{U_{\text{alimentation}}}{n_{\text{détecteurs}}} \quad (\text{II.1.})$$

Avec :

$U_{\text{détecteur}}$: tension aux bornes d'un seul détecteur [V],

$U_{\text{alimentation}}$: tension d'alimentation du circuit [V],

$n_{\text{détecteur}}$: nombre total de détecteurs.

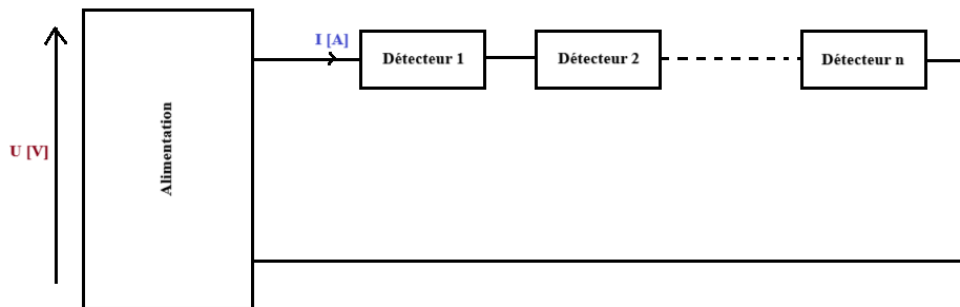


Figure II.4. Raccordement des détecteurs en série.

II.2.5.2. Raccordement parallèle

Le raccordement parallèle est le branchement le plus répandu. Les détecteurs ont à leurs bornes une tension égale, à la fin de chaque boucle on retrouve des résistances dites *résistances de fin de ligne*. Le branchement parallèle des détecteurs donne l'équation du courant suivante : [3,5]

$$I_{\text{détecteur}} = n_{\text{détecteur}} * I_0 - \frac{U_{\text{alimentation}}}{R_f} \quad (\text{II.2})$$

Avec :

$I_{\text{détecteur}}$: courant traversant le détecteur [A],

I_0 : courant débité par la source d'alimentation [A],

$U_{\text{alimentation}}$: tension d'alimentation [V],

R_f : résistive de fin de ligne [Ω],

$n_{\text{détecteur}}$: nombre total de détecteurs.

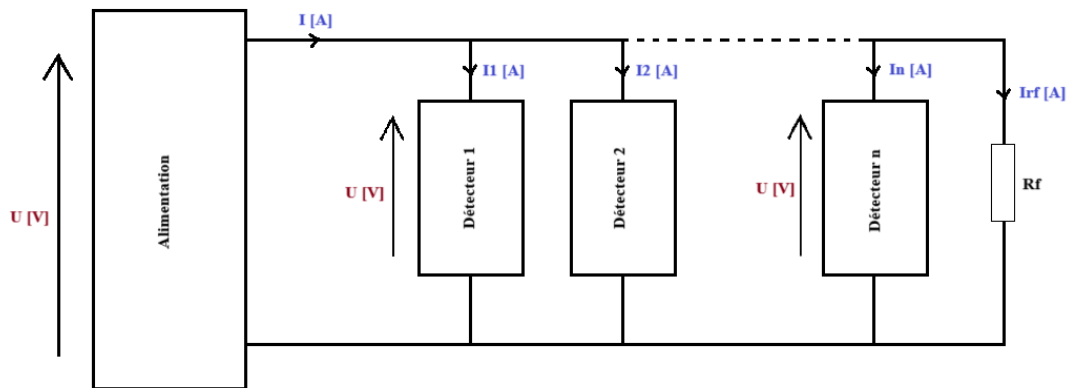


Figure II.5. Raccordement des détecteurs en parallèle.

II.2.6. Etats de détecteurs d'incendie

II.2.6.1. Etat de veille

D'un point de vue électrique cet état advient seulement quand la tension aux bornes d'un détecteur est constante et que le courant qui le traverse est relativement faible. [3]

II.2.6.2. Etat d'alarme

L'état d'alarme comme son nom l'indique représente la phase active d'un détecteur d'incendie, il suit la présence d'éléments perturbateur (de natures physiques ou chimiques) qui sensibilisent les composants du détecteur ce qui induit l'envoi d'un courant de valeur importante. [3]

II.2.6.3. Etat de dérangement

Comme tout équipement électronique un détecteur d'incendie est sujet aux défaillances, le moment où un détecteur d'incendie présente un défaut au niveau de l'alimentation, de la ligne, de ses composants il est automatiquement mis en état de dérangement (temporairement hors d'usage). [3]

II.2.7. Commandes automatiques

Une installation de détection d'incendie se doit d'être automatisée et réactive, pour cela on y introduit la notion de commande dont le contrôle est destiné essentiellement à/aux : [3]

- Système d'extinction automatique,
- Commande des exutoires de fumée,
- Commande d'arrêt des machines,
- Alarmes sonores et visuelles.

II.3. Désenfumage

Le désenfumage est un ensemble de techniques utilisées pour évacuer la fumée d'un bâtiment en cas d'incendie. Le but étant de rendre les voies d'évacuation plus sûres, d'améliorer

la visibilité et de réduire les risques pour les personnes qui doivent évacuer et pour les intervenants d'urgence. [1]

II.3.1. Effet de la fumée

Le changement des matériaux utilisés dans le domaine de la construction à travers les années a entraîné la recrudescence du niveau de toxicité des fumées émises.

En réaction à l'augmentation de la température ces matériaux (plus particulièrement des polymères synthétiques) appauvrissent la teneur en oxygène de l'air et libèrent des émanations dangereuses. [1]

La dégradation des matériaux par la chaleur et la raréfaction de l'oxygène sont les deux principaux facteurs qui rendent la fatalité de la fumée aussi élevée (80%). [1]

II.3.1.1. Raréfaction de l'oxygène

Le développement d'un incendie nécessite une certaine quantité d'oxygène. Dans un espace clos la quantité d'oxygène ne se renouvelle pas et donc la présence d'O₂ dans l'air peut très rapidement disparaître. La Fraction d'Oxygène Inspiratoire (FIO₂) est une notion biologique qui dicte la capacité du cerveau à être vigilant. Si cette FIO₂ chute à 17% l'être humain perd ses capacités motrices, par la suite le corps cesse ses activités vitales et les organes lâchent. [1]

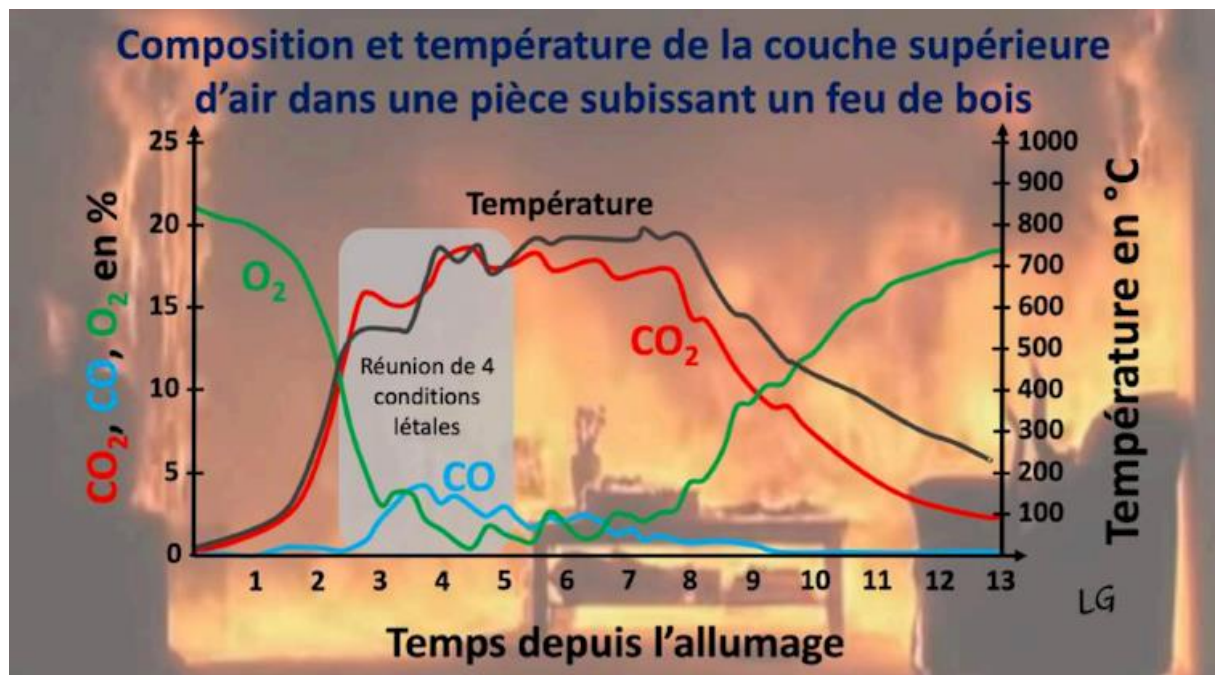


Figure II.6. Modifications de la composition de l'air et de sa température dans une pièce ouverte (apport continu d'O₂) subissant un feu de 100 kg de bois. [Laurent Grélot, Pourquoi les fumées sont le véritable danger des incendies, the conversation, aout 2023.]

II.3.1.2. Gaz toxiques

Ils sont classés en deux catégories :

a. Gaz asphyxiants

Ce sont les gaz qui provoquent un effondrement cérébral, on note les plus importants sont :

Monoxyde de Carbone

Les molécules de CO se fixent directement sur les globules rouges, elles freinent la capacité de l'hémoglobine à transporter l'oxygène. [1]

Dioxyde de Carbone

En inhalant un grand volume de CO₂ les poumons doivent augmenter la cadence du cycle inspiration-expiration. La ventilation devient alors 8 à 10 fois supérieur à son taux normal, la suie et les autres gaz toxiques saturant les poumons avec une vitesse fulgurante. [1]

Cyanures, acide cyanhydrique (HCN) et Isocyanates

L'inhalation de ces Cyanures agit particulièrement sur les activités cardiaques. Le cœur perd alors ses capacités à réguler le rythme des battements et il finit vite par céder (arrêt cardiaque). [1]

II.3.1.2. Gaz irritants

Généralement représentés par les acides minéraux (acide Chlorhydrique, Fluorhydrique, bromhydrique...). Ces différents gaz ont une action commune qui est de dégrader les muqueuses en les irritant. Quand le nez, les yeux et la gorge sont trop longtemps sous l'effet des gaz irritants, ils commencent à présenter des lésions et une détresse respiratoire. [1]

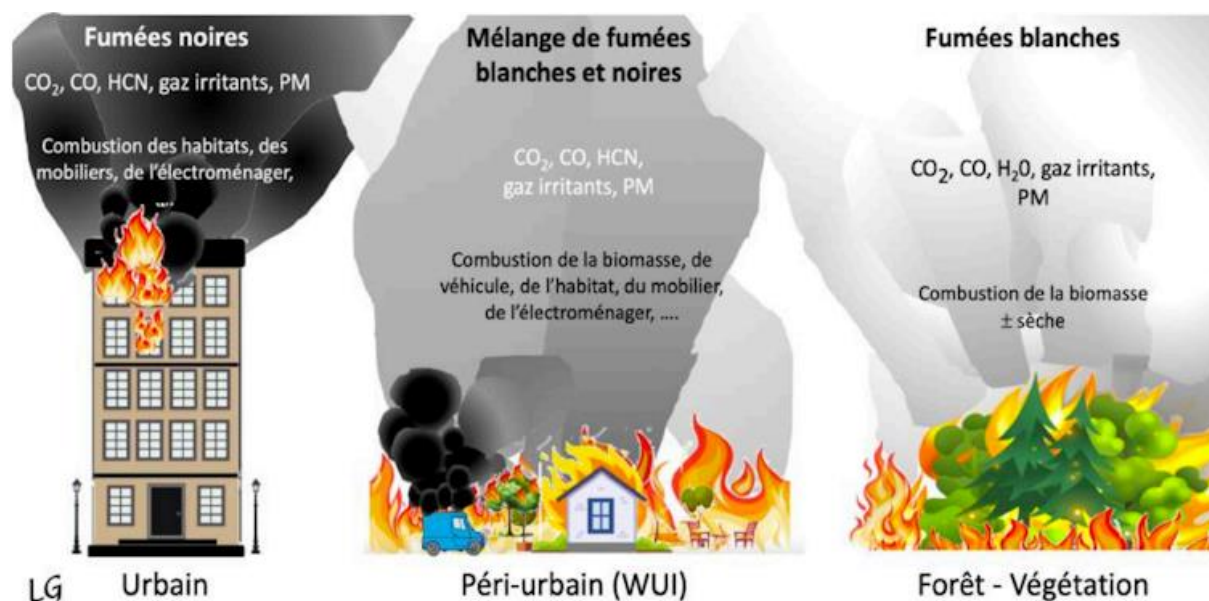


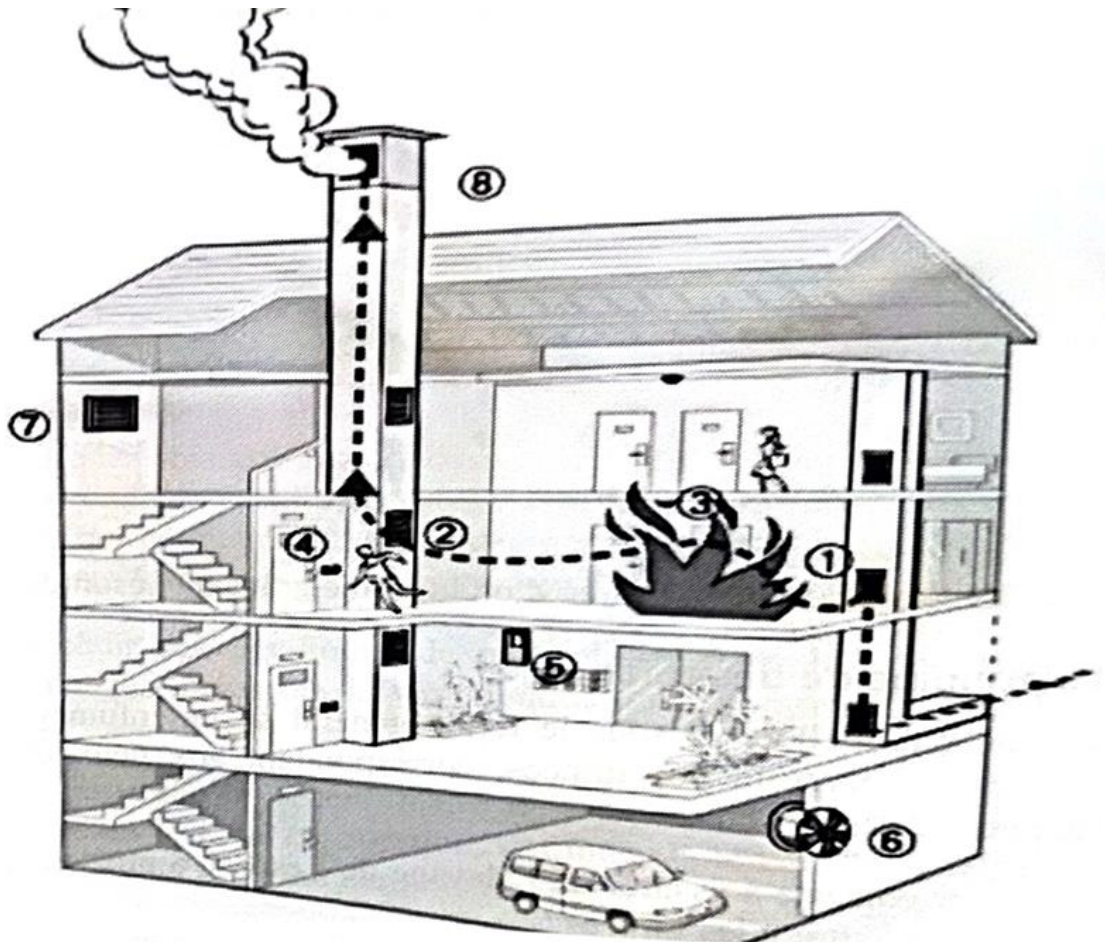
Figure.II.7. Composés toxiques des 3 principaux types d'incendie selon la localisation [Laurent Grélot, Pourquoi les fumées sont le véritable danger des incendies, the conversation, aout 2023.]

II.3.2. Principes de désenfumage

Le désenfumage vise plusieurs objectifs qui dépendent du lieu d'implantation. Tout d'abord, il doit servir à rendre les locaux accessibles aux forces d'évacuation mais surtout de faciliter aux personnes l'accès à la sortie, En deuxième temps, le désenfumage doit servir à freiner ou arrêter la propagation de la fumée toxique en l'évacuant vers l'extérieur. [4]

L'opération de désenfumage se déroule en deux étapes : [1]

- a. Extraire la fumée et introduire de l'air frais dans les zones sûres.



1 : volet d'amenée d'air;
 3 : détecteur de fumée;
 5 : tableau de désenfumage;

2 : volet d'évacuation des fumées ;
 4 : déclencheur manuel;
 6 : ventilateur hélicoïde; 7 : ouvrant en façade.

Figure.II.8. Illustration d'un système de désenfumage [1]

- b. Hiérarchiser les niveaux de pression de chaque zone pour équilibrer les espaces touchés par les flammes et les espaces mitoyens et ainsi empêcher les fumées de se déployer. Les échanges d'air entre l'extérieur et l'intérieur des locaux doivent être rapides et bien conscrits. [1]

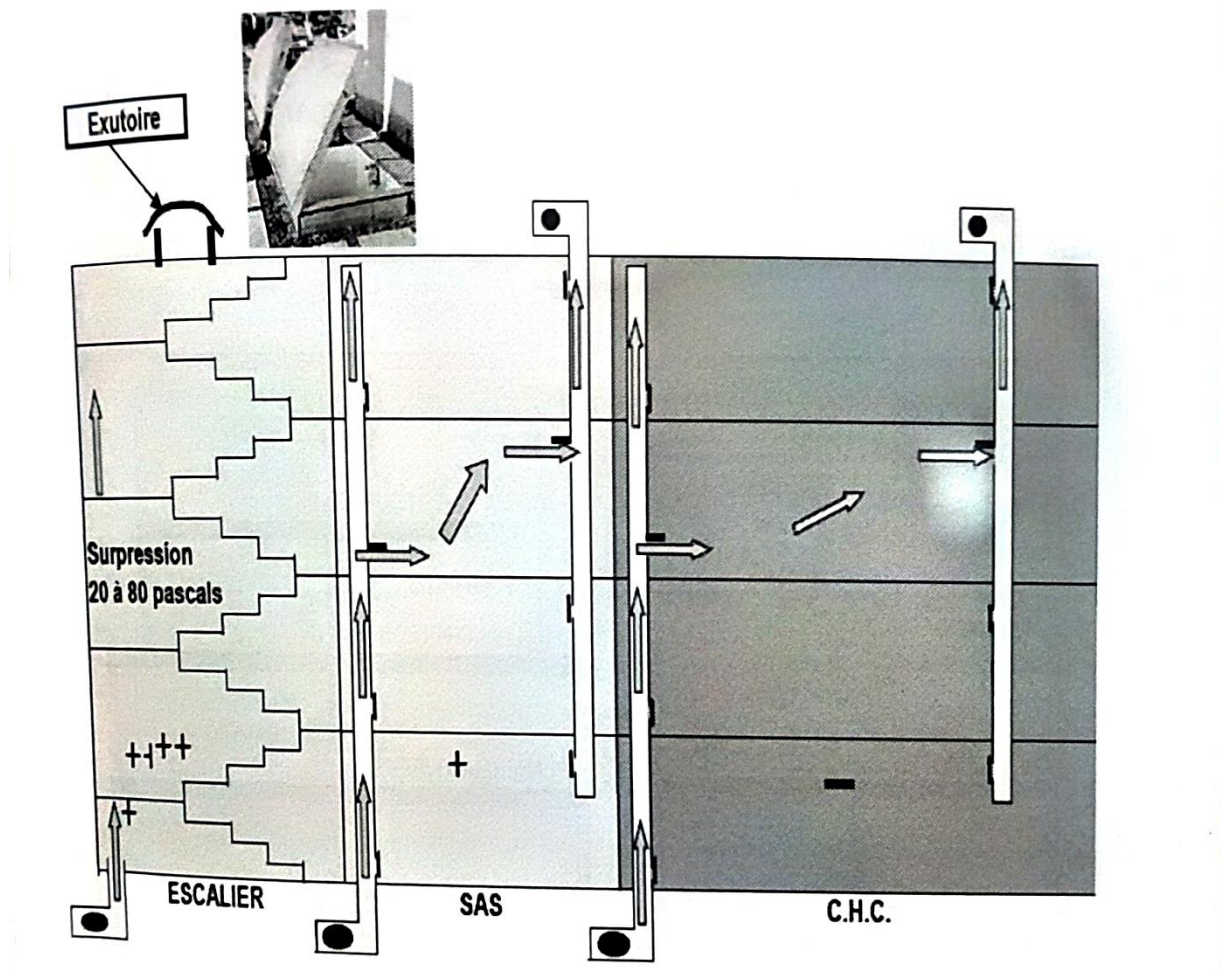


Figure.II.9. Hiérarchisation des pressions [1]

II.3.3. Contraintes du désenfumage

Comme toutes les techniques, le désenfumage (naturel ou mécanique) comporte des éléments qui jouent contre son bon fonctionnement et des contraintes qu'il est obligatoire de respecter. [1]

II.3.3.1. Compartimentage

Afin de garder le système à une échelle techniquement et financièrement réalisable il est important de subdiviser les espaces en volumes raisonnables et gérables. On se doit de respecter une logique dans le dimensionnement de la structure. Il ne faut pas dépasser un certain volume d'air, afin de ne pas exagérer au niveau des débit d'air à brasser. [1]

Le compartimentage se fait grâce à des cloisons, des portes (des murs et des planchés) coupe-feu, des clapets automatisés ou par l'abaissement d'écrans de cantonnement. L'incendie est alors isolé aux zones visées. [1]

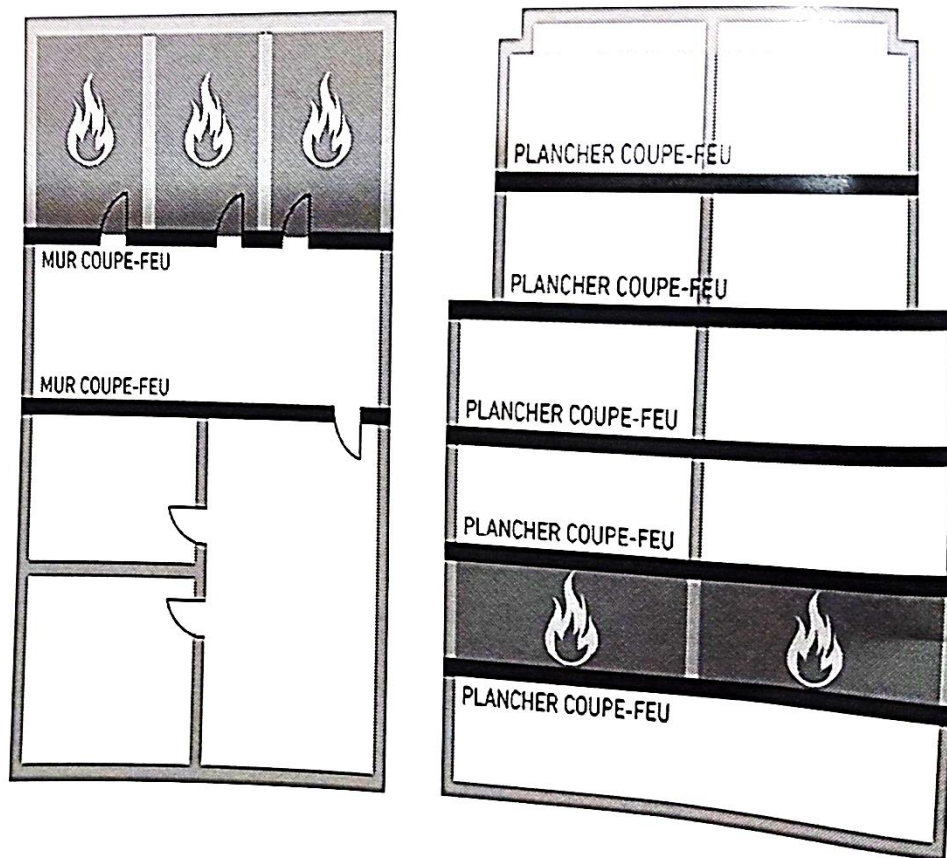


Figure.II.10. *Compartimentage coupe-feu [1]*

II.3.3.2. Stratification

Le désenfumage ne doit pas non plus contre carier le mouvement naturel de la fumée qui se dirige vers le haut. La vitesse que l'on applique au niveau du soufflage d'air ne doit pas rendre les flux et mouvements de fumée imprévisibles, car pour faciliter les échanges d'air les bouches d'extraction sont placées au plus haut, et les amenées d'air frais extérieur quant à elles sont placées au plus bas (convection naturelle). [1]

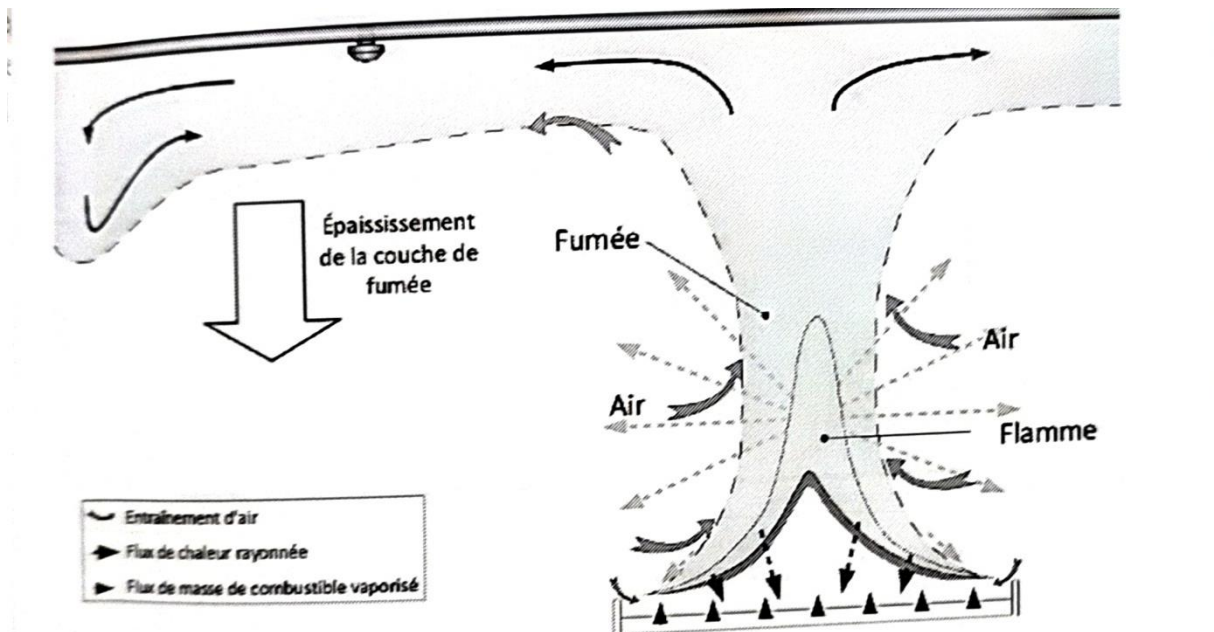


Figure.II.11. Stratification naturelle de la fumée avec soufflage et extraction [1]

II.3.3.3. Balayage

Il est important de veiller à ce que les locaux où on installe un système de désenfumage soient complètement desservis par le brassage d'air. Les zones mortes qui seraient négligées par la répartition des aménages d'air et des bouches d'extraction, pourraient causer ce qu'on nomme un bouchon de fumée. Les installations de désenfumage ne peuvent pas fonctionner sous forme de pompes car il faudrait mettre les locaux sous vide, il faut donc correctement distribuer les arrivées et les sorties d'air. [1]

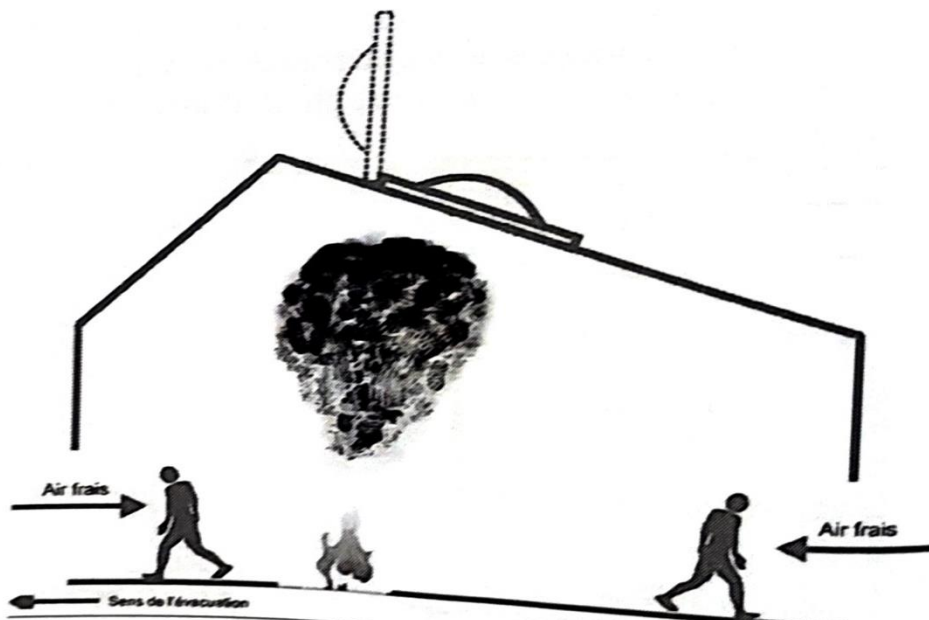


Figure.II.12. Balayage d'un espace enfumé avec air neuf [1]

II.3.4. Types de désenfumage

On peut classer la technique de désenfumage sur la base de certains critères. En considérant le type de local où est implanté le système on retrouve trois types : [1,7]

- Désenfumage de grands volumes et de moyennes dimensions,
- Désenfumage des circulations horizontales,
- Désenfumage des escaliers.

On peut aussi classer selon les techniques précises qui sont utilisées :

II.3.4.1. Désenfumage naturel

Le désenfumage naturel ne compte que sur la circulation d'air naturelle présente dans une construction et la différence de pression dans l'édifice, aucune intervention mécanique ne rentre en jeu dans l'évacuation des fumées, le désenfumage naturel peut être considéré comme une technique passive. L'utilisation de cette technique se base sur plusieurs principes mais surtout nécessite des dispositions tel que : [1,7,8]

- L'espace doit pouvoir accueillir des amenées d'air et les bouches d'évacuation d'une section libre de minimum 20 dm^2 ;
- Les amenées d'air et les bouches d'évacuation doivent pouvoir être installées d'une manière alternée au niveau de la circulation d'air horizontale. L'intervalle de séparation entre chaque trappe (entrée-sortie) doit être de 10 m maximum sur une ligne rectiligne et de 7 m maximum sur une ligne non rectiligne ;
- Les conditions de circulation d'air nécessitent la mise en place de plusieurs bouches d'évacuation et d'amenée d'air, les surfaces totales de chaque type de bouche doivent être équivalentes. Si cette équivalence n'est pas possible, les bouches doivent être installées de manière à ce que la surface totale des bouches d'évacuation soit comprise entre $0,5$ et 1 fois celle des bouches d'amenée d'air ;
- La partie inférieure de la bouche d'évacuation doit se trouver à au moins $1,80 \text{ m}$ au-dessus du plancher bas de la circulation et être entièrement située dans le tiers supérieur de cette dernière ;
- La partie supérieure de la bouche d'amenée d'air doit se situer à un maximum de 1 m au-dessus du niveau du plancher bas de la circulation.

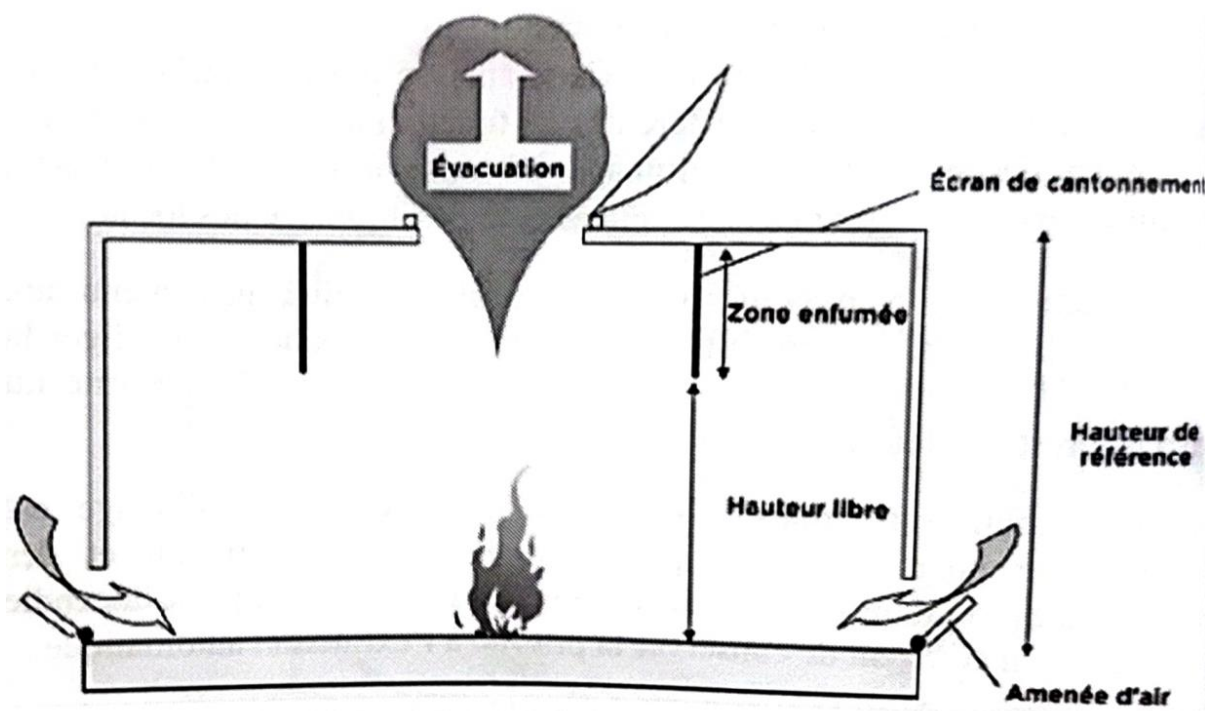


Figure.II.13. Désenfumage naturel [1]

II.3.4.2. Désenfumage mécanique

Le désenfumage mécanique est un procédé qui utilise des ventilateurs et des conduits pour extraire activement les fumées, facilitant ainsi l'évacuation des occupants et l'intervention des secours. Contrairement au désenfumage naturel, qui repose sur la différence de pression et la convection pour évacuer les fumées, le désenfumage mécanique garantit une extraction plus contrôlée et efficace, même en l'absence de conditions favorables pour le désenfumage naturel. [1]

Cependant comme pour le désenfumage naturel, le désenfumage mécanique se doit de satisfaire des conditions d'implantation : [1,7,8]

- Le débit d'extraction doit être d'au moins $1 \text{ m}^3/\text{s}$ par bouche d'extraction, avec un débit total minimum de $n/2 \text{ m}^3$ par seconde (où n représente le nombre de bouches d'amenée d'air dans la circulation) ;
- Le démarrage des ventilateurs et l'ouverture des volets doivent être induites par les détecteurs ;
- Le désenfumage doit également pouvoir fonctionner par tirage naturel en cas de défaillance du ventilateur. Pour cela, les conduits d'extraction doivent être équipés à leur extrémité supérieure d'un dispositif permettant leur ouverture vers l'extérieur, avec une section équivalente à celle du conduit. Cette ouverture doit être déclenchée par une défaillance du ventilateur ;
- Les ventilateurs d'extraction doivent être capables de fonctionner normalement pendant une heure avec des fumées à $400 \text{ }^\circ\text{C}$;
- L'alimentation électrique des ventilateurs doit être raccordée avant le dispositif de coupure générale du bâtiment et protégée de manière à ne pas être affectée par un

incident survenant sur d'autres circuits. De plus, elle ne doit pas traverser sans protection des locaux présentant des risques particuliers d'incendie.

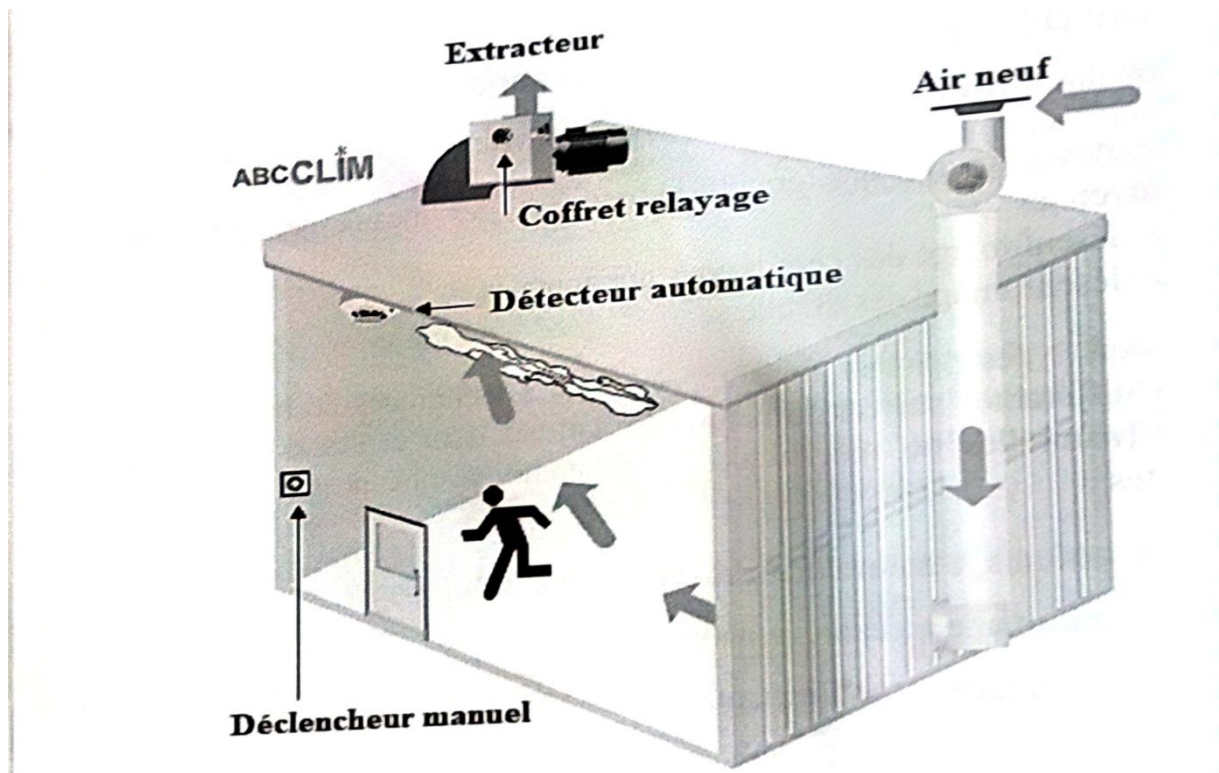


Figure.II.14. Désenfumage mécanique [1]

II.4. Classification des constructions

Chaque construction répond directement à des conditions qui peuvent les classer selon des critères. On distingue les classifications se basant sur des caractéristiques architecturales, les caractéristiques dimensionnelles (facilité d'évacuation), ordre de sévérité du risque incendie, le domaine d'activité ... [3]

Classer les structures selon une somme de critères vise à adapter la sécurisation et la protection des biens à chaque groupe qui partagent ces mêmes caractéristiques. [3]

II.4.1. Bâtiments d'habitation BH

Les bâtiments d'habitation sont uniquement réservés à l'usage domestique de particuliers. Ils doivent obligatoirement posséder un accès facile à un point d'eau. Le ministère du logement est chargé de veiller à la bonne mise en œuvre de la réglementation de sécurité des bâtiments d'habitations. [3]

II.4.2. Etablissements recevant du public ERP

Les ERP (Établissements Recevant du Public) englobent tous les bâtiments, locaux et enceintes où des personnes peuvent entrer, ils sont sous la responsabilité du ministère de l'intérieur, que ce soit librement ou en échange d'une rétribution ou d'une quelconque participation. On peut ajouter que ces lieux accueillent des réunions accessibles à tous, que ce soit gratuitement ou sur invitation payante. Le terme 'public' inclut toutes les personnes admises dans l'établissement, en plus du personnel. Ils sont soumis à une réglementation spécifique. [3]

Le bâtiment doit pouvoir résister aux effets du feu pendant le temps nécessaire à l'évacuation du public et à l'arrivée des secours. Pour permettre l'évacuation, il est essentiel de mettre en place des systèmes d'alarme, des dégagements, et des sorties de secours balisées, éclairées et désenfumées. Ensuite, il faut prévoir des accès et des moyens d'intervention pour que les services de secours puissent maîtriser le feu. [3]

II.4.2.1. Classement des ERP

La réglementation incendie des ERP inclut leur classement, car tous les ERP n'ont pas les mêmes caractéristiques en termes de taille, d'usage et de risques. Ces critères définissent le classement des ERP. [3]

Le classement des ERP s'effectue selon deux paramètres : [3]

- a. La taille de l'établissement, déterminée par l'effectif total (public et personnel) admis,
- b. La ou les activités abritées par l'établissement, ce qui est exprimé en termes de type.

Les ERP sont donc répartis en types selon la nature de leur exploitation, puis classés en catégories d'après l'effectif du public et du personnel. Ils sont soumis à des dispositions générales communes ainsi qu'à des dispositions particulières issues du Règlement de sécurité contre l'incendie. [3]

II.4.3. Immeubles de grande hauteur IGH

Le règlement des IGH repose sur les mêmes principes que celui des ERP, auquel il se réfère souvent. Cependant, la différence essentielle réside dans le remplacement de la notion d'évacuation de l'ensemble de l'établissement par le concept de compartimentage : chaque compartiment d'un IGH est, en cas d'incendie, isolé et autonome des compartiments voisins. La sécurité contre l'incendie dans un IGH est techniquement très exigeante et nécessite une maintenance et une surveillance permanentes. [3]

On définit un IGH par : tout bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est situé, par rapport au niveau du sol le plus haut est à plus de 50 m pour les immeubles à usage d'habitation et à plus de 28 m pour les autres immeubles. [3]

Toutefois, ne sont pas considérés comme IGH les immeubles dont l'activité implique la présence de moins d'une personne par 100 m² à chaque niveau. [3]

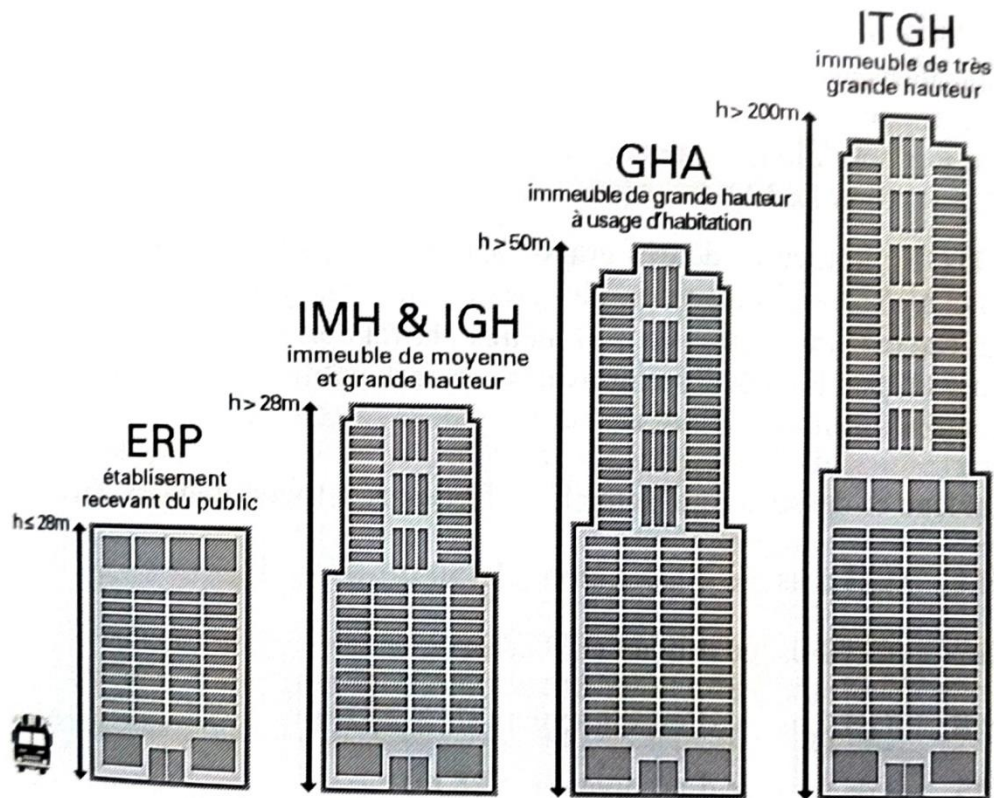


Figure.II.15. Différents cas des IGH [3]

II.4.3.1. Dispositions de sécurité

Compte tenu de la spécificité de ces immeubles et des risques encourus par les occupants, la motivation profonde repose notamment sur le fait que ces IGH sont inaccessibles aux grandes échelles des sapeurs-pompiers. Les personnes présentes dans les zones touchées par les flammes évacuent les lieux, mais les autres niveaux peuvent en principe continuer leurs activités. Durant la conception des IGH on se doit de respecter certaines règles. Tous les IGH doivent être isolés des constructions voisines. [3]

Les gaines techniques verticales doivent être composées de matériaux incombustibles, le potentiel calorifique des matériaux doit également être inférieur à 255 MJ/m^2 . [3]

II.4.3.2. Locaux à risques

Les IGH possèdent des locaux présentant des risques majeurs. Ces locaux doivent être pris en compte lors de l'étude des risques d'incendie afin de prévoir les mesures préventives appropriées. Voici les différents locaux concernés : [8]

- a. *Grandes Cuisines Collectives et Locaux Associés*
- b. *Chaufferies Intérieures*
- c. *Chaufferies Extérieures*
- d. *Locaux des Transformateurs*
- e. *Locaux à Fort Potentiel Calorifique*
- f. *Locaux d'Archives*

II.5. Normes et réglementation Algériennes

Comme tous les autres pays l'Algérie adopte elle aussi des normes et réglementations spécifiques, le pays mise sur une certaine approche du désenfumage respectant des normes techniques. Ces normes varient selon le type du bâtiment, à savoir. Les bâtiments d'habitations et les établissements recevant du publique.

Outre les structures architecturales les installations électriques doivent répondre à une norme internationale : NF C14-100 qui traite des branchements à basse tension et la norme NF C15-100 qui se rapporte à la conception, réalisation, entretien et mise en conformité. [3]

II.5.1. Dans les BH

Dans un premier temps, les normes qui s'appliquent aux bâtiments d'habitation dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à moins de 50 mètres au-dessus du sol utilement accessible aux engins des services de secours et de lutte contre l'incendie. [3]

On impose en règle générale le désenfumage des bâtiments d'habitation au niveau des escaliers. Les cages d'escaliers doivent être protégées ainsi que les circulations communes inter niveaux. Dans l'étage le plus élevé, la cage d'escaliers doit comporter soit un châssis ou une fenêtre vitrée en verre mince, et s'il n'est pas directement accessible, un dispositif qui permet son ouverture facilement depuis le palier de l'escalier. Les immeubles de la quatrième famille doivent comporter au moins une circulation horizontale ou un escalier protégé, qui peuvent être soit à l'air libre, soit à l'abri des fumées. [3]

II.5.2. Dans les ERP et IGH

Les normes de désenfumage dans les établissements recevant du public dans notre pays sont déterminées en fonction de la hauteur du bâtiment. [3]

II.5.2.1 Dans les ERP

Le désenfumage des locaux et des dégagements doit être prévu en raison de l'utilisation croissante de matériaux très fumigènes et toxiques. Cela permet : [3]

- Evacuation les personnes sans panique et en sécurité,
- Facilitation de la détection du feu et l'intervention des secours,
- Evacuation vers l'extérieur les produits de combustion pour éviter la propagation de l'incendie.

Les fumées sont le principal facteur incitant à la panique, extrêmement communicatif et responsable de nombreuses victimes. Les gaz inflammables peuvent propager l'incendie dans des lieux souvent éloignés du sinistre, par inflammation spontanée au contact de l'air au débouché d'une gaine ou d'une baie. [3]

Les escaliers, les circulations et les locaux doivent être désenfumés soit par balayage (air neuf plus évacuation des fumées) soit par variation de pression entre le volume à protéger et le volume sinistré. [3]

Le désenfumage des circulations enclouées est réalisé soit par : [7]

- 1) La mise en surpression par rapport aux locaux,
- 2) Le désenfumage par balayage naturel,

- 3) Le désenfumage par balayage mécanique,
- 4) Les locaux qui doivent être désenfumés comprennent ceux de plus de 100 m² ou en sous-sol de plus de 300 m², par désenfumage naturel ou mécanique.

II.5.2.2. Dans les IGH

Concernant ce type d'immeubles, la réglementation algérienne offre peu d'informations spécifiques. Dans ce cas, il est souvent recommandé de se référer aux normes internationales pour le dimensionnement du désenfumage dans les IGH. [3]

Il est simplement stipulé que l'immeuble doit comporter des : [3]

- 1) Dispositions appropriées pour empêcher le passage des fumées du compartiment sinistré aux autres parties de l'immeuble,
 - 2) Communications d'un compartiment avec un autre ou avec les escaliers doivent être assurées par des dispositifs étanches aux fumées en position de fermeture, permettant l'élimination rapide des fumées introduites.
- c) Réglementations ERP peuvent également s'appliquer à un IGH.

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu l'importance critique d'avoir une approche face aux incendies : préventive grâce aux systèmes de détection, mais aussi réactive avec les installations de désenfumage de tous types. Protéger les vies humaines et les biens est une priorité lors de la conception de n'importe quelle structure.

Cependant on ne peut se permettre de disposer ces systèmes coûteux et vitaux de manière aléatoire, voilà pourquoi l'utilisation d'un modèle réduit (maquette) et simplifié de ces structures est la solution la plus facile mettre en œuvre et à étudier

Chapitre III

Simulation et Mise en Maquette

III.1. Introduction

La technique du désenfumage comme vu dans les chapitres précédents est une technique qui s'applique à de grands volumes, il serait difficile de réaliser ce système dans notre structure actuelle. Pour résoudre cette problématique de taille, nous allons réaliser un modèle réduit qui se base sur l'utilisation d'une carte Arduino. Cette carte sera programmée afin d'enclencher plusieurs composants électroniques qui reproduisent les appareillages réels. Dans ce chapitre nous verrons les étapes à suivre afin d'arriver à un circuit pratique et fonctionnel. [8, 9]

III.2. Plan de réalisation

Tout d'abord, pour concevoir notre maquette nous avons suivis des étapes précises qui, quand elles sont validées permettent d'assurer le bon fonctionnement du système.

Ces étapes se résument comme suit et chaque étape doit absolument être validée avant de passer à la prochaine :

- ✓ Schématiser le circuit et définir les entrées et les sorties du circuit,
- ✓ Rédiger le programme de control de la carte Arduino sur le logiciel Arduino IDE,
- ✓ Simuler le programme sur la reproduction du circuit dans le logiciel ISIS Proteus,
- ✓ Réunir les composants électroniques,
- ✓ Réaliser les branchements,
- ✓ Implémenter le programme dans la carte Arduino,
- ✓ Vérifier le fonctionnement du circuit grâce à des scénarios de tests,
- ✓ Améliorer le circuit si besoin.

III.3. Description du système

III.3.1. Schéma de principe

Afin d'entamer notre travail il faut d'abord expliquer l'approche prise ainsi que le parallèle entre la maquette et le système réel. Le système que nous allons réaliser sera fonctionnel grâce à la schématisation correcte de ce dernier. La condition principale qu'il est nécessaire de remplir est l'aspect d'action-réaction c'est-à-dire, s'il y a présence de fumée une suite d'événements doit être immédiatement enclenchée afin de procéder au désenfumage. La réponse à la détection de fumée doit : [5]

- Être ordonnée,
- Être efficace,
- Être rapide,
- Avoir la sensibilité adéquate.

III.3.2. Composants électroniques utilisés

Chaque composant se trouvant dans la structure de désenfumage réelle doit avoir son équivalent dans notre maquette. Ces composants sont traités comme des entres ou des sorties (en se basant sur leur rôle).

III.3.2.1. Carte Arduino

L'Arduino est une plateforme dite open-source qui comprend du matériel (cartes électroniques) et du logiciel (IDE) permettant de créer facilement des projets électroniques. Les cartes Arduino sont des microcontrôleurs programmables, utilisés pour contrôler des

composants. Elles sont faciles d'accès pour réaliser des projets, la domotique, la robotique, et bien d'autres domaines grâce leur large communauté de support. [9]

Ce projet en l'occurrence utilise une carte Arduino de Type UNO. L'Arduino UNO dispose de 14 broches d'entrée/sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM : Pulse Width Modulation), 6 entrées analogiques, une horloge à 16 MHz, une connexion USB, un jack d'alimentation, et une interface de programmation. [9]

L'Arduino UNO remplace tout ce qui va de L'API (Automate programmable industriel) en passant par l'acquisition de données, les carte relais jusqu'à être une passerelle pour la source d'alimentation. Cette carte est chargée de la gestion et de la commande de tous les autres composants, c'est le centre névralgique qui rend possible ce projet.

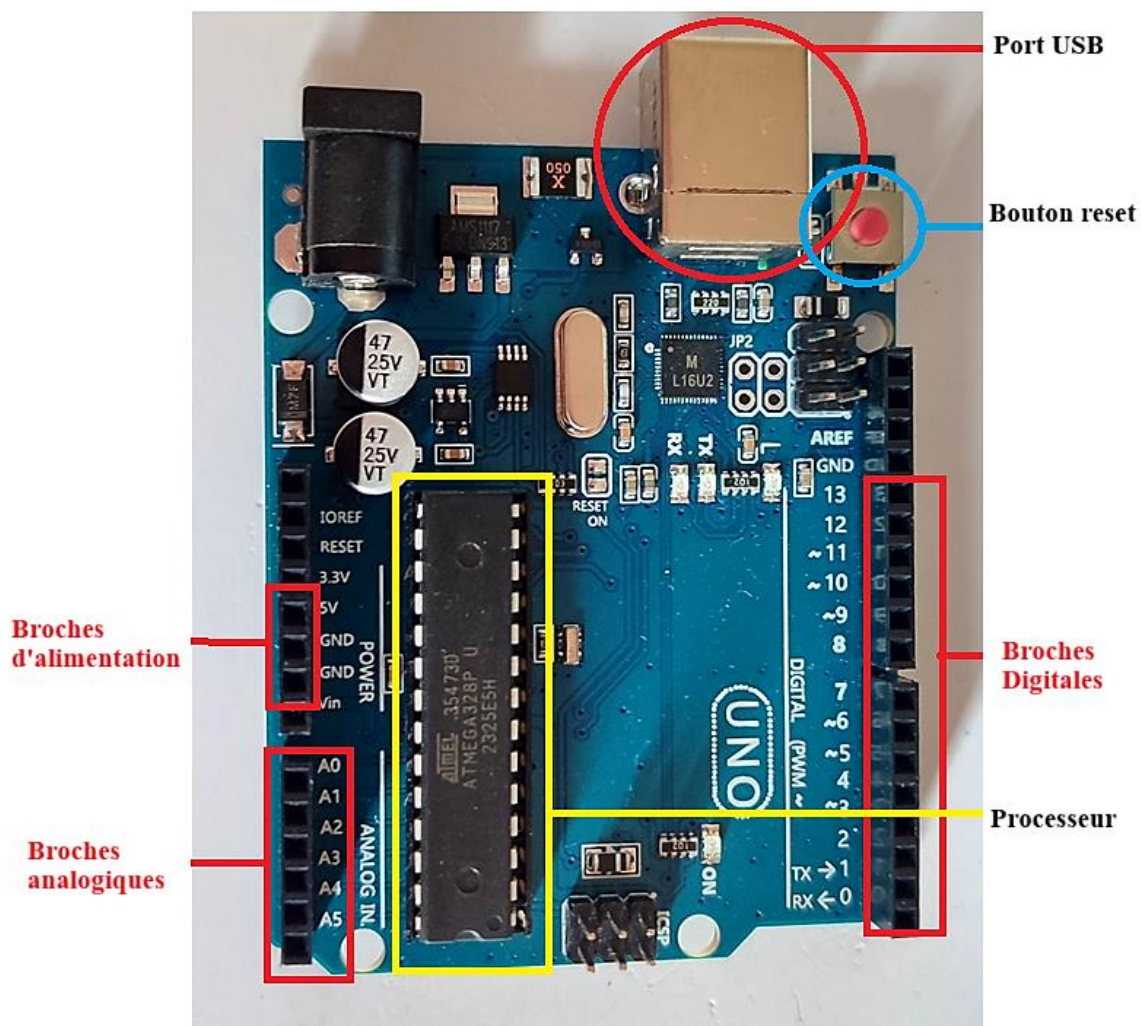


Figure.III.1. Carte Arduino UNO

III.3.2.2. Détecteur de Fumée

Un détecteur de fumée est un dispositif de sécurité qui détecte la présence de fumée dans l'air, la fumée étant la prémisse d'un incendie. Lorsqu'une certaine concentration de fumée est détectée (sensibilité), le détecteur envoie un signal qui avertit le micro-contrôleur de la présence de fumée. [6]

Dans notre projet nous allons utiliser le capteur MQ-2. Ce capteur est un capteur de gaz et de fumée utilisé pour détecter divers gaz et particules dans l'air, comme le monoxyde de carbone (CO), le méthane (CH₄), le propane (C₃H₈), et la fumée. Le capteur MQ-2 a pour caractéristiques : [datasheet en annexe]

- Composé de semi-conducteurs.
- Basé sur un fil qui chauffe et un capteur de conductivité pour mesurer la concentration de gaz. La résistance du capteur change en fonction de la concentration de gaz ou de fumée, ce qui est induit en signal électrique.
- Fournis une sortie analogique (voltage proportionnel à la concentration de gaz) ou une sortie numérique (déclenchement d'un seuil).
- Peut mesurer la qualité de l'air.

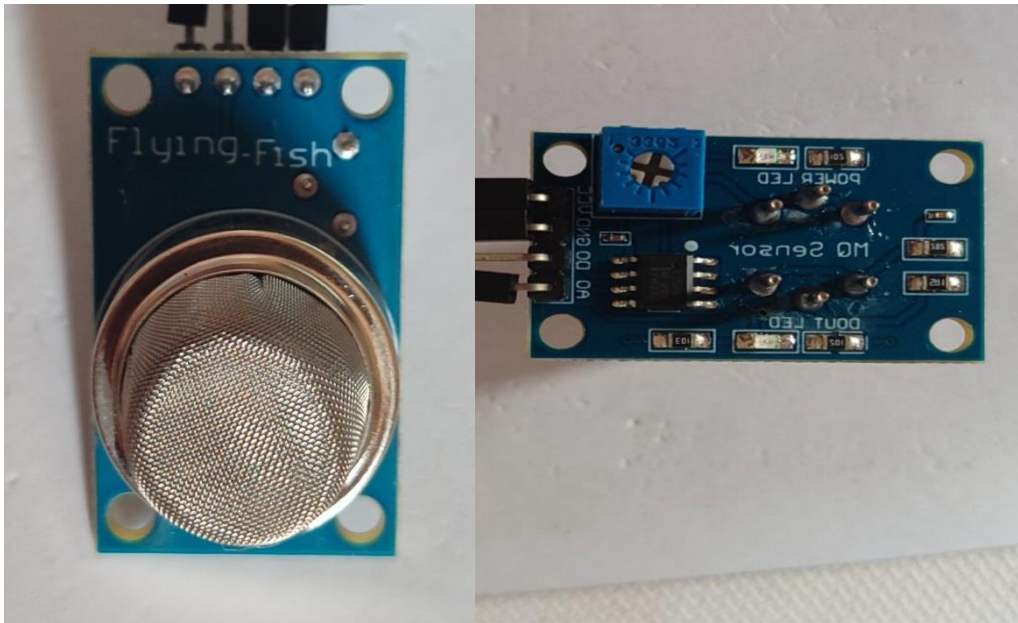


Figure.III.2. Capteur de fumée MQ-2

III.3.2.3. Moteur et hélice

L'opération de désenfumage est réalisée grâce à des ventilateurs et des jefans, dans notre projet nous utilisons un moteur à courant continu de 6V sur lequel on fixe une hélice. Ce duo moteur-hélice est commandé directement par la carte Arduino, dès que le capteur de fumée MQ-2 envoie le signal de dépassement du seuil défini par la sensibilité de ce dernier (Figure.III.2), le moteur se d'éclanche.

Quand le moteur est branché en direct le ventilateur fonctionne en extracteur, en branchant en inversé le ventilateur brasse de l'air pour assurer le renouvellement de l'oxygène.

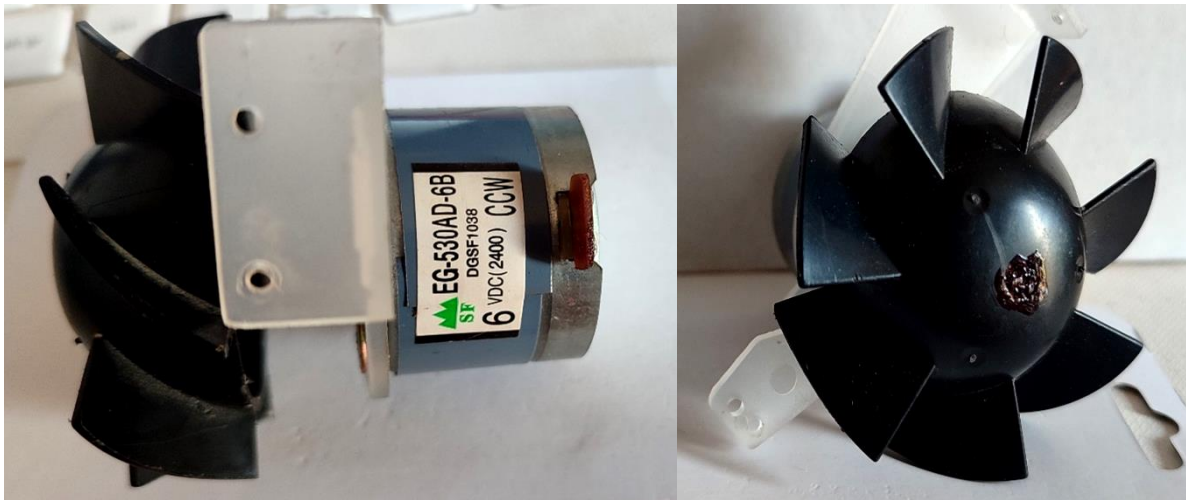


Figure.III.3. *Moteur 6V + Hélice*

III.3.2.4. Breadboard

Une breadboard (planche d'essai) est une plaque perforée utilisée pour prototyper des circuits électroniques sans soudure. Elle permet de connecter des composants comme des résistances, des LED, des capteurs, et des microcontrôleurs en insérant simplement leurs broches dans les trous connectés électriquement. Les connexions peuvent être facilement modifiées, ce qui en fait un outil idéal pour tester et développer rapidement des circuits électroniques. [9, 10]

La planche d'essai joue le rôle de boîtes de dérivations, les armoires électriques et remplace les points de soudure.

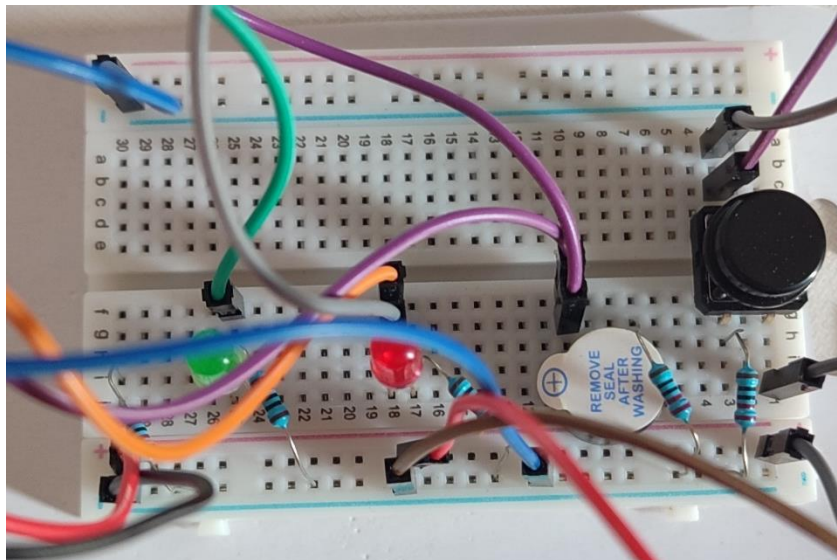


Figure.III.4. *Breadbord*

III.3.2.5. LED

Une LED (Light Emitting Diode) est un semi-conducteur qui émet de la lumière lorsqu'un courant électrique la traverse dans le sens direct. Elle est utilisée comme source de lumière dans une variété d'applications. Les LED sont appréciées pour leur faible consommation d'énergie, leur longue durée de vie, et leur capacité à émettre différentes couleurs en fonction du matériau semi-conducteur utilisé. [10]

Dans notre projet nous utilisons deux types de LED, une LED rouge servant de signalisation visuelle en cas de détections de fumée et une LED verte qui sert de signalisation lumineuse indiquant les sorties de secours.

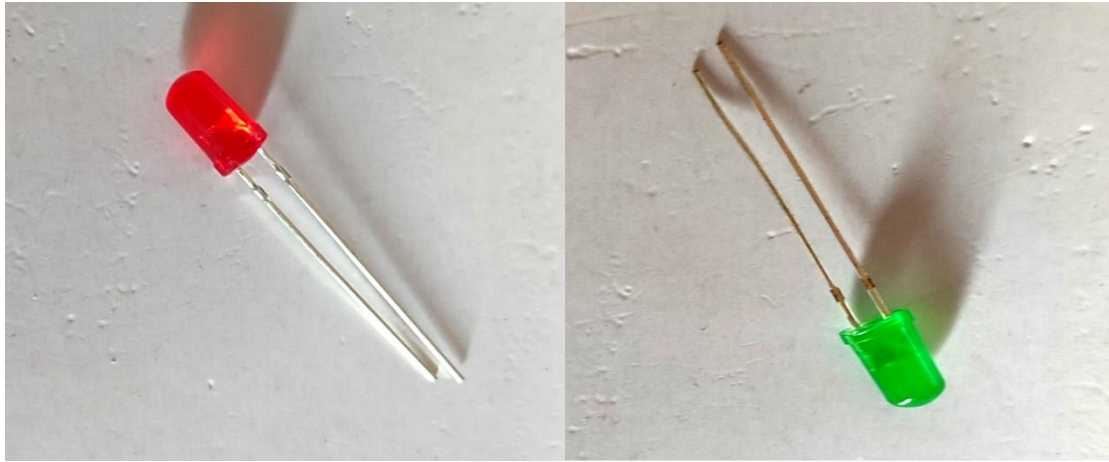


Figure.III.5. *LED rouge et LED verte*

III.3.2.6. Buzzer

Un buzzer est un composant qui peut être électromécanique ou piézoélectrique qui produit un son lorsqu'il est alimenté par un courant électrique. Il est utilisé pour générer des alertes sonores ou des signaux dans des appareils électroniques. Les buzzers peuvent émettre des sons continus ou intermittents, et ils peuvent être passifs ou actifs. [9]

Dans notre projet le buzzer que nous utilisons est un composant passif capable d'être seulement en état haut ou en état bas, il ne peut pas jouer de mélodies. Ce buzzer sert d'alarme de signalisation sonore d'un incendie.



Figure.III.6. *Buzzer*

III.3.2.7. Bouton poussoir/Interrupteur

Un bouton poussoir ou interrupteur est un dispositif électromécanique qui permet d'établir ou de couper un circuit électrique lorsqu'il est pressé ou enclenché. [9, 10]

Dans notre cas pratique il jouera le rôle du BBG afin de déclencher manuellement les moteurs, les alarmes et les signalisations lumineuses.



Figure.III.7. Interrupteur à bascule

III.3.2.8. Résistances

Les résistances de protection sont utilisées dans les circuits Arduino pour limiter le courant qui traverse un composant, afin de prévenir les dommages. En ajoutant une résistance en série avec le composant, on contrôle la quantité de courant, ce qui protège la carte Arduino et les autres composants sensibles aux surcharges électriques. [10]

Dans ce projet les Résistances de protection ont une valeur classique pour ce genre d'applications, c'est-à-dire $R=220\Omega$. La résistance de 220Ohms sert à limiter le courant au travers de la LED par exemple. Dans le cas de la LED ce dernier est en général limité à une marge de 20mA et la LED ayant une chute de tension d'environ 1.2V. Lorsqu'on l'alimente avec une tension de 5V, le calcul de la résistance se fait par la loi d'Ohm : [10]

$$R = \frac{U_{\text{alimentation}} - \Delta V_{LED}}{I_{LED}} \quad (III.1.)$$

$$R = \frac{5 - 1.2}{0.02} \quad (III.2.)$$

$$R = 190 \Omega \quad (III.3.)$$

Pour avoir une intensité de 20mA passant dans la LED, on doit donc mettre une résistance de 190Ohms en série. Les résistances de 220Ohms sont alors idéales, car elles sont plus courantes(classiques) dans les applications électroniques et de plus elles laissent une marge de manœuvre non négligeable.



Figure.III.8. Résistances de protection 220 Ohms

III.3.2.9. Jumpers

Les jumpers sont de petits câbles utilisés sur les cartes Arduino pour configurer ou établir des connexions entre différentes broches ou sections du circuit sur la breadbord. Ils permettent de modifier facilement les paramètres du circuit, comme sélectionner une tension ou activer/désactiver une fonctionnalité spécifique, sans avoir besoin de soudures. [9]

Les jumpers représentent logiquement câblages réels.



Figure.III.9. Jumpers

III.4. Conception et assemblage

III.4.1. Schéma de câblage

Avec le listing des composants électroniques cités ci-dessus il est automatiquement possible de schématiser le circuit dans sa totalité. Pour cela nous devons utiliser un logiciel de modélisation de circuits Arduino, qui nous permet de reproduire toutes les connexions dans la mesure de la disponibilité des composants dans la bibliothèque fournie par le logiciel.

Dans ce travail nous utilisons le logiciel en ligne en libre accès **Tinkercad**. Tinkercad permet entre autres de concevoir, simuler et tester des projets électroniques qui utilisent des microcontrôleurs et différentes cartes électroniques comme Arduino, ESP32, pic ... C'est un outil utilisé tant bien par les ingénieurs, les développeurs ou les amateurs d'électronique. [11]

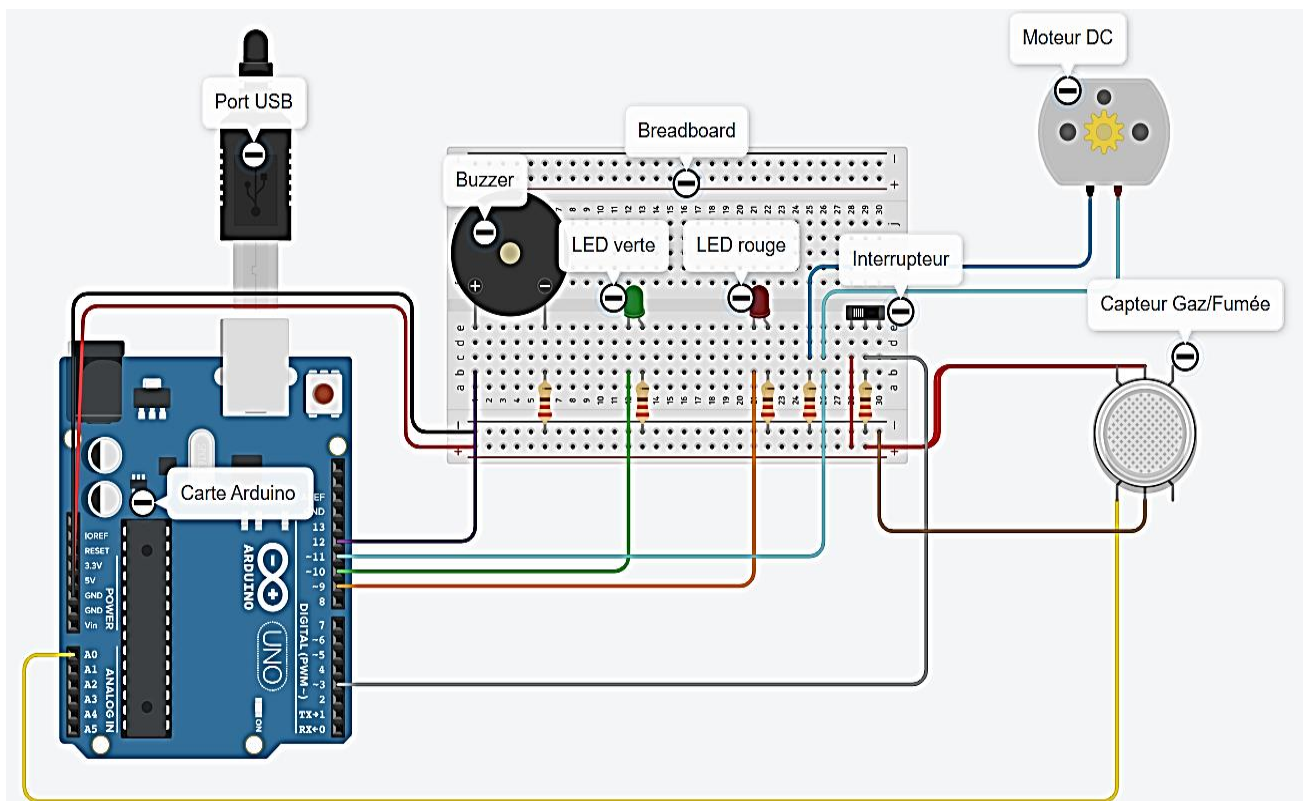


Figure.III.10. Schéma de câblage réel

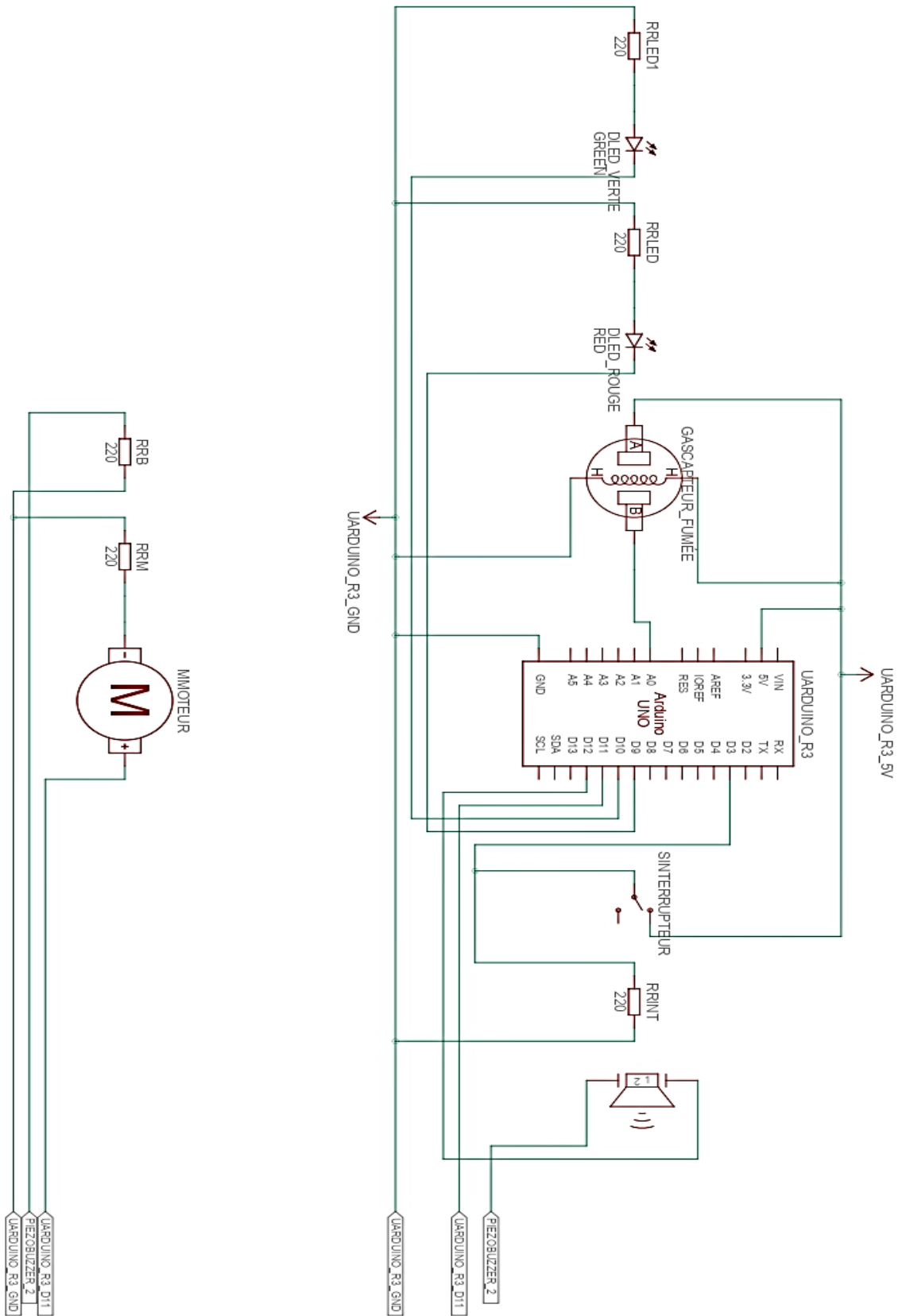


Figure.III.11. Schéma de câblage électrique

III.4.2. Programme sur IDE Arduino

Dans le cadre de ce projet de maquette de désenfumage, le programme Arduino joue un rôle crucial en orchestrant les différents composants du système pour assurer une réponse efficace en cas de détection de fumée. Il a pour objectif principal de surveiller en temps réel les niveaux de fumée à l'aide du capteur. Lorsque la concentration de fumée dépasse un seuil prédéfini dans notre cas *200 ppm*, le programme déclenche une série d'actions pour gérer la situation : il active un moteur équipé d'une hélice pour évacuer la fumée, allume une LED rouge pour signaler une alarme visuelle, et fait sonner un buzzer pour émettre un avertissement sonore. Parallèlement, une LED verte reste allumée lorsque le système fonctionne normalement, offrant une indication visuelle de la direction à suivre pour trouver les sorties de secours. Ce code est conçu pour assurer une réactivité rapide et fiable tout en maintenant un fonctionnement optimal du système de désenfumage. Dans cette section, nous détaillerons la structure et la logique du programme ainsi que les étapes de validation du code.

Au début du code, on définit sur quelles pins chaque composant sera rattaché. Pour le capteur de fumée, étant une entrée analogique il sera dirigé vers la pin A0, la LED rouge est attachée à la pin digitale 9, la LED verte est sur la pin digitale 10 et le buzzer sur la pin 12, quant au moteur (ventilateur) on le définit sur la pin 11. La fonction « `setup ()` » configure ces pins (fonction d'entrées ou de sorties). La fonction « `loop ()` » concerne toutes les actions à exécuter et à répéter, tel que la commande « `if... else` » qui indique les actions à faire en cas de dépassement du seuil précédemment indiqué. Pour au final terminer sur une commande de « `repos` » et de réinitialisation du capteur de fumée.

Le code qui est utilisé dans notre projet est le suivant :

✓ Initialisation des broches/pins

```
// Declaration Broches
const int Sensor = A0; // Capteur analogique
const int LedRed = 9;
const int LedGreen = 10;
const int Motor = 11;
const int Alarm = 12;
const int Switch= 3 ;
```

✓ Définition du seuil de détection de la fumée et la valeur initial de l'interrupteur

```
const int smokeThreshold = 200; // Seuil pour la détection de fumée (désenfumage)
int switch_state= 0;
```

✓ Définition des entrées et des sorties et initialisation de la série de compte

```
// Declaration entrées-sorties
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Sensor, INPUT);
  pinMode (Switch, INPUT);
  pinMode(LedRed, OUTPUT);
  pinMode(LedGreen, OUTPUT);
  pinMode(Motor, OUTPUT);
  pinMode(Alarm, OUTPUT);
}
```

✓ **Actions à exécuter et commande « if.. else)**

```
void loop() {
  int sensorValue = analogRead(Sensor);
  switch_state= digitalRead (Button);
```

✓ **Boucle « if » spécifique au détecteur de fumée**

```
if (sensorValue >= smokeThreshold) {
  // Fumée détectée
  ✓ Allumer la LED verte
  digitalWrite (LedGreen , HIGH);
  ✓ Faire clignoter la LED rouge
  digitalWrite (LedRed , HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite (LedRed , LOW);
  ✓ Allumer le moteur a pleine vitesse
  digitalWrite (Motor , HIGH);
  ✓ Faire émettre un son entre coupé au buzzer
  digitalWrite (Alarm , HIGH);
  delay(300);
  digitalWrite (Alarm , LOW);
}
```

✓ **Boucle « if » spécifique à l'interrupteur**

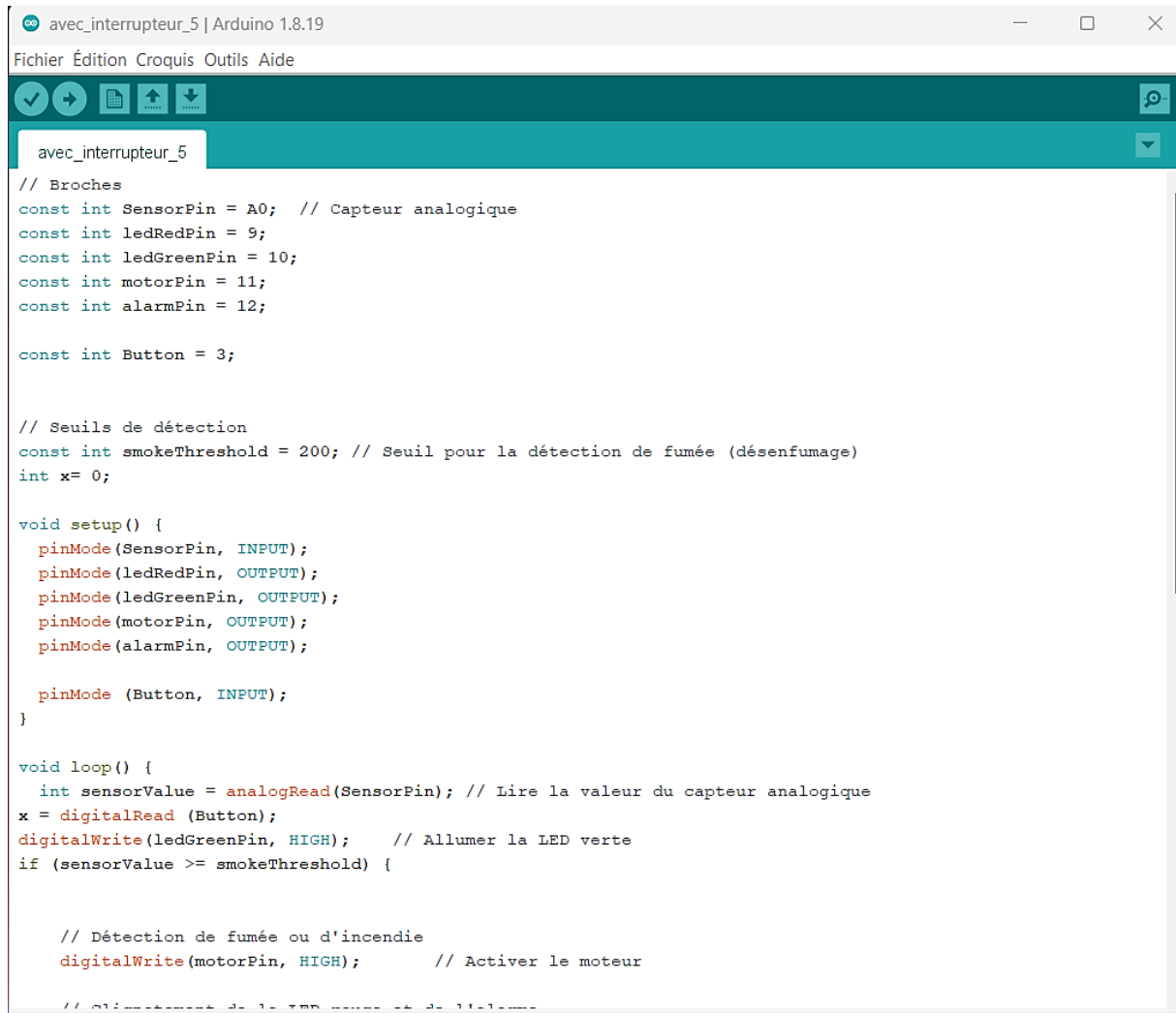
```
if (switch_state == HIGH) {
  digitalWrite(motorPin, HIGH); // Activer le moteur

  // Clignotement de la LED rouge et de l'alarme
  digitalWrite(ledRedPin, HIGH); // Allumer la LED rouge
  digitalWrite(alarmPin, HIGH); // Activer l'alarme
  delay(500); // Attendre 500 ms
  digitalWrite(ledRedPin, LOW); // Éteindre la LED rouge
  delay(500); // Attendre 500 ms
  digitalWrite(alarmPin, LOW); // Désactiver l'alarme
```

✓ **Laisser la LED verte allumer et éteindre le reste des composants (actions inversées)**

```
else {
  digitalWrite (LedGreen , HIGH);
  digitalWrite (LedRed , LOW);
  digitalWrite (Motor , LOW);
  digitalWrite (Alarm , LOW);
}
  ✓ Stabiliser le capteur
  delay(100);
}
```

Nous avons choisi d'écrire l'entrée de notre programme sous forme analogique car la lecture analogique permet de détecter les gammes de valeurs de fumée. Le seuil de détection a été calibré pour réagir à des niveaux de fumée significatifs de *200ppm*. Les commandes `digitalWrite` sont utilisées pour gérer les sorties en fonction des données du capteur.



```

avec_interrupteur_5 | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide
avec_interrupteur_5
// Broches
const int SensorPin = A0; // Capteur analogique
const int ledRedPin = 9;
const int ledGreenPin = 10;
const int motorPin = 11;
const int alarmPin = 12;

const int Button = 3;

// Seuils de détection
const int smokeThreshold = 200; // Seuil pour la détection de fumée (désenfumage)
int x= 0;

void setup() {
  pinMode(SensorPin, INPUT);
  pinMode(ledRedPin, OUTPUT);
  pinMode(ledGreenPin, OUTPUT);
  pinMode(motorPin, OUTPUT);
  pinMode(alarmPin, OUTPUT);

  pinMode (Button, INPUT);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(SensorPin); // Lire la valeur du capteur analogique
  x = digitalRead (Button);
  digitalWrite(ledGreenPin, HIGH); // Allumer la LED verte
  if (sensorValue >= smokeThreshold) {

    // Détection de fumée ou d'incendie
    digitalWrite(motorPin, HIGH); // Activer le moteur

    // Clignotement de la LED rouge et de l'alarme
  }
}

```

Figure.III.12. Interface Arduino

III.4.3. Simulation sur Proteus

Proteus est un logiciel de simulation utilisé par les chercheurs et ingénieurs dans la conception et la simulation de circuits électroniques. Proteus permet de créer des schémas de circuits et de simuler le fonctionnement des programmes Arduino afin de vérifier le bon fonctionnement de ce dernier sans risquer d’abimer des composants durant les tests réels. [12]

Pour valider l’étape de la simulation sur Proteus, il faut implémenter le programme Arduino précédemment vu dans une carte Arduino intégrée dans la bibliothèque Proteus au préalable téléchargée. Puis, il faut lancer la simulation, s’il n’y a aucun message d’erreur et que tous les composants électroniques réagissent comme définit dans le programme Arduino alors la simulation est concluante et on peut passer à l’étape du circuit réel. Il est impossible de simuler une flamme, mais on peut forcer le détecteur MQ-2 à envoyer une information qui déclenche le système.

a. Liste des composants

Liste des composants que nous avons utilisés à partir de la bibliothèque et des composants téléchargés :

- Carte Arduino : Arduino UNO, téléchargée sur un forum (The engineering Projects) de partage de composants compatibles avec Proteus.
- Capteur de Fumée : MQ-2, téléchargé sur un forum (The engineering Projects) de partage de composants compatibles avec Proteus,
- Moteur : 5V à courant continu, trouvé dans la bibliothèque de base disponible dans Proteus,
- LEDs : LED rouge et LED verte trouvées dans la bibliothèque de base disponible dans Proteus,
- Buzzer : passif disponible dans la bibliothèque de base de Proteus,
- Résistances : 220Ω elles servent de protection et se trouvent dans la bibliothèque de Proteus,
- LOGICTOGGLE : c'est une source logique (logic state source) qui permet de forcer une valeur : haut ou bas (1-0) sur le détecteur afin qui puisse réagir, cette source est fournie avec la bibliothèque Proteus.
- Alimentation : le circuit est alimentée grâce à des sources de courant continu de 5V connectées aux broches VCC de chaque composant qui le requière, elles sont disponibles dans la bibliothèque Proteus,
- Prises de terre : elles servent à fermer le circuit, on connecte les prises de terre aux broches GND des composants, on les trouve dans la bibliothèque Proteus.

b. Configuration de la simulation

Une fois tous les composants connectés les uns aux autres, le code Arduino est importé depuis le fichier ou il est enregistré sous l'index « .hex » pour être exécuté sur le microcontrôleur.

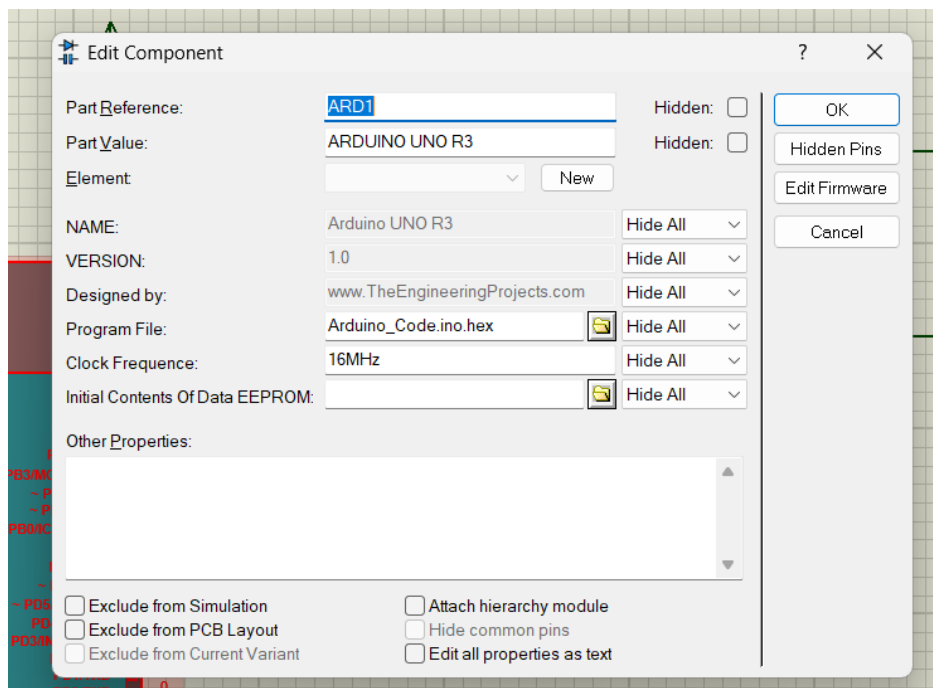


Figure.III.13. Import du code Arduino dans Proteus

Le code rattaché au capteur MQ-2 est importé depuis le fichier téléchargé sur le forum de partage ou il est enregistré sous l'index « .hex » pour être exécuté.

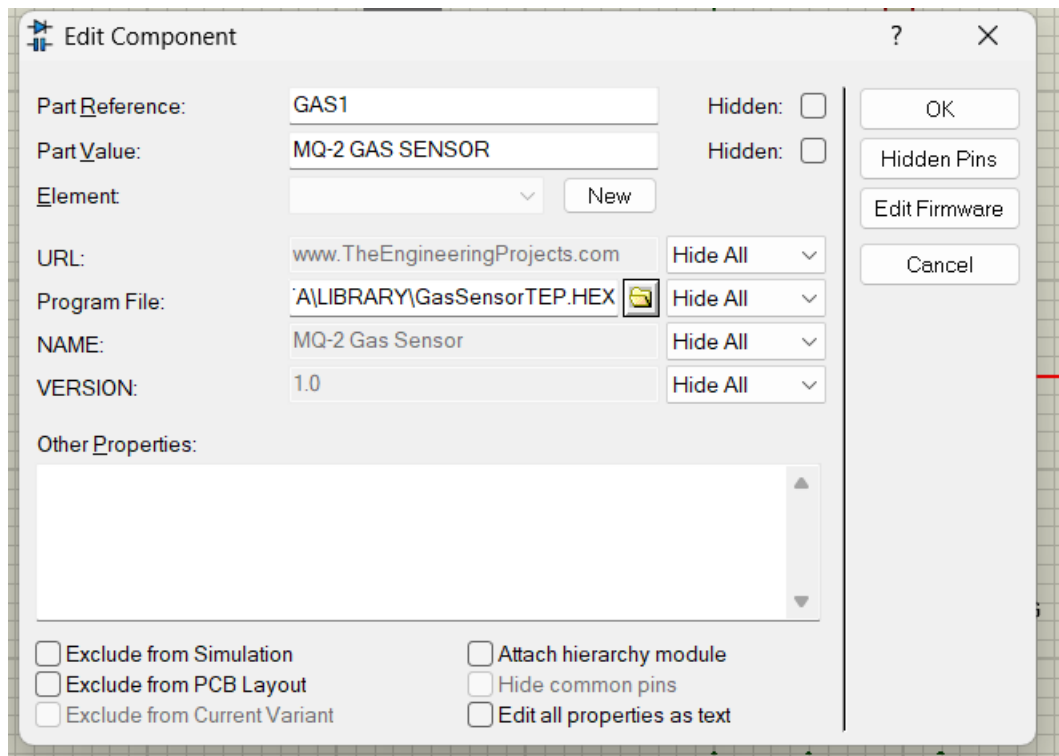


Figure.III.14. Import du code du capteur MQ-2

Il faut également configurer les paramètres des composants pour qu'ils soient compatibles les uns avec les autres, principalement en ce qui concerne l'alimentation (5V).

c. Résultats

Si aucune erreur n'est détectée alors :

- Test de Détection de Fumée : en forçant l'état haut sur le détecteur de fumée le moteur se met en marche, la LED rouge clignote et le buzzer émet un son, la LED verte est allumée.
- Test sans Détection de Fumée : lorsque la concentration de fumée est inférieure au seuil, la LED verte reste allumée, le moteur s'éteint, la LED rouge est éteinte et le buzzer est silencieux.

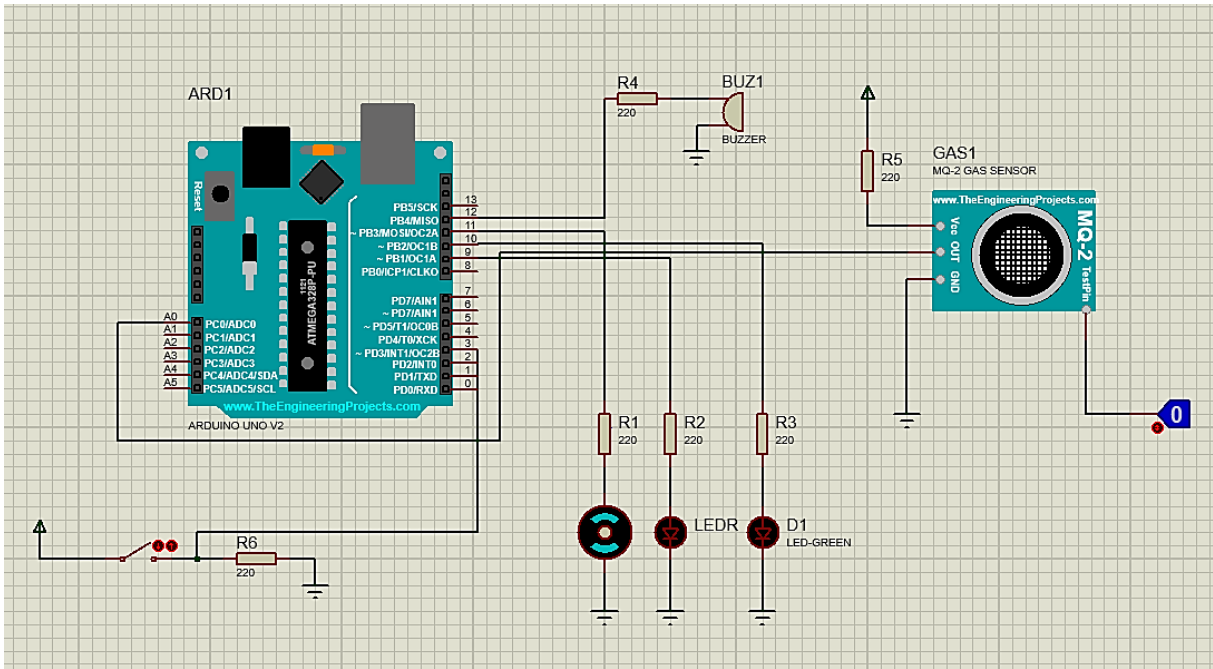


Figure.III.15. Simulation Proteus cas détecteur neutre et interrupteur ouvert

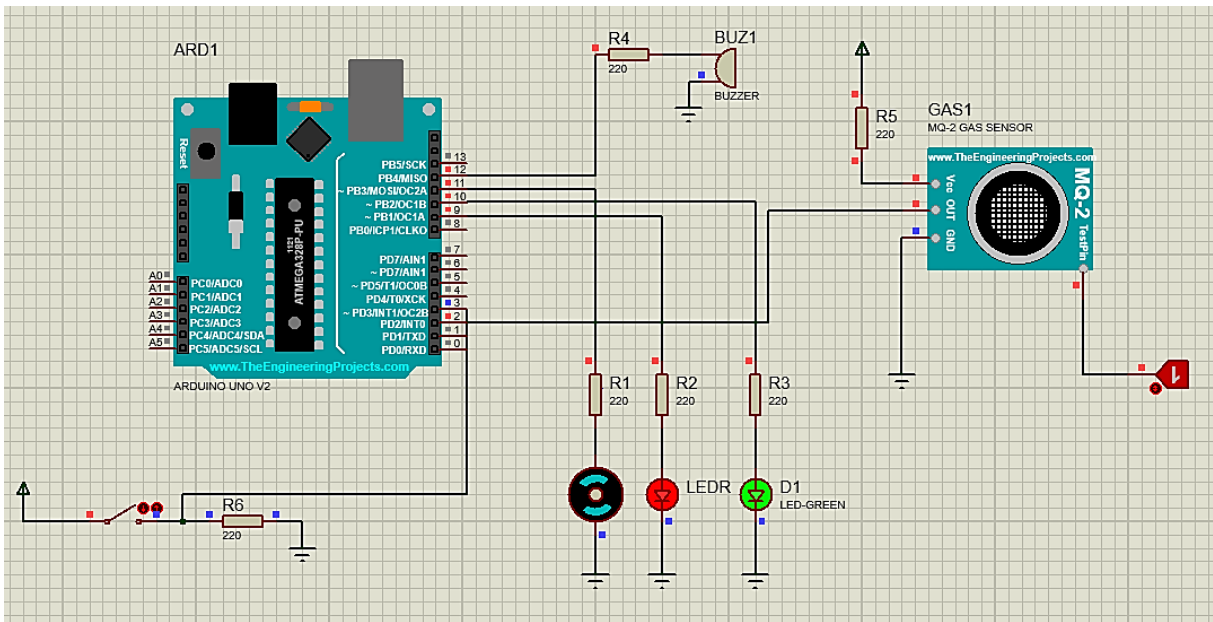


Figure.III.16. Simulation Proteus cas détecteur forcé et interrupteur ouvert

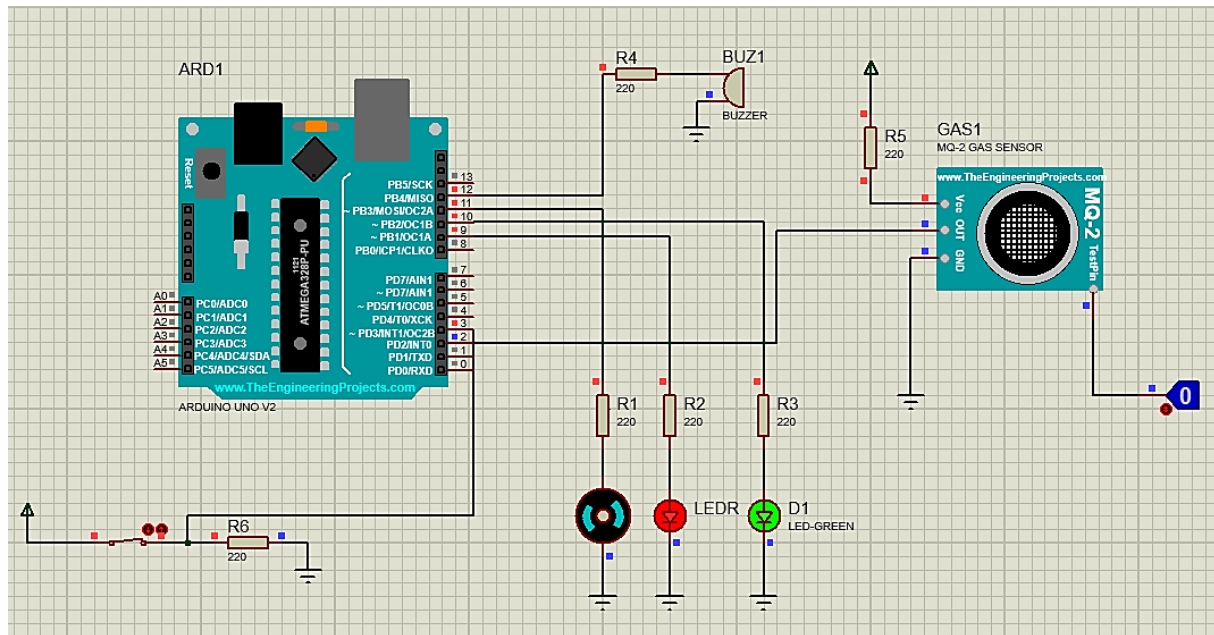


Figure.III.17. Simulation Proteus cas détecteur neutre et interrupteur fermé

III.4.4. Etapes du montage réel

a. Préparation

Avant de commencer le montage, nous avons réuni tous les composants nécessaires, dont une carte Arduino UNO, un capteur de fumée, un moteur avec hélice, deux LEDs (rouge et verte), un buzzer, et un interrupteur. Nous avons également préparé un plan de connexion pour guider le processus de montage (vu précédemment).

b. Montage

Nous avons commencé par repérer les broches que nous allons utiliser sur la carte Arduino. Ensuite, nous avons connecté le capteur de fumée à la broche analogique A0 de l'Arduino. Le moteur est contrôlé par la broche D11. Les LEDs rouge et verte ont été reliées respectivement aux broches D9 et D10 à travers des résistances de 220 ohms. Le buzzer a été connecté à la broche D12. L'interrupteur a été intégré afin de permettre le déclenchement manuel du moteur, de la LED rouge et du buzzer. En utilisant les segments connectés en série de la breadboard on connecte les broches d'alimentation VCC et GND, pour faciliter le branchement des composants et multiplier les points d'accroche.

c. Calibrage et configuration

Nous avons branché l'alimentation de la carte Arduino via USB. Nous effectuons un test visuel pour vérifier les connexions avant le téléversement du code.

d. Téléversement

Nous téléversons alors sans problème le code que nous avons rédigé via l'IDE Arduino.

e. Vérifications

Nous vérifions qu'après la mise sous tension les LED disponible sur les composants électroniques sont allumées. Nous faisons un test rapide de fonctionnement du système afin de le fixer à la structure solide de la maquette.

f. Fixation à la structure définitive

Nous fixons alors les composants dans leur place désignées pour garantir la stabilité du montage.

III.5.1. Protocole de tests

Pour vérifier les fonctionnalités et la fiabilité du système de désenfumage. Nous procédons à des tests qui visent à valider la détection de fumée, le déclenchement des alertes, l'enclenchement du moteur et le contrôle manuel via l'interrupteur.

a. Outils de test

- La structure 3D accommodée du circuit électronique,
- Source de fumée et/ou de gaz (petit feu contrôlé et/ou pulvérisateur de gaz),
- Multimètre (pour vérifier les tensions et les connexions),
- Chronomètre (pour mesurer les temps de réponse et de stabilisation du capteur),
- Conditions Initiales : tension d'alimentation = 5V, moteur, LED rouge, buzzer éteints, LED verte allumée, interrupteur en état bas.

b. Scénarios de tests

- ✓ Test de Détection de Fumée

Objectif : Vérifier que le capteur de fumée détecte correctement la présence de fumée.

Méthode : Simuler la présence de fumée ou de gaz à l'aide d'un feu contrôlé ou d'un pulvérisateur de gaz

Critères de Réussite : Lorsque la concentration de fumée dépasse le seuil prédéfini 200ppm, le moteur doit s'activer à pleine vitesse, la LED rouge doit s'allumer, et le buzzer doit sonner. La LED verte doit rester allumée.

Observations :

Tension mesurée aux bornes du moteur : 4.86V,
Tension mesurée aux bornes de l'alimentation : 5.1V,
LED rouge : allumée,
LED Verte : allumée,
Moteur : allumé,
Buzzer : sonne.

- ✓ Test de Réponse au Seuil de Fumée

Objectif : Vérifier que le système répond correctement aux seuils de concentration de fumée.

Méthode : Ajuster la distance de la source de fumée/gaz à l'aide d'une règle graduée de 30cm, avec une exposition au gaz de 1s.

Critères de Réussite : Le système doit réagir de manière cohérente.

Observations :

Distance de réaction : 15cm,
Tension mesurée aux bornes du moteur : 4.86V,
Tension mesurée aux bornes de l'alimentation : 5.1V,
LED rouge : allumée,

LED Verte : allumée,
Moteur : allumé,
Buzzer : sonne.

✓ *Test de Fonctionnement Manuel avec l'Interrupteur*

Objectif : Vérifier que l'interrupteur permet un déclenchement manuel du système.

Méthode : Activer l'interrupteur et observer les changements dans le système.

Critères de Réussite : Lorsque l'interrupteur est actionné, le système doit se comporter comme prévu, indépendamment de la détection de fumée.

Observations :

LED rouge : allumée,
LED Verte : allumée,
Moteur : allumé,
Buzzer : sonne.

✓ *Test de Fonctionnement Normal*

Objectif : Vérifier que le système fonctionne correctement en l'absence de fumée.

Méthode : Observer la stabilité des composants durant l'absence de fumée.

Critères de Réussite : La LED verte doit rester allumée, la LED rouge et le moteur doivent être éteints, le buzzer doit rester silencieux.

Observations :

Tension mesurée aux bornes du moteur : 0V,
Tension mesurée aux bornes de l'alimentation : 5.1V,
LED rouge : éteinte,
LED Verte : allumée,
Moteur : éteint,
Buzzer : silencieux.

III.5.2. Analyses des résultats

Les tests ont montré que le système fonctionnait correctement dans les scénarios de détection de fumée, de réponse au seuil, et de fonctionnement normal. Le moteur s'est activé, les LEDs se sont allumées correctement, et le buzzer a sonné comme prévu. Le système a été stable tout au long des tests.

III.5.3. Problèmes rencontrés

Cependant avant d'obtenir ces résultats satisfaisants des problèmes sont survenus, ces problèmes se résument :

- Déficit de sensibilité de détection du détecteur MQ-135 (datasheet en annexe) initialement envisagé pour le seuil configuré,
- Destruction due aux flammes proches du capteur MQ-135 initialement envisagé,
- Déficit de sensibilité de détection du détecteur MQ-2.

Alors nous avons envisagé des solutions pour palier à ces problèmes. Nous avons tout d'abord changé le capteur : étant donné que lors des essais initiaux, le capteur de fumée MQ-

135 a été endommagé. Nous l'avons remplacé par un capteur MQ-2, qui offre une meilleure sensibilité et une réponse plus rapide aux gaz de fumée. Cette modification était essentielle pour garantir la précision du système.

Nous avons également dans un second temps dû ajuster la sensibilité du capteur : Le capteur MQ-2 a été ajusté pour augmenter sa sensibilité à l'aide d'un tournevis, ce qui a permis d'améliorer sa réactivité. Ce réglage a eu un impact significatif sur la performance du capteur, rendant la détection de fumée plus efficace.

Après le remplacement du capteur et l'ajustement de la sensibilité, les performances du système se sont améliorées. Le MQ-2 a permis une détection plus rapide et plus précise de la fumée, les tests post-modifications réalisés ci-dessus ont confirmé que le système répondait aux critères de réussite.

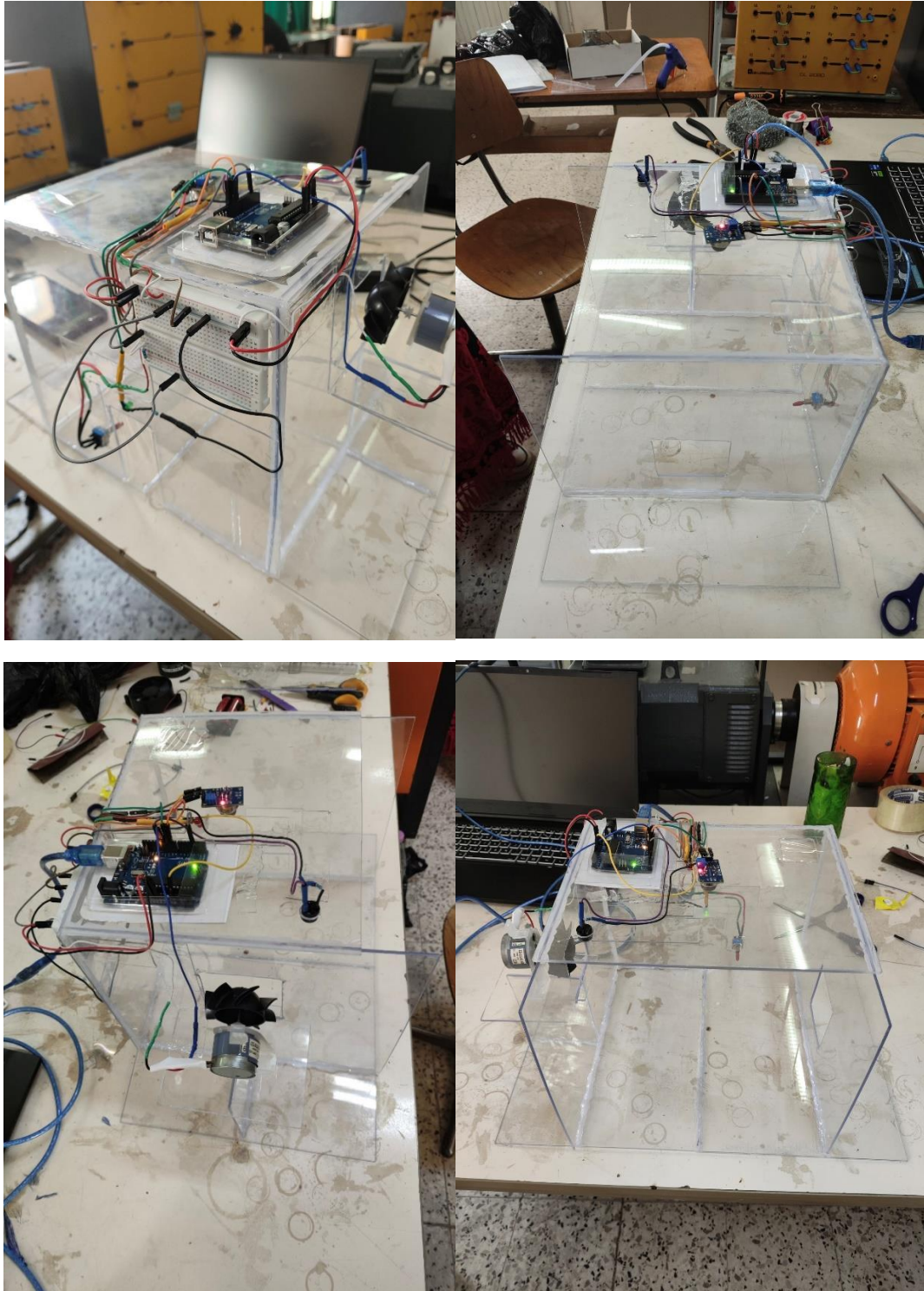


Figure.III.18. *Maquette finale*

III.5.4. Améliorations et ajustements

Le bon fonctionnement actuel du système que nous avons réalisé nous pousse à penser à des améliorations qu'on pourrait apporter afin de le rendre plus proche d'un cas réel.

Nous proposons alors d'intégrer un servomoteur qui contrôlerait une trappe/un exutoire sur le toit ou une porte, afin de l'ouvrir et fermer en réponse aux signaux du capteur de fumée.

Cette fonctionnalité permettra d'évacuer la fumée plus efficacement et d'améliorer la sécurité du bâtiment.

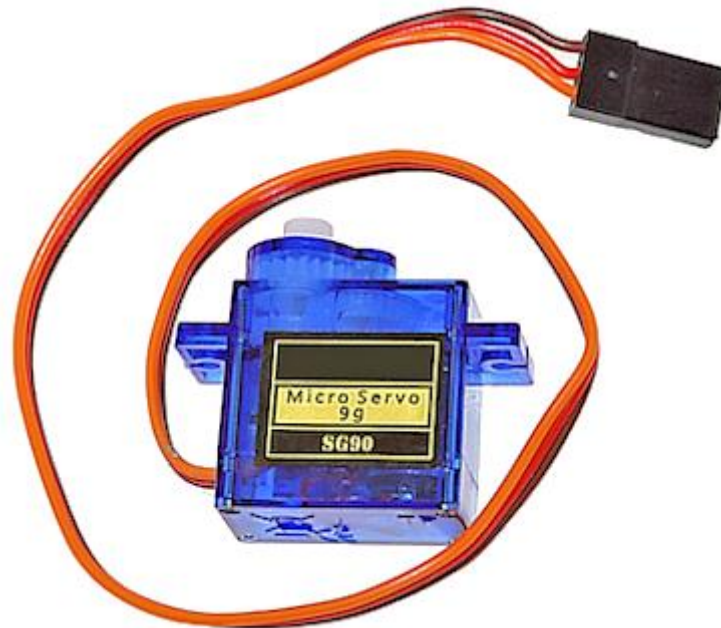


Figure.III.19. *Servomoteur*

Nous proposons également d'ajouter un écran LCD qui pourrait fournir des informations en temps réel sur la qualité de l'air. L'affichage des données telles que la concentration de fumée ou de gaz permettrait de surveiller l'état de l'air et de réagir rapidement aux alertes.

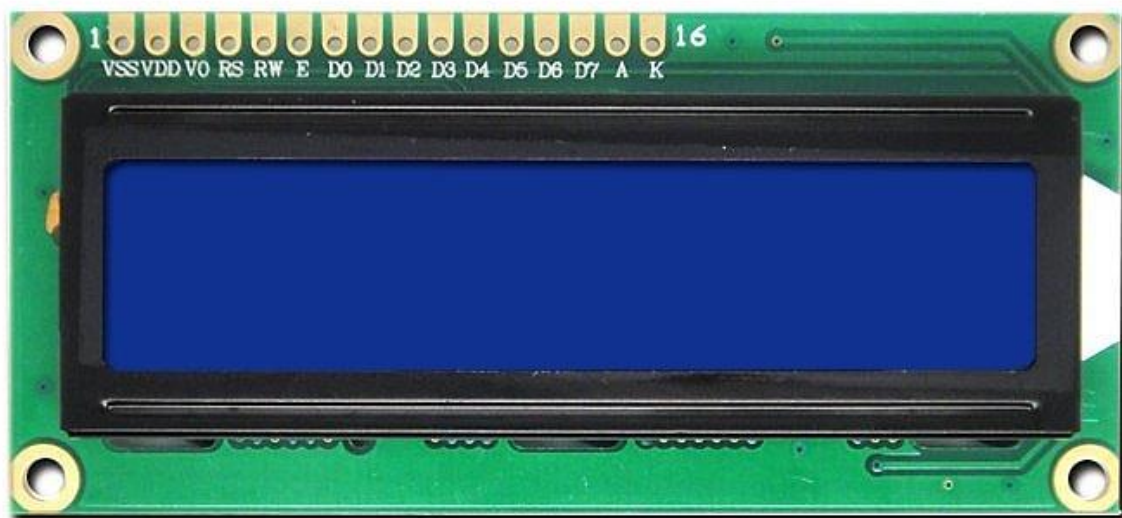


Figure.III.20. *Ecran LCD*

Il serait également pertinent d'ajouter un second moteur pour servir soit à extraire la fumée soit à brasser de l'air frais dans la zone à désenfumer. Afin d'intégrer ces changements il faudra repasser par toutes les étapes de validation vu précédemment, réécrire le code sur IDE Arduino, le schématiser, le simuler sur Proteus et l'essayer sur les composants réels. Ces améliorations renforceront la capacité du système à se rapprocher de la réalité d'un système

concret de désenfumage, et ce en améliorant l'évacuation et en fournissant des données en temps réel.

Nous envisagerons aussi de rejouter un transistor, afin d'avoir une alimentation externe pour les moteurs.

Premièrement pour séparer le circuit de commande et de puissance.

Deuxièmement pour avoir une source d'alimentation supérieure qui nous permettra d'utiliser des moteurs plus puissants grâce à des alimentations plus puissantes.

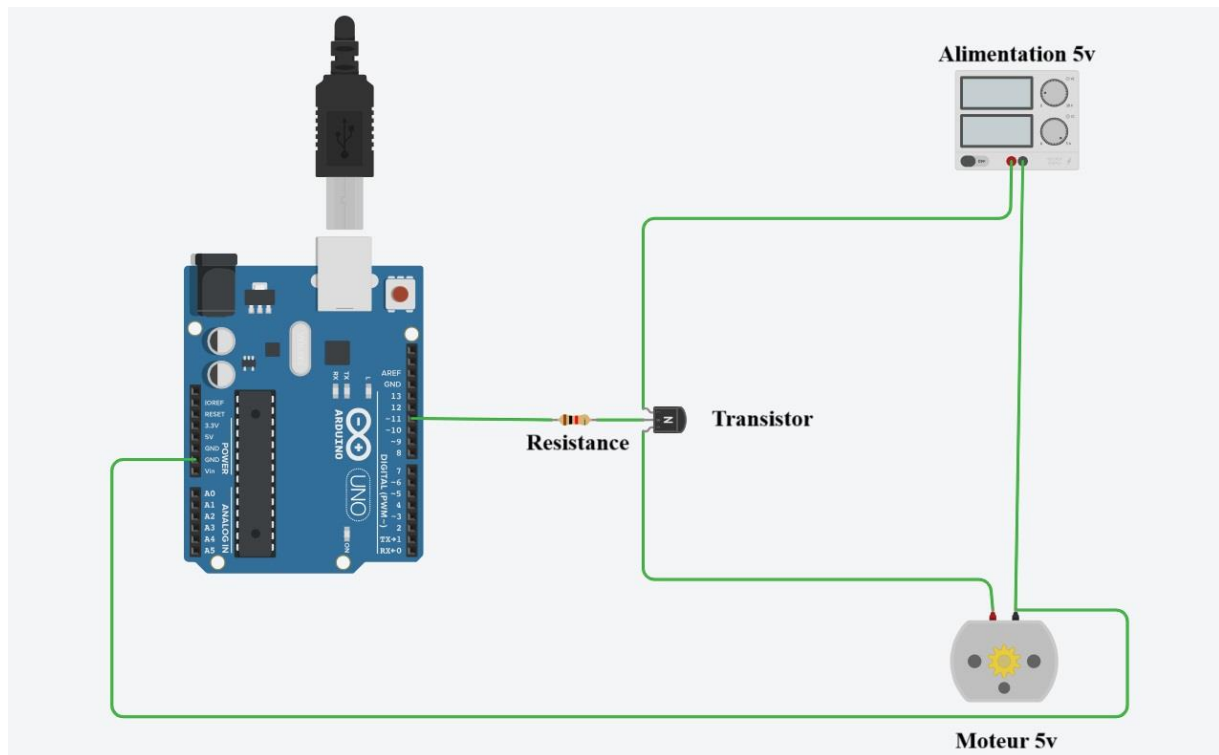


Figure.III.21. Schéma électrique avec transistor et source externe

Au-delà d'une amélioration nous pouvons à l'avenir développer le système à une échelle plus complexe, en multipliant les zones à désenfumer, c'est-à-dire augmenter le nombre de capteurs de fumée et de moyens de signalisation. Ces zones nécessiteraient un système de désenfumage coordonné et organisé, comme vu précédemment il est important qu'une communication permanente existe entre les différents composants ainsi que la possibilité d'isoler chaque zone.

III.6. Conclusion

Ce chapitre a fourni une vue d'ensemble détaillée du développement et de la mise en maquette du système de désenfumage basé sur Arduino. Nous avons commencé par la conception de la maquette, puis le programme Arduino a été soigneusement élaboré pour gérer les différentes composantes du système. La phase de simulation et de schématisation sur Proteus a permis de valider les fonctionnalités du code avant la réalisation physique du montage. Lors des tests du système des ajustements ont permis d'affiner le système et de garantir sa fiabilité.

Ce chapitre a démontré l'efficacité du système de désenfumage développé, tout en identifiant les améliorations possibles pour en accroître la fonctionnalité et la performance.

Conclusion Générale

Les êtres humains ainsi que leurs biens sont menacés dans leur quotidien par les déclenchements imprévisibles d'incendies. Le danger qui accompagne la déclaration d'un incendie a obligés les ingénieurs et techniciens à trouver une parade a cet incident.

Ce mémoire a exploré les différents aspects de la gestion des incendies, en se concentrant sur trois grands axes : les généralités sur les incendies, les techniques de détection et de désenfumage, et l'application pratique à travers une maquette basée sur la carte Arduino.

Dans le premier chapitre, nous avons abordé les causes, les principes de combustion et les conséquences des incendies. L'analyse des différentes causes, qu'elles soient énergétiques, humaines ou naturelles, nous a permis de comprendre les origines complexes des feux. La répercussion de ces incidents est significative, englobant les pertes humaines, matérielles et environnementales.

Le deuxième chapitre s'est penché sur les systèmes de détection et de désenfumage. Nous avons étudié les principes de fonctionnement des dispositifs de détection, les différents types d'installations, ainsi que les techniques de désenfumage, qui jouent un rôle crucial dans la protection des occupants et des biens. La compréhension des contraintes liées au désenfumage est primordiale pour garantir l'efficacité de ces systèmes.

Le troisième chapitre a mis en lumière la réalisation pratique d'un système de détection d'incendie et de désenfumage à l'aide d'une maquette basée sur une carte Arduino. Ce projet a permis d'illustrer de manière concrète les concepts théoriques vus dans les chapitres précédents. La conception, le montage et les tests du système ont démontré l'applicabilité des principes de détection et de désenfumage dans un cadre pratique sur modèle réduit.

En conclusion, ce travail souligne l'importance d'une approche intégrée pour la gestion des incendies, combinant théorie, normes réglementaires et innovations technologiques. La recherche continue et l'amélioration des systèmes de sécurité incendie restent essentiels pour anticiper et atténuer les risques liés aux incendies. Dans notre cas les améliorations sont envisageables afin de rapprocher notre travail d'un système réel, capable d'exécuter sa tâche avec efficacité. Les ajustements à apporter dans l'immédiat sont :

- Ajout d'un servomoteur pour ouvrir et fermer les exutoires, les portes coupe-feu et tout autre système nécessitant un mouvement,
- Ajout d'un écran LCD pour afficher les concentrations de gaz dans l'air en temps réel,
- Ajout d'autres zones à détecter et à désenfumer pour appliquer les principes abordés en chapitre 2,
- Ajout d'un transistor pour inclure une alimentation externe et séparer la partie commande de la partie puissance.

Cette étude fournit une base pour approfondir la recherche d'améliorations et de progrès et offre des pistes de réflexion pour les recherches ultérieures. La prévention, la préparation et l'intervention restent les piliers sur lesquels il faut continuer à investir pour assurer une protection optimale contre les incendies.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] L Guenfaf, F Guerbas, « Désenfumage : Désenfumage concepts et normes ». Pages Bleues Internationales, 2022.
- [2] D Drysdale, « Introduction to Fire Dynamics ». 3rd edition Wiley, 2011.
- [3] Société Casso et associés, B Sullerot, « Réglementation et Mise en Sécurité Incendie des Bâtiments d'Habitation : Bâtiments d'Habitation, Parcs de Stationnement, Logements-Foyers ». CSTB éditions, 2013.
- [4] P Chardot « Guide de désenfumage ». Techniques et Technologies de sécurité, aout 2010.
- [5] R MUSELEFU, F NTAMBWE, « Une approche d'un prototype de détection d'incendie ». Annual review of astronomy and astrophysics, Aout 2010.
- [6] G Ash, « Les Capteurs en Instrumentation Industrielle ». DUNOD,1991.
- [7] J Lalung-Bonnaire, J.M Petit, M Mairesse, « Désenfumage Choix des Surfaces des Exutoires ». Institut National de recherche et de Sécurité, 1999.
- [8] D E Della-Giustina, « Fire Safety Managment Handbook ». 3rd edition CRC Press, 2014.
- [9] JM Hughes, « Arduino A Technical Reference ». 1st edition O'Reilly Media, May 2016.
- [10] P Scherz, S Monk « Practical Electronics for Inventors ». 4th edition Mc Graw Hill Education, 2000.
- [11] Autodesk Tinkercad. Récupéré le [24 septembre 2024], depuis <https://www.tinkercad.com>
- [12] Labcenter Electronics. *Proteus*. Récupéré le [24 septembre 2024], depuis <https://www.labcenter.com>

Annexes

Annexe 1 Fiche technique du capteur de gaz/fumée MQ-135

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope Fast response and High sensitivity
 Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10 -45	
T _{as}	Storage Tem	-20 -70	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20 ±2 V _c :5V±0.1 Humidity: 65%±5% V _h : 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

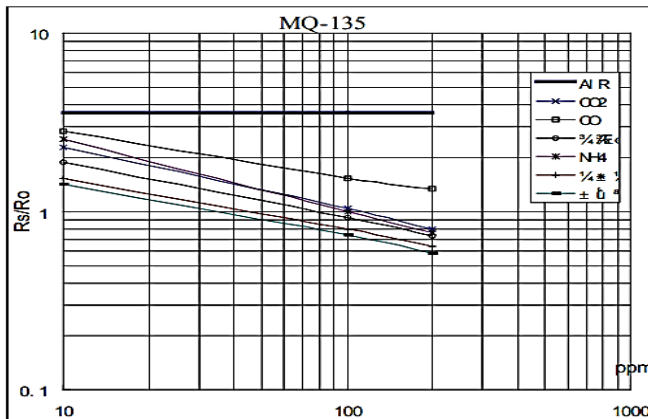


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20 Humidity: 65% O₂ concentration 21% R_L=20kΩ R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air. R_s:sensor resistance at various concentrations of gases.

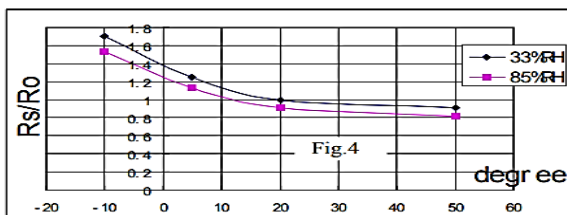


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree. R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

Annexe 2 Fiche technique du capteur de gaz/fumée MQ-2

TECHNICAL DATA MQ-2 GAS SENSOR

FEATURES

- Wide detecting scope
- Stable and long life
- Fast response and High sensitivity
- Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, i-butane, propane, methane ,alcohol, Hydrogen, smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Vc	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

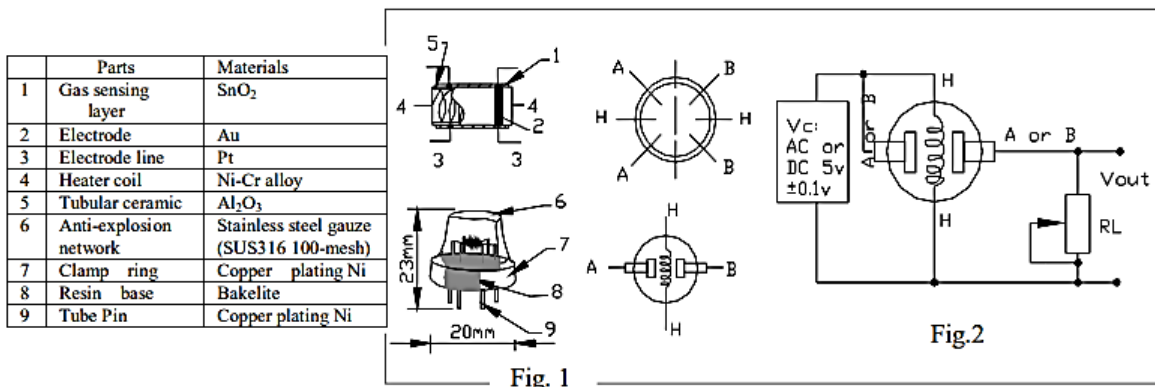
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-20°C-50°C	minimum value is over 2%
Tas	Storage Tem	-20°C-70°C	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R _s	Sensing Resistance	3K Ω -30K Ω (1000ppm iso-butane)	Detecting concentration scope: 200ppm-5000ppm LPG and propane 300ppm-5000ppm butane 5000ppm-20000ppm methane 300ppm-5000ppm H ₂ 100ppm-2000ppm Alcohol
α (3000/1000) isobutane	Concentration Slope rate	≤0.6	
Standard Detecting Condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65%±5%	Vc:5V±0.1 Vh: 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



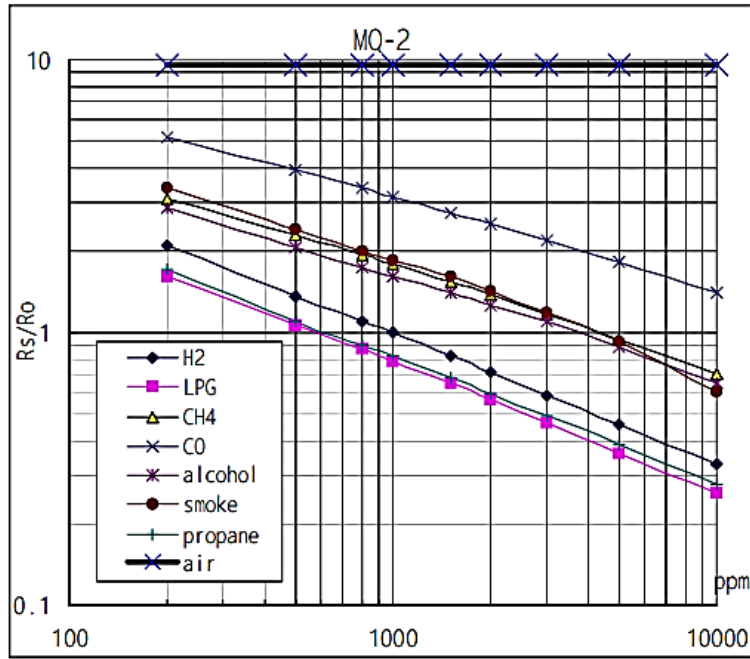


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-2

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-2 for several gases.

in their: Temp: 20°C,
Humidity: 65%
O₂ concentration 21%
RL=5k Ω

Ro: sensor resistance at 1000ppm of H₂ in the clean air.
Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

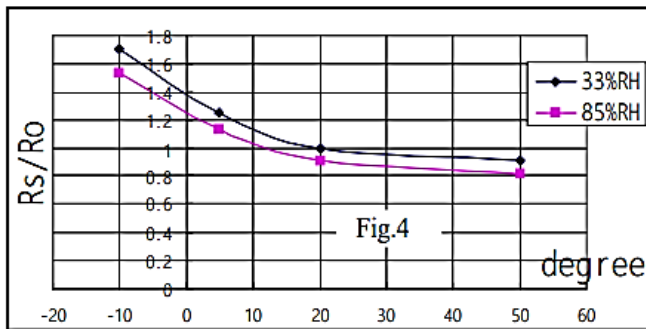


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-2 on temperature and humidity.

Ro: sensor resistance at 1000ppm of H₂ in air at 33%RH and 20 degree.

Rs: sensor resistance at 1000ppm of H₂ at different temperatures and humidities.

Annexe 3 Fiche technique LED

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	High Efficiency Red	627		nm	V _F =12V
$\lambda_D [1]$	Dominant Wavelength	High Efficiency Red	625		nm	V _F =12V
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	High Efficiency Red	45		nm	V _F =12V
I _F	Forward Current	High Efficiency Red	8.5	11.5	mA	V _F =12V
I _R	Reverse Current	High Efficiency Red		10	uA	V _R = 5V

Note:

1.Wavelength: +/-1nm.

Annexe 4 Fiche technique Buzzer

Piezoelectric Sounders External Drive Pin Type

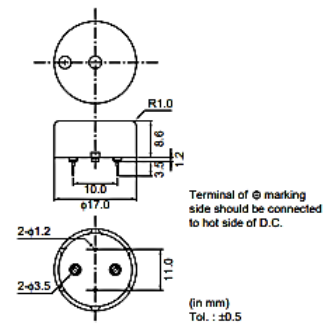
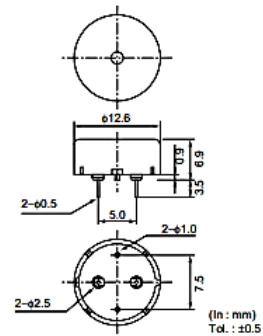
Now, microcomputers are widely used for microwave ovens, air conditioners, cars, toys, timers, and other alarm equipment. Externally driven piezoelectric sounders are used in digital watches, electronic calculators, telephones and other equipment. They are driven by a signal (ex, 2048Hz or 4096Hz) from an LSI and provide melodious sound.

■ Features

1. Low power consumption.
2. No contacts therefore, no noise and highly reliable.

■ Applications

- Telephone ringers.
- Various office equipment such as PPCs, printers and keyboards.
- Various home appliances such as microwave ovens.
- Confirmation sound of various audio equipment.



Continued from the preceding page.

Part Number	Sound Pressure Level (dB)	Sound Pressure Level(Ref. only) (dB)	Operating Voltage Range (Vp-p)	Capacitance (nF)	Operating Temp. Range	Storage Temp. Range
PKM22EPT-2001-E0	70 min. [3Vp-p,2kHz,square wave,10cm]	70 min. [1Vrms,2kHz,sine wave,10cm]	25 max.	19 ±30% [1.0Hz]	-20 to +70°C	-30 to +80°C
PKM22EPT-4001-B0	85 min. [3Vp-p,4kHz,square wave,10cm]	85 min. [1Vrms,4kHz,sine wave,10cm]	25 max.	10 ±30% [1kHz]	-20 to +70°C	-30 to +80°C

Annexe 5 Fiche technique Arduino UNO

2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40 °F)	85 °C (185 °F)

NOTE: In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected.

2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I Généralités sur les Incendies	4
I.1. Introduction	5
I.2. Causes de déclenchements de feu	5
I.2.1. Causes Energétiques	5
I.2.2 Causes Humaines	5
I.2.3. Causes Naturelles	5
I.3. Principe de combustion	6
I.3.1. Source d'énergie	6
I.3.2. Combustible	6
I.3.3. Comburant	6
I.4. Conséquences des incendies	7
I.4.1. Pertes humaines	7
I.4.1.1. Pertes dues aux flammes	7
I.4.1.2. Pertes dues à la fumée	7
I.4.2. Pertes matérielles et financières	8
I.4.3 Pertes environnementales	10
I.5. Protocole en cas d'incendie	10
I.5.1. Evacuation du personnel	10
I.5.1.1. Définition	10
I.5.1.2. Règles d'évacuation	10
I.5.2. Rôles des équipes d'intervention (sécurité)	11
I.5.3. Moyens de signalisation	12
I.5.3.1. Dossier technique	12
I.5.3.2. Alarme	12
I.5.3.3. Alerte	12
I.6. Moyens de lutte contre les incendies	13
I.6.1. Robinets d'Incendie Armés RIA	13
I.6.2. Extincteurs	13
I.6.3. Poteaux et bouches incendie	15
I.6.4. Colonnes incendie	15
I.6.5. Installations fixes d'extinction	16
I.6.5.1. Sprinklers	16
I.6.5.2. Installation d'extinction à gaz	17
I.6.6. Désenfumage	18
I.6.7. Systèmes de détection d'incendie	19

I.7. Conclusion	20
Chapitre II Désenfumage et Détection d’incendies	21
II.1. Introduction	22
II.2. Détection d’incendies	22
II.2.1. Principes de fonctionnement d’un système de détection incendie	22
II.2.2. Types d’installation de détection d’incendie	23
II.2.2.1. Installations conventionnelles	23
II.2.2.2. Installations adressables	23
II.2.3. Détecteurs automatiques d’incendie	23
II.2.3.1. Types de détecteurs automatiques d’incendie	23
II.2.4. Déclencheur manuel	24
II.2.5. Types de raccordement des détecteurs d’incendie	25
II.2.5.1. Raccordement série	25
II.2.5.2. Raccordement parallèle	25
II.2.6. Etats de détecteurs d’incendie	26
II.2.6.1. Etat de veille	26
II.2.6.2. Etat d’alarme	26
II.2.6.3. Etat de dérangement	26
II.2.7. Commandes automatiques	26
II.3. Désenfumage	26
II.3.1. Effet de la fumée	27
II.3.1.1. Raréfaction de l’oxygène	27
II.3.1.2. Gaz toxiques	27
II.3.1.2. Gaz irritants	28
II.3.2. Principes de désenfumage	28
II.3.3. Contraintes du désenfumage	30
II.3.3.1. Compartimentage	30
II.3.3.2. Stratification	31
II.3.3.3. Balayage	32
II.3.4. Types de désenfumage	32
II.3.4.1. Désenfumage naturel	33
II.3.4.2. Désenfumage mécanique	34
II.4. Classification des constructions	35
II.4.1. Bâtiments d’habitation BH	35
II.4.2. Etablissements recevant du public ERP	35
II.4.2.1. Classement des ERP	36
II.4.3. Immeubles de grande hauteur IGH	36

II.4.3.1. Dispositions de sécurité	37
II.4.3.2. Locaux à risques	37
II.5. Normes et réglementation Algériennes	38
II.5.1. Dans les BH	38
II.5.2. Dans les ERP et IGH	38
II.5.2.1 Dans les ERP	38
II.5.2.2. Dans les IGH	39
II.6. Conclusion.....	39
Chapitre III Simulation et Mise en Maquette	40
III.1. Introduction	41
III.2. Plan de réalisation	41
III.3. Description du système.....	41
III.3.1. Schéma de principe.....	41
III.3.2. Composants électroniques utilisés.....	41
III.3.2.1. Carte Arduino	41
III.3.2.2. Détecteur de Fumée	42
III.3.2.3. Moteur et hélice.....	43
III.3.2.4. Breadboard.....	44
III.3.2.5. LED	44
III.3.2.6. Buzzer	45
III.3.2.7. Bouton poussoir/Interrupteur	45
III.3.2.8. Résistances.....	46
III.3.2.9. Jumpers	47
III.4. Conception et assemblage	48
III.4.1. Schéma de câblage	48
III.4.2. Programme sur IDE Arduino.....	50
III.4.3. Simulation sur Proteus.....	52
III.4.4. Etapes du montage réel	56
III.5.1. Protocole de tests.....	57
III.5.2. Analyses des résultats.....	58
III.5.3. Problèmes rencontrés	58
III.5.4. Améliorations et ajustements.....	60
III.6. Conclusion	62
Conclusion Générale	64
Références bibliographiques	66
Annexes	68