

École Polytechnique de l'Université de Tours
64, Avenue Jean Portalis
37200 TOURS, FRANCE
Tél. +33 (0)2 47 36 14 14
www.polytech.univ-tours.fr

Spécialité Informatique Industrielle
Version : 1.1 – 19/02/21

RAPPORT DE PROJET			
Projet :	Comptage de Personnes		
Emetteur :	P.Martinez	Coordonnées : pablo.martinez@etu.univ-tours.fr	
Date d'émission :	19/02/21		
Validation			
Nom	Date	Valide (O/N)	Commentaires
Historique des modifications			
Version	Date	Description de la modification	
1.0	11/02/21	Version initiale	
1.1	19/02/21	Ajout dans résultat final	

TABLE DES MATIÈRES

1 Remerciements	3
2 Introduction	4
3 Présentation	5
3.1 Contexte	5
3.2 Objectifs	5
4 Motivations, stratégie d'approche et éléments de départ	6
4.1 Motivations	6
4.2 Stratégie d'approche	6
4.3 Éléments de départ	7
5 Choix dans le projet	8
5.1 Choix organisationnels	8
5.2 Choix techniques	12
6 Réalisations	14
6.1 Reconnaissance de forme	14
6.2 Matrice LED	16
6.3 Système Linux	17
6.4 Site WEB de pilotage embarqué	17
6.5 Documentations	20
6.6 Coût de la solution	20
6.7 Résultat final	21
7 Prise de recul	21
7.1 Points positifs	21
7.2 Points critiques	22
7.3 Difficultés	23
7.4 Améliorations possibles	23
8 Conclusion	24

1 Remerciements

Avant de continuer d'avantage dans la lecture de ce rapport de projet, je souhaiterai adresser mes sincères remerciements à l'équipe pédagogique de Polytech Tours pour m'avoir permis de travailler sur ce projet de fin d'études.

Je remercie l'école **Polytech Tours** d'avoir financé ce projet.

Enfin j'adresse de chaleureux remerciements à **M.DESPORT**, initiateur de ce projet passionnant. Ce fut un plaisir de travailler avec lui car il s'est montré clairvoyant, enthousiaste et m'a accordé sa confiance tout au long de la réalisation du projet.

2 Introduction

Au travers de ce document, vous découvrirez la naissance et la vie d'un projet pour la spécialité d'informatique industrielle de l'école Polytech Tours.

Le nombre de personnes (NP) est un projet de fin d'études proposé par Pierre DESPORT, professeur de Polytech Tours.

Vous verrez que le NP est un élément clé dans la mise en œuvre de tous ces savoir-faire mais aussi dans la mise en œuvre des compétences de l'ingénieur en passant par la gestion d'un planning, les phases d'analyse, de conceptions et de réalisations du projet.

Je commencerai par une présentation et une mise en contexte de ce projet. J'aborderai aussi la notion de gestion de projets et la stratégie que j'ai adoptée pour le mener à bien.

Je développerai les choix déterminants et points cruciaux auxquels j'ai dû faire face pour m'adapter. Je réaliserai un point d'analyse sur mes difficultés et ma prise de recul sur la façon dont s'est déroulé le projet.

Enfin, je ferai un état des lieux de l'avancement et une ouverture plus globale sur cet exercice qu'a été le projet de fin d'études.

3 Présentation

3.1 Contexte

Le projet nombre de personnes est plus qu'un simple projet étudiant de fin d'études. En effet, le large spectre de compétences techniques et organisationnelles nécessaires à sa réalisation en fait un formidable outil de communication sur les savoir-faire développés à Polytech Tours.

Le NP est destiné à être exposé à la vue des futurs étudiants qui souhaiteraient connaître plus en détails l'étendue des disciplines offertes par l'école à ses étudiants de la spécialité informatique industrielle.

En plus, d'être très intéressant au niveau communication, le NP est aussi le point culminant des connaissances d'un ingénieur en informatique industrielle à savoir :

1. Analyse, Conception et Développement d'un système embarqué complet, du papier-crayon, en passant par la carte électronique jusqu'au développement logiciel de bas et de haut niveau.
2. La mise en place et le test de cartes électroniques.

3.2 Objectifs

L'idée générale du projet nombre de personnes est de créer un système permettant de compter le nombre de personnes dans une salle de façon automatique. Le système s'appuiera sur une caméra et un programme de détection de forme. Il permettra dans cette période de COVID de prévenir les étudiants que la capacité maximum de la salle est dépassée.

Fonctionnellement, le nombre de personnes dans la salle sera obtenu par un programme de détection basé sur du Machine Learning, ce nombre sera affiché en dehors de la salle. Le dispositif sera mis en place dans une salle avec un seul accès. Une interface de type WEB sera mis en place afin de modifier la configuration du système depuis un smartphone.

La partie matérielle du système devra être composée d'éléments légers et visuellement discrets pour une intégration rapide. L'IHM fixé devant la salle/pièce devra afficher le nombre de personnes présentes et devra être facile de lecture. Il n'y a pas de contraintes sur les éléments IHM à utiliser pour ce projet. L'utilisation de la place restante sur l'IHM physique sera à définir (utilité pour de futures fonctionnalités).

La partie logicielle réalisera le pilotage de la partie matérielle et devra rester synchronisée avec l'afficheur.

4 Motivations, stratégie d'approche et éléments de départ

4.1 Motivations

J'ai eu la chance d'être affecté à ce projet qui était mon deuxième vœu dans la liste des PFE proposés.

J'ai été heureux de cette décision car j'avais une affection particulière pour ce projet. En effet, j'ai été passionné par la technologie Machine Learning découverte en 3A et 4A DII à travers les précédents projets. La programmation linux et logiciel sont des domaines parfaitement adaptés à ma rigueur et mes compétences.

Un point qui me permet de dire que je suis particulièrement apte à travailler sur ce projet et le fait que j'ai déjà travaillé en 4A avec un linux embarqué dans lequel j'avais implémenté plusieurs programmes qui devaient se synchroniser ensemble, une partie du projet était consacré à la gestion des GPIOs. Cependant, je m'étais aperçu de quelques faiblesses de mon design et pouvoir disposer de temps pour reprendre mon travail m'a motivé d'avantage.

J'ai aussi été intrigué par la reconnaissance de formes par caméra, ce qui était totalement inconnu pour moi. En DII 3A avec Florian Bonnin nous avons implémenté la puissance 4 IA, et la partie machine Learning / Tensorflow / Apprentissage nous avait beaucoup plus. Pouvoir aller plus loin dans la recherche et la mise en place d'un tel système m'a fortement motivé.

Étant techniquement transversal, ce projet est un moyen de me perfectionner dans la maîtrise du système Linux, du développement matériel et de manière générale dans le développement de systèmes embarqués qui est mon domaine favori.

C'est donc avec beaucoup d'enthousiasme et aussi de prédisposition technique que je m'engage sur ce projet.

4.2 Stratégie d'approche

Ayant plutôt des facilités sur le plan technique du projet, j'ai souhaité dès le départ orienter mon travail pour faire face aux difficultés récurrentes auxquelles j'ai me suis heurté pendant mes études à Polytech Tours. En effet, au fil des années d'études et des différents projets étudiants réalisés à l'école, j'ai compris que les points suivants sont cruciaux pour la bonne conduite d'un projet :

1. Communication régulière au client : en général des rapports d'avancement hebdomadaires ou bihebdomadaires sont demandés, habituellement sous forme de mail.
2. Fermeture de la comptabilité : entre novembre et janvier, il est très compliqué de faire commander du matériel auprès des fournisseurs. Il faut donc ajuster le planning pour s'adapter à cette contrainte et anticiper les commandes de matériels.

3. Respect et professionnalisme : en faisant preuve de respect et de professionnalisme à l'égard des projets proposés par les encadrants, on maintient une bonne relation client. Comme à mon habitude dans le monde professionnel, je m'attache à ces valeurs et je les respecte aussi pour ce projet.
4. Le résultat n'est pas si important mais quand même : même si les encadrants encouragent la démarche ingénieur parfois au dépend des réalisations concrètes, j'ai quand même compris qu'il faut faire de son mieux pour réaliser quelque chose de concret pour l'école. Il y a deux points positifs à cela, on évite la frustration du client en fin de projet et on permet à l'étudiant d'être fier du travail accompli. Du moins c'est comme ceci que cela marche pour moi.

Ces points sont mes principaux axes de travail et je n'ai pas oublié qu'avec de la motivation, du respect et de la communication, j'ai toujours eu de bonnes relations avec mes clients. J'apporte aussi un soin particulier au suivi des dates de rendus et il est très rare que je rate une date limite.

Enfin, j'ai confiance en mon potentiel de réalisation ce qui me permet d'être efficace lorsque je suis seul sur une tâche. Cependant, ma priorité cette année est de rapidement impliquer toutes les parties prenantes dans l'affaire de façon à ce qu'elle oppose le moins de résistance possible à l'avancée du projet.

Je parle notamment de l'approvisionnement en matériels qui sont déterminants au démarrage du projet et font intervenir plusieurs couches hiérarchiques.

Dans l'optique de garder un bon contact client, une communication régulière est mise en place avec un suivi bihebdomadaire variable et des entretiens en tête à tête sur les points d'avancement.

Enfin, cette année, une importance capitale est portée sur la réalisation de livrables basés sur la méthode ingénieur. Cette année sera comme les années précédentes un moyen de me perfectionner dans cette matière pour fournir des documents de spécification, d'analyse et des livrables de qualités.

4.3 Éléments de départ

Pour la réalisation de ce projet, je ne disposais pas d'éléments de départ me permettant de fortement accélérer le développement. C'est la première fois que le projet est proposé. Cependant, j'ai déjà dans mes précédents projets fait des parties ressemblantes.

Je dispose donc de tous les documents d'analyse relatifs à l'utilisation de NodeRED, Linux et de l'apprentissage IA/Keras/Tensorflow que j'ai produits pendant mes années de 3A et 4A.

Pour récapituler je dispose de :

1. Documents d'analyse de MARTINEZ Pablo 2019-2020
 - a) Guide mise en place linux
 - b) Guide configuration Beagle Bone Black
 - c) Guide flow NodeRED
2. Livrables d'analyse de MARTINEZ Pablo 2018-2019
 - a) Rapport de projet Puissance 4 AI
 - b) CDS de projet Puissance 4 AI

4.3.1 Cahier de spécification

Le cahier de spécification a été une étape cruciale dans la définition et l'éclaircissement des objectifs fonctionnels du projet. Sa rédaction et livraison pour la mi-novembre, à savoir à peine plus de deux mois après le démarrage du projet, ont permis de rapidement définir les tenants et aboutissants du projet.

Ce document est joint à ce présent rapport aux côtés du cahier d'analyse.

Pour faire un bref résumé du contenu du cahier de spécification, j'y ai défini plusieurs blocs fonctionnels de base ainsi que l'architecture globale attendue sur ce projet.

1. Un élément d'IHM : une matrice LED pour l'affichage du nombre de personnes dans la salle.
2. Un deuxième élément d'IHM : un voyant permettant de savoir si la limite de personnes dans la salle est dépassée.
3. Un système d'exploitation Linux déployé sur la carte Raspberry et hébergeant un site WEB de contrôle de la configuration du système.

4.3.2 Le cahier d'analyse

Pour développer le contenu des fonctionnalités du système, il a fallu les analyser et décider des choix technologiques associés et stratégies d'implémentation pour chaque élément. Le cahier d'analyse a été pour moi un moyen de poser mes idées et de référencer l'ensemble des recherches et solutions trouvées aux problèmes rencontrés.

À l'image du cahier de spécification qui décrivait les attendus pour chaque bloc fonctionnel, le cahier d'analyse m'a permis d'expliquer comment je propose d'atteindre des objectifs posés. Je pense que ce livrable est un point clé de la compréhension des technologies que j'ai implémentées et il est évidemment joint à ce document pour une lecture plus approfondie.

5 Choix dans le projet

5.1 Choix organisationnels

Il est assez aisé de comprendre la démarche technique et ingénieur à travers mes livrables de spécification et d'analyse, c'est pour cela que je commence par vous parler de ma stratégie

d'organisation et mes choix de priorisation sur ce projet.

J'ai pris conscience dès le démarrage du projet qu'il ne s'agissait pas d'une mince affaire que de réaliser le travail demandé par M.DESPORT.

La réussite de la réalisation nécessitait donc que je mette en place une **stratégie efficace** et que je **parallélise au mieux mes développements**.

Il a fallu **respecter les jalons** imposés par Polytech Tours sur les livrables de spécification et d'analyse qui sont à forte composante rédactionnelle. Nous avons eu la chance de disposer de cours nous permettant de rédiger nos livrables. J'ai donc **mis à profit chaque séance** en rédigeant et en faisant valider mon avancement par les encadrants. Pour ne pas être trop ennuyé ou démotivé par la rédaction, j'ai pris soin **d'espacer mes périodes de rédaction par des périodes de développement**, veille technologique et expérimentations sur le projet.

Un autre point auquel j'ai fait très attention est la **fermeture de la comptabilité**. Etant donné qu'en début de projet, j'ai décidé de me focaliser avant tout sur **l'approvisionnement du matériel manquant avant la fermeture des budgets** même si la COVID n'a pas arrangé les choses pour avoir le matériel.

Pour cela j'ai accéléré les recherches et analyses sur le projet afin de rapidement commander du matériel pour des expériences physiques. Je voulais être sûr de disposer de suffisamment de matériel pour réaliser un ou plusieurs prototypes.

J'ai alors envoyé mon bon de commande, mais je n'ai pas eu de réponse. Après quelques semaines à attendre le retour positif de ma demande le budget a été clôturé, j'ai donc acheté le matériel nécessaire par mes propres moyens pour que le projet ne soit pas impacté.

En attendant la réception du matériel, j'ai pu commencer à travailler sur le module suivant.

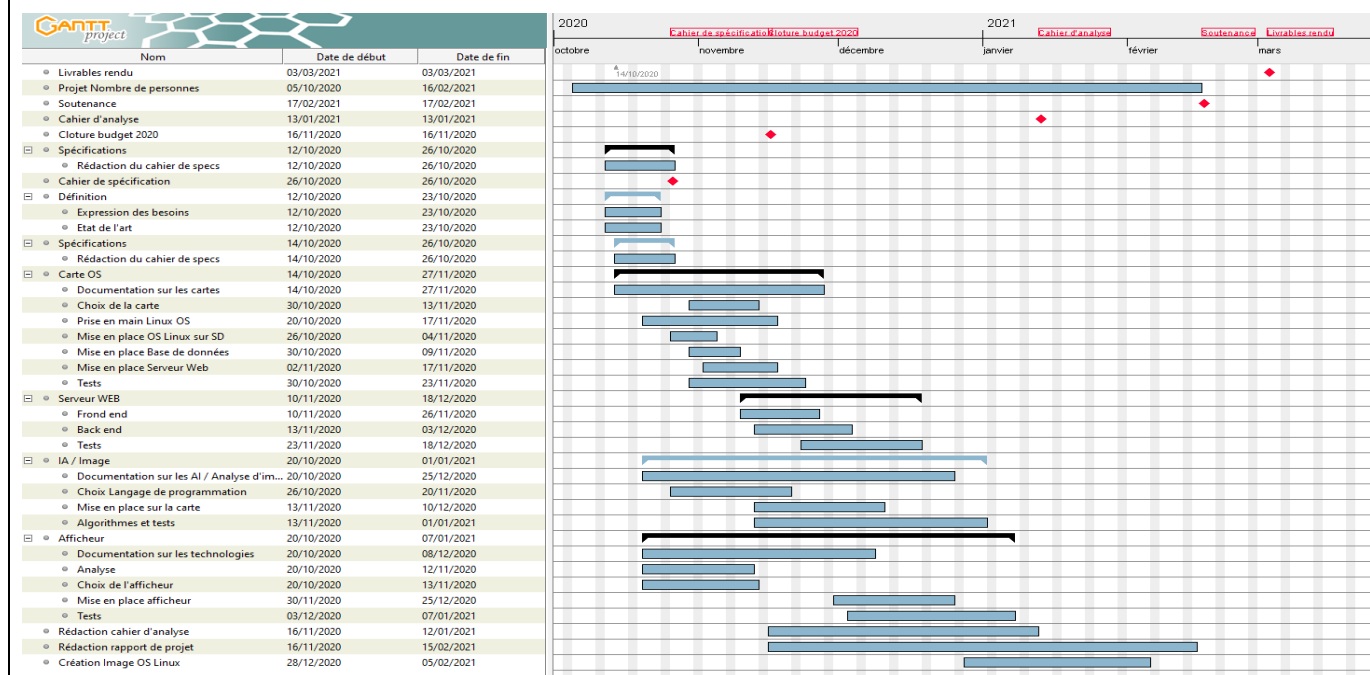
D'une manière générale, le projet s'est orienté de la façon suivante :

1. Prioriser les modules faisant intervenir du matériel à commander
2. Faire du logiciel et de la documentation pour combler les points bloquants créés par le matériel

C'est quelque chose que j'ai tout de suite remarqué, si le **matériel a bien été spécifié** on peut assez facilement **gagner du temps sur le développement logiciel** qui va avec car on sait à quoi s'attendre. En attendant les délais fournisseurs, on peut déjà avancer. C'est ce que j'ai fait.

On voit assez bien ces éléments sur mon planning. Ci-dessous est un comparatif du planning prévisionnel et le réel.

Planning prévisionnel



Planning réel

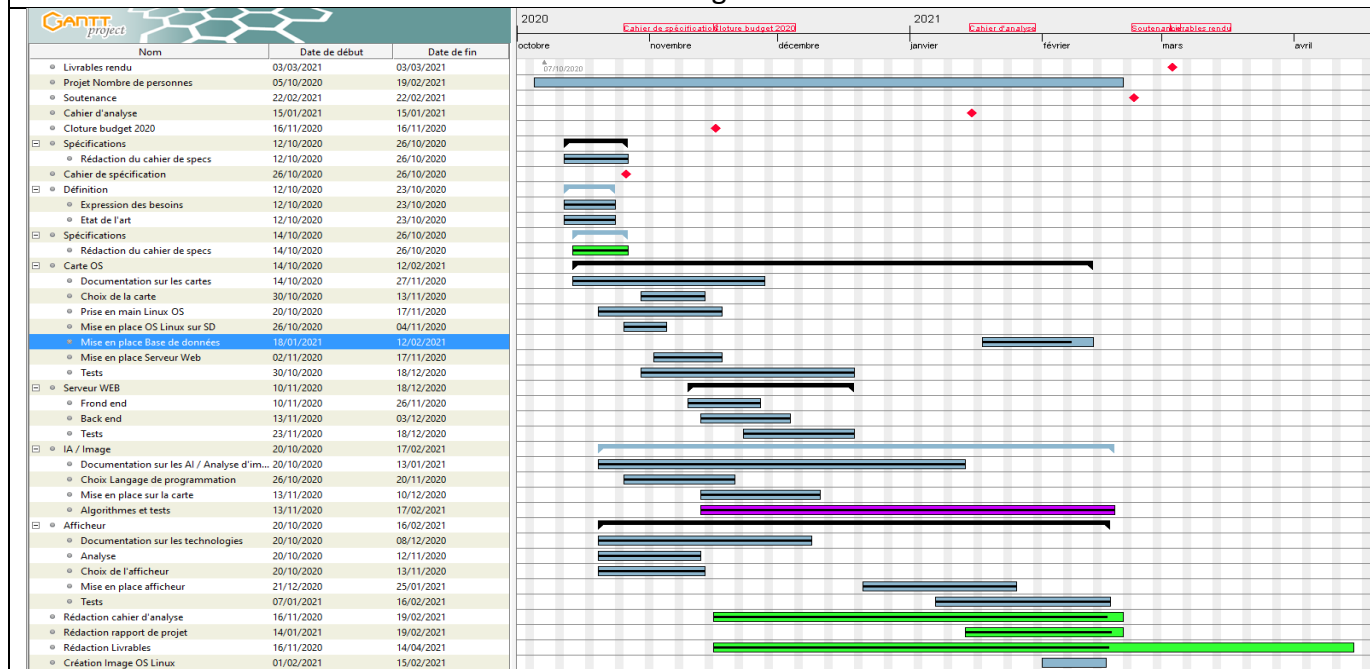


Figure : Planning (Gantt) de développement NP

Les tâches marquées en vert correspondent à la rédaction de documents que j'ai toujours choisi de faire en parallèle des tâches de développement en bleu. La tâche en violet est la partie qui a été la plus impacté par le COVID. Afin de faire des tests sur site et de l'optimisation pour le filtrage des valeurs de personnes, il aurait été préférable d'accéder à l'école et de pouvoir mettre en place le système dans son environnement. On peut voir que j'ai développé

la partie base de données bien après ce que j'avais prévu. Je me suis plus focalisé sur les parties importantes du projet afin d'avoir un prototype fonctionnel.

Pour gérer mon emploi du temps, j'ai donc utilisé **Gantt Project** qui est un logiciel libre dédié à la planification et l'identification de chemins critiques dans un projet.

D'une manière générale, ma stratégie de gestion a été de découper le projet en modules dont le cycle de vie est en cascade. On peut donc paralléliser le développement des modules.

5.2 Choix techniques

5.2.1 Matrice LED

La technologie employée pour la partie affichage à l'extérieur des salles est une matrice LED 32x16 de Adafruit. Ce sont des LED multi-color RGB adressables. Ce choix a été fait au tout début du projet avec M.DESPORT, pour son côté attractif et sa facilité de mise en place. C'est une solution peu chère mais gourmande en énergie. La matrice LED convient parfaitement pour l'affichage du nombre de personnes qui devait être assez gros et lisible.

La matrice LED que j'utilise avait déjà été intégrée sur plusieurs projets Raspberry en ligne, donc la faisabilité était garantie. L'affichage n'était pas la partie la plus importante du projet, il fallait que je passe le moins de temps possible à son développement et intégration.

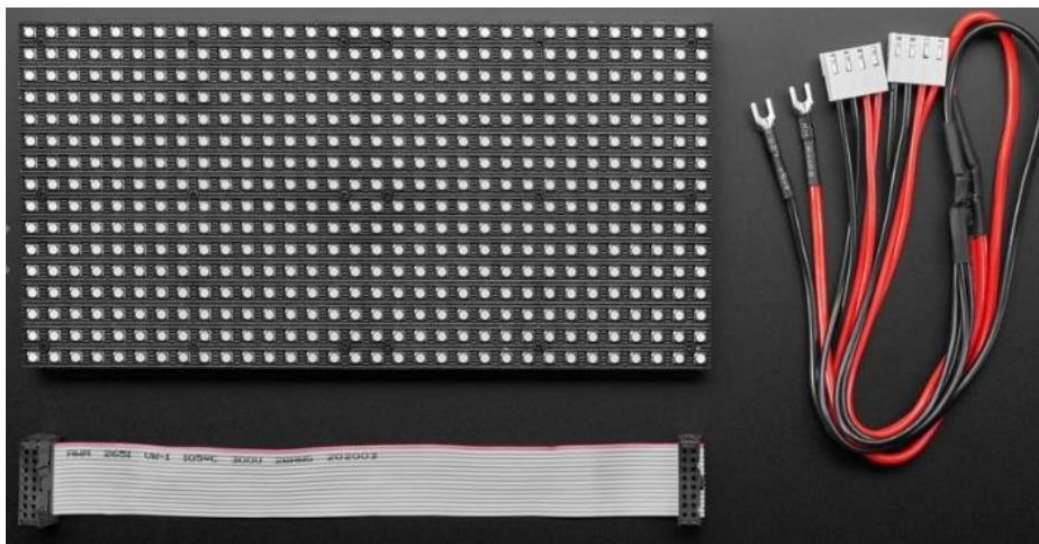


Figure 1 Matrice LED 32x16 Adafruit

C'est une solution que j'ai moi-même aussi trouvée très adaptée au problème et qui permettrait d'obtenir un très joli rendu mais aussi plus complet avec notamment la possibilité d'avoir des animations colorées et un ajout potentiel de plusieurs matrices pour de futures améliorations.

5.2.2 Reconnaissance de forme

Pour la détection du nombre de personnes dans la salle, M.DESPORT a souhaité utiliser de la reconnaissance de formes donc de l'analyse d'image. Pour cela j'ai bien étudié les technologies que nous pouvions utiliser et pendant mes recherches et tests j'ai remarqué que la solution Tensorflow était plus performante que les autres sur les cartes embarquées. Je me suis donc dirigé vers la technologie du Machine Learning de Tensorflow « Object Detection ».

Le choix de la technologie a été un choix assez dur à faire avec toutes les solutions que j'avais à ma disposition.

- Carte embarquée **Beaglebone** + serveur déporté pour les calculs
- Carte embarquée **Raspberry 4 PI** seule
- Carte embarquée **Raspberry 4 PI** + module **CORAL (google)**

J'ai donc dû faire beaucoup de tests de performance pour valider que la solution Raspberry 4 PI seule avec les programmes de détection d'objets (**Tensorflow Lite**) aller être à la hauteur. J'ai pu obtenir 5 traitements d'image par seconde ce qui est relativement confortable pour le projet.






BeagleBone Black		Raspberry Pi 4	
 <pre>fps :0.033 start net.forward() end net.forward() nb pers : 1 fps :0.034 start net.forward()</pre>	 <pre>nb pers : 1 fps :0.0909 nb pers : 1 fps :0.0908 nb pers : 1 fps :0.0909</pre>	 <pre>fps :1.8124652073514844 start net.forward() end net.forward() nb pers : 1 fps :1.8197961990946794 start net.forward()</pre>	 <pre>nb pers : 1 fps :5.056293996394154 nb pers : 1 fps :5.060666485423957 nb pers : 1 fps :5.056078432153763</pre>
<p>Test du 02.12.2020</p> <p>BeagleBone black 512MB Cortex-A8 Linux version : AM3358 Debian 10.3³ Release date 2020-04-06 Open cv version : 4.4.0 Tensorflow version : tflite_runtime 2.1.0 Taille de l'image : 640,480 Webcam : Microsoft HD-5000</p>		<p>Raspberry 4 4go model B Cortex-A72 Linux version :  Raspberry Pi OS (32-bit) A port of Debian with the Raspberry Pi Desktop Released: 2020-12-02</p> <p>Open cv version : 4.4.0 Tensorflow version : tflite_runtime 2.1.0 Taille de l'image : 640,480 Webcam : Microsoft HD-5000</p>	

Figure : Test de performance avec différentes méthodes d'analyses d'image

5.2.3 Intelligence du système & Site WEB

Pour que l'ensemble du système soit modulaire, j'ai choisi de bien découper les éléments logiciels. Ainsi j'ai conçu le système de sorte qu'on puisse construire autour et rester en accord avec les spécifications.

Dans le cas où je n'aurais pas eu le temps de développer un site WEB, j'ai prévu que le système serait à minima équipé d'une interface en ligne de commande accessible depuis la liaison série USB du système ou par d'autres programmes ou scripts internes au système.

Il serait donc facile à partir de cette interface de piloter les éléments d'IHM via d'autres programmes ou sites WEB. Ceci est à l'image des développements de logiciels sous linux, beaucoup d'interfaces graphiques sont construites autour de petits programmes en ligne de commandes. Par exemple, un explorateur de fichiers peut intégralement être conçu à l'aide du programme ls. Je voulais la même philosophie de développement. Ainsi par la suite, j'aurais pu développer un site WEB qui exécutera simplement ces petits programmes.

Pour le **site WEB** associé à ces éléments, étant novice dans le domaine, j'ai choisi d'opter pour ce qui me permettrait d'atteindre un résultat satisfaisant sans trop de problèmes au risque de limiter les fonctionnalités déployées.

Les principaux besoins étaient d'avoir une interface **simple** permettant de modifier la configuration du système. Pour cela, un ensemble de curseurs, interrupteurs, champs et boutons font l'affaire pour changer les paramètres. L'intérêt est alors de pouvoir réagir aux actions sur ces éléments de contrôle et faire appels aux utilitaires en ligne de commande pour exécuter les commandes.

J'ai découvert que pour les novices du WEB et de l'automatisme, il existe un formidable outil libre appelé **NodeRED**. Cet outil permet à travers un processus de programmation graphique (comme Labview) de faire un site WEB basé sur des événements.

Ceci permet de déployer un **tableau de bord** de contrôle de la configuration du système qui soit évolutif, associé à une partie logique codée en graphique.

Cela est aussi bien adapté à l'embarqué car la structure a été optimisée et pensée pour fonctionner sur de petites machines linux hébergeant elles-mêmes la page WEB.

Avec autant d'éléments positifs, j'ai donc choisi cette solution plutôt que de développer le site web sans une base telle que NodeRED.

Enfin, le tableau de bord NodeRED permet de créer une interface graphique dite **responsive** c'est-à-dire qui s'adapte aux PC, smartphones et tablettes.

J'y reviendrai en détail dans la partie réalisation de ce document dans laquelle je vous présenterai les résultats obtenus.

6 Réalisations

6.1 Reconnaissance de forme

Un point dont je suis fier est celui d'avoir réussi à produire un programme qui fonctionne relativement bien même dans des conditions difficiles. En effet, ayant mené une analyse plutôt complète sur cet élément, j'ai pu éviter d'être bloqué sur des points majeurs lors de la programmation.



Figure 2 Exemple de Flux vidéo après détection

Je pense que la réussite sur cet élément est justifiée par la bonne analyse du problème et le choix de technologies efficaces. En travaillant ainsi, j'ai pu optimiser mon travail et gagner beaucoup de temps sur le développement logiciel.

Pour peaufiner le projet j'ai pu mettre en place le système dans le magasin de mes frères, même s'il n'y a pas beaucoup de personnes, j'ai pu constater des soucis et des gênes, cela m'a permis de les régler en situation réel. On peut voir que ma caméra était placée de façon assez basse ce qui ne facilite pas la détection. Malgré tout, même dans cet environnement contenant beaucoup d'éléments le programme est arrivé à s'en sortir, on peut quand même distinguer une faible confiance dans la détection de personnes, ici allant de 54% à 64% pour la personne la plus proche. Dans les salles de Polytech et dans ma chambre, l'environnement est beaucoup plus simple ce qui facilite la détection et ainsi permet d'avoir un taux de confiance relativement haut.

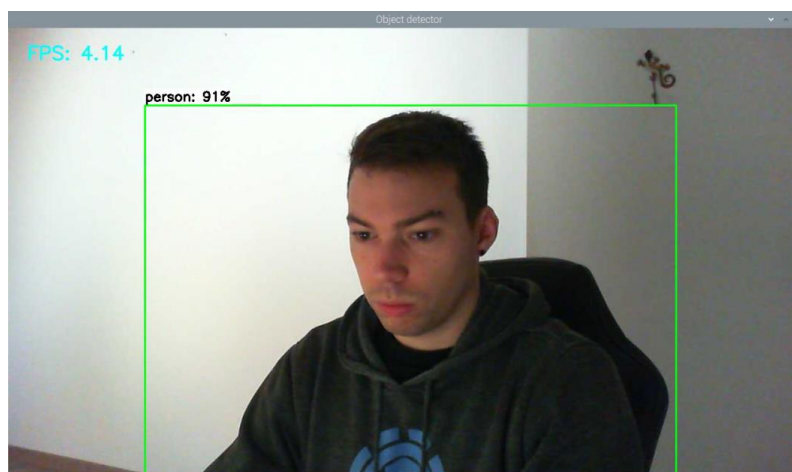


Figure 3 Flux vidéo dans une pièce neutre

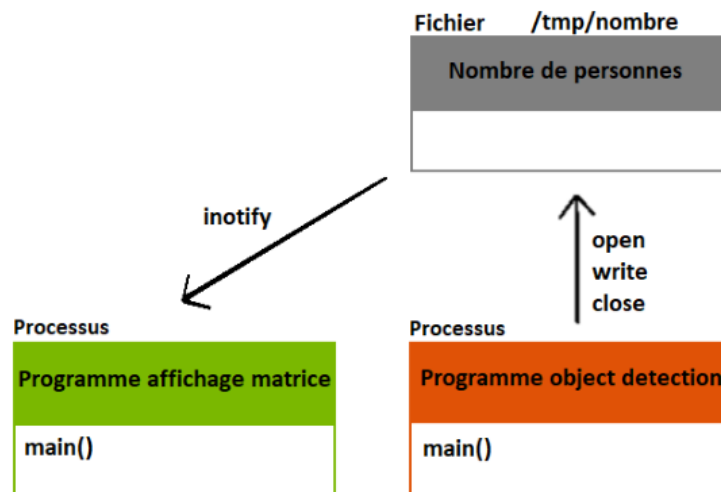
On peut voir ici que je n'atteins que 4 fps, cela est dû à l'affichage du flux vidéo et du dessin des « boîtes » de détections pour le debug. Ce qui n'est pas le cas en utilisation normal du système.

J'ai été très impressionné par les performances que le système matériel peut atteindre. Cela m'a vraiment plu et m'incite d'avantage à considérer la Raspberry 4 PI dans mes projets même ceux qui demandent de la puissance.

6.2 Matrice LED

La mise en œuvre de la matrice LED 32x16 à l'aide de la carte Raspberry 4 PI c'est fait très rapidement et je suis assez fier de mon analyse sur cette partie. En effet, sur cet élément, je n'ai pas eu à travailler grandement sur l'aspect matériel ce qui a facilité l'intégration dans le projet. Il a cependant fallu intégrer le pilotage de la matrice LED au niveau des programmes python et réussir à faire communiquer les processus entre eux.

Je suis plutôt fier de la partie communication entre les processus grâce aux notifications d'écriture dans les fichiers.



Le développement avec cette architecture m'a permis d'optimiser mes traitements sur la partie affichage. Je n'actualise l'affichage de la matrice LED que quand j'ai une notification d'écriture dans le fichier `/tmp/nombre.json`. La matrice ne va donc jamais lire en permanence dans le fichier pour voir s'il y a des changements. Un deuxième point pratique, c'est si je change la vitesse d'écriture dans le fichier `/tmp/nombre.json` de mon programme de détection d'objet, je n'ai pas besoin alors de revoir mon affichage sur la matrice. La synchronisation entre les programmes se fait naturellement.

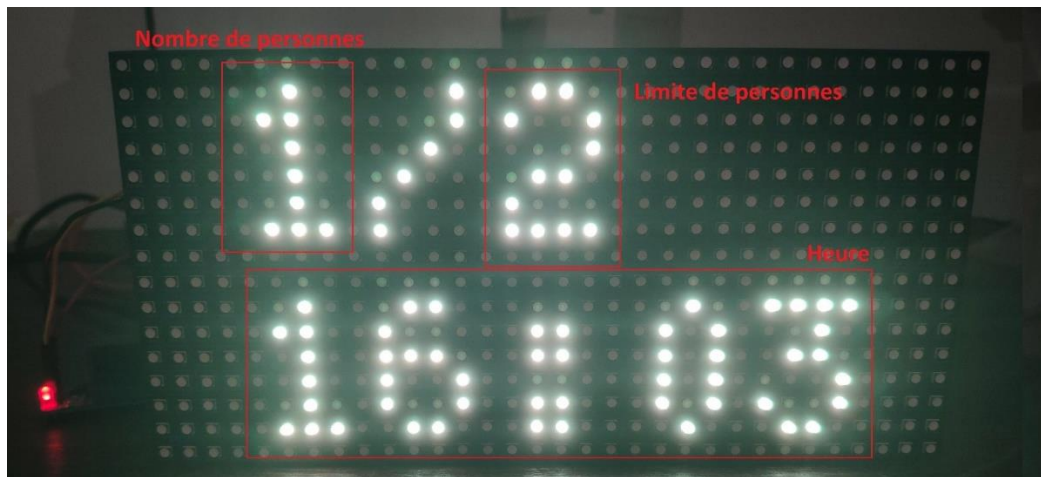


Figure 4 Réalisation matrice LED

Sur la partie haute de la matrice, il y a le nombre de personnes dans la salle et le nombre limite de personnes, c'est un paramètre configurable sur l'IHM WEB. Sur la partie basse j'ai intégré l'heure, cela permet de remplir un peu plus la matrice LED.

Cependant, disposant d'une technologie RGB sur les LED, je n'ai pas mis à profit les couleurs en créant des changements de couleurs sur la police d'affichage. En revanche, en me basant sur les programmes de l'API de HZeller j'ai pu créer des méthodes simplifiant l'écriture de texte sans mouvement de façon non synchrone sur la matrice LED 32x16.

6.3 Système Linux

Une partie importante du projet a été consacrée à la prise en main de la carte Raspberry et notamment celle de son système Linux. En effet, il a fallu configurer une distribution linux moderne et à jour.

Grâce à tous ces efforts, j'ai été en mesure de déployer l'OS Linux et intégrer mes programmes en ligne de commande pour piloter les éléments d'IHM sans trop de problèmes.

Ce fut un travail très intéressant qui m'a permis d'améliorer mes compétences dans les systèmes Linux. Je n'avais jusque-là jamais été aussi loin dans les commandes linux et ce fut une expérience intéressante.

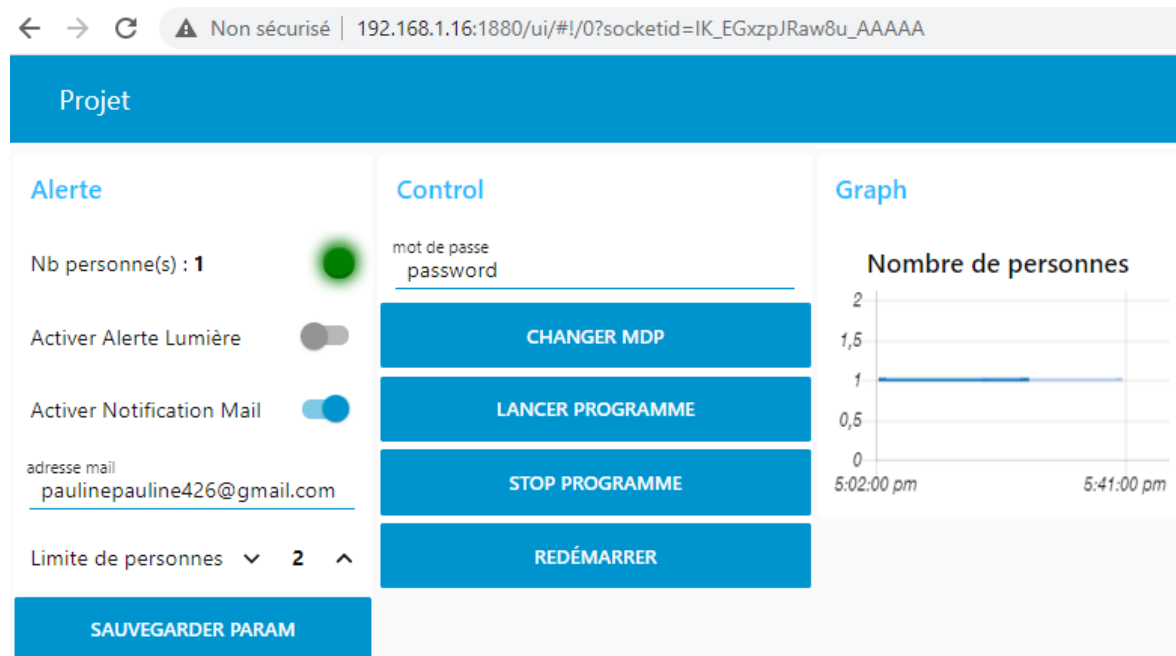
6.4 Site WEB de pilotage embarqué

Mon choix a été de créer un site WEB de pilotage basé sur la technologie NodeRED. L'interface utilisateur est donc hébergée sur la carte Raspberry et du fait de son faible coût en performance, elle s'avère très rapide et fonctionne particulièrement bien sur la carte.

Je me suis donc calqué sur les modules offerts par NodeRED dashboard, un module complémentaire permettant de créer une interface graphique par-dessus l'interface de gestion d'événements de NodeRED.

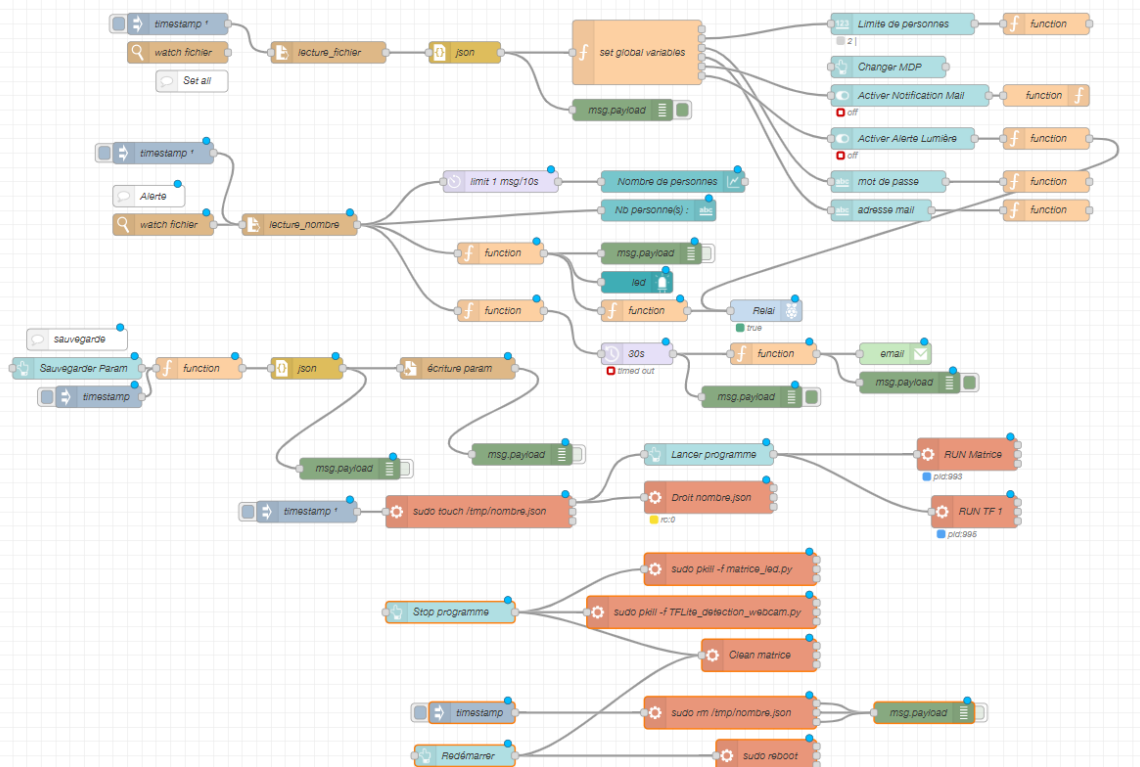
L'interface est alors séparée en modules, un pour la configuration des alertes, un pour la gestion des programmes et un pour d'autres données.

C'est ici une interface simple et intuitive. Elle permet de rapidement trouver les options intéressantes et réagit instantanément aux changements de configuration en pilotant les éléments d'IHM.



Comme NodeRED utilise la technologie AngularJS pour ses éléments graphiques, on dispose d'un site WEB dit **responsive** qui s'adapte parfaitement aux smartphones et tablettes.

La programmation dans l'ensemble est assez simple et est basée sur de la programmation graphique à base de blocs fonctionnels. Ceci m'a permis de rapidement prendre en main la technologie.



L'ensemble est alors modulaire et facile à faire évoluer pour le futur. Il sera tout à fait envisageable de fournir ce travail à un nouvel étudiant pour des mises à jour.

Pour la partie alerte, nous avons deux choix possibles. Une alerte visuelle et/ou une alerte par mail peut être configuré à l'aide de switches. Lorsque le nombre de personnes dans la salle est strictement supérieur au nombre de personnes limites, alors le voyant lumineux s'allume. Après 30 secondes, si le nombre de personnes n'est toujours pas redescendu en dessous du seuil, alors un mail est envoyé à l'adresse mail renseigné.



Une autre fonction est implémentée pour réduire le temps de fonctionnement du système pendant les horaires de fermeture de l'école. Le système va alors se couper/s'allumer automatique à des horaires précises en journée et ne pas être fonctionnel le weekend.

Ce qui est très intéressant avec l'architecture de notification et de l'utilisation du fichier ***parametre_projet.json*** c'est qu'il sera très facile de rajouter des paramètres et de créer de nouvelles fonctions sur l'IHM WEB. Comme par exemple les futures couleurs d'écriture,

temps de fonctionnement maximum, la luminosité des leds, et même rajouter du texte à écrire pendant certaines plages horaires comme par exemple « **bienvenue à polytech tours il est 16h ...** ».

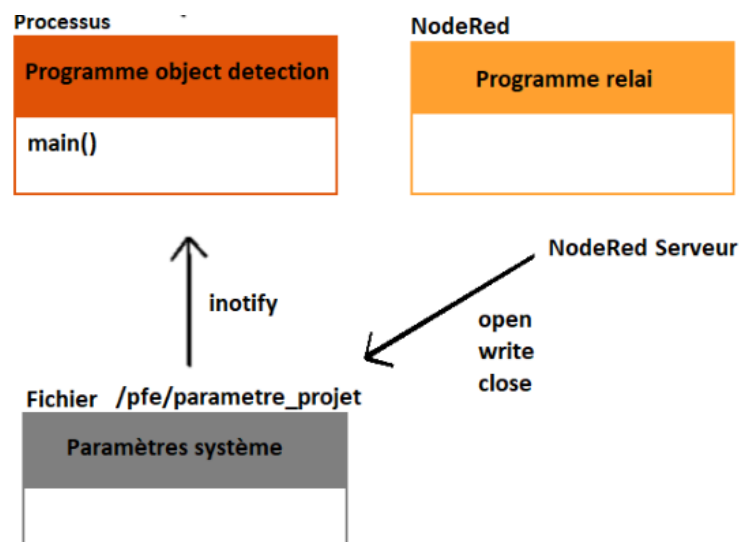


Figure 5 Architecture pour l'écriture des paramètres

6.5 Documentations

6.5.2 Notices d'utilisation et documentations

Pour que mon travail puisse être repris, j'ai soigné la documentation de bon nombre de mes réalisations. En effet, les parties les plus compliquées comme :

1. Installation de l'OS Linux sur la carte cd
2. Mise en place de l'environnement de développement sous Linux et des programmes
3. L'utilisation de l'interface graphique
4. Cahier d'analyse et de spécifications qui retracent le cheminement de conception

Tous ces documents font partie intégrante de mes réalisations et sont de riches ressources pour un développeur ou un étudiant s'intéressant à la mise en œuvre du projet. En plus de tous les livrables que M.ROLLAND nous demande.

6.6 Coût de la solution

Les frais associés au projet sont les suivants :

Élément	Prix
Carte Raspberry Pi 4 4go	60€
Matrice LED Adafruit 32x16	21,98€
Relai	4,99€

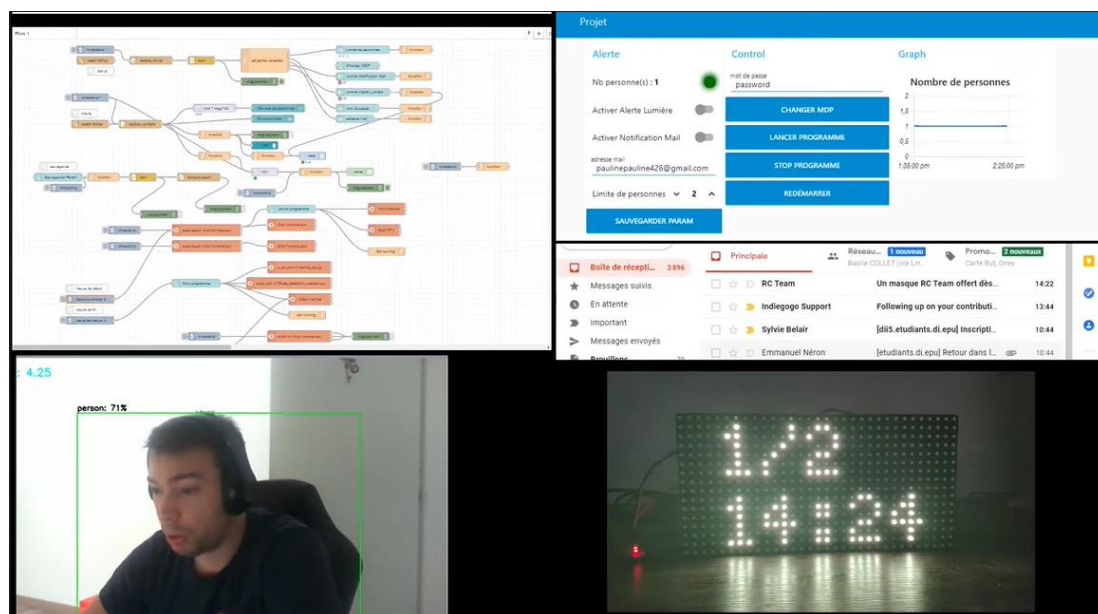
Caméra (webcam)	49,99€
Dissipateur thermique carte	13€
Bloc alimentation secteur 5V 2A	7,34€
Bloc alimentation secteur 5V 3A	13,82€
Total	157,3€

Le montant total pour le projet est d'environ **157€** sans compter les heures de développement d'un ingénieur.

6.7 Résultat final

Le résultat final sur ce projet est pour moi vraiment satisfaisant et de très bonne qualité. On a désormais un produit tout à fait exploitable et qui peut être mis dans une salle de l'école Polytech.

Il sera très facile de le mettre en place avec son faible encombrement. La configuration du système se fait très simplement avec son application WEB. Tous les programmes se lancent automatiquement une fois le système allumé.



Lien de la vidéo YouTube pour le projet : <https://youtu.be/KeHtIBhSVV4>

7 Prise de recul

7.1 Points positifs

Du point de vue technique, ce projet NP est pour moi bien à l'image de mes autres projets menés à Polytech Tours. L'ensemble a été très riche de contenu et j'ai encore appris énormément de chose.

J'ai découvert la technologie Machine Learning en 4A et j'ai tout de suite accroché. Je suis passionné par le bas niveau, l'électronique et les programmes embarqués. Mettre en œuvre de la reconnaissance de formes et un système d'exploitation Linux embarqué a été pour moi l'achèvement de ces domaines.

J'ai aussi énormément apprécié développer sur la cible Linux embarqué sur la carte et construire le système d'exploitation avec mon ensemble de programmes. J'ai eu l'occasion de travailler dessus en entreprise, mais cela m'a fait plaisir de retravailler dessus avec ce projet.

J'ai vraiment apprécié l'aspect transversal du projet sur le plan technique.

La partie gestion de projet, documentation et réutilisabilité de mon travail ont été des points clés.

De nature observateur et prévoyant, j'avais bien anticipé les problèmes ou délais que j'ai rencontrés et donc globalement, ce projet s'est déroulé sans accros.

Définir une trame obligatoire avec M.DESPORT quant aux attendus du projet m'a beaucoup guidé et m'a permis d'être efficace.

Ces points m'ont aidé à garder de l'intérêt pour ce projet et ça a été un réel moteur d'avancement.

Dans l'ensemble, j'ai plutôt bien exploité mon planning et suivi les jalons pour ne pas prendre de retard et cela a été très satisfaisant.

7.2 Points critiques

Malgré la satisfaction éprouvée à l'égard de ce projet, il faisait aussi appel à une part de créativité par sa partie libre pour l'IHM (il reste encore de la place sur la matrice). Je regrette de ne pas avoir poussé la réflexion plus loin. Comme par exemple :

1. Ajout du numéro de la salle
2. Remplacer la solution du voyant par l'utilisation d'une partie de la matrice.
3. Changement de couleur pour utiliser plus le RGB

En effet, je me suis focalisé sur les aspects obligatoires tels que les livrables et mon objectif de livrer un système fonctionnel.

Je regrette donc d'avoir manqué de temps et d'idées pour analyser la partie libre. C'est un point que j'ai choisi d'occulter.

J'ai été assez à l'aise avec ce projet dans l'ensemble et c'est peut-être un point critique que

d'avoir réussi à contourner la plupart de mes difficultés en la matière.

De toute ma scolarité, je n'ai pas été confronté à de réels échecs et je pense que c'est ce qui m'a permis de maintenir ma motivation. Mais dans un sens, je pense que c'est aussi grâce aux échecs qu'on apprend à mieux les éviter.

Globalement, j'ai jusqu'ici assez bien évité les problèmes grâce à l'anticipation et le respect des consignes.

7.3 Difficultés

Je dirais que l'ensemble s'est à peu près déroulé sans accros.

J'ai eu un peu de mal à garder du courage pour écrire tous les documents demandés.

Le contenu était là et je n'ai pas eu de difficultés à le trouver, mais quand je fais le bilan, j'ai passé au moins autant de temps à rédiger des documents qu'à produire le projet.

Ces documents seront utiles et feront gagner du temps à quelqu'un qui en aurait besoin, mais je reste pragmatique et globalement, j'aurais souhaité diminuer la part rédactionnelle par rapport à la part de réalisation (j'espère sincèrement que ce travail servira à quelqu'un).

C'est un point assez difficile à accepter.

Enfin, une dernière difficulté a été de me faire aux méthodes de suivi de projet tel que le planning et le diagramme de Gantt.

Un démarrage rapide du projet m'a permis d'estimer le temps que je passerai sur le projet car je n'ai pas directement évalué mon planning sans savoir la vitesse à laquelle je pourrais réaliser les objectifs. Pour cela le planning prévisionnel a été réalisé presque 3 à 4 semaines après le début du projet car pendant cette période, j'ai pu estimer la charge de travail et ma vitesse. Finalement je me rends compte que ça correspond assez bien avec le planning réel, mais il a fallu pour cela que je me tienne à ce que j'avais prévu et que je ne déroge pas à la règle.

7.4 Améliorations possibles

J'ai fait de gros progrès au niveau de la qualité et la quantité de documentation fournie avec mon projet. Je vais tâcher de garder cette méthode pour mes projets industriels et professionnels qui ont peut-être un peu souffert de cette lacune.

Il faut tout de même que je travaille à créer des documents plus concis et efficaces. Je me suis rendu compte que sur ce projet, j'ai écrit plus de 80 pages de documents pour accompagner mon travail et cela m'a pris beaucoup de temps.

Sur ce projet, il n'y a pas grand-chose que je pourrais améliorer sur la partie code mais de manière générale, j'aurais voulu faire plus de tests réels à l'école pour optimiser les paramètres et les filtres de la détection de personnes, COVID oblige. On pourrait faire la création d'un boîtier propre en impression 3D pour une meilleure intégration du système dans les salles. On pourrait aussi supprimer le voyant lumineux / relai, pour intégrer cette partie alerte dans une partie de la matrice LED (gain de place, diminution de la complexité de câblage). Et utiliser plus la partie RGB de la matrice.

Je sais que sur les projets professionnels je ferais d'avantage l'effort d'utiliser les outils de suivi de projet et pousser mes équipiers et supérieurs à d'avantage élaborer les spécifications.

J'ai remarqué que de bonnes spécifications orientent bien le travail et le cadrent. C'est ce qu'il me manque en entreprise où les projets commencent bien trop souvent par une solution.

Mais où est le besoin ? Le contexte est un peu particulier étant donné que je travaille en R&D où il faut bien souvent créer le besoin où le faire émerger des demandes clients même implicites.

J'y ferais bien attention et je veillerais à ce que tout projet démarre avec une spécification précise et non ambiguë des attendus comme ce fut le cas pour le projet.

8 Conclusion

Après de longues heures de recherches et de travail, le projet nombre de personnes prend enfin vie et pourra être exposé dans l'école.

C'est avec un grand plaisir que j'ai travaillé sur ce projet pour en livrer une version fonctionnelle que l'on pourra exhiber.

Ce projet a été à la hauteur de la richesse des savoir-faire enseignés à Polytech Tours et en est une belle illustration.

Les domaines techniques de l'électronique, des composants logiques programmables, du logiciel bas et haut niveau en passant par le WEB, sont une gamme complète de l'éventail de tâches accessibles à l'ingénieur en informatique industrielle.

À travers ce projet, j'ai pu mettre en place une démarche ingénieur complète de la conception à la livraison en passant par la réalisation et la documentation.

La recherche, l'application des méthodes de gestion de projets et ma détermination auront permis de mener à bien ce projet et de pouvoir réaliser un peu de publicité pour la formation d'informatique industrielle.