

RAPPORT FINAL

ADECHY IYABO - CHARBONNIER GAËTAN - DON MARIE-LAURE - NADIR SAMIRA



CAPTURE DE PRODUITS TOXIQUES DANS LES FUMÉES : ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Tuteurs : Réjane Dalcé, Éric Carayol
Commanditaire : SDIS81

INU CHAMPOLLION - ECOLE D'INGENIEUR ISIS
ANNEE UNIVERSITAIRE 2021-2022
FIE 5



Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier à travers ce rapport toutes les personnes qui nous ont suivies et aidées lors de ce projet.

Nous tenons particulièrement à remercier les lieutenants Yann Dupre et Danae Esteve, et tous nos commanditaires, de nous avoir fait confiance pour la réalisation de ce projet d'innovation ainsi que pour le temps qu'ils nous ont accordé tout au long de ces 3 mois.

Nous tenons également à remercier Monsieur Eric Carayol et Madame Réjane Dalcé pour leur suivi et pour leur soutien lorsque nous rencontrions des problèmes. Nous les remercions également de nous avoir encadrés afin que nous restions dans les limites du sujet abordé.

Table des matières

Remerciements	1
Table des matières	2
Liste des figures	4
Liste des tableaux	5
Acronymes	6
Introduction	7
Présentation de l'entreprise	8
Définition du sujet et objectifs	9
Analyse du besoin	9
Bête à cornes	9
Diagramme pieuvre	10
Fonctions Principales	10
Fonctions de Contraintes	10
Veille technologique	11
Dangers des fumées	11
Contamination	12
Effets sur la santé	12
Scénarios	12
Scénario 1	12
Scénario 2	13
Environnement technique de travail	14
Gaz étudiés	15
Monoxyde de carbone	16
Dioxyde de carbone	16
Benzène	17
Description du prototype	18
Le microcontrôleur Arduino Due	18
La carte d'extension	19
Les capteurs	20
MQ9 pour le CO	20
MG-811 pour le CO ₂	22
MQ-135 pour la captation du benzène	22
Le module wifi TEL0126	25
Fonctionnement de la solution	26

Capture des données	26
Réception des données	26
Affichage des données	27
Résultats	28
Conduite de projet	30
Partie prenantes	30
Organisation au sein du groupe	31
Conclusion	32
Perspectives	32
Bibliographie / Webographie	33
Annexes	34

Liste des figures

Figure 1 : Bête à corne	Page 9
Figure 2 : Diagramme de pieuvre	Page 10
Figure 3 : Processus de captation des gaz après une intervention du point de vue du sapeur-pompier	Page 13
Figure 4 : Processus de captation des gaz durant une intervention du point de vue du sapeur-pompier	Page 13
Figure 5 : Capture d'écran des différents dossiers de configuration	Page 14
Figure 6 : Représentation schématique du prototype	Page 18
Figure 7 : Carte Arduino Due	Page 18
Figure 8 : Bouclier d'expansion IO	Page 19
Figure 9 : Capteur MQ 9 et ses branchements à la carte d'extension	Page 20
Figure 10 : Mesure du R0 pour le calibrage du capteur MQ 9	Page 21
Figure 11 : Capteur MG-811 et ses branchements à la carte d'extension	Page 22
Figure 12 : Capteur MQ-135 et ses branchements à une carte Arduino UNO	Page 23
Figure 13 : Courbe d'évolution du rapport RS/R0 en fonction de la concentration en ppm d'un gaz	Page 24
Figure 14 : Module wifi et ses branchements à notre carte d'extension	Page 25
Figure 15 : Interface du broker MQTT EasyIoT Cloud (avec topic pour le capteur MQ-135)	Page 26
Figure 16 : Maquette de la page d'accueil de notre interface web	Page 27
Figure 17 : Photographie de notre montage	Page 28
Figure 18 : Données relevées par le capteur de CO (à gauche) et le capteur de CO2 (à droite)	Page 28
Figure 19 : Données relevées par le capteur de benzène	Page 29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des gaz étudiés	Page 15
Tableau 2 : Echelle de toxicité du monoxyde de carbone	Page 16
Tableau 3 : Echelle de toxicité du benzène	Page 17
Tableau 4 : Tableau des différents capteurs	Page 20
Tableau 5 : Association des broches de la carte d'extension à celles du capteur MQ9	Page 21
Tableau 6 : Récapitulatif des constantes a et b pour chaque gaz	Page 24
Tableau 7 : Parties prenantes du projet	Page 29

Acronymes

3SM	Service de Santé et de Secours Médical
CEREN	Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie
CNRACL	Caisse Nationale de Retraite des Agents des Collectivités Locales
EINECS	Inventaire Européen des Substances chimiques Commerciales Existantes
EPCI	Etablissement Public de Coopération Intercommunale
FC	Fonction Contrainte
FP	Fonction Principale
ISIS	Informatique et Systèmes d'Information pour la Santé
ISO	International Organisation of Standardization
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SP	Sapeur-pompier
TLV - C	Threshold Limit Value - Ceiling
TLV - TWA	Threshold Limit Value - Time Weighted Average

Introduction

Ce projet s'inscrit dans le cadre du module "*Projet d'Innovation*" de cinquième année de l'école d'ingénieur ISIS.

Il vise à étudier la toxicité des fumées qui est une préoccupation majeure du **SDIS du Tarn** et son **Service de Santé et de Secours Médical** (3SM) pour la santé des agents, leur exposition sur le terrain, pendant et après les interventions sur les feux urbains. L'idée du projet est née à la suite de la publication du rapport de la Caisse Nationale de Retraites des Agents des Collectivités Locales sur l'impact et la prévention des risques relatifs aux fumées d'incendie pour les sapeurs-pompiers.

Certaines études épidémiologiques associent de nombreuses maladies à l'exposition professionnelle des pompiers, en particulier des cancers. Ces différentes études montrent en effet que les vêtements de sapeur-pompier sont assez fortement contaminés après un incendie et que, de ce fait, ils les exposent à une contamination croisée.

Le SDIS souhaite récolter des données relatives aux taux d'exposition, aux types de substances, afin d'avoir une vision globale de la problématique dans les centres de secours du département, et d'autre part mettre en regard les relevés faits et les données médicales des agents si nécessaire.

Dans ce rapport, nous **analyserons les besoins du SDIS**, puis nous réaliserons un **état de l'art** sur la toxicité des fumées, pour enfin terminer par la **présentation de la solution développée**.

Présentation de l'entreprise

Depuis la loi du 3 Mai 1996, le Service Départemental d'Incendie et de Secours (S.D.I.S) est un établissement public et administratif autonome, géré par un conseil d'administration composé d'élus, le représentant le Conseil général, les communes et les personnels sapeurs-pompiers professionnels et volontaires.

Le SDIS est un établissement public administratif dont la tutelle est placée sous l'autorité :

- du préfet pour l'activité opérationnelle;
- d'un Conseil d'administration, constitué du préfet et de membres titulaires élus parmi les Conseillers Généraux et les maires.

Il dépend du Ministère de l'Intérieur. En France, les SDIS sont regroupés en 3 catégories définies suivant la démographie départementale. Le SDIS du Tarn est un **SDIS de catégorie B** défendant 320 communes. Il est dirigé par un officier supérieur de sapeurs-pompiers, le colonel Christophe Dulaud, chef du corps départemental.

Le conseil d'administration du SDIS comprend des conseillers départementaux, des maires et des élus des Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI). Il règle, par ses délibérations, les affaires relatives à l'administration du SDIS 81. Il est garant du bon fonctionnement de la structure et a comme objectif d'optimiser la gestion du service public.

Conformément au code général des collectivités locales, le SDIS 81 dispose d'une compétence exclusive à savoir **la prévention, la protection et la lutte contre les incendies**.

Il concourt également avec d'autres services à :

- la protection et la lutte contre les autres accidents, sinistres et catastrophes ;
- l'évaluation et la prévention des risques technologiques ou naturels ;
- les secours d'urgence.

Dans le cadre de ses compétences, les missions du SDIS sont les suivantes :

- les secours d'urgence;
- la préparation des mesures de sauvegarde et l'organisation des moyens de secours ;
- la protection des personnes, des biens et de l'environnement ;
- l'évacuation des personnes victimes d'accidents, de sinistres ou de catastrophes.

Définition du sujet et objectifs

L'objectif général de ce projet est la **recherche d'une solution de captation de produits toxiques** auxquels a pu être exposé un sapeur-pompier au cours de sa vie professionnelle. À long terme, les données recueillies pourront être mises en corrélation avec les données médicales du sapeur-pompier.

Dans le cadre du module "*Projet d'innovation*", nous nous concentrerons sur la réalisation de protocoles de captation de produits toxiques dans les fumées. Il s'agit dans un premier temps de trouver un moyen de **capter les émanations toxiques** autour du pompier, sur le terrain, et dans la cabine du camion de pompiers.

La solution trouvée doit pouvoir identifier la nature du produit toxique et le quantifier. Enfin, les données recueillies par la solution de captation doivent pouvoir être analysées par la suite.

Analyse du besoin

Bête à cornes

Notre solution développée devra permettre l'étude de l'exposition aux fumées et son impact sur la santé des agents à long terme.

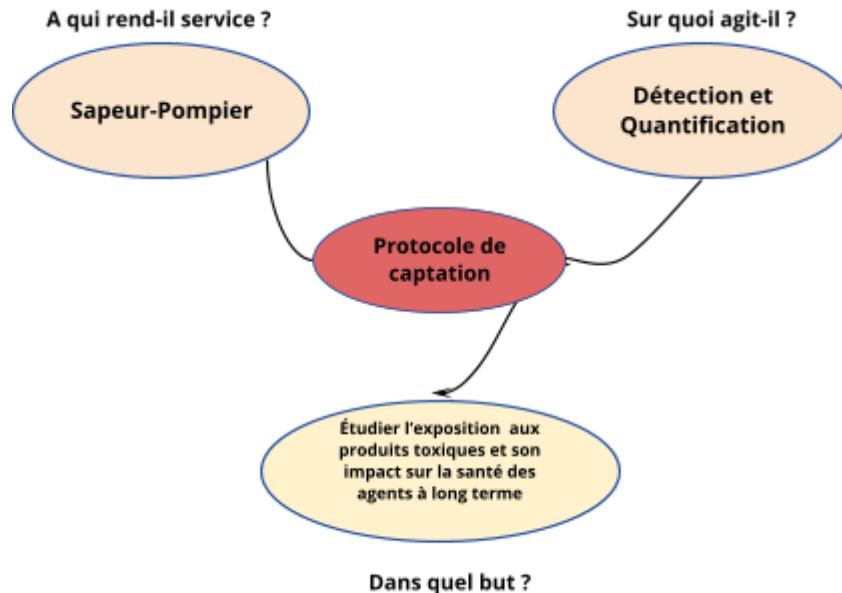


Figure 1 : Bête à corne

Diagramme pieuvre

La solution devra permettre la réalisation de diverses fonctions. Le diagramme pieuvre ci-dessous, illustre les besoins auxquels devra répondre notre solution.

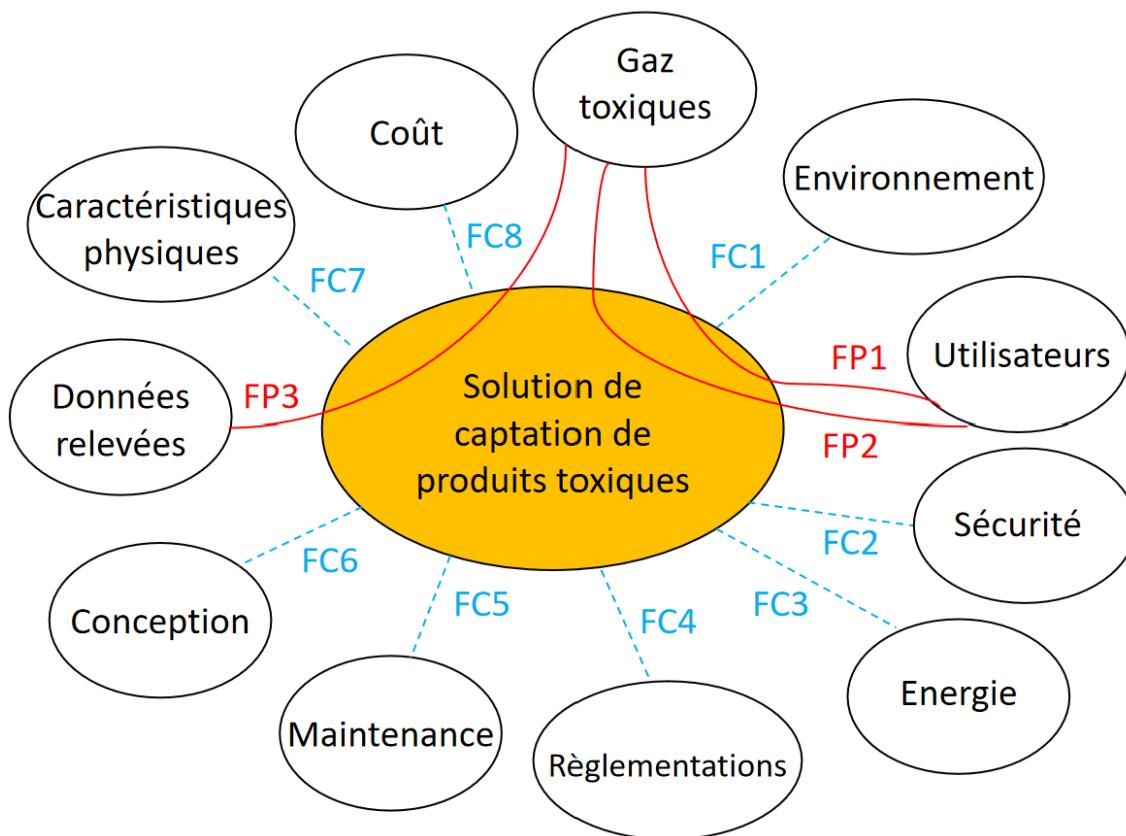


Figure 2 : Diagramme de pieuvre

Fonctions Principales

- FP1 : Identifier la nature des produits toxiques au contact de l'utilisateur
- FP2 : Mesurer la quantité de produits toxiques au contact de l'utilisateur
- FP3 : Sauvegarder les données recueillies pour une analyse ultérieure

Fonctions de Contraintes

- FC1 : La solution doit pouvoir s'adapter aux contraintes environnementales
- FC2 : La solution ne doit pas présenter un danger pour l'utilisateur
- FC3 : La solution doit pouvoir être alimentée
- FC4 : La solution doit respecter les réglementations en vigueur
- FC5 : La solution doit pouvoir être maintenue

- FC6 : La solution doit être conçue pour que sa production et sa programmation soient fluides et adaptées aux processus des sous-traitants
- FC7 : La solution est intégrée dans un boîtier adapté
- FC8 : La solution permet d'atteindre le coût de revient prévu

Veille technologique

Dangers des fumées

Les incendies représentent 80% des décès dans la population des sapeurs-pompiers selon une étude américaine [1]. La cause principale de ces décès est un manque d'oxygène dû à la propagation des fumées. En cas d'incendie, la propagation des fumées précède celle des flammes. De ces dernières résultent des centaines de gaz toxiques et variés. Il est cependant difficile de tous les identifier.

Les produits toxiques [2] issus de la combustion peuvent être classés en trois groupes :

- **Les asphyxiants** : CO, NO, HCN, H₂S (responsables de la plupart des décès dans les incendies),
- **Les irritants** : les suies, les produits organiques irritants carbonés ou dérivés de l'azote, les acides minéraux ou inorganiques et le dioxyde de soufre (SO₂), l'acide chlorhydrique (HCl),
- **Les composés à toxicités spécifiques** : le benzène, les dioxines, le dibenzofurane. Les effets toxiques de ces derniers sont négligeables si la prise en charge est immédiate.

Plusieurs facteurs interviennent lors des incendies, et la composition des fumées varie selon l'état du feu (combustible, humidité et conditions météorologiques).

La composition des fumées [3] est variable selon le combustible et sa densité, l'humidité, les conditions de combustion et l'éloignement de la source. Le mélange de gaz composant la fumée accentue la toxicité de cette dernière et réduit le volume de dioxygène de l'air.

Contamination

Les fumées vont être toxiques par le biais de différentes voies de pénétration dans l'organisme :

- Par voie oculaire,
- Par voie cutanée,
- Par ingestion,
- Et par inhalation.

Ainsi, il est important de respecter les règles d'hygiène pour limiter et réduire l'intoxication.

L'exposition du sapeur-pompier se fera de manière directe lorsqu'il est en contact avec les fumées et par voie indirecte, lors de contamination par du matériel souillé. Durant la phase de nettoyage du matériel, l'exposition aux produits toxiques est à prendre en considération. Ainsi il paraît essentiel de mettre aussi des capteurs au niveau du circuit "sale" afin d'identifier la teneur en molécules toxiques de l'environnement de travail de celui-ci. Les mesures permettront de déterminer ou non la pollution dans laquelle le sapeur-pompier sera exposé après une intervention de secours.

Pendant l'incendie, l'absorption est un phénomène habituellement réversible durant lequel des molécules sont fixées à la surface d'un solide. Après l'incendie, la **désorption** des contaminants dans l'air survient naturellement, lorsque l'air devient dilué, c'est-à-dire quand la concentration en produit toxique diminue dans l'air[4]. Les produits les plus volatiles sont facilement désorbés et on retrouve la présence de toxiques en surface des particules de suie et en surface des fibres textiles ou des cheveux.

Effets sur la santé

Les fumées d'incendie sont toxiques, et peuvent avoir des répercussions sur la santé. Lors de l'exposition il peut y avoir des perturbations au niveau respiratoire et/ou neurologique et de l'asphyxie. Les pathologies susceptibles d'être rencontrées selon le degré d'exposition sont d'ordre cardiaques, pulmonaires et peuvent aller jusqu'au cancer [5].

Scénarios

Comme il a été expliqué ci-dessus, le sapeur-pompier peut être contaminé de façon directe et indirecte. Il y a donc deux scénarios possibles à prendre en compte lors de l'étude de l'exposition des sapeurs-pompiers aux gaz toxiques.

Scénario 1

Le premier scénario concerne le sapeur-pompier qui **rentre de mission**. L'objectif est de capter les gaz qui se désorbent de son textile.

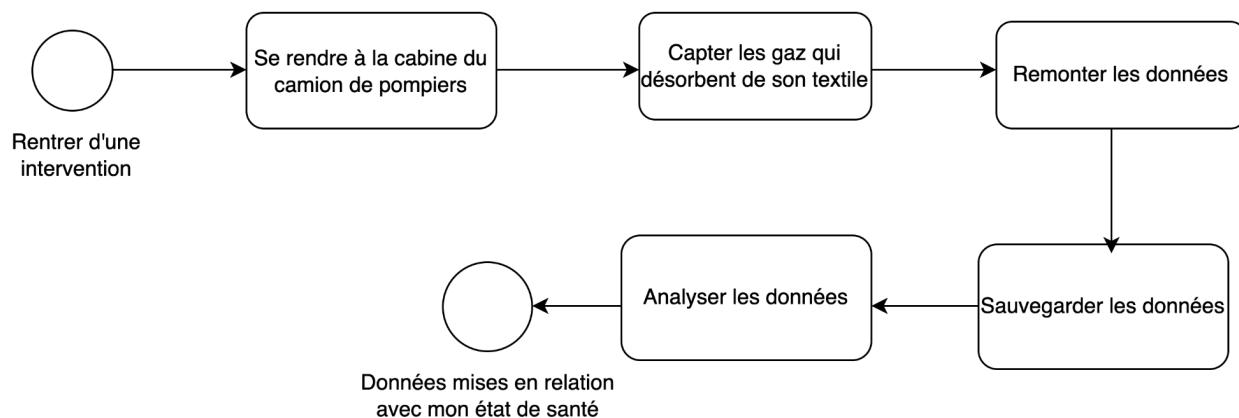


Figure 3 : Processus de captation des gaz après une intervention du point de vue du sapeur-pompier

Scénario 2

Le second scénario concerne le sapeur-pompier qui se rend en mission. L'objectif est de capter les gaz présents dans le milieu.

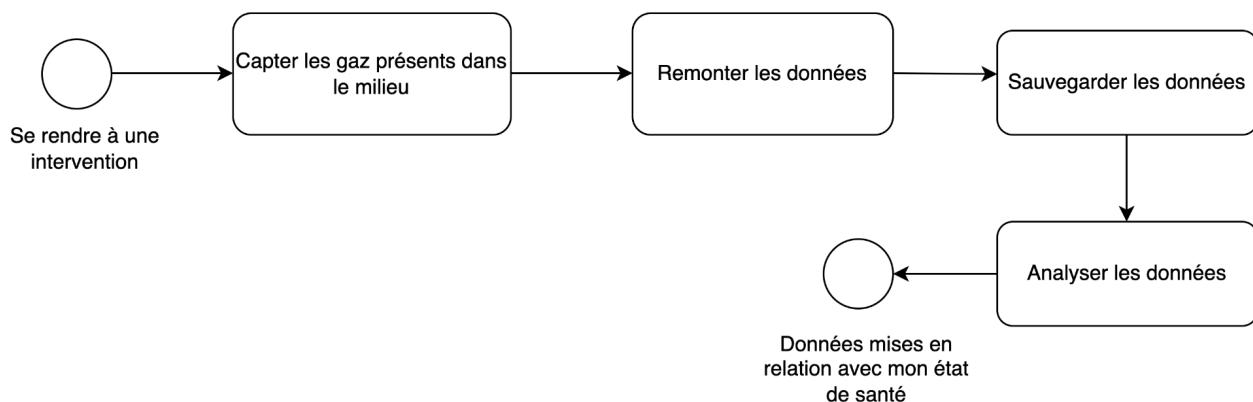


Figure 4 : Processus de captation des gaz durant une intervention du point de vue du sapeur-pompier

Nous nous concentrerons sur le premier scénario, dans la suite de notre projet. Il s'agit d'un consensus entre les différentes parties prenantes du projet.

Environnement technique de travail

L'environnement de développement utilisé se compose de Visual Studio Code avec l'extension **PlatformIO** comme éditeur de code et des langages : C++, HTML, CSS.

PlatformIO est une alternative à l'Integrated Development Environment (IDE) Arduino, c'est un ensemble d'outils sous la forme de plugin pour Visual studio Code et Atom. Cet environnement open source de développement est spécialisé dans l'internet des objets (IOT) et met à notre disposition une sélection d'outils de commande nécessaire à l'élaboration de logiciels pour les objets.

```

    ▾ AnalogGasSensor # Dossier contenant les fichiers de configuration du projet
      > .pio
      ▾ .vscode # Dossier contenant les fichiers de configuration du projet
        { c_cpp_properties.json # Fichier configuration c_cpp_properties
        { extensions.json # Fichier de configuration des extensions
        { launch.json # Fichier de configuration
        { settings.json
      ▾ cores
      > include
      > lib
      ▾ src # Dossier contenant le fichier code
        > src2
        & main.cpp # Fichier code cpp
      > test
      ◇ .gitignore
      & platformio.ini # Fichier ini de platformIO
  
```

Figure 5 : Capture d'écran des différents dossiers de configuration

c_cpp_properties.json : Ce fichier contient les chemins nécessaires pour que VsCode puisse retrouver les lib, le compilateur, etc...

extensions.json & launch.json: Ces fichiers contiennent les extensions utilisées

main.cpp : Ce fichier contient le fichier code du projet. Sous IDE Arduino le fichier code se nomme nom_du_fichier.ino

platformio.ini : A la racine du projet, Ce fichier contient les références de la carte utilisée

Gaz étudiés

Au cours de la réalisation de ce projet, nous nous sommes concentrés sur la captation des gaz suivants :

- Monoxyde de carbone,
- Dioxyde de carbone,
- Et benzène.

Gaz	Formule	N° EINECS
Monoxyde d'azote	CO	211-128-3
Benzène	C ₆ H ₆	200-753-7
Dioxyde de carbone	CO ₂	204-696-9

Tableau 1 : Récapitulatif des gaz étudiés

L'EINECS est un numéro CE qui permet d'identifier une substance chimique répertoriée dans l'Inventaire Européen des Substances chimiques Commerciales Existantes.

Ces trois gaz font partie des plus dangereux retrouvés dans les fumées. L'objectif est de tester notre prototype dans un premier temps, puis avec un effectif de gaz réduit.

Pour les polluants sous forme de gaz et vapeur, le rapport entre la quantité de substance mesurée par l'analyse (en mg) et le volume d'air prélevé (en m³) représente la **concentration atmosphérique en mg/m³**. Cependant, la concentration peut également être exprimée en ppm. L'acronyme "**ppm**" à pour signification "**partie par million**". C'est une unité de mesure utilisée notamment pour calculer le taux de pollution dans l'air. Le ppm permet de savoir combien de molécules polluantes se trouve sur un million de molécules d'air. Celà à pour effet de faciliter la compréhension de la quantité de pollution dans une masse d'air. La correspondance entre les deux unités se fait par la relation suivante :

$$C(ppm) = C(mg/m^3) * (Vm/M)$$

Avec M la masse molaire de la substance (en g) et Vm le volume molaire (en m³/mol) de la substance dans les conditions de pression et température données

Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore, toxique et potentiellement mortel qui résulte d'une combustion incomplète, et ce quel que soit le combustible utilisé : bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane. Il diffuse très vite dans l'environnement [6].

Il va créer des perturbations et des réactions physiologiques irréversibles notamment de type neurologiques ou cardiaques [7]. Au-delà d'une concentration de 1000 ppm, le risque devient mortel [8].

Échelle de toxicité :

<i>Concentration du gaz</i>	<i>Temps d'exposition</i>	<i>Effets</i>
❖ 400 – 500 PPM	1 heure	Pas de signe clinique
❖ 1000 PPM	2 heures	Perte de connaissance brève
❖ 2000 PPM	3 heures	Coma
❖ 5000 PPM	20 minutes	Décès

Tableau 2 : Echelle de toxicité du monoxyde de carbone

Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO₂) est produit dans toute combustion et même présent dans les fumées sans feu. Le CO et le dioxyde de carbone (CO₂) sont néanmoins retrouvés quelle que soit la nature des matériaux mis en cause lors de l'incendie [9]. La gravité d'une intoxication est fonction de la concentration de CO dans l'air et de la durée de l'exposition.

Échelle de toxicité :

- ❖ 0,2 ppm : taux habituel de CO dans l'air ambiant;
- ❖ 20 ppm : Concentration moyenne considérée comme inoffensive pour un travailleur qui est exposé 40 heures par semaine (Threshold Limit Value - Time Weighted Average);
- ❖ 100 ppm : valeur plafond qui ne peut jamais être dépassée selon la TLV-C;
- ❖ 200 ppm : Maux de tête, vertiges, nausées, fatigue;
- ❖ 400 ppm : Maux de tête intenses, danger de mort après 3 heures;
- ❖ 800 ppm : Maux de tête, vertiges, nausées. Perte de connaissance en 45 min, décès après 2-3 heures;

Benzène

Le benzène est un solvant inflammable et toxique. Il est obtenu par distillation de la houille et du pétrole. Il a été classé cancérogène par l'Union européenne. Son usage est donc strictement réglementé.

Le benzène est connu pour sa forte toxicité. Les voies de pénétration sont en premier lieu respiratoire, en second lieu cutanée.

Facteur de conversion : air (25° C) :

- 1 ppm = 3,249 mg/m³
- 1 mg/m³ = 0,308 ppm

Échelle de toxicité :

<i>Concentration du gaz</i>	<i>Temps d'exposition</i>	<i>Effets</i>
❖ 25 PPM		Pas d'effet
❖ 50 à 100 PPM		Céphalées et asthénie
❖ 500 PPM		Symptômes plus accentués
❖ 3000 PPM	30-60 minutes	Tolérance
❖ 20 000 PPM	5-15 minutes	Décès
❖ > 20 000 PPM		Convulsions observées aux plus hautes doses

Tableau 3 : Echelle de toxicité du benzène

Description du prototype

Le prototype réalisé se compose de trois capteurs (un capteur par gaz). Nous avons choisi de transmettre les données récupérées par les capteurs à une interface web qu'un sapeur-pompier pourra consulter.

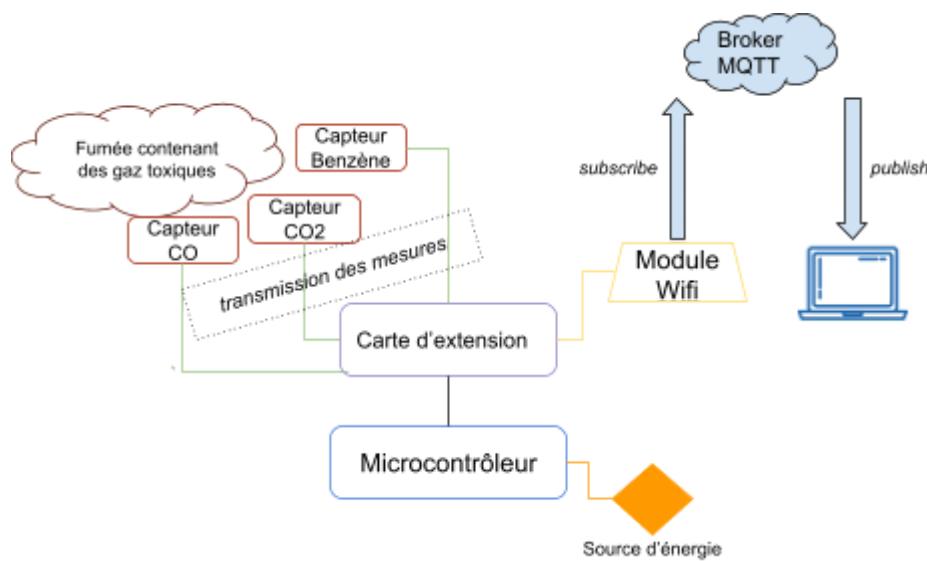


Figure 6 : Représentation schématique du prototype

Le microcontrôleur Arduino Due

Nous avons choisi d'utiliser une carte à microcontrôleur Arduino Due comme microcontrôleur de notre prototype. Cette carte s'utilise simplement via une liaison à un ordinateur. Elle s'alimente également à l'aide d'un bloc secteur externe, ou avec des piles. Le microcontrôleur de notre carte va recevoir le code édité à l'aide de PlatformIO. Une fois programmée, notre carte pourra utiliser les données récoltées par les capteurs.



Figure 7 : Carte Arduino Due

Caractéristiques :

- Alimentation:
 - via port USB
 - 7 à 12 V sur connecteur alim
- Microprocesseur: SAM3X8E
- Tension d'utilisation: 3,3 Vcc
- Mémoire flash: 512 kB
- Mémoire SRAM: 96 kB
- Interfaces:
 - 54 broches d'E/S dont 12 PWM
 - 12 entrées analogiques 10 bits
 - 2 sorties analogiques
 - 3 ports série
 - bus I2C et SPI
- Intensité par E/S: 3 ou 15 mA (selon la broche)
- Intensité totale pour les sorties: 130 mA
- Dimensions: 104 x 53 x 13 mm

La carte d'extension

En ce qui concerne la carte d'extension, nous avons choisi le bouclier d'expansion IO. Ce bouclier nous permet ,pour l'instant, de connecter nos 3 capteurs à la carte Arduino Due (voir ci-dessus).

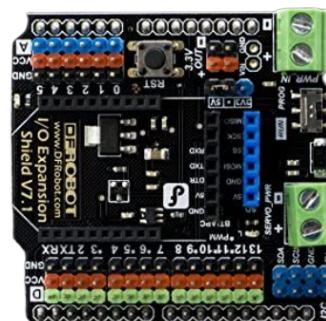


Figure 8 : Bouclier d'extension IO

Les capteurs

Pour procéder à la captation du dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone et du benzène, nous avons utilisé 3 capteurs différents.

Nom du capteur	Gaz détectable
MQ 9	Monoxyde de carbone CO
MG 811	Dioxyde de carbone CO2
MQ 135	Benzène

Tableau 4 : Tableau des différents capteurs

MQ9 pour le CO

Le capteur MQ9 [10] possède un matériau composé essentiellement de SnO₂. Ce composé chimique voit sa conductivité augmenté avec la concentration du CO.

Caractéristiques :

- Haute sensibilité au méthane, au propane et au CO
- Plage de détection du gaz : 10 à 1 000 ppm de CO
- Tension d'alimentation : 5 ± 0,1 V
- Longue durée de vie et faible coût
- Température et hygrométrie optimales de fonctionnement : 18 à 22 °C, 65 ± 5 % HR

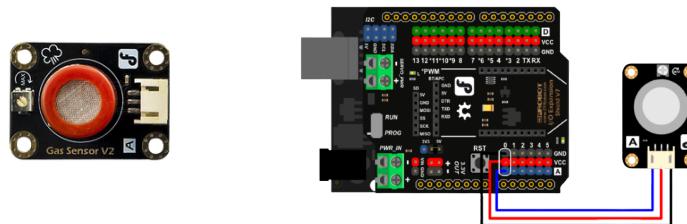


Figure 9 : Capteur MQ9 et ses branchements à la carte d'extension

Carte d'extension	Gas Sensor
5V	VCC n°5
GND	GND
Analog A0	A0

Tableau 5 : Association des broches de la carte d'extension à celles du capteur MQ9

Calibration :

Avant d'utiliser le module, il doit être calibré. Ce capteur mesure la concentration de gaz en fonction du rapport de résistance. Ce rapport comprend R₀ (résistance du capteur en concentration de 1000 ppm de gaz de pétrole liquéfié) et R_S (résistance interne du capteur qui change selon la concentration de gaz). La tension lue par le capteur peut être utilisée comme seuil pour détecter toute augmentation/diminution de la concentration de gaz.

TERMINAL	CONSOLE DE DÉBOGAGE	PROBLÈMES	SORTIE
<pre>sensor_volt = 0.01V R0 = 37.93 sensor_volt = 0.01V R0 = 38.93 sensor_volt = 0.01V R0 = 38.78</pre>			

Figure 10 : Mesure du R₀ pour le calibrage du capteur MQ9

MG-811 pour le CO₂

Ce capteur possède une haute sensibilité et un temps de réponse rapide [11].

Caractéristiques :

- Haute sensibilité au CO₂
- Plage de détection du gaz : 400 à 10000 ppm de CO₂
- Tension d'alimentation : 5 V
- Faible coût
- Dimensions : 42 x 32 x 28 mm

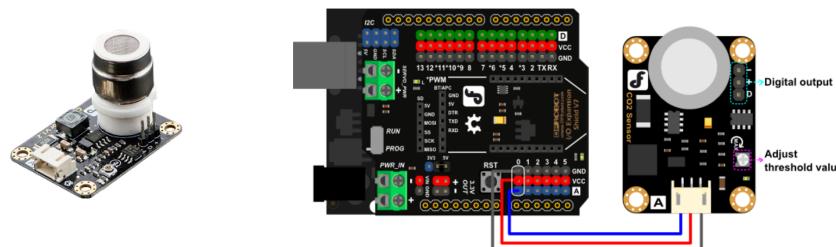


Figure 11 : Capteur MG-811 et ses branchements à la carte d'extension

Calibration :

Ce module est un capteur d'électrochimie qui doit être calibré avant la mesure réelle. Nous devons fournir une alimentation stable à ce module et le capteur chauffera pendant le fonctionnement. Pour cela, nous avons placé ce module dans une zone où l'air est propre. Après avoir travaillé en continu pendant environ 48 heures, il suffit de mesurer la tension de sortie de ce module. Modifiez ensuite sa définition dans le code à l'aide de la formule:

$$\text{ZERO_POINT_VOLTAGE} = (\text{voltage}/8.5)$$

MQ-135 pour la captation du benzène

Le module de captation pour le benzène est composé d'un capteur MQ-135, accompagné d'un potentiomètre d'étalonnage (dont on peut ajuster la résistance), d'une prise hôte mikroBUSTTM, de deux cavaliers et d'un voyant d'alimentation.

Caractéristiques :

- Alimentation: 5 Vcc
- Plage de mesure: 10 à 1000 ppm
- Faible temps de réponse
- Haute sensibilité
- Compatibilité: Arduino et Raspberry Pi
- Dimensions: 52 x 20 x 13 mm

En plus du benzène, ce dispositif permet de détecter l'ammoniac (NH₃), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de carbone (CO₂) et la fumée.

Le capteur est équipé d'une couche de dioxyde d'étain (SnO₂) qui bénéficie d'une conductivité inférieure en présence d'air "pur". Plus la qualité de l'air se dégrade, plus la conductivité augmente.

Le capteur est connecté à sa carte Arduino Due par l'intermédiaire de 3 connecteurs :

- Pour la masse (GND)
- Pour l'alimentation (5V)
- Pour la sortie analogique (A0)

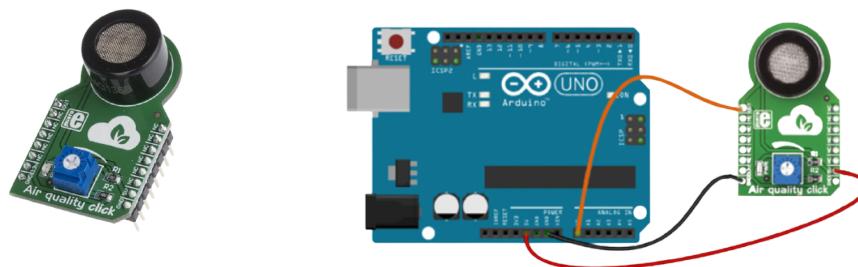


Figure 12 : Capteur MQ-135 et ses branchements à une carte Arduino UNO

Calibration:

Pour réaliser le calibrage du capteur, nous devons le laisser actif en présence de 100 ppm de NH₃ [12]. Nous relevons ensuite la résistance R₀ du capteur à l'air pur. Nous trouvons une résistance de 4,85 Ω. Nous écrivons cette valeur dans la bibliothèque MQ135 utilisée. N'ayant pas eu accès au NH₃, nous avons procédé au calibrage de notre capteur à l'air ambiant. Nous pouvons maintenant l'utiliser pour relever des mesures de concentration de gaz.

La figure ci-dessus montre les caractéristiques typiques de sensibilité du MQ-135 pour plusieurs gaz. Le rapport entre résistance du capteur en présence du gaz RS et sa résistance à l'air pur R₀ évolue en fonction de la concentration de gaz.

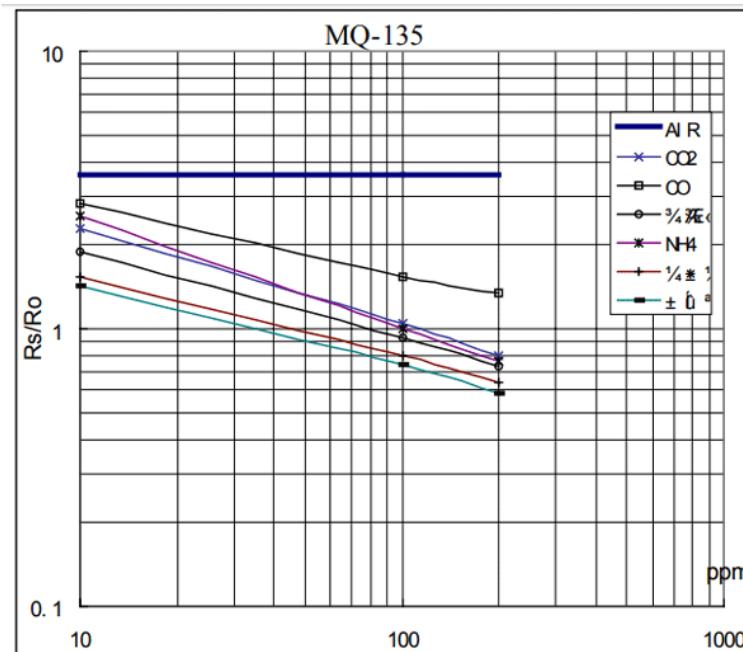


Figure 13 : Courbe d'évolution du rapport RS/R0 en fonction de la concentration en ppm d'un gaz

Nous pouvons voir que les courbes sont linéaires. A partir d'une régression linéaire et en prenant en compte l'échelle logarithmique, nous obtenons une équation de la forme : $a \times x^b$ où x est la concentration en ppm du gaz.

Ci-dessous, le tableau récapitulatif des constantes pour chaque gaz [13]:

	a	b
CO	605,18	-3,937
CO ₂	110,47	-2,862
Benzène	44,947	-3,445
NH4	102,2	-2,473
Acéton	34,66	-3,369
Alcool	77,255	-3,18

Tableau 6 : Récapitulatif des constantes a et b pour chaque gaz

Le module wifi TEL0126

Nous voulons transférer les données récoltées par nos capteurs vers une interface où elles pourront être analysées. Pour réaliser ce transfert, notre carte Arduino Due doit être connectée à un réseau. Nous avons choisi de connecter l'ensemble de notre dispositif à un réseau Wifi à l'aide du module Wifi TEL 0126 [14].

Caractéristiques :

- Alimentation: 3,3 V ~ 5,5 V
- Communication: I2C, UART
- Mode sans fil: IEEE802.11b / g / n
- Type de chiffrement: WPA WPA2 / WPA2 – PSK
- Fréquence WiFi: 2,4 GHz
- Protocole intégré: pile de protocoles TCP / IP
- Dimension: 37 × 32 mm / 1,46 × 1,26 "

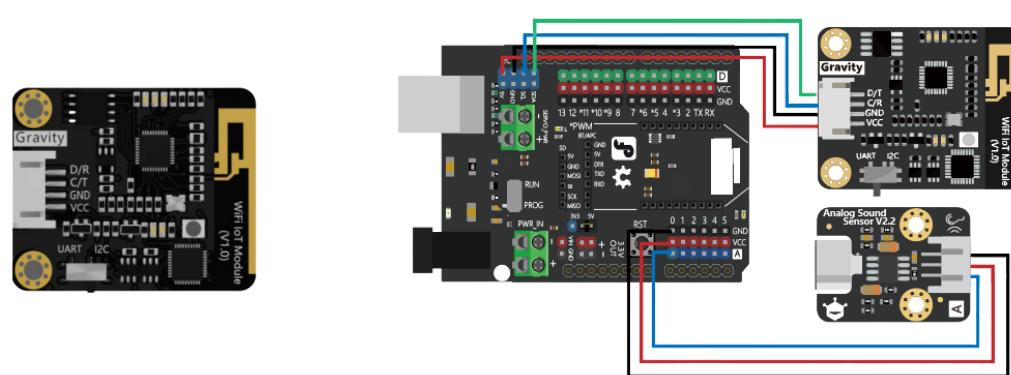


Figure 14 : Module wifi et ses branchements à notre carte d'extension

Fonctionnement de la solution

Notre protocole de captation de produits toxiques se décompose en trois parties.

Capture des données

La première partie du protocole consiste à capturer les concentrations de gaz présents dans l'air ambiant. Les différentes étapes de cette phase sont les suivantes :

- Placer le dispositif de captation sur le torse du sapeur-pompier;
- Lancer le dispositif de captation;
- Attendre quelques secondes la stabilisation de la mesure;
- Observer les mesures dans le terminal de notre application.

Réception des données

Ensuite la deuxième phase consiste à réceptionner les données relevées par les capteurs. Pour cela, nous avons décidé de les envoyer directement à la caserne de pompiers pour une analyse ultérieure. Cela suppose que la caserne soit équipée en wifi. Le dispositif étant capable de se connecter au réseau wifi, il pourra transporter ces données vers l'interface web à l'aide du protocole MQTT.

Nous avons configuré un broker MQTT qui va nous permettre de réceptionner les informations publiées par notre dispositif afin de les transmettre aux clients, ici la caserne de pompiers.

The screenshot shows the EasyIoT Cloud MQTT broker interface. At the top, it says "EasyIoT Cloud" and "Marie-Laure". On the left, there's a sidebar with three items: "Demo place" (with a plus icon), "Default" (with a minus icon), and "MQ135" (with a Wi-Fi icon). Below the sidebar, it says "Gaz: ppm". On the right side, there's a timestamp "#4 08/12/2021 11:42:02" and a "Logout" button. At the bottom, there are three buttons: "Configure", "Change password", and "Logout".

Figure 15 : Interface du broker MQTT EasyIoT Cloud (avec topic pour le capteur MQ-135)

Affichage des données

Enfin, nous avons souhaité afficher les données pour les utilisateurs de notre solution. Dans ce but, nous avons voulu réaliser une interface web où l'utilisateur pourrait :

- S'authentifier avec un compte utilisateur à l'aide d'un mot de passe sécurisé;
- Accéder à la page d'accueil pour consulter la page d'accueil;
- Ajouter un profil sapeur-pompier;
- Mettre à jour le profil sapeur-pompier;
- Consulter le profil de chaque sapeur-pompier;
- Renseigner les suivis médicaux;
- Consulter les paramètres hémodynamiques et renseigner les visites médicales;
- Ajouter des paramètres hémodynamiques du sapeur-pompier;
- Accéder aux recueils des valeurs collectées par les capteurs de gaz;
- Consulter la liste des interventions d'incendies et avoir la liste pour recenser les sapeurs-pompiers ayant intervenus;
- Et enfin, afficher la liste des maladies de chaque sapeur-pompier.

Ainsi, l'application permettra d'avoir toutes les données relatives à l'exposition aux fumées lors des incendies du sapeur-pompier et de regrouper toutes les informations concernant la toxicité des produits et les effets sur sa santé.

Nous avons réalisé une maquette qui pourrait servir éventuellement lors du développement de l'application pour collecter les données. Pour réaliser la maquette (cf. Annexe 1), nous avons établi les cas d'utilisation (cf. Annexe 2) identifiés auxquels l'interface web devra répondre .

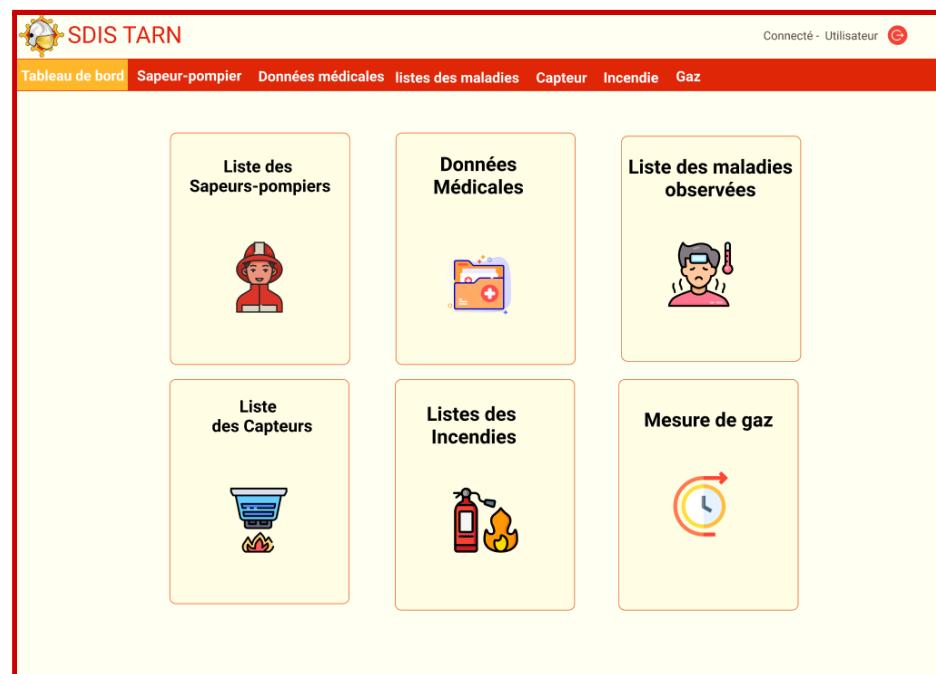


Figure 16 : Maquette de la page d'accueil de notre interface web

Résultats

Une fois notre dispositif monté, nous avons pu réaliser des tests.

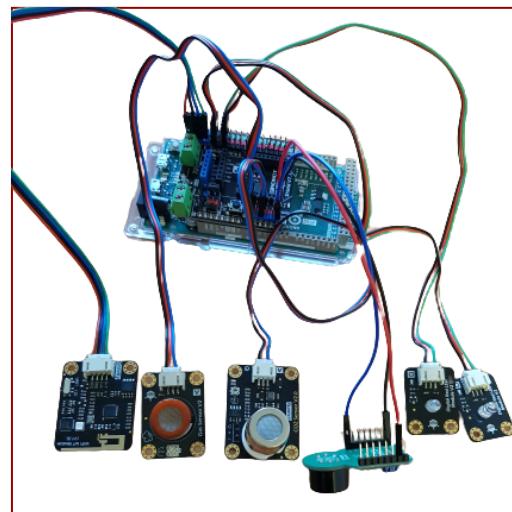


Figure 17 : Photographie de notre montage

Nous avons testé le dispositif à l'école d'ingénieurs ISIS. Cet environnement représente notre modèle d'air pur sans produits toxiques.

Ci-dessous les résultats des mesures de gaz toxiques :

```
ppmsensor =
412
```

```
ppmsensor =
283
```

Figure 18 : Données relevées par le capteur de CO (à gauche) et le capteur de CO2 (à droite)

Nous pouvons constater que les valeurs recueillies ne correspondent pas aux valeurs de référence dans l'air pur. Cela peut s'expliquer par une mauvaise calibration des capteurs.

RZERO=5.39
CO2=364.79 ppm
ou 355.06 ppm
CO=3130.05 ppm
Benzène=189.31 ppm

Figure 19 : Données relevées par le capteur de benzène

Du côté du capteur de benzène, nous pouvons voir qu'il détecte 355.06 ppm de CO2 avec la fonction de détection du CO2 dans sa bibliothèque. En utilisant la méthode de régression linéaire avec les constantes relevées (cf. Tableau 6), nous obtenons 364,79 ppm de CO2. Les deux résultats concordants, nous avons étendu la méthode de la régression linéaire et avons utilisé les constantes pour les autres gaz. Cependant les valeurs trouvées pour le CO et le benzène se retrouvent être moins fiables.

Gaz	Valeurs de référence	Valeurs mesurées
CO2	Entre 300 et 400 ppm [15]	364,79 ppm
CO	Entre 0,05 et 0,12 ppm [16]	3130,05 ppm
Benzène	Entre $0,616 \cdot 10^{-3}$ et $3,696 \cdot 10^{-3}$ ppm [16]	189,31 ppm

Tableau 7 : Tableau comparatif des valeurs de référence aux valeurs mesurées par le capteur MQ-135

D'un autre côté, nous avons rencontré des difficultés avec la bibliothèque du module wifi. Nous sommes alors incapables de remonter les données vers notre interface web.

Conduite de projet

Partie prenantes

Les parties prenantes de ce projet sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Fonction	Nom / Prénom	Adresse mail
	Bastide Rémi	remi.bastide@univ-jfc.fr
	Carayol Eric	eric.carayol@univ-jfc.fr
Tuteur école	Dalce Réjane	rejane.dalce@univ-jfc.fr
Lieutenant-colonel Chef du pôle opérations SDIS81	Eslan Sylvain	sylvain.eslan@sdis81.fr
Lieutenant-colonel Médecin-chef 3SM	Nathalie Lagoutte	nathalie.lagoutte@sdis81.fr
Lieutenant	Esteve Danae	danae.esteve@sdis81.fr
Lieutenant	Dupre Yann	yann.dupre@sdis81.fr
Étudiant ingénieur (Chef de projet)	Charbonnier Gaëtan	gaetan.charbonnier@etud.univ-jfc.fr
Étudiante ingénieure (Chef de gestion de projet)	Don Marie-Laure	marielaure.don@etud.univ-jfc.fr
Étudiante ingénieure	Adechy Iyabo	iyabo.adechy@etud.univ-jfc.fr
Étudiante ingénieure	Nadir Samira	samira.nadir@etud.univ-jfc.fr

Tableau 7 : Parties prenantes du projet

Organisation au sein du groupe

Lorsque l'on cherche à réussir un projet, tout est question d'organisation. Il est alors nécessaire de poser des temps de réflexion avant le lancement et la conduite des travaux. Ces temps de réflexion nous ont permis de définir une liste des tâches principales à laquelle nous avons pu associer des objectifs précis et mesurables, ainsi que des ressources humaines et matérielles. Ainsi, cela nous a permis d'exprimer une charge de travail répartie entre une date de début de projet et une date de fin de projet. Ces différentes tâches devaient suivre un ordre logique, et sont de ce fait reliées entre elles par des relations de dépendance.

Étant en relation directe avec les commanditaires, nous avons également pu définir des jalons. Ce sont des événements clé du projet, tels que des réunions, des livrables ou même une formation, montrant notre progression au cours du projet et permettant des recadrages des objectifs du projet si nécessaire.

Nous avons eu l'occasion de planifier une demi-douzaine de réunions, soit une réunion toutes les deux semaines en présence des commanditaires et/ou de notre tuteur. Ces réunions nous ont permis de comprendre le sujet de notre projet d'innovation, de valider notre cahier des charges ainsi que de présenter l'avancement du projet. Chacune des réunions se solde par un débriefing d'équipe d'au minimum une trentaine de minutes afin de faire un point de réunion qui permet de soulever les points importants de l'ordre du jour préétabli, de répartir et de planifier les nouvelles tâches à l'aide de l'outil Trello (cf. Annexe 3).

En conclusion, chaque réunion planifiée à mener à la réalisation d'un débriefing de réunion ainsi qu'à la réflexion de nouveaux objectifs.

Un compte rendu d'activité, visant à faire le point des travaux passées et futurs du projet, sous forme d'un Excel, a également été entretenu tout au long du projet (cf. Annexe 4)

Conclusion

Pour conclure, au cours de ce projet d'innovation nous devions proposer des protocoles de captation de produits toxiques afin d'étudier l'exposition du sapeur-pompier au gaz toxiques qui se désorbent de ses textiles après une intervention.

Pour réaliser cela, nous avons étudié la fumée engendrée par le feu et les gaz toxiques qu'elle produit. Ensuite, nous avons proposé divers capteurs permettant de capter les produits présents dans les fumées. En réduisant notre étude à trois gaz, nous avons sélectionné trois de ces capteurs.

Après avoir configuré notre dispositif de captation, nous avons réalisé des tests à l'air pur. Les résultats étaient peu concluants dans la mesure où les mesures de produits toxiques étaient élevées.

Enfin, au niveau de la remontée des données après captation, nous constatons que notre prototype n'est pas encore capable de se connecter à un réseau pour partager des données sans fil.

Perspectives

Plusieurs perspectives d'améliorations s'offrent à nous. Premièrement, il serait préférable de calibrer les capteurs comme il est stipulé dans la documentation afin d'avoir des valeurs plus fiables. Ainsi se procurer la quantité exacte de gaz nécessaire à la calibration serait indispensable.

D'un autre côté, il faudrait réparer la connexion wifi et pouvoir envoyer les données à une interface web. La connexion entre le sapeur-pompier et l'ordinateur à partir duquel les futurs études seront réalisées ne pourra pas être filaire, la connexion sans fil est donc requise. Une autre possibilité serait de sauvegarder les données récupérées sur le terrain par l'intermédiaire d'une carte SD par exemple et à chaque fin d'intervention transférer ces données sur un ordinateur. Mais dans ce cas, la réception des données ne se ferait pas en temps réel.

D'un point de vue pratique et sécurité, nous aurions aimé modifier la taille des composants. En effet, notre dispositif final est assez volumineux pour son usage. Il serait préférable de produire une version réduite pour ne pas gêner le sapeur-pompier.

Puis, pour finir, il serait souhaitable (une fois l'obtention de nano-capteur) d'équiper chaque sapeur-pompier d'un capteur lors des interventions d'incendies. Ainsi, des données pourront être individualisées et interprétées selon chaque utilisateur notamment par le fait que les produits toxiques ne produisent pas des effets de même intensité sur tous les individus.

Bibliographie / Webographie

- [1] Docteur F. Lévy, ancien médecin-chef des sapeurs-pompiers du Haut-Rhin, "[Pourquoi les fumées d'incendie tuent](#)" consulté le 10/11/2021
- [2] C. Chivas, J. Cescon, "Toxicité et dispersion des fumées d'incendie. Phénoménologie et modélisation des effets.", INERIS, 2005, consulté le 01/10/2021
- [3] Avis de l'ANSES, le directeur général, "[Effets sanitaires liés à la pollution générée par les feux de végétation à l'air libre](#)", Rapport d'expertise collective de mai 2012 consulté 02/11/2021
- [4] Prévention des risques liés à la toxicité des fumées, Direction générale de la Sécurité civile et de la gestion des crises, publié en septembre 2020, consulté 05/10/2021
- [5] J. Roy, P.Gagnon, J. Bartolo, J. Melançon, D. Perron, 48^e Congrès ACSIQ "[Les risques de cancers chez les pompiers, comment s'y prémunir !](#)", ACSIQ, 21/05/2016, consulté le 12/11/2021
- [6] CNRACL, "[Impacts et prévention des risques relatifs aux fumées d'incendie pour les sapeurs-pompiers](#)" mars 2017, consulté le 11/12/2021
- [7] Ministère des solidarité et de la santé, Intoxications au monoxyde de carbone, "[intoxications au monoxyde de carbone](#)", publié le 18/12/14, mis à jour le 08/11/17
- [8] Santé Publique, déterminants de santé, Exposition à des substances chimiques, monoxyde de carbone, les enjeux, "[Quel est l'impact sanitaire de l'intoxication au monoxyde de carbone ?](#)", publié le 1er juillet 2019
- [9] M. Labadie, L. Capaldo, A. Courtois, B. Mégarbane, SRL et Lavoisier, [Mécanismes de toxicité des fumées d'incendie \(monoxyde de carbone et cyanures exclus\)](#) 30/06/2016
- [10] Dfrobot, [Documentation capteur MQ9](#)
- [11] Dfrobot, [Documentation capteur MG 811](#)
- [12] T.K. Hareendran, How To Use MQ-135 Gas Sensor, Codrey Electronics, mis à jour le 05/06/2020,
<https://www.codrey.com/electronic-circuits/how-to-use-mq-135-gas-sensor/>
- [13] Abid hossain, Air Analyzer, Using Almost All Kinds of MQ Sensors, Arduino Project Hub,
https://create.arduino.cc/projecthub/abid_hossain/air-analyzer-using-almost-all-kinds-of-mq-sensors-01c2a4?ref=search&ref_id=mq135&offset=4
- [14] Dfrobot, Gravity: WiFi IoT Module, <https://www.dfrobot.com/product-2180.html>
- [15] Peter Kapalo, Florin Domnita, Jan Lojkovics, Methodology for calculating the fresh air ventilation airflow rate based on CO₂ concentration, publié en août 2014, consulté le 12/12/2021
- [16] Roy Harrison, Juana M. Delgado Saborit, Frédéric Dor, and Rogene Henderson, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants, 2010, consulté le 12/12/2021

Annexes

Annexe 1 : Maquette de l'interface Web

SDIS TARN

Tableau de bord Sapeur-pompier Gaz Toxicité Exposition Incendie

Compte médecin

IDENTIFIANT MOT DE PASSE Se connecter

SDIS TARN

Tableau de bord Sapeur-pompier Données médicalisées Liste des malades Capteur Incendie Gaz

Liste des Sapeurs-pompiers Données Médicales Liste des malades observées

Liste des Capteurs Liste des Incendies Mesure de gaz

Desktop - 6

SDIS TARN

Tableau de bord Sapeur-pompier Données médicalisées Liste des malades Capteur Incendie Gaz

AJOUTER UN PROFIL SAPEUR-POMPIER

NOM PRENOM MUL PRENOM DATE de NAISSANCE LIEU de NAISSANCE REFE

ADRESSE FOIS TAILLE POSTE OCCUPÉ TÉLÉPHONE

DUPONT JEROME né le 21.05.1980

Antécédents médicaux Antécédents chirurgicaux Antécédents familiaux

VACCINATIONS

Paramétrage

Analyses d'urine Débitmètre urinaire (en g/min) Test de sucre dans l'urine Test de glucose dans l'urine

SDIS TARN

Tableau de bord | Sapeur-pompier | Données médicales | Relais des malades | Capteur | Incendie | Gaz

Nom	Prénom	Date_Naissance	Sexe	Poids	Taille
DUPONT	Jérôme	21.05.1980	M	85	1.90m
DUPOND	Lucas	15.03.1990	M	75	1.77m
DUMONT	Morgan	28.10.1999	M	78	1.82m
DURAND	Nicolas	25.11.2000	M	68	1.76m
DURANT	Julie	29.06.1998	F	58	1.65m

SDIS TARN

Tableau de bord | Sapeur-pompier | Données médicales | Relais des malades | Capteur | Incendie | Gaz

Date	TA	Pouls	Sat	Poids
135/78	135/78	70	100%	75

Desktop - 7

SDIS TARN

Tableau de bord | Sapeur-pompier | Données médicales | Relais des malades | Capteur | Incendie | Gaz

DUPONT Jérôme née le 21/05/1980	
Adresse :	13 chemin du bonheur 81100 Castres
Téléphone domicile :	05.63.12.23.45
Téléphone portable :	05.63.12.23.45
Date d'embauche :	12.03.2000
Dernière visite médicale :	12.03.2021

Desktop - 11

SDIS TARN

Tableau de bord | Sapeur-pompier | Données médicales | Relais des malades | Capteur | Incendie | Gaz

Liste des valeurs des gaz				
CO	NO	Benzène	HCN	SO2
1550 ppm	200 ppm	500 ppm	100 ppm	150 ppm

Valeurs des gaz relevés

Gaz	Valeur (ppm)
CO	1550
NO	200
Benzène	500
HCN	100
SO2	150

 SDIS TARN
Sapeurs-Pompiers


Connected Health Lab

35

SDIS TARN

Connecté - Utilisateur

Tableau de bord Sapeur-pompier Données médicales Listes des maladies Capteur **Incendie** Gaz

Liste des incendies

Date	lieu	Type d'incendies	Intervenants	Durée incendie
21.05.2021	Castres	maison	DUPONT Jérôme	25 min
15.03.2021	Castres	entrepôt	DUPOND Nathan	45 min
28.11.2020	Castres	ferme	DUMONT Nicolas	52 min
25.01.2020	Castres	usine	DURAND Emmanuel	25 min
29.06.2019	Castres	bois	DURANT Eliot	78 min

Desktop - 10

SDIS TARN

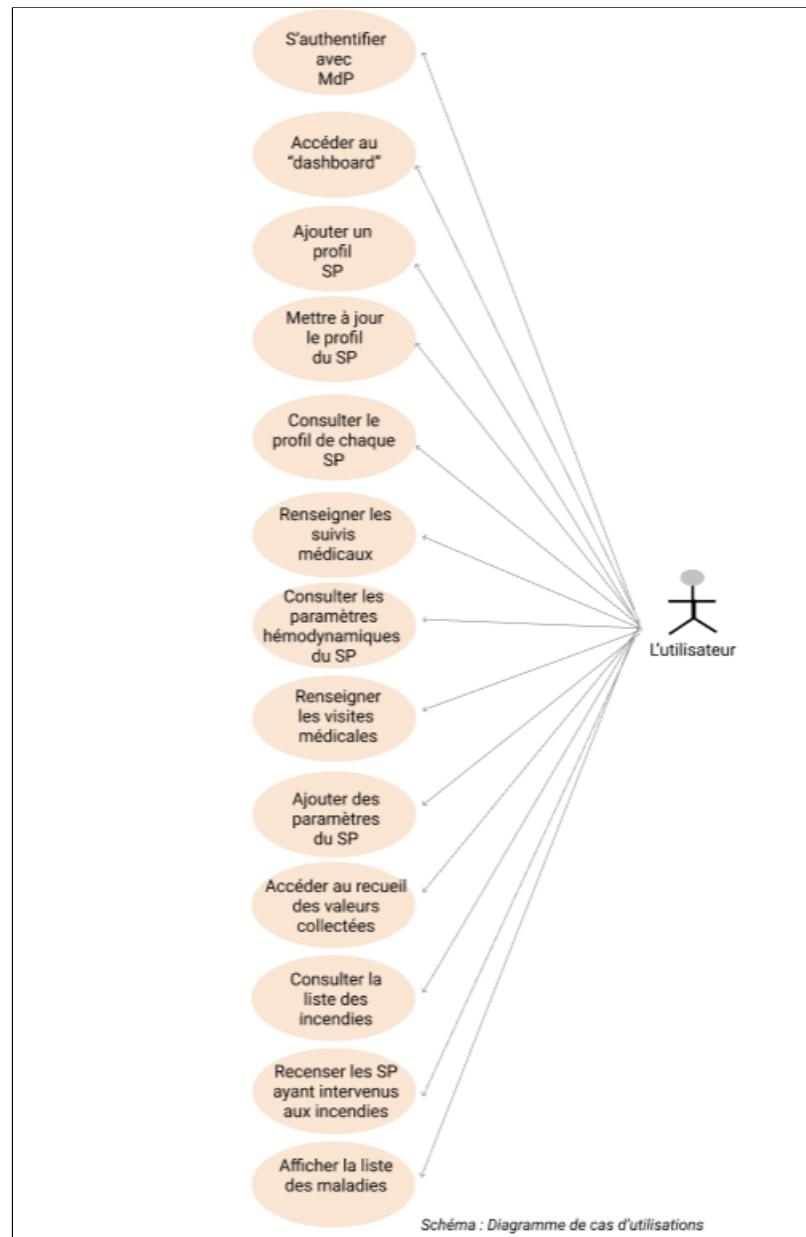
Connecté - Utilisateur

Tableau de bord Sapeur-pompier Données médicales Listes des maladies Capteur **Incendie** Gaz

Liste des capteurs

ID du capteur	Date Calibrage	Relevé	Listes de gaz	Intervenant
126520	21.02.2021	21.05.2021	liste <input checked="" type="checkbox"/>	liste <input checked="" type="checkbox"/>
152021	15.01.2021	15.03.2021	CO	J. Dupont
28020	28.11.2020	28.11.2020	NO	J. Dupont
252020	25.01.2020	25.01.2020	HCN	J. Dupont
290019	29.06.2019	29.06.2019	H2O	J. Dupont

Annexe 2 : Diagramme des cas d'utilisations



Annexe 3 : Capture d'écran du Trello

The screenshot shows a Trello board titled "Méthode AGILE". The board is organized into several columns:

- Sprint Backlog:**
 - Réalisation du diaporama de présentation
 - + Ajouter une carte
- Sprint en cours:**
 - Programmation des capteurs
 - Rédaction du rapport
 - Veille technologique
 - + Ajouter une carte
- En cours:**
 - Recherches sur les capteurs de gaz toxiques
 - Rédaction du cahier des charges
 - Recherches sur les gaz et leur toxicité
 - Trouver la carte d'extension chez un de nos fournisseurs
 - Trouver arduino due chez un de nos fournisseurs
 - Relecture du cahier des charges
 - Présenter le tableau de capteurs
 - Compléter tableau des capteurs et produits
 - + Ajouter une carte
- Fait:**
 - Recherches sur les capteurs de gaz toxiques
 - Rédaction du cahier des charges
 - Recherches sur les gaz et leur toxicité
 - Trouver la carte d'extension chez un de nos fournisseurs
 - Trouver arduino due chez un de nos fournisseurs
 - Relecture du cahier des charges
 - Présenter le tableau de capteurs
 - Compléter tableau des capteurs et produits
 - + Ajouter une carte
- Peux mieux faire:**
 - + Ajouter une carte
- À venir:**
 - + Ajouter une carte

Annexe 4 : CRA Groupe Projet SDIS - Semestre 1						
Semaines	Créneau	Durée du créneau (h)	Durée réalisée (h)	Jalons	Rendus	Travail réalisé
Semaine du 27/09	27/09/2021	2,00	2,00			> Mail envoyé au commanditaire > Création d'un Drive
	30/09/2021	4,00	4,00			> Recherche produits toxiques
	01/10/2021	8,00	8,00			--> En attente des commanditaires
Semaine du 04/10	04/10/2021	4,00	4,00	Réunion SDIS Présentation du sujet		
	08/10/2021	4,00	4,00			> Réunion avec les commanditaires
Semaine du 11/10	11/10/2021	4,00	4,00	Débrief		> Réunion entre membres du groupe pour débriefer de la réunion > Compléments notes réunion
	12/10/2021	4,00	4,00	Réunion Rejane Dalce - Eric Carayol		> Recherches de liens sur les capteurs > Recherche Gas et leur toxicité
	13/10/2021	8,00	8,00			
	15/10/2021	4,00	4,00			--> Recherche et rédaction cahier des charges (CDC)
	19/10/2021	8,00	8,00			
Semaine du 18/10	21/10/2021	4,00		Réunion CDC Rejane Dalce		
	25/10/2021	8,00	8,00			> Recherche des différents produits toxiques
Semaine du 25/10	27/10/2021	4,00	4,00		Formation Incendie	> Formation Incendie avec le SDIS 8H00 - 14H00
	29/10/2021	8,00	8,00			> Débriefing Formation Incendie + Compte Rendu
Semaine du 01/11	3/10/2021				PLAN PROJET (CDC)	
Semaine du 08/11	9/11/2021	4,00	4,00			> Classement par ordre de dangersité des différents produits > Compléter le tableau de capteurs et produits nécessaires
	10/11/2021	2,00	2,00			> Compléter le tableau de capteurs et produits nécessaires > Trouver le module WiFi compatible avec la carte d'extension
Semaine du 15/11	17/11/2021	4,00	4,00	Réunion 9H30 - 10H30 Rejane Dalce		> Réalisation d'un devis (Capteur/ Carte Arduino/ Kit WiFi)
	19/11/2021	4,00	4,00			> Commande Capteurs / Carte Arduino
Semaine du 22/11	23/11/2021	4,00	4,00			> Reception Capteurs - Carte Arduino
	24/11/2021	4,00	4,00			
Semaine du 06/12	06/12/2021	6,00	6,00	Réunion 16H00-17H00 Parties prenantes		Elaboration d'un premier prototype Rédaction rapport final Réalisation de la présentation
	07/12/2021	2,00	2,00			
	08/12/2021	4,00	3,00			
Semaine du 13/12	13/12/2021				RENDU RAPPORT	
	16/12/2021	8,00				Réalisation de la présentation
	17/12/2021	8,00			SOUTENANCE	
Total		124,00	103,00			