

Projet de cadenas connecté

Rapport de stage

4-8 mars 2024

Raoul Schneider

Remerciements

Je remercie idemoov et Abderrahmane Yakob (Responsable IoT) d'avoir bien voulu que je réalise un stage dans leur entreprise.

Un grand merci à tous les membres de l'équipe pour leur accueil et leurs explications, ainsi qu'à Diana Ivanova qui a réglé avec efficacité la partie administrative.

J'adresse tous mes remerciements à Hugo L'Hostete pour m'avoir donné l'opportunité de faire ce stage très enrichissant, de m'avoir permis de participer à un projet concret. Son accompagnement tout au long de cette semaine et son aide pour ce rapport de stage m'ont été très précieux.

Table des matières

INTRODUCTION.....	4
1. PRÉSENTATION DE idemoov.....	5
1.1. Présentation générale.....	5
1.2. Activités.....	6
2. ACTIVITÉS DANS LE CADRE DU PROJET DE CADENAS CONNECTÉ.....	8
2.1. Le hardware.....	8
2.2. Le software.....	11
2.2.1. Analyse du mécanisme.....	11
2.2.2. Prototype du code.....	12
2.2.3. Connexion de la carte à l'application et tests.....	14
CONCLUSION.....	16
RÉSUMÉ SUMMARY,,.....	17

Table des figures

Figure 1. Trois cadenas.....	9
Figure 2. Mécanisme du cadenas.....	9
Figure 3. Fonctionnement du cadenas.....	10
Figure 4. Analyse des capteurs.....	11
Figure 5. Algorithme du code.....	13
Figure 6. Prototype du code.....	14

Introduction

Dans le cadre de ma formation, j'explore de nombreux domaines de l'informatique et je prépare actuellement un baccalauréat technologique STI2D (sciences et technologies de l'industrie et du développement durable) dans le but de poursuivre des études d'informatique.

Ayant déjà fait en 2021 un stage dans une entreprise de réparation informatique et m'intéressant de plus en plus au développement et à la programmation, j'ai souhaité réaliser un autre stage afin de varier mes expériences et de préciser mon projet professionnel.

C'est dans ce contexte que j'ai eu la chance d'effectuer un stage de découverte d'une semaine dans l'entreprise idemoov. Ce stage s'est déroulé du 4 au 8 mars 2024 à Entzheim (Bas-Rhin). Il m'a permis de participer à la réalisation d'un cadenas connecté.

La première partie de ce rapport de stage présentera l'entreprise idemoov et ses activités. La seconde partie traitera du projet sur lequel j'ai passé l'essentiel du temps de mon stage.

1. Présentation de idemoov

idemoov¹ est l'une des trois entreprises du groupe MD6². La première composante porte le même nom que le groupe : MD6 est une Entreprise de Services du Numérique (ESN)³ qui propose à ses clients des services d'infrastructure informatique (clouds, serveurs par exemple), de gestion des réseaux et télécommunication, de cybersécurité, et de maintenance informatique. MD6 a été créée en 2014 et est implantée à Entzheim (Bas-Rhin) dans la périphérie de Strasbourg. La seconde composante, Enéide, est la partie qui s'occupe du conseil aux entreprises (consulting), elle est basée au Luxembourg. La troisième entreprise du groupe MD6 est idemoov dans laquelle s'est déroulé mon stage et que je vais présenter à présent.

1.1. Présentation générale

idemoov a été créée en 2020 suite au rachat par MD6 d'une start-up (idebike). C'est la structure recherche et développement (R&D) du groupe. L'entreprise est basée dans les locaux de MD6 à Entzheim et comprend environ 25 personnes dont un grand nombre est passé par le Master Mécatronique et Énergie de l'Université de Strasbourg.

Les locaux de travail se composent d'une grande salle de travail open-space et d'un atelier bien équipé : matériel de soudure (plus précisément de brasure), imprimante 3D, matériel d'alimentation (générateur de fonction) et de mesure électronique (multimètres, oscilloscope à connecter à un ordinateur), stock de composants électroniques variés, outils "standards" (pinces, tournevis, visseuses,

1 Site officiel : idemoov.fr

2 Site officiel : md6.fr

3 En France, les entreprises du secteur informatique sont réparties par l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques, qui produit les statistiques économiques officielles, et les chiffres du recensement de la population par exemple) en trois catégories : les ESN, les éditeurs de logiciels et les sociétés de conseil.

etc.). Ces locaux sont complétés par des salles de réunion et d'une cuisine pour les repas des employés.

Lors de ma semaine de stage a eu lieu une réunion globale de l'entreprise idemoov qui n'a lieu que tous les deux ou trois mois et j'ai pu y assister. Il a été question d'aspects non techniques comme la nécessité de faire connaître l'entreprise ou comment présenter l'entreprise auprès des clients ou de potentiels clients. La dimension commerciale est évidemment nécessaire pour faire vivre une entreprise, et peut ponctuellement concerner chacun.

1.2. Activités

Les activités de recherche et développement d'idemoov consistent à développer des solutions dans le domaine de l'IoT (internet of things ou internet des objets), de la mécatronique et du développement d'applications (web et mobile) ainsi que, de façon secondaire, de l'intelligence artificielle et de la data science.

idemoov a notamment développé en interne une carte générique afin d'avoir une base à décliner pour les différents projets et un protocole de communication fait maison et sur réseau privé garantissant une meilleure sécurité. Cette carte de base est composée d'un microcontrôleur, de quelques capteurs embarqués et de nombreuses entrées/sorties pour brancher des capteurs (boutons, capteurs...) ou actionneurs (moteur, led...) ou encore des antennes pour la communication et le gps.

Les principaux projets actuels d'idemoov utilisant la carte sont les suivants :

- [idefleet](http://idefleet.fr)⁴, un moyen de gérer des flottes de véhicules connectés. Il s'agit des cartes propres à idemoov, intégrées dans des véhicules (vélos électriques, trottinettes électriques, voitures) avec d'une application (disponible en version web et mobile) dans le but de

4 idefleet.fr

simplifier leur location et de remonter des informations sur les véhicules.

- idetime⁵, des pointeuses mobiles connectées permettant de suivre le personnel itinérant en intervention chez les clients et de gérer les temps de travail.

- idebee, des ruches connectées collectant diverses informations sur l'état de la colonie (poids, son, images à l'entrée, détection des abeilles et des frelons, température...) ce qui permet à l'apiculteur d'agir sur telle ou telle ruche de manière plus efficace⁶. Cependant une nouvelle carte spécifique est en cours de développement pour ce projet.

- Un projet de cadenas connecté, dans le cadre du projet idefleet, pour connecter des vélos non électriques et les mettre à la disposition d'une association pour les employés de la zone d'activité à Entzheim afin de tester la solution idefleet en conditions réelles. Ces cadenas permettront de gérer la location à distance sans qu'il y ait besoin de remettre une clé (et donc de déplacer quelqu'un) et permettant de stopper la location plus facilement.

⁵ [idetime.com](https://www.idetime.com)

⁶ Ce projet a été en majorité mené par Hugo L'Hostete dans le cadre de son apprentissage pour le Master de Physique Appliquée et Ingénierie Physique, parcours mécatronique et énergie à la Faculté de physique et ingénierie de l'Université de Strasbourg durant l'année 2021/2022.

2. Activités dans le cadre du projet de cadenas connecté

Pendant mon stage j'ai pu participer à la réalisation d'un cadenas connecté pour le projet associatif de location de vélos.

idemoov dispose d'anciens cadenas connectés provenant de l'entreprise idebike (et plus précisément de son projet zoom), rachetée par MD6. L'idée est de réutiliser les capteurs, le moteur, le buzzer et la prise d'alimentation venant de ces cadenas, tout en remplaçant la carte existante par la carte de idemoov afin de pouvoir programmer les cadenas comme on le souhaite.

Dans un premier temps, je présenterai ce qui concerne le hardware et dans un second temps ce qui concerne le software.

2.1. Le hardware

La première étape était de démonter un cadenas, ce qui nous a permis de nous rendre compte de la complexité du mécanisme. La figure 1 montre trois cadenas, celui du milieu étant fermé. Dans le cadenas, on trouve (Figure 2) : deux capteurs de fin de course (C1 et C2), un moteur (M), une pièce métallique (P) servant à maintenir le cadenas fermé, ainsi qu'une pièce métallique circulaire, visible sur le cadenas fermé de la figure 1.



Figure 1. Trois cadenas

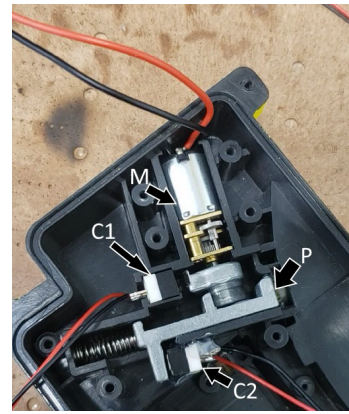


Figure 2. Mécanisme du cadenas

Les capteurs servent à connaître l'état du cadenas (ouvert ou fermé). Comme le deuxième capteur (C2) était soudé à la plaque que nous devions enlever pour la remplacer, il a fallu déterminer si un seul capteur suffirait. Pour cela, nous avons alimenté le moteur sur des basses tensions (pour qu'il tourne lentement) et retiré le mécanisme du reste du cadenas (pour qu'il tourne à l'infini) afin de voir à quelle étape du mécanisme correspond chaque impulsion. La pièce métallique qui est sur le moteur actionne le capteur C1 par des séries de 3 impulsions. L'une d'elle correspond à l'état fermé, une autre au début de l'ouverture, et enfin la troisième à l'état ouvert et début de fermeture. Mais le problème qui se pose est que, lors de l'allumage de la carte, on ne sait pas à quelle position le moteur se trouve.

Dans la programmation, il faudrait alors faire d'abord un tour complet, l'analyser pour repérer la pause du mécanisme qui se situe entre la troisième impulsion et la première (ainsi que décrit ci-dessus). Mais ce test serait compliqué et risquerait de faire forcer le moteur (réduisant sa durée de vie).

La solution est alors de rajouter un deuxième capteur (C2) qui n'est déclenché que quand le cadenas est fermé. La nouvelle carte n'ayant pas de capteur intégré, nous avons rajouté (en le collant au pistolet à colle) un capteur à la place de celui qui était soudé sur l'ancienne carte. Le fonctionnement du cadenas peut alors être synthétisé par le schéma ci-après (Figure 3).

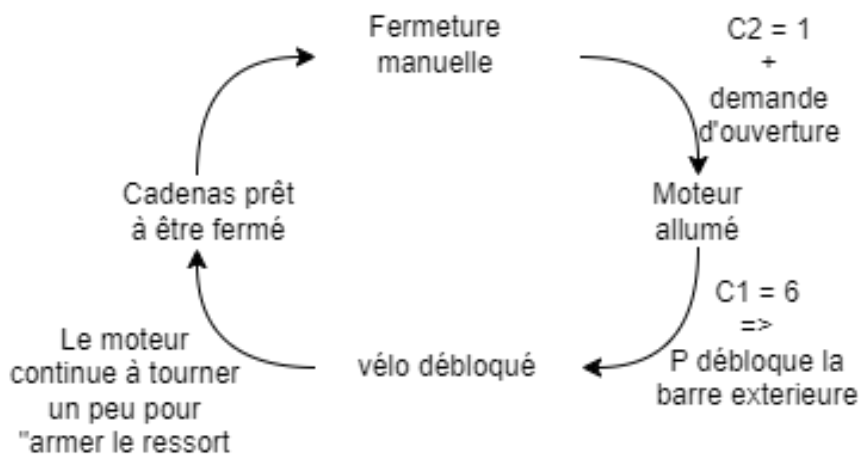


Figure 3. Fonctionnement du cadenas

Ayant plusieurs cadenas à faire et seulement un seul cache (petite pièce en plastique couvrant les mécanismes), il a fallu réaliser sur un logiciel de conception 3D professionnel le modèle 3D de ce cache pour pouvoir l'imprimer sur une imprimante 3D. Compte tenu de mon expérience personnelle de modélisation 3D j'ai pu, avec de l'aide, m'adapter au matériel professionnel.

Nous avons aussi dû faire face à un capteur qui ne fonctionnait pas comme il devait. Le problème de ce capteur venait des fils qui étaient à l'envers : le capteur de fin de course était NF (normalement fermé) au lieu de NO (normalement ouvert), alors que quand nous le testions avec un multimètre il semblait être NO, la position "ouverte" étant non-passant et "fermée" étant passant. Il a donc fallu dessouder et ressouder les fils pour les inverser.

Une étape importante était de souder un "shield", plaque permettant de rajouter des fonctionnalités à une carte programmable constituée de relais. En effet, la carte elle-même ne pouvant pas allumer le moteur, il faut passer par un relais. J'ai donc pu souder le shield sur la carte et le moteur sur l'un des relais du shield.

Avec l'ensemble de ces opérations, le matériel était prêt et la partie software pouvait commencer.

2.2. Le software

Le but du code final concernant le cadenas est que l'utilisateur puisse ouvrir le cadenas en scannant son QR code. Les autres aspects (géolocalisation des véhicules à louer ou emprunter, enregistrement de chaque utilisation sur le compte utilisateur de celui qui loue, facturation ou non, arrêt de la location, etc.) sont gérés par l'application idefleet et sont donc déjà des fonctionnalités existantes.

Après l'analyse du mécanisme (2.2.1), il s'est agi de prototyper le code (2.2.2.) puis de connecter la carte et d'effectuer des tests afin de vérifier le bon fonctionnement du code (2.2.3.).

2.2.1. Analyse du mécanisme

Vu que nous n'avions pas accès au code du cadenas original, il a fallu analyser comment fonctionnaient les capteurs et le moteur (l'entièreté du mécanisme en fait) pour pouvoir les réutiliser. Nous avons donc branché l'oscilloscope sur les deux capteurs afin d'avoir une représentation visuelle de ce qui se passe dans le cadenas lorsque le moteur tourne (Figure 4).

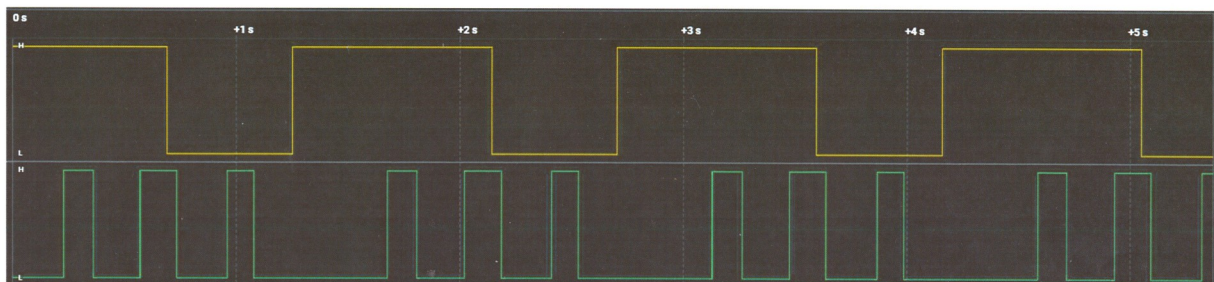


Figure 4. Analyse des capteurs

Sur cette figure on peut voir l'analyse du capteur C1 en vert et celle du capteur C2 en jaune. Lorsque C2 est à l'état haut cela indique que le cadenas est fermé. Concernant le vert on peut constater que c'est un motif constitué de trois impulsions, la première indique que le cadenas

est fermé, la deuxième qu'il commence à s'ouvrir et la troisième qu'il commence à se refermer.

2.2.2. Prototype du code

A partir de cette analyse du mécanisme, j'ai écrit un prototype de code afin d'avoir la logique à adopter pour le code final. Le code de fonctionnement des cartes existant déjà, et n'ayant pas le temps de le maîtriser compte tenu de la courte durée de mon stage, je n'ai pas pu travailler sur le vrai code. Cependant, il était intéressant et utile de préparer la logique à adopter dans le code final.

Le principe du code final est le suivant. Pour ouvrir le cadenas (si le capteur C2 nous dit qu'il est fermé), il faut faire tourner le moteur jusqu'à recevoir 6 changements d'état (trois fronts montants et trois fronts descendants) sur le capteur C1. Une fois ces 6 changements atteints, on en déduit que le cadenas est ouvert, on laisse le moteur allumé un peu plus longtemps afin que le ressort qui pousse "P" puisse bloquer le cadenas quand on le referme (manuellement). Pour refermer le cadenas il suffit donc de pousser la pièce circulaire qui verrouille le cadenas.

La logique du code est synthétisée dans l'algorithme ci-dessous (Figure 5). La figure 6 ci-après présente le prototype de code qui a été réalisé en C.

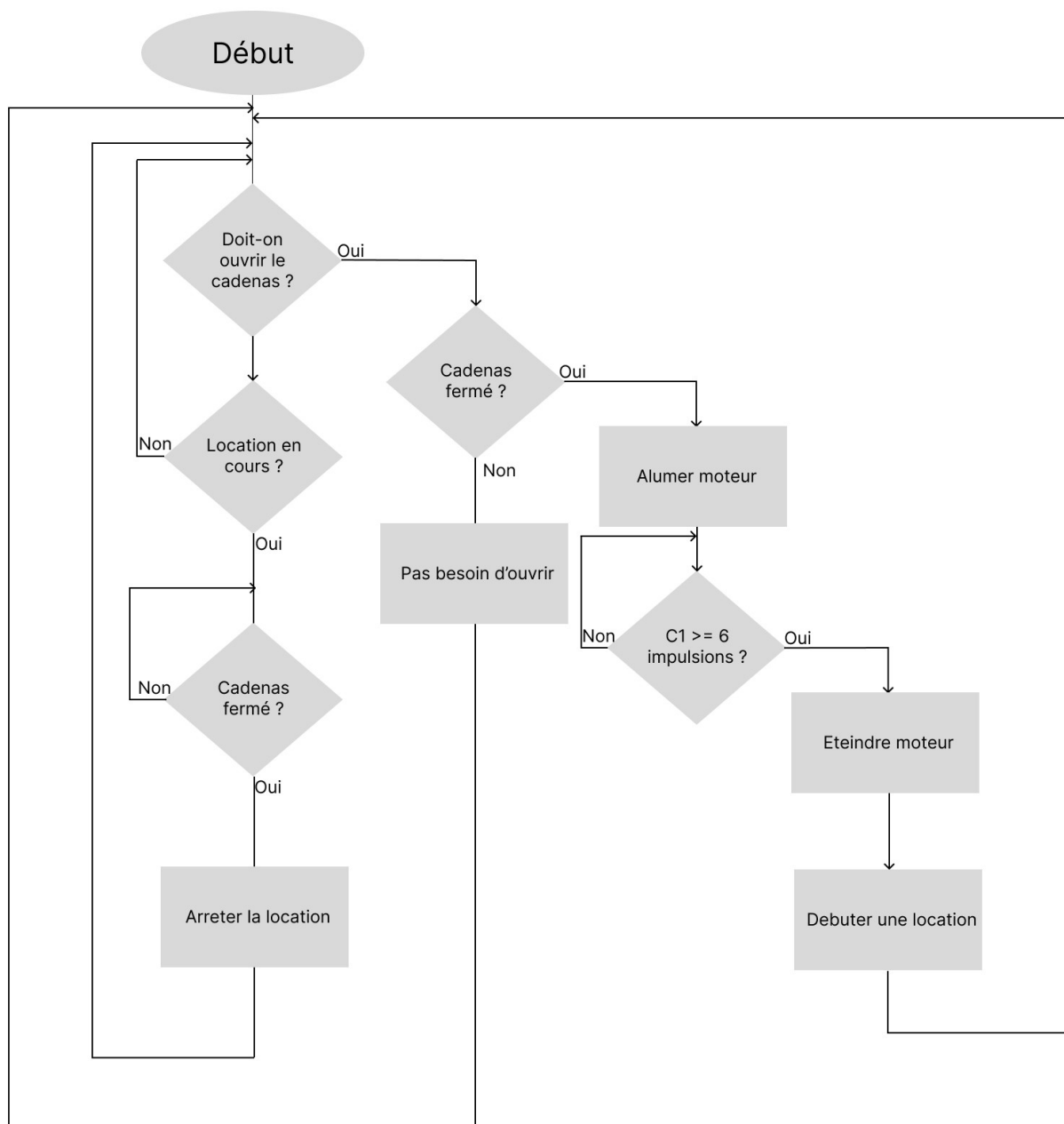


Figure 5. Algorithme du code

```

int sensor_1_counter = 0;
lock_closed = false;
int prev_sensor_1 = sensor_1;
void open(){
    while (lock_closed == true){
        motor_pin = HIGH;
    };
    pre_close();
};

void pre_close(){
    while (sensor_1_counter < 3){
        motor_pin = HIGH;
    };
    delay(100);
    motor_pin = LOW;
};

void loop(){
    if (sensor_1 != prev_sensor_1 && sensor_1 == 1){
        sensor_1_counter++;
    };
    if (sensor_2 == 1){
        lock_closed = true;
    };
    if (sensor_2 == 0 && sensor_1_counter == 3){
        lock_closed = false;
    };
    if (sensor_1 == 1 && sensor_2 == 1){
        if (time_since_sensor_1_high > 500){
            sensor_1_counter = 0;
        };
    };
    if (2 <= sensor_1_counter){
        delay(200);
        if (sensor_1_counter < 3){
            motor_pin = LOW;
            send_error_message("le cadenas est bloqué et
ne peut s'ouvrir");
        }
    }
    prev_sensor_1 = sensor_1;
};

```

Figure 6. Prototype du code

2.2.3. Connexion de la carte à l'application et tests

Une fois le code terminé, il fallait connecter la carte avec l'application d'idefleet afin de tester le cadenas. Nous avons donc ajouté une carte sim (oui, comme dans les téléphones portables !) à la carte pour la connecter au réseau, ensuite nous avons ajouté le cadenas en tant que véhicule dans les bases de données. Enfin, j'ai installé l'application mobile sur mon téléphone afin de tester si le fait de scanner le QR code du cadenas permettait bien de l'ouvrir et débiter la location.

En me créant un compte pour ce test, j'ai découvert un bug. En effet n'ayant pas compris qu'en plus de créer un compte sur l'application web il fallait créer un autre compte pour l'application mobile, j'ai essayé de me connecter sur l'application mobile avec mes identifiants

de l'application web, ce qui a marché mais seulement à moitié. Effectivement, j'étais connecté mais sous un type d'utilisateur qui n'était pas sensé pouvoir se connecter sur l'application mobile, ce qui signifie qu'il était possible de se connecter de manière visuelle (mais sans avoir accès aux fonctionnalités) en rentrant une adresse mail inexistante dans les bases de données et un mot de passe valide (présent dans les bases de données). Ce bug identifié a été décrit au développeur back-end qui s'en est chargé.

Pour reprendre le test, j'ai créé un compte sur l'application mobile, ce qui m'a permis de scanner le QR code et le cadenas s'est bien ouvert.

Un autre problème est survenu. Nous avons ajouté un buzzer qui sonnait si l'accéléromètre de la carte détectait des secousses (pour empêcher toute tentative de vol). Or le simple fait d'ouvrir le cadenas déclenchait le buzzer (l'ouverture, se faisant via un ressort, est un peu violente). Il fallait donc changer le code pour que le buzzer ne sonne que quand il le fallait (provisoirement, nous l'avons désactivé, mais à terme, le code sera changé pour baisser la sensibilité de l'accéléromètre).

En essayant de changer le code pour désactiver le buzzer nous avons découvert un autre bug qui nous empêchait de mettre à jour la carte à distance et qui était liée à la mise à jour du serveur. Ce nouveau bug étant résolu il ne nous restait plus qu'à monter d'autres cadenas.

Conclusion

Pendant cette semaine de stage chez idemoov, j'ai pu participer à la réalisation d'un projet connecté : lundi matin nous partions de presque rien et vendredi soir nous avions trois cadenas complets. Le projet du cadenas connecté n'est pas terminé : si en effet l'objet en lui-même l'est, le code, lui, nécessite encore quelques ajustements afin de le rendre compatible avec le reste des éléments du projet. Un exemple d'adaptation serait de réactiver le buzzer mais en baissant sa sensibilité.

J'ai personnellement apprécié de travailler sur un projet réel, de pouvoir mettre en pratique mes connaissances et compétences dans ce domaine (soudure, électronique, programmation, impression 3D...) et de pouvoir travailler sur du matériel professionnel. J'ai aussi pu vérifier que l'informatique et l'électronique sont interdépendants et donc qu'il est important d'avoir des bases en électronique car on peut vite être amené à travailler sur du hardware.

Ce stage m'a permis de voir un nouveau secteur de l'informatique : le développement et la programmation embarquée. Mon projet d'études en informatique privilégiant la pratique s'est trouvé renforcé par cette expérience.

Résumé

Le stage qui fait l'objet de ce rapport a été réalisé au sein d'idemoov, la structure de recherche et développement du groupe MD6, entreprise de services du numérique. Ce stage a principalement porté sur la réalisation d'un cadenas connecté dans le cadre du projet idefleet. Ce cadenas permettra de mettre en location des vélos mécaniques, et il utilise une application mobile permettant de visualiser les vélos à louer sur une carte. Dans le cadre de la semaine de stage, il s'est agi d'adapter d'anciens cadenas, d'analyser le fonctionnement d'un moteur et de deux capteurs ainsi que de programmer ce nouveau cadenas.

Summary

The internship that is the subject of this report was undertaken at idemoov, the research and development arm of the MD6 group, a digital services company. The main focus of the internship was the development of a smart bicycle lock that is part of the idefleet project. This padlock will enable the renting of non-electric bicycles, and uses a mobile application that shows the hire bikes on a map. The tasks for the week involved adapting old padlocks, analysing the operation of a motor and two sensors, and programming the new padlock.