



Étanchéité pièce faciale ARI

PROJET INNOVATION 2021/2022

FIE5 PROMO 2022

Commandité par
SDIS 81

Réalisé par
MARIEMA Kency | ROUSSEAU Emma | SADGAL Rania

Tutoré par
CARAYOL Éric

RESUME

Le but de ce projet est de trouver le moyen de mesurer l'étanchéité des pièces faciales ARI sur un visage avec ou sans barbe afin de valider ou non le risque du port de la barbe.

Pour ce faire, nous souhaitons obtenir le taux d'exposition des pompiers au monoxyde de carbone lors de leurs interventions. Ces données seront traitées et analysées par un outil informatique qui analysera le lien entre l'étanchéité du masque et le port de la barbe. Notre première tâche a été de comprendre les risques associés à la toxicité des fumées auxquelles sont exposés les sapeurs-pompiers.

Mots-clés : informatique, objets connectés, capteur, développement web, pompier, java, angular, mysql, incendie, fumées

ABSTRACT

The goal of this project is to find a way to measure the tightness of the ARI facepieces on the face of a person with or without a beard, in order to confirm or not the risk of having a beard.

To do this, we want to obtain the rate of exposure of firefighters to carbon monoxide during their interventions. These data will be processed and analyzed by a computer tool that will analyze the link between the tightness of the mask and the presence of facial hair. Our first task was to understand the risks associated with the toxicity of the fumes to which firefighters are exposed.

Keywords: computing, connected objects, sensor, web development, firefighter, java, angular, mysql, fire, fumes

Table des matières

RESUME	2
ABSTRACT	2
Table des matières	3
Liste des tableaux et figures	5
Introduction.....	6
1. Cadrage de projet.....	7
1.1. Les acteurs.....	7
1.2. Présentation du SDIS81 – 3SM	7
1.3. Contexte et définition du sujet.....	7
2. Etat de l’art	9
2.1. Incendie et risques.....	9
2.2. Prévention et protection du personnel.....	10
2.3. Etude de l’existant	12
3. Analyse et couverture du besoin.....	13
3.1. Pistes envisagées.....	13
3.1.1. Prélèvement	13
3.1.2. Essais d’ajustement.....	13
3.1.3. Capteur.....	13
3.2. Solution sélectionnée.....	13
3.3. Cahier des charges.....	14
3.3.1. Les acteurs.....	14
3.3.2. Diagrammes des cas d’utilisation.....	14
3.3.3. Diagramme Pieuvre	15
3.3.4. Contraintes	15
3.3.5. Conclusion des spécifications	15
3.4. Choix des technologies.....	16
3.4.1. Choix du capteur et de la carte de développement	16
3.4.2. Choix des frameworks	16
3.4.3. Choix de la base de données et du système de gestion de base de données	17
3.5. Modélisation de la base de données.....	17
3.6. Diagramme de classes	18
3.7. Production des maquettes	18
3.8. Implémentation de l’outil	19
3.8.1. Fonctionnement général	19
3.8.2. Schéma de navigation	19
3.8.3. Programmation du capteur	20
3.8.4. Réalisation de l’application	20

3.8.5. Limites	23
4. Gestion de projet et de l'équipe	24
4.1. Découpage des tâches	24
4.2. Matrice RACI	24
4.3. Organisation de l'équipe	24
4.4. Environnement de travail	25
4.5. Instances	25
4.6. Gestion des risques	25
4.6.1. Identification des risques	25
4.6.2. Interprétation du niveau de risques	25
4.6.3. Traitement des risques	26
4.7. Diagramme de Gantt	26
4.8. Contraintes	26
4.8.1. Contraintes techniques	26
4.8.2. Contraintes de temps	27
4.9. Livrables	27
5. Portfolio	28
5.1. Kency Mariema	28
5.1.1. Rôle et responsabilités	28
5.1.2. Retour d'expérience	28
5.2. Emma Rousseau	28
5.3. Rania Sadgal	29
5.3.1. Contexte	29
5.3.2. Rôles et responsabilité	29
5.3.3. Mission : Programmation	29
5.3.4. Retour d'expérience	29
6. Conclusion et perspectives	30
Bibliographie	31

Liste des tableaux et figures

Figure 1 : Camion-citerne du SDIS Tarn	7
Figure 2 : Synthèse des phénomènes thermiques associés à un développement du feu	9
Figure 3 : Répartition des fumées dans une pièce	10
Figure 4 : Exemple de zonage opérationnel lors d'un feu de structure	11
Figure 5 : Appareil respiratoire isolant à circuit ouvert.....	11
Figure 6 : Diagramme des cas d'utilisation.....	14
Figure 7 : Diagramme Pieuvre	15
Figure 8 : Tableau diagramme pieuvre.....	15
Figure 9 : Carte Arduino nano BLE 33 sense	16
Figure 10 : Lecteur de microcarte SD Pmod	16
Figure 11 : Capteur de gaz Adafruit MiCS-5524.....	16
Figure 12 : Logo AngularJS	16
Figure 13 : Logo Spring Boot	17
Figure 14 : Logo MySQL Workbench	17
Figure 15 : Modélisation de la base de données	17
Figure 16 : Diagramme de classes.....	18
Figure 17 : Palette de couleurs (maquette)	18
Figure 18 : Page détail d'une intervention (maquette)	18
Figure 19 : Page d'accueil (maquette).....	18
Figure 20 : Fonctionnement général de l'outil.....	19
Figure 21 : Schéma de navigation.....	19
Figure 22 : Code de la carte de programmation	20
Figure 23 : Extrait du fichier pom.xml	20
Figure 24 : Fichier application.properties	20
Figure 25 : Classe Modèle « User »	21
Figure 26 : Interface Repository « User ».....	21
Figure 27 : Classe service « User »	21
Figure 28 : Classe controller	22
Figure 29 : Création du projet Angular	22
Figure 30 : Classe « User » (angular)	22
Figure 31 : restservice.service.ts (angular)	22
Figure 32 : Trello.....	26
Figure 33 : Diagramme de Gantt.....	26

Introduction

La protection des sapeurs-pompiers en intervention est un enjeu majeur des Services D'Incendie et de Secours (SDIS). En effet, lors d'un incendie, les pompiers sont exposés à de nombreux risques, notamment à des quantités importantes de chaleur et de produits toxiques. Les fumées d'incendie sont chargées en particules de tailles différentes et peuvent pénétrer l'organisme par inhalation, ingestion ou par voies percutanées et oculaires. C'est pourquoi un équipement de protection individuelle (EPI) spécifique est requis. On y retrouve notamment l'appareil respiratoire isolant (ARI).

Bien que les fabricants avertissent clairement que le port de la barbe altère l'étanchéité du masque de l'ARI, l'arrêté du 8 avril 2015 fixant les tenues, uniformes, équipements, insignes et attributs des sapeurs-pompiers dispose en son article 8 (Arrêté du 8 avril 2015, 2015) :

« ... - le rasage est impératif pour la prise de service ; dans le cas particulier du port de la barbe ou de la moustache, celles-ci doivent être bien taillées et permettre une efficacité optimale du port des masques de protection. ».

Toutefois, rien ne normalise la taille optimale de la barbe. Parallèlement, aucune étude publiée ne justifie clairement de son impact sur l'efficacité du masque. L'objectif de ce projet est donc de trouver le moyen de mesurer l'étanchéité de la pièce faciale avec ou sans barbe, et ainsi, valider ou non le risque du port de la barbe.

Dans un premier temps, nous présenterons les différents acteurs du projet, les éléments de contexte et nous expliciterons le sujet. Nous réaliserons par la suite un état de l'art avec une analyse bibliographique et l'étude de l'existant. La troisième partie sera dédiée à l'analyse du besoin, les choix d'environnements techniques, le maquettage et le développement. Enfin, la dernière partie présentera la gestion de projet et la répartition du travail dans l'équipe.

1. Cadrage de projet

1.1. Les acteurs

Maitre d'ouvrage : SDIS81 – 3SM représenté par le lieutenant-colonel Sylvain ESLAN, le lieutenant Arnaud BOURSE ainsi que l'adjudant-chef Nicolas AUDOUIN.

Tuteur école : Éric CARAYOL responsable du Connected Health Lab (CHL) d'ISIS et chef de projet en ingénierie numérique.

Equipe projet : Kency MARIEMA, Rania SADGAL et Emma ROUSSEAU

1.2. Présentation du SDIS81 – 3SM

Le Service Départemental D'Incendie et de Secours du Tarn (SDIS81) est un établissement public administratif. Il dépend du ministère de l'Intérieur. En France, les SDIS sont regroupés en trois catégories définies suivant la démographie départementale. Le SDIS du Tarn est un SDIS de catégorie B défendant 320 communes. Il est dirigé par le colonel Christophe DULAUD, chef du corps départemental.

Conformément au code général des collectivités locales, le SDIS81 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 :

- La prévention et l'évaluation des risques de sécurité civile,
- La préparation des mesures de sauvegarde et l'organisation des moyens de secours,
- La protection des personnes, des biens et de l'environnement,
- Les secours d'urgence et l'évacuation des personnes victimes d'accidents, de sinistres ou de catastrophes.



Figure 1 : Camion-citerne du SDIS Tarn

1.3. Contexte et définition du sujet

Les missions des sapeurs-pompiers les exposent à des dangers réels et de gravité extrême. Lorsque les mesures de protection appropriées à la source ne sont pas possibles ou insuffisantes pour limiter l'exposition à l'inhalation, ils utilisent des appareils de protection respiratoire (ARI).

Bien qu'il s'agisse de sécurité, l'ARI est aujourd'hui la cause de nombreuses disparités sur le territoire. En effet, le lien entre la barbe et l'étanchéité du masque est remis en cause et l'atteinte aux libertés individuelles fondamentales est évoquée (ouest france, 2020). Pour autant la norme NF EN 529 précise au 4.2.2 :

« Les pièces faciales hermétiques (pièces faciales filtrantes, quarts de masque, demi-masques et masques complets) fonctionnent largement sur le principe d'une étanchéité parfaite entre le masque et le visage du porteur. ».

L'institut national de recherche et de sécurité (INRS) suit la même logique en rappelant que la présence de poils non rasés peut anéantir la protection (Guimon, août 2019) :

« Avec une pièce faciale telle qu'un masque complet ou un demi-masque, il est nécessaire de veiller à la bonne continuité du joint facial. Les hommes seront correctement rasés ; l'interposition de cheveux, de barbes ou favoris, ou de branches de lunettes doit être évitée. ».

Les fabricants informent également qu'il est préférable de prohiber tout élément interférant physiquement avec les masques de protection respiratoire, notamment les joints faisant étanchéité avec la peau, les valves et le pourtour des pièces faciales filtrantes (Lebourgeois, 2016).

D'un autre côté, d'autres facteurs peuvent entrer en jeu dans les pertes d'étanchéité et les fuites, comme la morphologie du visage ou encore le port de la cagoule de feu entre le masque et la peau.

Légalement, rien n'interdit les sapeurs-pompiers de porter la barbe, ce qui s'avère contradictoire face à tous ces avertissements. Pour autant, certaines directions interdisent le port de la barbe, par le biais de notes de service.

Il est aujourd'hui nécessaire d'apporter des éléments concrets afin d'étayer une affirmation ou une autre et de clôturer ce débat.

L'objectif de ce projet consiste, dans un 1^{er} temps, à comprendre les risques associés à la toxicité des fumées auxquelles sont exposés les sapeurs-pompiers, l'utilité de chaque élément du dossard ARI et les mesures de sécurité appliquées lors du port du masque.

Nous chercherons ensuite un moyen optimal de récolter les données de sujets avec ou sans barbe, reflétant leur taux d'exposition aux fumées lors du port de la pièce faciale.

Enfin, de ces données, nous tenterons de conclure sur le lien entre la barbe et l'étanchéité du masque.

2. Etat de l'art

Dans le but de réaliser l'analyse bibliographique, neuf documents ont été utilisés. Ces documents nous ont été fournis par le SDIS du Tarn. Parmi eux, on retrouve des Guides de Doctrine Opérationnelle (GDO), un Guide de Techniques Opérationnelles (GTO), un Partage d'Information Opérationnelle (PIO) ainsi que des Fiches Techniques d'Emploi (FTE).

2.1. Incendie et risques

Selon l'ISO 13943, le feu fait référence à un processus de combustion auto-entretenu assuré pour produire des effets utiles et dont le développement est maîtrisé dans le temps et l'espace. En revanche, un incendie est un feu dont le développement n'est pas maîtrisé dans le temps et l'espace et qui s'étend rapidement en occasionnant des dégâts généralement importants. De plus, il émet des quantités importantes de chaleur et de produits toxiques.

La combustion est une réaction chimique induisant la présence de réactifs (combustible et comburant) et la nécessité d'un initiateur (apport d'énergie). De cette réaction résulte des produits de combustion qui dégagent également de l'énergie sous forme de chaleur (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2018).

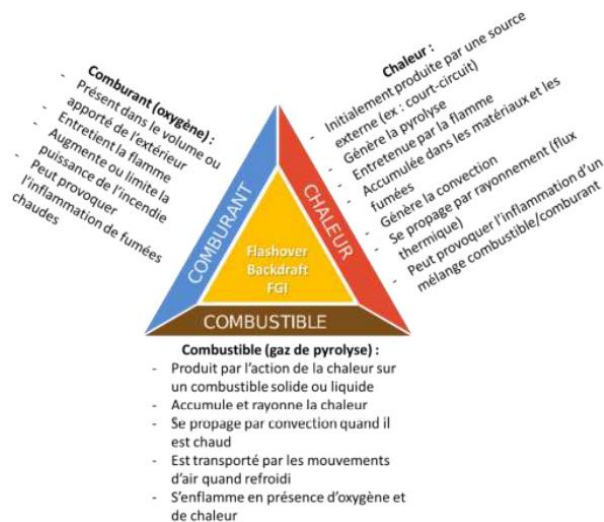


Figure 2 : Synthèse des phénomènes thermiques associés à un développement du feu

Dans le cas d'un incendie, on peut catégoriser le feu suivant la nature de ce qui brûle en 5 classes : A, B, C, D et F :

- Classe A : caractérise les feux dits « secs ». Il s'agit de matériaux solides ou secs dont la combustion forme des braises (bois, papiers, tissus, ...). Ces matériaux sont particulièrement inflammables et le moindre courant d'air peut les activer. On les appelle feux « couvants ».
- Classe B : caractérise les feux dits « gras ». Il s'agit des liquides et des solides liquéfiables (essence, hydrocarbure, solvant, ...). Ils flambent ou s'éteignent mais ne couvent pas. Leur combustion provoque un dégagement de gaz toxiques et/ou corrosifs particulièrement dangereux pour l'environnement et souvent explosif.
- Classe C : caractérise les feux de gaz (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié comme le butane ou le propane, ou d'autres produits à l'état gazeux comme les produits chimiques). Leur mise à feu s'accompagne généralement d'une explosion.
- Classe D : caractérise les feux de métaux que l'on peut rencontrer dans l'industrie. Ces feux imposent l'utilisation d'extincteurs très spécifiques : les extincteurs à poudre chimique de classe D. Les poudres chimiques de classe D sont spécifiques à chaque type de combustible et se trouvent principalement dans des environnements industriels très particuliers (magnésium, sodium, ...). Leur combustion est généralement violente et très lumineuse.
- Classe F : représente les feux liés aux auxiliaires de cuisson (huile et graisse) dans les appareils de cuisson. En effet, bien que ces feux soient à proprement parlé des feux de classe B, la présence

d'appareils sous tension dans le voisinage du feu et le besoin d'agents extincteurs compatibles avec la chaîne alimentaire, ont nécessité la création de nouveaux extincteurs plus adaptés.

Il y a quelques années, il existait une classe E pour désigner les feux d'origines électriques provenant d'équipements électriques sous tension. Etant souvent rattachée à la classe B, elle ne fait actuellement plus partie de la classification du feu.

En plus du feu lors d'un incendie, la fumée représente un danger. Les fumées correspondent à l'ensemble visible des particules solides et/ou liquides en suspension et des gaz résultants d'une combustion ou d'une pyrolyse. Ces fumées peuvent être plus ou moins diluées par l'air ambiant. Les gaz résultants de la combustion sont généralement le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, la vapeur d'eau ainsi que d'autres gaz. Ces derniers sont liés à la composition des matériaux impliqués dans la combustion. On peut par exemple citer le cyanure d'hydrogène, le chlorure d'hydrogène ou encore l'oxyde nitreux (SDIS Tarn, 2021).

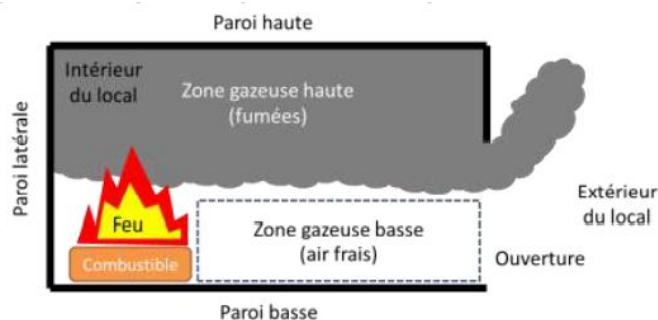


Figure 3 : Répartition des fumées dans une pièce

De nombreux dangers sont associés aux fumées, notamment l'inflammabilité, la toxicité ou la corrosivité, les émissions de particules ou la chaleur. La principale source de dangers des fumées est l'émission de gaz toxiques rendant ces fumées asphyxiantes (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2017).

Aussi, durant les incendies, certaines conditions augmentent les transferts des gaz toxiques :

- L'augmentation de la température du corps et la transpiration augmentent le taux d'absorption,
- Les zones de contact, les endroits où la peau est plus fine comme le cou et le visage.

Aux risques générés par le feu lui-même viennent s'ajouter d'autres contraintes qui doivent également être prises en compte durant l'opération (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2018) :

- Les conditions météorologiques,
- L'exposition aux toxiques,
- Le port d'un équipement de protection individuelle (EPI),
- Le stress,
- Le bruit,
- La réduction du champ visuel,
- Les imprévisions.

2.2. Prévention et protection du personnel

Les objectifs fondamentaux du service d'incendie et de secours sont :

- Protéger les personnes soumises directement ou indirectement aux effets de l'incendie,
- Préserver les biens,
- Protéger l'environnement des effets de l'incendie.

Toutefois, la santé et la sécurité des intervenants font l'objet d'une attention permanente. La protection des sapeurs-pompiers commence par la connaissance des risques encourus pour lutter contre l'incendie et par le port d'un équipement de protection adapté. Ce dernier se compose à minima :

- D'une tenue de protection individuelle,

- D'une protection respiratoire associée à une balise sonore d'immobilité, de localisation et de température destinée à repérer un personnel en difficulté,
- D'un moyen hydraulique immédiatement disponible,
- D'un moyen de communication (radio ou corne d'appel) pour communiquer avec un intervenant positionné hors zone d'exclusion (zone où les intervenants sont directement exposés aux risques),
- D'un moyen d'éclairage individuel permettant de faciliter la progression du binôme dans un environnement obscur.

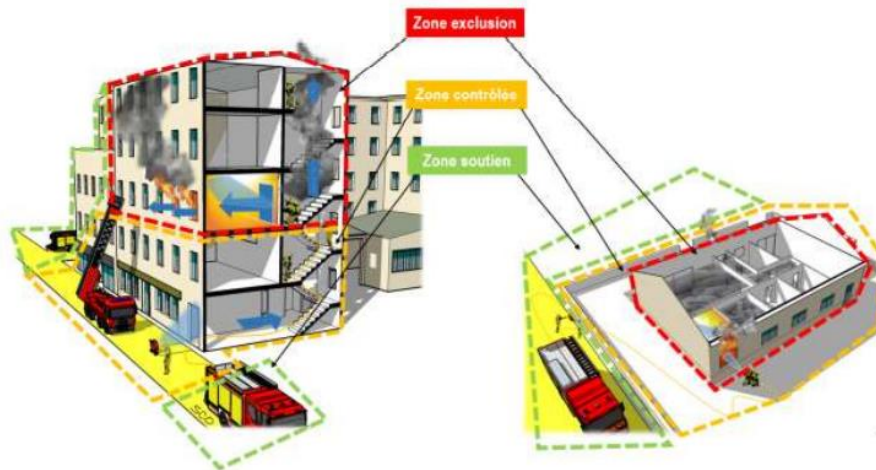


Figure 4 : Exemple de zonage opérationnel lors d'un feu de structure

Les vestes, les pantalons et les gants offrent une bonne barrière de protection thermique. Cependant, le personnel est exposé aux fumées et aux différents produits de dégradations. Durant la phase active d'un incendie, les pompiers sont souvent protégés efficacement par le port de leurs équipements de protection individuelle (EPI), de leur tenue de feu et de l'appareil respiratoire isolant (ARI) (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2018).

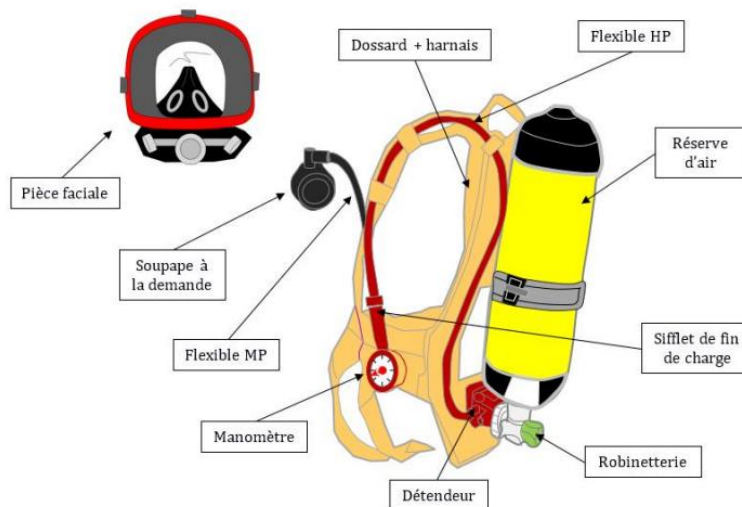


Figure 5 : Appareil respiratoire isolant à circuit ouvert

Un appareil respiratoire isolant autonome à circuit ouvert, fonctionne avec une réserve d'air comprimé sous haute pression. Il permet à l'utilisateur de s'alimenter, à la demande, en air respirable provenant de la ou les bouteilles qu'il porte sur son dos. L'air expiré est rejeté à l'extérieur par l'intermédiaire d'une soupape d'expiration. L'autonomie d'un ARI à circuit ouvert dépend de la quantité d'air disponible, mais aussi de la consommation du porteur qui varie d'un individu à un autre et selon l'effort effectué. Lorsque la pression dans la bouteille de l'ARI descend en dessous des 55 bars environ, un sifflement de fin de charge se déclenche, indiquant au pompier que sa bouteille est presque vide (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2019).

Sachant qu'il est question de la protection de la face et des voies aériennes, il est important de respecter le positionnement des trois protections de la tête, qui sont respectivement le masque, la cagoule et le casque. Il existe actuellement deux grands types de masque : le masque à filet ou brides à 5 branches et le masque à griffes (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2019).

Afin de limiter la contamination et le transfert de particules, le nettoyage des différentes parties souillées par les fumées fait également l'objet d'une attention particulière. Il est important de nettoyer les ARI, vérifier la pression de l'air dans les bouteilles, nettoyer les masques, vérifier l'état de tout le matériel utilisé, ... Chaque ARI doit donc faire l'objet d'une fiche de suivi (utilisation, entretien, stockage), autant pour la bouteille et le masque que pour le dossard. En effet, pour garantir une protection maximale lors des prochaines interventions, il est important que chaque ARI soit bien surveillé (SDIS Tarn, 2020).

2.3. Étude de l'existant

Les solutions de mesure de l'étanchéité du masque sont assez limitées. Nous sommes toutefois parvenues à en trouver deux.

- Dans de nombreux pays, les tests d'ajustement sont imposés avant qu'un travailleur ne porte une protection respiratoire obligatoire. L'institut national de recherche et de sécurité (INRS) a publié en 2019 un guide destiné aux personnes utilisant un appareil de protection respiratoire pour une situation de travail où il existe un risque d'altération de la santé par inhalation d'un air pollué par des gaz, vapeurs, poussières, aérosols ou d'un air appauvri en oxygène. Ce guide présente des solutions afin d'évaluer l'étanchéité des appareils de protection respiratoire : les essais d'ajustement. Les essais d'ajustement qualitatifs consistent à exposer le porteur d'un appareil de protection respiratoire à une atmosphère contenant une substance avec un goût ou une odeur particulière. Si le porteur détecte la substance alors cela signifie que la pièce faciale n'est pas étanche. Des kits comprenant notamment la substance d'essai et une cagoule de test sont disponibles dans le commerce. Les principales substances d'essai sont la saccharine (goût sucré) et le Bitrex (goût amer).

Il existe aussi les essais d'ajustement quantitatifs qui permettent de calculer un coefficient d'ajustement. On retrouve par exemple la méthode en enceinte d'essai. Le porteur se place dans une enceinte d'essai où est pulvérisé un aérosol de particules de chlorure de sodium ou de l'hexafluorure de soufre gazeux. La pièce faciale est équipée de filtres afin de mesurer l'étanchéité de celle-ci. Le coefficient d'ajustement est obtenu grâce au rapport de particules mesurées dans le masque avec celles présentes à l'extérieure.

Il existe aussi la méthode à pression négative contrôlée. Cette méthode est basée sur la mesure du débit de fuite de l'air s'échappant d'une pièce faciale. Parmi les entreprises proposant de réaliser des tests d'ajustement, on retrouve Amaxteo. Cette entreprise est principalement dédiée aux risques des polluants que l'on peut retrouver dans le bâtiment et l'environnement. L'entreprise Amiante & Co réalise également des tests d'ajustement dans le but de vérifier si le masque anti-amianté est bien étanche.

- Dans le but de mesurer la présence de gaz toxiques, Dräger, un des acteurs majeurs dans les domaines des technologies médicales et de la santé, a développé un détecteur de gaz portable. Ce détecteur permet d'identifier, de mesurer, de surveiller et de réagir à tout type de gaz dans la zone qui l'entoure. Dräger propose des détecteurs de gaz portables mono et multi gaz, qui détectent de manière fiable une grande variété de gaz. Équipé de capteurs puissants, il est capable de mesurer des concentrations situées entre 1 et 1999 ppm pour le monoxyde de carbone par exemple. Ce dispositif supporte facilement les conditions les plus extrêmes avec des températures pouvant aller de -40 °C à 55 °C. Il est possible de transmettre en direct et sans fil les valeurs mesurées grâce à une communication Bluetooth afin d'avoir un historique des gaz auxquels on a été confronté.

3. Analyse et couverture du besoin

L'étanchéité des pièces faciales est une préoccupation des sapeurs-pompiers. En effet, une mauvaise étanchéité peut conduire à de graves problèmes de santé dans le futur. Ainsi, le port de la barbe génère des questions sur l'efficacité des pièces faciales des ARI.

Le directeur général de la sécurité civile et de la gestion des crises a donc transmis une directive à l'attention des directeurs des SDIS, qui indique que le port de l'appareil respiratoire isolant doit s'effectuer sur une peau rasée. Pour autant, les décisions qui en découlent sont hétérogènes. Certaines directions interdisent le port de la barbe, tandis que d'autres tolèrent les « picots » (barbe de deux jours) ou même les barbes.

A l'heure actuelle, aucune étude publique ne montre un lien entre l'étanchéité des masques et le port de la barbe. C'est pour cette raison que le SDIS du Tarn a fait appel aux étudiants d'ISIS afin de trouver un moyen de mesurer l'étanchéité du masque en fonction du port de la barbe et de valider ou non le risque du port de la barbe.

3.1. Pistes envisagées

Initialement, nous avons envisagé trois méthodes pour récolter les données liées à l'étanchéité du masque.

3.1.1. Prélèvement

Pour cette méthode, nous voulions détecter le dioxyde de carbone qui est toujours présent lors d'une combustion. Cette détection serait réalisée par prélèvement post-intervention sur les masques utilisés puis par test à l'eau de Chaux. L'eau de Chaux est une solution saturée d'hydroxyde de calcium produite en mélangeant de la chaux aérienne à de l'eau. Elle réagit avec le gaz carbonique : en sa présence elle se trouble et forme un précipité blanc de carbonate de calcium.

3.1.2. Essais d'ajustement

Un test d'ajustement permet de vérifier si un masque respiratoire ajusté s'adapte de manière appropriée au visage de l'utilisateur. Ces tests sont généralement réalisés par un opérateur d'essai d'ajustement à l'aide d'un boîtier. On y retrouve par exemple le protocole d'essai d'ajustement quantitatif à pression négative contrôlée, quantitatif par comptage de particules ou encore qualitatif par détection de l'odeur d'une substance (Institut National de Recherche et de Sécurité, 2021).

3.1.3. Capteur

Le monoxyde de carbone étant également un gaz toujours présent dans les feux d'incendie, nous avons pensé qu'il pourrait être judicieux d'utiliser un capteur de gaz. Il serait positionné à l'intérieur du masque afin de détecter la présence du monoxyde de carbone et donc de mesurer l'étanchéité de celui-ci.

3.2. Solution sélectionnée

Après l'étude des trois méthodes, nous avons conclu que la méthode par prélèvement était beaucoup trop contraignante et que les résultats obtenus seraient plus qualitatifs que quantitatifs.

Concernant les tests d'ajustement, ce type de prestation s'élève à environ 75€ par test par personne sans oublier les frais de déplacement d'environ 150€. Compte tenu des tarifs, nous ne pourrions pas réaliser beaucoup de tests et se poserait une fois encore le problème du quantitatif.

Finalement, nous avons opté pour l'utilisation d'un capteur de monoxyde de carbone.

Les données récoltées seront remontées à une application que nous développerons, qui les traitera et les interprétera.

3.3. Cahier des charges

La rédaction des spécifications est une partie importante de la réalisation du projet car elle en définit les limites. Elle permet également de noter les fonctionnalités attendues dans l'application. Aucune difficulté n'a été rencontrée dans la rédaction de ce cahier des charges car les besoins étaient clairement définis.

3.3.1. Les acteurs

Un acteur est une entité externe qui interagit avec le système (opérateur, centre à distance, ...). En réponse à une action de l'acteur, le système fournit un service qui correspond au besoin.

Utilisateur de statut 1 : Il consulte et ajoute des interventions, consulte l'interprétation des résultats et consulte, ajoute, modifie ou supprime des utilisateurs.

Utilisateur de statut 2 : Il consulte et ajoute des interventions et consulte l'interprétation des résultats.

Utilisateur de statut 3 : Il consulte les interventions et l'interprétation des résultats.

3.3.2. Diagrammes des cas d'utilisation

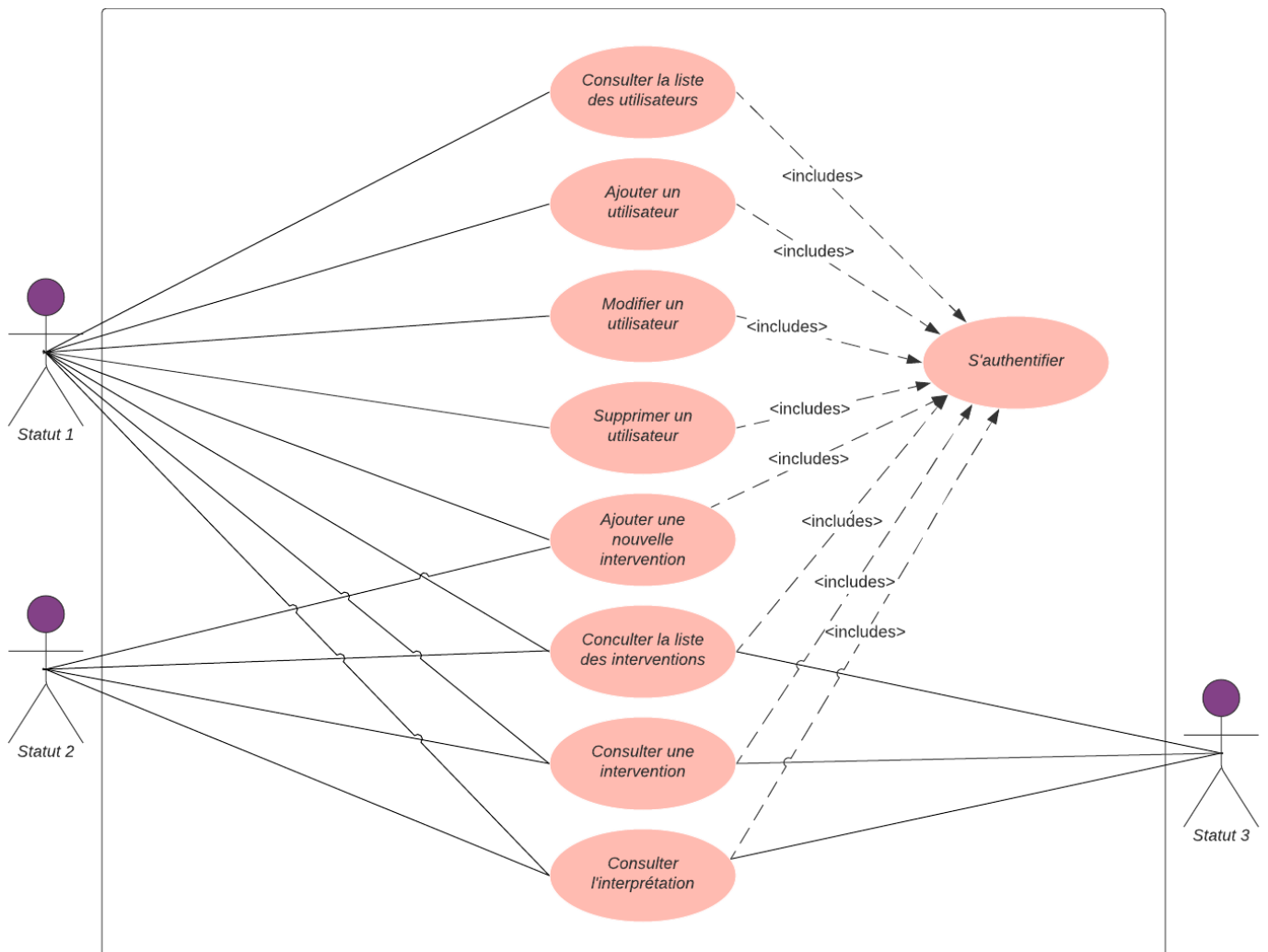


Figure 6 : Diagramme des cas d'utilisation

La figure ci-dessous représente le diagramme des cas d'utilisation. On y distingue les actions possibles selon le statut de l'utilisateur.

3.3.3. Diagramme Pieuvre

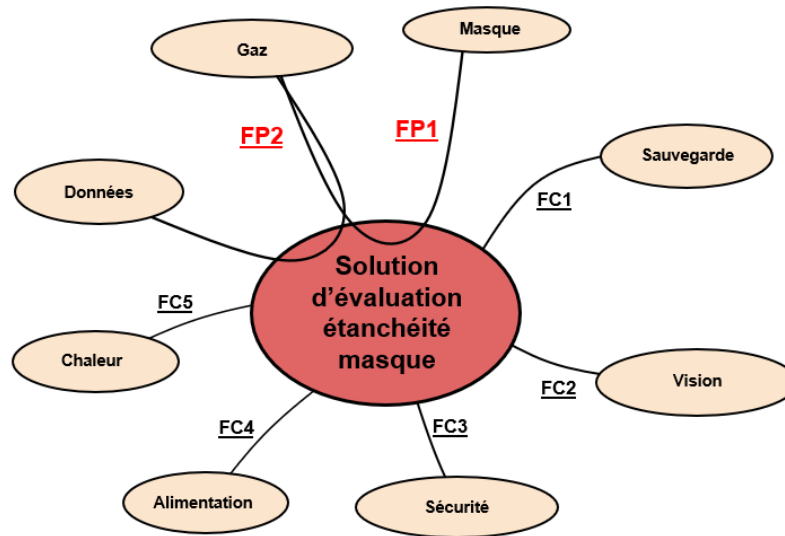


Figure 7 : Diagramme Pieuvre

Nomenclature

Désignation

FP1	Relever le taux d'exposition au gaz à l'intérieur du masque
FP2	Analyser les données recueillies pour fournir une interprétation à l'utilisateur
FC1	Sauvegarder les données
FC2	Ne pas gêner la vision dans le masque
FC3	Ne pas présenter un danger pour l'utilisateur
FC4	Être alimenté
FC5	Être résistant aux fortes chaleurs
FC6	Être ergonomique et esthétique
FC7	Être simple d'utilisation
FC8	Restreindre l'accès aux utilisateurs autorisés

Figure 8 : Tableau diagramme pieuvre

3.3.4. Contraintes

Contraintes techniques

Les matériaux utilisés devront être suffisamment petits pour ne pas gêner la vision dans le masque. Ils devront également être résistants aux fortes chaleurs compte tenu de l'environnement dans lequel ils seront utilisés.

Contraintes de temps

Le prototype doit être finalisé avant le 17 décembre, jour de soutenance du projet d'innovation.

3.3.5. Conclusion des spécifications

Nous avons trouvé plus judicieux de partir sur une application web et plus précisément un intranet.

Un intranet est un réseau informatique, mis en place au sein d'une entreprise, qui utilise généralement un serveur Web et les mêmes langages et protocoles d'échanges que sur Internet, comme HTML ou Javascript.

L'application sera accessible de n'importe quel appareil avec une connexion internet via des codes d'accès spécifiques. Cela évitera les complications liées à l'installation d'une application en local et permettra d'homogénéiser les données et éviter les doublons. Toutes les informations ajoutées, modifiées ou supprimées le seront sur un serveur commun avec une unique interface.

3.4. Choix des technologies

Les technologies utilisées influencent le projet et la façon dont il sera développé. C'est pourquoi, il est important de bien les choisir en prenant en compte les besoins, pour éviter de devoir en changer en cours de projet.

L'un des principaux critères pris en compte a été le choix de technologies largement utilisées afin de faciliter la maintenance et l'évolution de l'outil par des personnes externes au projet initial. En effet, il est prévu que le projet soit poursuivi lors d'un stage et il est important que le stagiaire puisse prendre en main l'outil sans trop de difficultés. Aussi, il ne faut pas oublier que l'application doit être accessible depuis un navigateur. Bien sûr, compte tenu du temps dont nous disposons, nous ne pouvons pas nous tourner vers des technologies que nous ne maîtrisons pas.

3.4.1. Choix du capteur et de la carte de développement

Pour le capteur nous avons choisi d'utiliser une carte Arduino BLE 33 avec l'IDE Arduino. Notre choix s'est porté sur cet outil pour son environnement complet et facile à utiliser. Plusieurs librairies pourront être ajoutées à l'interface, telles que Arduino Mbed OS nano boards qui permet de compiler du code Arduino sur la carte.

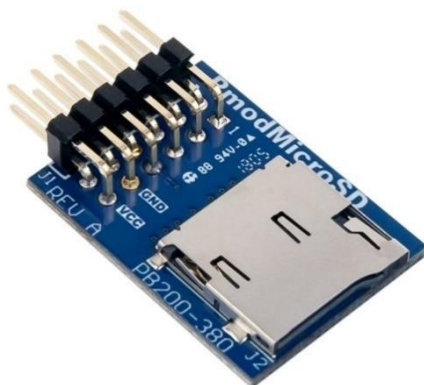


Figure 10 : Lecteur de microcarte SD Pmod

Une microcarte SD sera par ailleurs utilisée pour stocker les données remontées par le capteur. Un lecteur de carte SD sera branché à la carte. Les données seront formatées dans un fichier .csv.

Le capteur de gaz adafruit mics5524 a été sélectionné pour sa taille peu encombrante et ses composants résistants à la chaleur. En plus de détecter le monoxyde de carbone, il détecte l'ammoniac, l'éthanol, l'hydrogène, le méthane, le propane et le butane.



Figure 9 : Carte Arduino nano BLE 33 sense

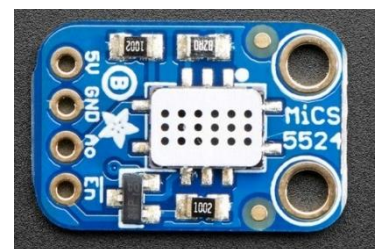


Figure 11 : Capteur de gaz Adafruit MiCS-5524

L'ensemble des composants résistent à des températures pouvant aller jusqu'à 85° C.

3.4.2. Choix des frameworks

Un framework est un ensemble d'outils, de modules et de conventions qui posent les bases d'un programme. Utiliser un framework simplifie le travail d'un développeur en maximisant la productivité et en permettant la réutilisation de codes complexes aussi bien que de codes simples. Par conséquent, il est conçu pour gagner du temps et fournir des raccourcis.

Pour le développement de l'outil informatique destiné à l'analyse des données, il faudra différencier le côté serveur et le côté client. C'est pour cette raison que nous avons utilisé deux frameworks.

AngularJS est un framework JavaScript gratuit et open-source destiné au développement de page web. Il respecte une architecture MVVM (Model-View-View-Model), qui réduit de façon significative la vitesse de chargement des pages. En effet, le nombre de requêtes envoyées au serveur est largement diminué car les communications



Figure 12 : Logo AngularJS

se font principalement en mode asynchrone. Une large partie des requêtes en arrière-plan est supprimée, permettant la conception d'applications web plus légères.



Figure 13 : Logo Spring Boot

Spring Boot est un micro-framework open-source utilisé pour construire des applications Spring avec des micro-services. Il aide les développeurs à lancer le développement sans perdre de temps à préparer et configurer l'environnement. Contrairement à d'autres frameworks Java, il fournit des configurations XML flexibles, une base de données de transactions, un flux de travail simple ainsi qu'une grande variété d'outils de développement.

Parmi ses avantages figurent le gain de temps de développement et l'autoconfiguration des composants d'une application. Il fournit également des plugins pour travailler facilement avec les bases de données intégrées et en mémoire. Il permet une connexion facile avec des services de base de données comme MySQL.

3.4.3. Choix de la base de données et du système de gestion de base de données

En gardant à l'esprit que l'objectif principal est d'optimiser l'outil, il est nécessaire de choisir la base de données la plus adaptée. Son adéquation avec les besoins du programme impactera directement le temps de développement et la stabilité du système.

Plusieurs questions émergent, telles que savoir quelles tâches seront effectuées, par qui ou à quelle fréquence les données seront modifiées.

Le besoin d'une base de données structurée a fait pencher la balance vers une base de données relationnelles. De plus, le regroupement et le recoupement des données sont plus faciles que lors de l'utilisation d'une base de données non relationnelles.

Par conséquent, le système de gestion de base de données (SGBD) utilisé doit être un SGBD relationnel.

MySQL est une base de données relationnelle open-source. Elle est la plus populaire au monde et est un pari sûr sur le web. MySQL Workbench est un SGBD MySQL rapide à apprendre et relativement puissant.

Il peut gérer plusieurs connexions à la base de données et ce, de manière sécurisée. L'exportation et l'importation des données sont simples et on peut ajouter, modifier ou supprimer des lignes directement via l'interface (ce qui est pratique en phase de développement). L'un de ses plus grands atouts est bien évidemment son ergonomie.



Figure 14 : Logo MySQL Workbench

3.5. Modélisation de la base de données

La modélisation de la base de données est au cœur de l'application à développer.

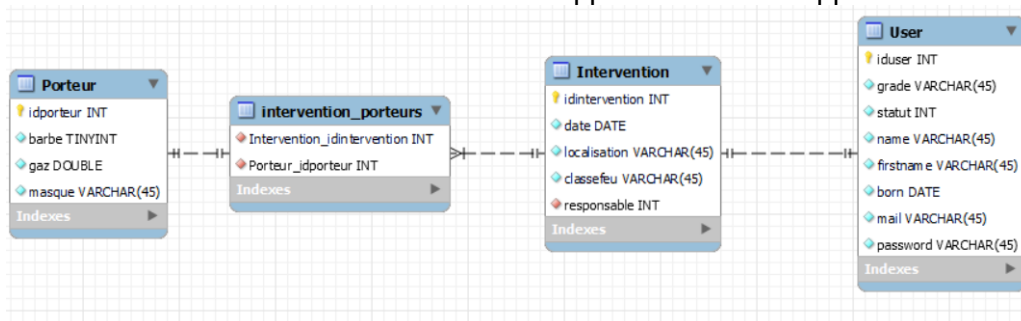


Figure 15 : Modélisation de la base de données

La figure ci-dessous représente la base de données créée avec MySQL Workbench. La base de données ne contient que 4 tables qui sont nécessaires pour le fonctionnement de l'application. Les relations entre les tables sont simples et permettent une compréhension facile de la base de données.

3.6. Diagramme de classes

Les classes à implémenter font partie de la logique de l'application. Le diagramme de classes représente les entités utilisées dans l'application, et plus précisément les attributs et fonctions définies pour traiter les données.

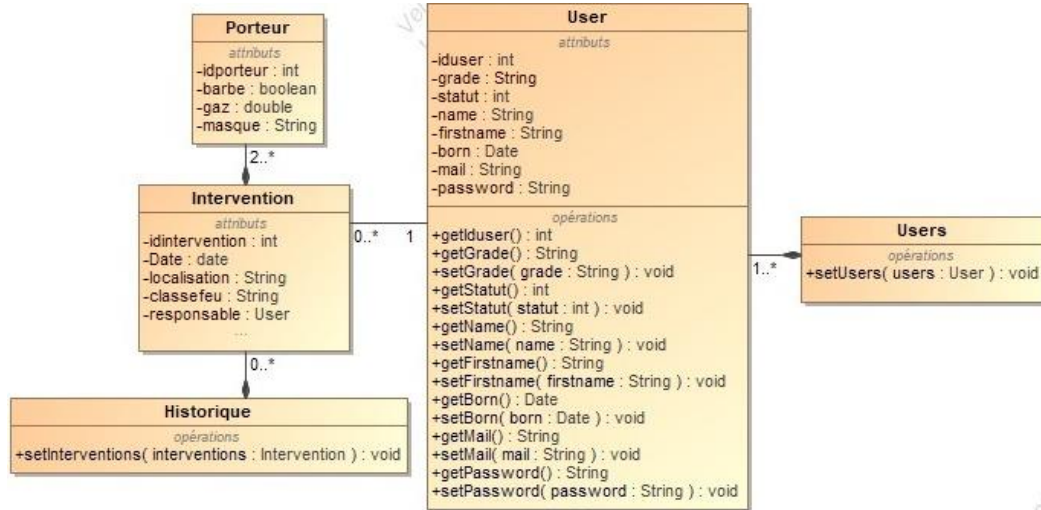


Figure 16 : Diagramme de classes

3.7. Production des maquettes

La réalisation de maquettes a de nombreux avantages pour le développement de l'application. Premièrement, elles sont un bon moyen de montrer aux clients à quoi ressemblera potentiellement la version finale de l'outil. Elles permettent aussi de délivrer une première critique de l'application, non seulement au niveau de l'aspect global, mais aussi sur le contenu et la visibilité des fonctionnalités. Elles fournissent également la possibilité de construire un plan d'organisation précis des interfaces et de gagner du temps lors de leur développement. Les maquettes n'ont été réalisées que pour certaines vues, le but n'étant pas de connaître chaque section en détail, mais de donner une vision générale de l'interface.

La première étape a été de définir une palette de couleurs. Nous avons choisi de garder les couleurs présentes sur le logo du SDIS du Tarn et d'ajouter quelques couleurs supplémentaires.

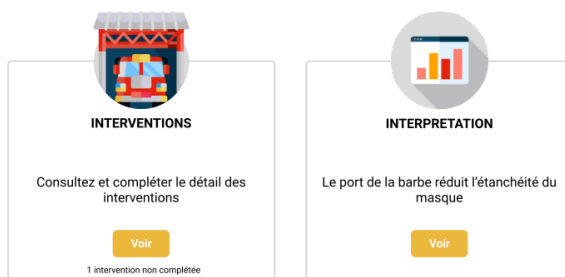


Figure 19 : Page d'accueil (maquette)

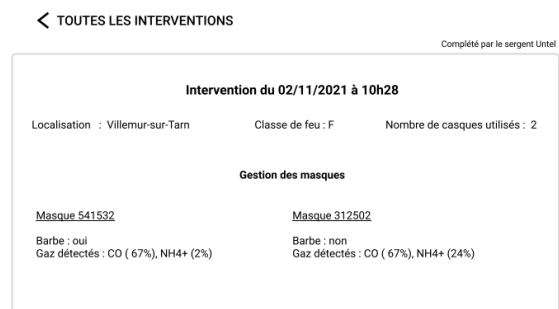


Figure 18 : Page détail d'une intervention (maquette)

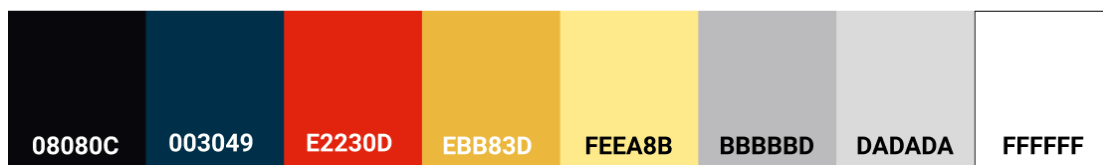


Figure 17 : Palette de couleurs (maquette)

3.8. Implémentation de l'outil

La phase d'implémentation se concentrera principalement sur le développement, les difficultés rencontrées et les solutions trouvées aux problèmes.

3.8.1. Fonctionnement général

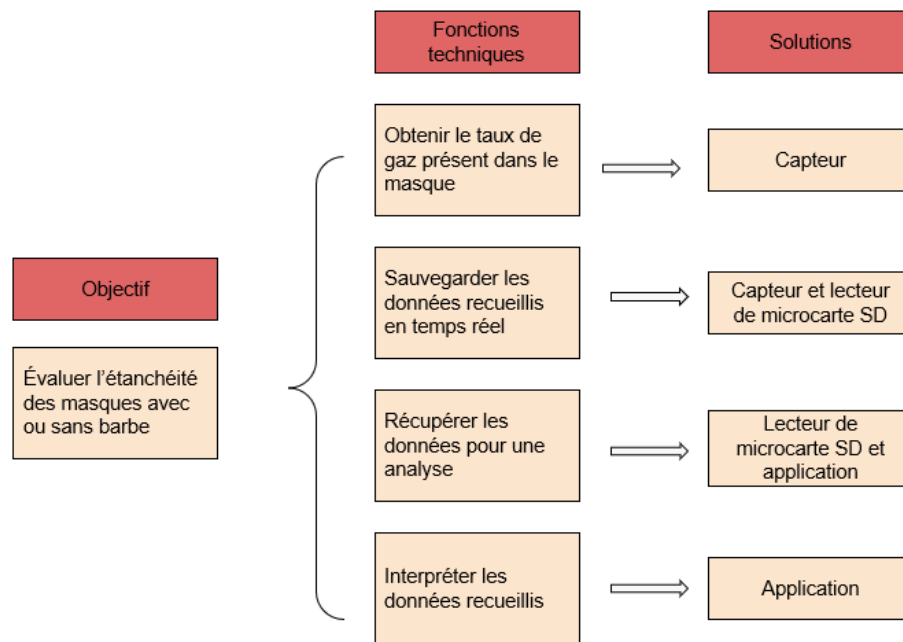


Figure 20 : Fonctionnement général de l'outil

On peut voir que les besoins sont solutionnés par trois composants de l'outil : le capteur, le lecteur de carte SD et l'application.

3.8.2. Schéma de navigation

L'outil développé devra suivre le schéma de navigation suivant.

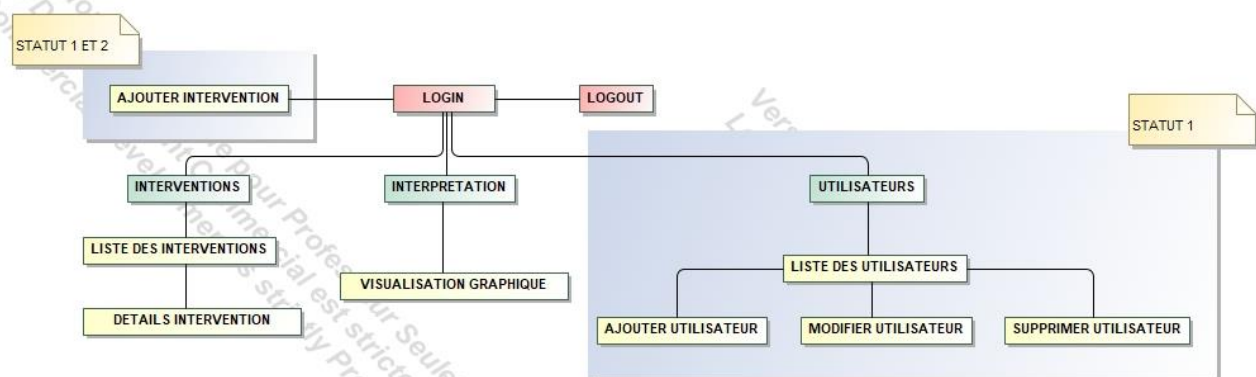


Figure 21 : Schéma de navigation

Ce schéma permet une compréhension simple de l'application. Les fonctionnalités principales sont divisées en 3 parties accessibles depuis la page d'accueil : les interventions, l'interprétation et les utilisateurs. Les cases vertes correspondent aux onglets tandis que les rouges correspondent aux pages.

L'accès à certaines pages et fonctionnalités est limité en fonction du statut de l'utilisateur. Les zones en gris ont un accès limité et spécifié sur le schéma. Aussi, il sera nécessaire de s'assurer que la personne utilisant l'application est un utilisateur autorisé. C'est pourquoi, la connexion est une étape obligatoire.

3.8.3. Programmation du capteur

La première étape a été de lire les valeurs recueillies par le capteur de gaz. Différents branchements ont été nécessaires pour associer la carte de développement au capteur de gaz.

Aussi, l'alimentation du capteur devant être de 5V, il a fallu souder les pastilles VUSB de la carte de développement pour activer le pin 5V (désactivé par défaut).

La deuxième étape s'est concentrée sur le lecteur de microcarte SD composé de 12 broches. Des branchements et librairies ont également été requis pour le relier à la carte.

La dernière étape a été de déterminer les paramètres à inclure dans le fichier .csv à sauvegarder sur la carte SD ainsi que la mise en forme de ce fichier. Cette étape a été réalisée en parallèle du développement de l'application afin de définir un format exploitable par l'application. La mise en forme du code a été réalisée en fonction des besoins de vérification et dans un souci de bonne pratique.

```

/*****
 *
 * Intervention file
 *
 *****/
*****
 * Description: Saving a file with time and sensor values
 *
 * Material
 * 1. Arduino Nano 33 Ble
 * 2. Pmod SD
 * 3. Adafruit MiCS5524
 *
 *****/
/*****

#define CS 4 // Assignment of the CS pin
#include <SPI.h> // Call of libraries
#include <SD.h>
#include <TimeLib.h>
//Initialising all the variables
int tension;
String Masque = "TU316988";
String NameFile=Masque+".csv";
const int chipSelect = 4;
String readableTime;
int reading;
File testfile;
File myFile;
void setup()
{
// Open serial communications and wait for port to open:
Serial.begin(9600);
while (!Serial) {
; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
}
Serial.print("Initializing SD card...");
// On the Ethernet Shield, CS is pin 4. It's set as an output by default.
pinMode(CS, OUTPUT);

if (!SD.begin(CS)) {
Serial.println("initialization failed!");
return;
}

```

Figure 22 : Code de la carte de programmation

3.8.4. Réalisation de l'application

Création du projet Spring Boot

Comme nous l'avons dit précédemment, l'application doit contenir un serveur et un client. Pour créer le serveur, nous avons choisi d'utiliser le framework Spring Boot. Pour ce faire, il est nécessaire de se rendre sur <https://start.spring.io/> pour télécharger le squelette du projet au format .zip. Nous y avons inclus les dépendances Spring Web, MySQL Driver, Spring Data JPA, Spring Data JDBC et Starter Mail.

```

<artifactId>mysql-connector-java</artifactId>
<scope>runtime</scope>
</dependency>
<dependency>
<groupId>org.springframework.boot</groupId>
<artifactId>spring-boot-starter-test</artifactId>
<scope>test</scope>
</dependency>
<dependency>
<groupId>org.springframework.boot</groupId>
<artifactId>spring-boot-starter-mail</artifactId>
</dependency>

```

Figure 23 : Extrait du fichier pom.xml

Après la création de la base de données `Etanmask` dans MySQL Workbench, il a été nécessaire de configurer le projet Spring Boot pour le connecter à la base de données.

```

spring.datasource.url=jdbc:mysql://127.0.0.1:3306/etanmask
spring.datasource.username=root
spring.datasource.password=Mvaces973!
spring.jpa.hibernate.ddl-auto=update

```

Figure 24 : Fichier application.properties

Ensuite, nous avons créés les classes modèles, en respectant la structure de la base de données. Par

exemple, pour la classe « User », nous retrouvons tous les attributs définis dans la modélisation de la base de données.

```
package KER.EtanMask.Model;

import javax.persistence.Entity;
import javax.persistence.GeneratedValue;
import javax.persistence.GenerationType;
import javax.persistence.Id;
import java.util.Date;

@Entity(name = "User")
public class User {

    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
    private int iduser;
    private String grade;
    private int statut;
    private String name;
    private String firstname;
    private Date born;
    private String mail;
    private String password;
}
```

Figure 25 : Classe Modèle « User »

Des interfaces « Repository » qui étendent de JpaRepository, ont également été créées pour les classes modèles « User », « Porteur » et « Intervention ». En effet, JpaRepository simplifie l'utilisation de requête SQL (les requêtes SQL sont rendues possible grâce à l'interaction avec la base de données). Nous n'effectuons pas de requêtes côté serveur sur les classes « Historique » et « Users » qui ne sont pas représentées dans la base de données.

```
package KER.EtanMask.Repository;

import KER.EtanMask.Model.User;
import org.springframework.data.jpa.repository.JpaRepository;

public interface UserRepository extends JpaRepository<User,Integer> {
}
```

Figure 26 : Interface Repository « User »

Les classes services permettent de coder les actions entre les classes repository et le controller de l'application. En d'autres termes, les opérations définies dans les classes services peuvent être utilisées dans le controller.

```
import java.util.List;

@org.springframework.stereotype.Service
@Transactional
public class UserService {

    @Autowired
    private UserRepository userRepository;

    public List<User> listAllUser() { return userRepository.findAll(); }
    public void saveUser(User user) { userRepository.save(user); }
    public User getUser(Integer id) { return userRepository.findById(id).get(); }
    public void deleteUser(Integer id) { userRepository.deleteById(id); }
}
```

Figure 27 : Classe service « User »

Enfin, nous avons créé une classe controller unique qui est le point d'accès du serveur pour le client.

```

@RestController
@CrossOrigin
@RequestMapping(value="/generic")
public class Controller {

    @Autowired
    InterventionService interventionService;

    @Autowired
    UserService userService;

    @Autowired
    JavaMailSender javaMailSender;

    @GetMapping(value="/users")
    public Users getUsers(){
        Users users = new Users();
        users.setUsers(userService.listAllUser());
        return users;
    }

    @GetMapping(value="/interventions")
    public Historique getHistorique(){
        Historique historique = new Historique();
        historique.setInterventions(interventionService.listAllIntervention());
        return historique;
    }
}

```

Figure 28 : Classe controller

Création du projet Angular

Le client web a été construit en utilisant le framework Angular. Nous avons utilisé angular-cli qui est une série d'outils pour gérer l'arbre du projet et ses phases de compilation et d'exécution. La création du projet Angular est réalisée en ligne de commande, après l'installation de node.js et d'angular-cli (en ligne de commande également).

```

Microsoft Windows [version 10.0.19043.928]    Microsoft Windows [version 10.0.19043.928]
(c) Microsoft Corporation. Tous droits réservés. (c) Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\Users\Kency>npm install -g @angular/cli    C:\Users\Kency>ng new EtanMask

```

Figure 29 : Création du projet Angular

Une fois le projet créé, nous avons configuré les classes côté-client, en considérant les classes côté-serveur.

```

export class User {
    iduser:number=0;
    statut:string="";
    grade:string="";
    name:string="";
    firstname:string="";
    born>Date=new Date();
    mail:string="";
    password:string="";
    nouveau:boolean=false;
}

```

Figure 30 : Classe « User » (angular)

Ensuite, nous avons configuré le fichier restservice.service.ts pour définir la façon dont le client contactera le serveur.

```

export class RestserviceService {
    server : string ="http://localhost:8080/"
    constructor(private http: HttpClient) { }

    private handleError(error: any): Promise<any> {
        console.error('An error occurred', error);
        return Promise.reject(error.message || error);
    }

    getUsers():Observable<Users>{
        return this.http.get<Users>(this.server+"generic/users");
    }
    deleteUser(id:number):Observable<Users>{
        return this.http.put<Users>(this.server+"generic/deleteUser",id);
    }
    updateUser(user:User):Observable<Users>{
        return this.http.put<Users>(this.server+"generic/updateUser",user);
    }
}

```

Figure 31 : restservice.service.ts (angular)

Implémentation des fonctionnalités

Les fonctionnalités ont été développées dans le respect des maquettes définies au préalable. Toutefois, certains changements ont été effectués.

Pour accéder aux différentes pages, il faut obligatoirement passer par la page de connexion. Toutes les pages ont une barre d'outils composée du bouton de connexion, du bouton pour accéder à la page des utilisateurs et du bouton pour l'ajout d'une nouvelle intervention. Ce dernier permet d'exporter un fichier excel représentant une intervention puis de le compléter sur l'application avec les informations demandées.

Partie interventions

Cette partie doit implémenter les fonctionnalités suivantes :

- *Consulter la liste des interventions*
Les informations essentielles apparaissent sur cette page : la date et le lieu de l'intervention et la personne qui a ajouté l'intervention
- *Consulter le détail d'une intervention*
On y retrouve la date et le lieu de l'intervention, la classe de feu, le nombre de masques utilisés ainsi que leurs numéros associés au taux d'exposition et la présence de la barbe ou non pour chacun

Partie interprétation

Cette partie doit implémenter les fonctionnalités suivantes :

- *Visualiser le graphique général des interventions*
- *Consulter l'interprétation global des données*
Une interprétation est faite en fonction de la moyenne des taux d'exposition au cours des différentes interventions

Partie Utilisateurs

Cette partie doit implémenter les fonctionnalités suivantes :

- *Consulter la liste des utilisateurs de l'outil*
On y voit toutes les données relatives à l'utilisateur, notamment le nom, le prénom, la date de naissance, le grade, l'adresse E-mail mais aussi le statut
- *Ajouter un utilisateur*
Il y a des contraintes sur les champs à remplir comme le format du mail, ou une date de naissance valide. Il ne peut également pas y avoir de doublons d'E-mail. Après la création du nouvel utilisateur, un mail de confirmation lui est envoyé avec ses identifiants
- *Modifier un utilisateur*
- *Supprimer un utilisateur*

3.8.5. Limites

La conception de l'outil a été limitée par le temps. Bien que superficiels, les problèmes rencontrés nous ont fait perdre un temps précieux. Faire fonctionner le capteur et la carte de développement ensemble n'a pas été une tâche facile, étant donné que les différents composants de la solution ne nous étaient pas familiers.

Initialement, nous avions pour ambition de répertorier les interventions par date et heure remontées directement par la carte de développement grâce à un module RTC. Malheureusement, cette solution était non viable à cause de l'absence d'alimentation continu qui aurait interrompu la synchronisation du module RTC.

Enfin, le temps imparti ne nous a pas permis de tester notre prototype en conditions réelles.

4. Gestion de projet et de l'équipe

Le commanditaire de ce projet est le SDIS du Tarn. Il était représenté par Le lieutenant-colonel Sylvain ESLAN, le lieutenant Arnaud BOURSE et l'adjudant-chef Nicolas AUDOUIN.

4.1. Découpage des tâches

Afin de mener à bien ce projet, nous avons déterminé les différentes tâches et nous les avons réparties entre les membres de l'équipe projet.

Le projet se compose de 3 parties :

- Le cadrage du projet qui réunit la réalisation de l'état de l'art, le cahier des charges, le choix des technologies et la création de maquette ;
- La partie conception qui consiste au développement de l'outil ;
- La clôture du projet avec la rédaction du rapport ainsi que la préparation de la soutenance.

L'état de l'art nous a permis de prendre connaissance du sujet et de déterminer les tâches à accomplir pour la conception de l'outil.

Les principales tâches que nous avons déterminées et qui ont été la base du projet sont :

- Le choix d'une solution viable permettant d'évaluer l'étanchéité des masques
- Le choix du matériel en considérant les contraintes d'environnement lors de l'utilisation
- La conception de l'outil

4.2. Matrice RACI

La matrice RACI est un outil de gestion de projet permettant d'indiquer les rôles et les responsabilités des intervenants au sein de chaque processus et activité.

Dans la matrice RACI on retrouve :

- Le responsable (R) qui réalise l'activité,
- Le accountable (A) qui supervise l'activité
- Le consulted (C) qui doit être consulté pour le bon déroulement de l'activité
- Le informed (I) qui doit être informé de l'avancement de l'activité

ACTIVITE	KENCY MARIEMA	EMMA ROUSSEAU	LANIA SADGAL	ERIC CARAYOL	SDIS 81
CADRAGE DU PROJET	R	R	R	A	C
CONCEPTION DE L'OUTIL	R	I	R	A	I
CLOTURE DU PROJET	R	R	R	I	I

4.3. Organisation de l'équipe

Trois étudiantes ont été mobilisées sur ce projet : Emma ROUSSEAU, Rania SADGAL et Kency MARIEMA.

En tant que Chef de projet, Mlle Rousseau a eu la charge de la gestion de projet ainsi que de la communication entre l'équipe projet, le tuteur ISIS et le commanditaire.

L'organisation de l'équipe a été une étape primordiale pour le bon fonctionnement du projet. Elle s'est basée sur nos capacités et nos connaissances.

L'état de l'art a été rédigé par Mlle Mariema et Mlle Rousseau.

Mlle Mariema a travaillé sur le développement de l'application, tandis que Mlle Sadgal s'est occupée de la programmation du capteur.

Quant au rapport, il a été rédigé par l'ensemble de l'équipe projet.

4.4. Environnement de travail

Un bureau au CHL a été mis à notre disposition pour ce projet d'innovation. Nous avons également du matériel (masque ARI, casque, bouteille d'air et tenue de protection) fournit par le SDIS dans le but de tester le placement de notre solution.

La majeure partie du temps, nous avons travaillé au CHL. Nous travaillions de temps en temps chez nous pour continuer à avancer sur le projet en dehors des heures allouées.

4.5. Instances

Pour optimiser la gestion de projet, les différents acteurs se sont rassemblés durant des comités :

- Les **réunions de suivi** entre les étudiantes, permettent de faire des points réguliers, de répartir les tâches et de s'entraider dans leur exécution ;
- Le **comité de projet** entre le groupe projet (étudiantes) et le tuteur ISIS. Durant ces réunions, nous informons le tuteur école de l'avancement du projet. Elles nous permettent également d'obtenir des conseils face aux blocages que nous rencontrons. Nous avons principalement échangé par mail avec le tuteur école, mais nous faisons également des points réguliers au CHL pour discuter de vive voix de l'avancement du projet ;
- Le **comité de pilotage** réunit le groupe projet, le tuteur ISIS et le commanditaire. Elle permet de rendre compte de l'avancement du projet au commanditaire et de prendre des décisions importantes à propos du projet. Le comité de pilotage ne s'est réuni que deux fois. Nous avons également établi une discussion de groupe sur une messagerie instantanée avec deux des représentants du SDIS 81.

4.6. Gestion des risques

4.6.1. Identification des risques

Pour contrôler les différents risques sous-jacents aux exigences du projet, nous avons réalisé une analyse des risques. Elle permet d'identifier les risques les plus critiques et de déterminer des solutions à mettre en place.

N°	RISQUE	IMPACT	PROBABILITE	GRAVITE
R1	Dysfonctionnement du matériel	3	1	3
R2	Perte totale du code en développement	4	1	4
R3	Mauvaise compréhension du besoin	4	1	4
R4	Manque de connaissances techniques	3	2	6
R5	Problème de compatibilité entre les composants	3	2	6
R6	Pas de réponse du commanditaire	4	2	8
R7	Manque de temps pour finaliser le projet	4	2	8

Les zones à distinguer sont :

- Zone jaune : risque significatif ;
- Zone orange : risque critique ;
- Zone rouge : risque inacceptable.

4.6.2. Interprétation du niveau de risques

Nous n'avons pas de risques inacceptables ce qui est un point positif pour l'avancement du projet.

Nous avons deux risques critiques de gravité 8 qui sont l'absence de réponse du commanditaire et le manque de temps pour finaliser le projet.

4.6.3. Traitement des risques

Pour permettre le contrôle du risque R6, nous avons créé un groupe sur la messagerie instantanée Whatsapp. En effet, elle permet des réponses plus rapides que par mail, sachant que les représentants du SDIS 81 l'utilisent tous, tout comme l'ensemble de l'équipe projet.

Afin de contrôler le risque R7, nous avons mis en place un Trello que nous nous efforçons de respecter afin de terminer le projet dans les délais.

Le tableau que nous avons utilisé sur Trello se présente comme ci-dessous.

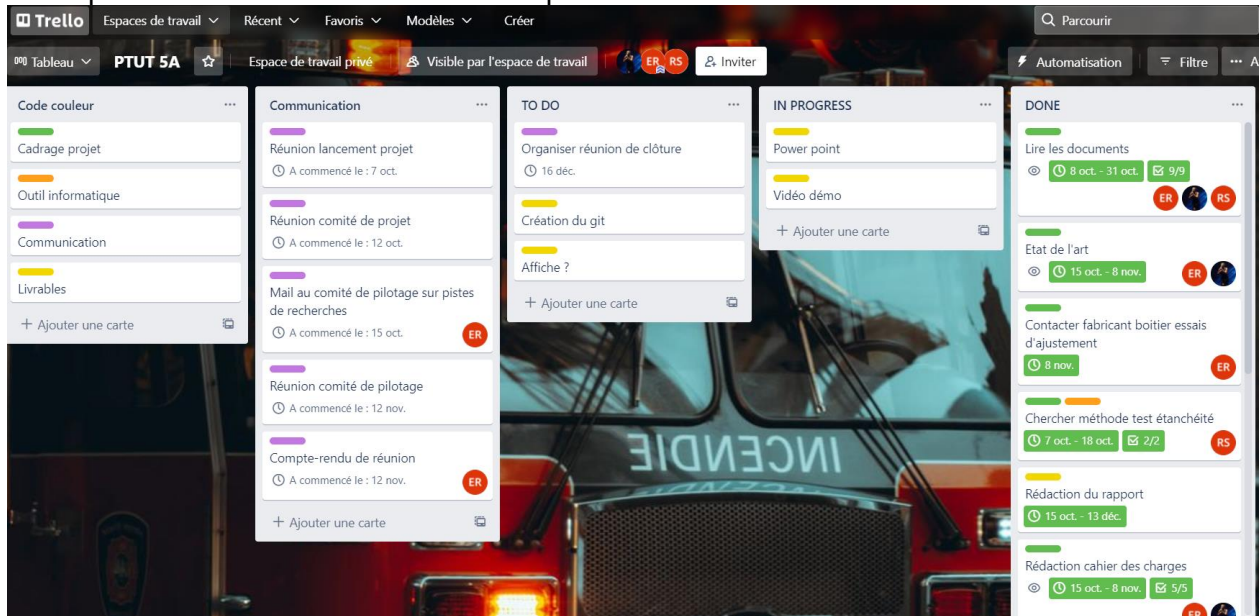


Figure 32 : Trello

4.7. Diagramme de Gantt

La répartition et l'organisation des tâches ont abouti à la réalisation d'un diagramme de Gantt établi à l'aide d'un logiciel en ligne.

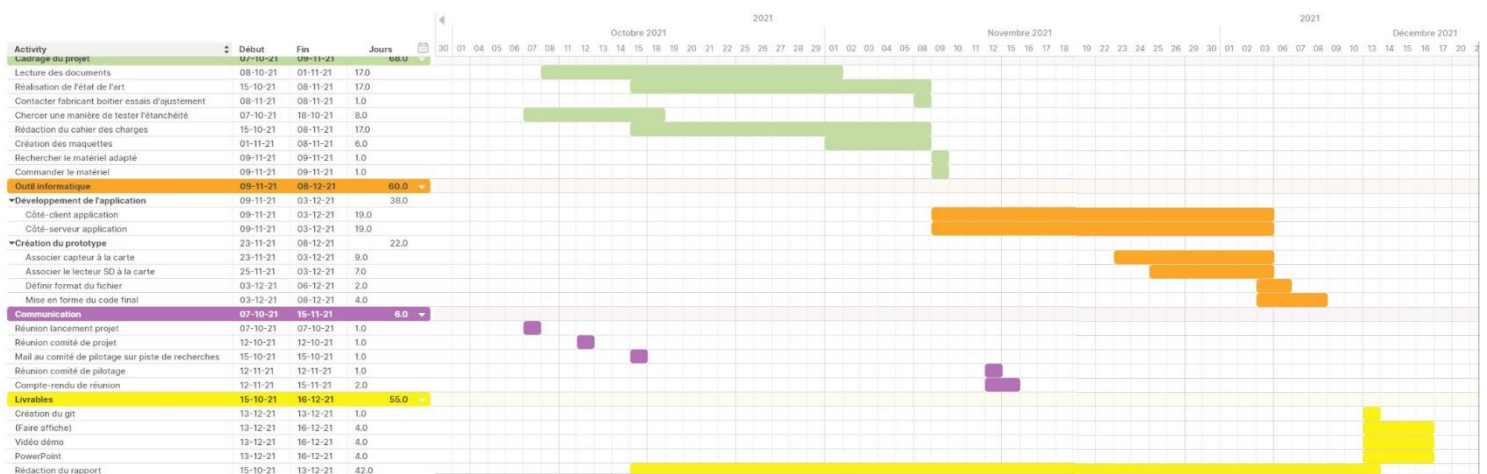


Figure 33 : Diagramme de Gantt

Malgré notre organisation, nous avons rencontré des soucis lors du développement, ce qui a un peu retardé certaines tâches.

4.8. Contraintes

4.8.1. Contraintes techniques

Nous utilisons nos propres ordinateurs. Nous avons à notre disposition des logiciels en téléchargement libre

que nous pouvons utiliser chez nous.

4.8.2. Contraintes de temps

Nous disposons de séance de projet d'innovation dédiées, soit un total de 60h. Nous devons rendre le rapport le 13 décembre et préparer la soutenance pour le 17 décembre 2021.

4.9. Livrables

Plusieurs livrables résultent de ce projet :

- Des maquettes
- Une application
- Un prototype du système de détection
- Une vidéo de présentation
- Un guide d'utilisation
- Le présent rapport
- La présentation du projet lors de la soutenance du 17 Décembre 2021

5. Portfolio

L'équipe se compose de trois étudiantes : Kency MARIEMA, Emma, ROUSSEAU et Rania SADGAL.

5.1. Kency Mariema

Dans le cadre du module Projet d'Innovation de l'année scolaire 2021/2022, plusieurs sujets nous étaient proposés. Eu égard au domaine de compétences requis mais également à l'importance qu'il a dans la prévention et la sécurité des sapeurs-pompiers, celui-ci m'a le plus intéressé. Les compétences que j'ai pu acquérir lors de mes précédentes expériences et des cours dispensés à ISIS, m'ont permis de mener à bien mes missions.

5.1.1. Rôle et responsabilités

Notre équipe, composée de profils variés, s'est répartie les tâches en fonction des forces de chacune. Habituees à travailler ensemble, notre dynamique de groupe s'est retrouvée renforcée.

J'ai assuré la rédaction du cahier des charges avec la réalisation des maquettes, la modélisation de la base de données ou encore la création du diagramme des cas d'utilisation.

De plus, du fait de mes aptitudes techniques, il a été décidé que j'endosserais le rôle de développeur, et plus particulièrement que j'aurai la charge du développement de l'application.

Concernant les livrables, j'ai rédigé le rapport de projet en collaboration avec Emma Rousseau tandis que le guide d'utilisation, la vidéo de démonstration et l'affiche ont été réalisés par mes soins.

5.1.2. Retour d'expérience

Ce projet m'a donné l'opportunité de mettre un pied dans le monde des sapeurs-pompiers qui m'était jusqu'à ce jour inconnu. Bien qu'ayant déjà entendu parler du débat concernant la barbe, je ne pensais pas qu'il engendrait tant de disparités. Bien que ce projet fût très intéressant, je me désole que nous n'ayant pas eu suffisamment de temps pour tester notre prototype.

Les attentes du commanditaire ont globalement été remplies même si des améliorations restent à faire comme l'augmentation de la sécurité, ou la prise en compte de paramètres pour l'interprétation des données. Toutefois, l'application est fonctionnelle et simple à comprendre et utiliser.

Je tiens à remercier Mme Dalcé, M. Peyrouy et M. Freeman qui ont su nous conseiller pour tout ce qui concernait le capteur. Bien sûr, je remercie M. Carayol qui a fait preuve d'une grande disponibilité lors de notre accompagnement. Sans oublier M. Bourse, M. Eslan et M. Audouin, lesquels nous ont guidés par des directives claires et une documentation fournie pour la compréhension de la problématique.

5.2. Emma Rousseau

Ce projet a été réalisé dans le cadre du module de projet tutoré pour l'année scolaire 2021/2022. Plusieurs sujets étaient proposés, cependant c'est celui-ci qui m'a le plus attiré du fait qu'il traite d'un milieu que je ne connaissais pas du tout. En effet, l'univers des pompiers ne m'était pas du tout familier et ce projet m'a permis de le découvrir. Ce projet avait pour objectif d'évaluer l'étanchéité des masques ARI.

Notre équipe était composée de trois personnes avec des profils différents ce qui nous a permis de nous organiser et de répartir les tâches selon les compétences de chacune. Aussi, nous avons l'habitude de collaborer sur les projets scolaires ce qui nous a permis d'avoir une bonne cohésion de groupe.

Ce projet a été très instructif, notamment grâce à la lecture des différents documents mis à notre disposition. Au travers de ces recherches, j'ai pu découvrir le monde des pompiers ainsi que les risques liés à la toxicité des fumées.

Lors de ce projet, j'ai été désignée chef de projet. Ainsi j'ai eu la charge de la gestion du planning ainsi que de l'envoi des mails en lien avec le projet. En effet, pour un bon suivi du projet et pour combler les attentes du SDIS, nous avons effectué des réunions mais nous avons aussi échanger par mail ou par messagerie instantanée. J'ai assuré la communication entre les différents membres et je me suis assurée de transmettre les informations correctement. Pour suivre l'avancement du projet, un tableau Trello était disponible en ligne pour l'ensemble de l'équipe projet. Ce tableau Trello m'a aussi permis de réaliser le

diagramme de Gantt. J'ai également rédigé une partie du rapport.

J'ai travaillé sur ce projet pendant les heures dédiées au module ainsi que sur mon temps libre. Malheureusement par manque de temps, nous n'avons pas pu tester notre prototype en conditions réelles. Néanmoins, je pense que les attentes des commanditaires seront comblées, même s'il est vrai que des améliorations sont possibles.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées dans la réalisation de ce projet. Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur Carayol pour avoir suivi le bon fonctionnement de ce projet et avoir pu toujours être disponible pour répondre à nos questions. Des remerciements particuliers à Nicolas Audouin, Arnaud Bourse et Sylvain Eslan, les commanditaires du projet, qui ont su nous accorder leur confiance pour réaliser ce projet. Enfin, je souhaite également remercier Madame Dalcé, Monsieur Peyrouy et Monsieur Freeman pour nous avoir apporté une aide technique.

5.3. Rania Sadgal

5.3.1. Contexte

L'objectif de ce projet était le développement d'un outil permettant de mesurer l'étanchéité des pièces faciales sur un visage avec ou sans barbe afin d'évaluer le risque du port de la barbe lors de la réalisation d'interventions.

Ce projet s'est déroulé dans le cadre du module de projet tuteuré pour l'année scolaire 2021/2022. Plusieurs sujets étaient proposés cependant celui-ci a attisé ma curiosité. En effet, la découverte d'un nouveau corps de métier et le sujet qui portait sur une problématique spécifique m'ont particulièrement intéressée.

Ce portfolio présente alors les différentes missions auxquelles j'ai contribué ainsi qu'un retour d'expérience sur l'ensemble du projet.

5.3.2. Rôles et responsabilité

Grâce à mes compétences techniques, j'ai endossé, le rôle de programmeur sur ce projet. Ce rôle m'a donné la charge la conception du système permettant le recueil et l'enregistrement des données. Cependant, au-delà de la programmation, j'ai également participé au travail de recherche qui a porté sur la recherche des différents moyens permettant de répondre à la problématique.

5.3.3. Mission : Programmation

L'association des différents composants et leur programmation ont été réalisées principalement au CHL grâce au matériel mis à disposition et à l'IDE Arduino, pendant les heures allouées au projet tuteuré, mais également en dehors. De nombreux tests ont été réalisés afin de vérifier le fonctionnement du système et des éléments qui le composaient. La prise en main du matériel s'est avérée plus compliquée que prévu ce qui a donc retardé l'évolution du projet.

5.3.4. Retour d'expérience

Ce projet m'a permis de découvrir l'environnement de travail ainsi que les contraintes liées au métier de pompier. Il m'a également permis d'acquérir de nouvelles compétences techniques dans le langage C++, utilisé en Arduino, ainsi que des différentes bibliothèques utilisées mais également en gestion de projet. Participer à la réalisation d'un outil à destination des pompiers dans le but de les aider à protéger leur santé et leur bien-être été très enrichissant. La charge de travail demandée par ce projet aurait peut-être nécessité plus d'heures de travail afin d'acquérir une meilleure maîtrise des outils utilisés. Malheureusement, nous n'avons pas eu l'occasion de tester l'application avec des professionnels.

Même si des améliorations peuvent toujours être réalisées comme la prise en compte de la date et de l'heure dans la nomination du fichier généré suite aux données recueillies par le capteur, les attentes de ce projet tuteuré ont globalement été remplies.

Je tenais, tout particulièrement, à remercier Monsieur Carayol, Madame Dalcé Monsieur Peyrouy et Monsieur Freeman puisqu'ils ont su nous apporter leur aide et leur expertise technique tout au long du projet.

6. Conclusion et perspectives

Au cours de ce projet d'innovation, nous avons dans un premier temps effectué des recherches dans le but de comprendre les risques associés à la toxicité des fumées auxquelles les sapeurs-pompiers sont exposés. Nous nous sommes intéressées plus particulièrement à l'utilité de chaque élément du dossard ARI ainsi qu'aux mesures de sécurité à appliquer lors du port du masque.

Pour atteindre notre objectif, nous nous sommes longuement penchées sur le choix du matériel pouvant nous permettre de récolter des données afin d'identifier le taux d'exposition aux fumées lors du port de la pièce faciale pour les pompiers avec ou sans barbe.

Nous avons également développé un outil informatique capable de traiter les données recueillies par le capteur. Bien que nous ne puissions conclure aujourd'hui sur le lien entre la barbe et l'étanchéité du masque, l'application développée permettra au SDIS du Tarn de visualiser ses données et à terme de répondre à cette question.

Toutefois, nous ne pouvons prétendre que ce travail est une solution complète et définitive à la problématique de départ. D'une part, parce que nous n'avons pas pu la tester en conditions réelles mais également parce qu'il y a toujours des améliorations à apporter. A titre d'exemple, on peut citer :

- Une meilleure sécurisation pour les mots de passe ;
- Une interprétation des données prenant en compte des paramètres (type de feu, longueur de barbe, ...);
- Des composants plus petits et plus adaptés aux conditions d'incendie.

Bibliographie

- Arrêté du 8 avril 2015. (2015, avril 8). Récupéré sur Legifrance: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000030511676/>
- Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises. (2017, Mars). Partage d'information opérationnelle. *Toxicité des fumées d'incendie*.
- Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises. (2018, Avril 16). Guide de doctrine opérationnelle. *Interventions sur les incendies de structures*.
- Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises. (2018, Mars 22). Guide de doctrine relatif à la prévention contre les risques de toxicité liés aux fumées d'incendie.
- Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises. (2019, Décembre). Guide de techniques opérationnelles. *Engagement en milieu vicié*.
- Guimon, M. (août 2019). *Les appareils de protection respiratoire*. Institut National de Recherche et de Sécurité. (2021). Protection respiratoire. *Réaliser des essais d'ajustement*.
- Lebourgeois, B. (2016). *Particularités faciales et masques de protection respiratoires*. ouest france. (2020, septembre 18). *L'interdiction de la barbe chez les pompiers de Seine-et-Marne est annulée par la justice*. Récupéré sur Saint-Brieuc.maville: https://saint-brieuc.maville.com/actu/actudet_-l-interdiction-de-la-barbe-chez-les-pompiers-de-seine-et-marne-est-annulee-par-la-justice_54135-4287718_actu.Htm
- SDIS Tarn. (2020, Octobre 12). Fiche technique emploi. *Désinfection de l'ARI : Masque et SAD*.
- SDIS Tarn. (2021, Janvier). Prévention des risques liés à la toxicité des fumées.