

Départements Matériaux et Systèmes embarqués

Compte rendu final projet collectif
ASAC-Bioponie

18 avril 2019



Antoine Kristanek
Corentin Delbarre
Théo Guiguitant
Nyl Cordon

Taha Mansouri
Bastien Bonte
Johann Raillard
Sarah Liédot

1. Introduction	3
2. Objectifs et périmètre du projet	3
2.1. Partie IESE 3	
2.2. Partie MAT4	
3. Organisation et répartition des tâches	5
3.1. Partie IESE 5	
3.2. Partie MAT6	
4. Avancement du projet	8
4.1. Avancement IESE 8	
4.2. Avancement MAT 9	
5. Points forts et à améliorer, difficultés rencontrées	11
5.1. Partie IESE 11	
5.2. Partie MAT11	
6. Conclusion, bilan et perspectives	12
7. Annexes	14

1. Introduction

En 2050, selon une étude de l'ONU la population mondiale atteindra 10 milliards d'habitants. Comment nourrir toutes ces personnes ? L'agriculture intensive, bien qu'efficace montre ses limites par la pollution des sols ainsi que l'appauvrissement des terres cultivables en nutriments. Pour se centrer sur la France, 80% de la population étant citadine, il est nécessaire de mettre au point différentes méthodes pour cultiver en milieu urbain. Et si une autre agriculture était possible, combinant les nouvelles technologies et des méthodes de culture viables et respectueuses de l'environnement ?

C'est dans cet esprit qu'est née l'idée d'installer une serre connectée à Polytech. Le but étant d'utiliser des techniques de permaculture, c'est-à-dire s'inspirant de l'écologie naturelle (biomimétisme) et de la tradition. Dans notre cas ce sont les techniques de l'aquaponie et de la bioponie qui sont utilisées.

L'aquaponie est une technique de culture qui combine l'élevage de poissons et la culture des végétaux. Dans un système aquaponique l'idée est de réduire au maximum la production de déchets. A l'aide de bactéries présentes dans les bassins, les déjections des poissons et principalement l'ammoniac sont convertis en Nitrites puis en nitrates pour les plantes. Ainsi il y a création d'un écosystème semi-autonome. La bioponie quant à elle est une méthode de culture des plantes hors sol où l'on n'utilise pas de poisson mais l'on fournit directement les nutriments organiques que les plantes ont besoin dans l'eau.

Au centre de notre structure constituée de deux bassins noirs se situent des colonnes de culture Zipgrow suspendues afin que l'eau soit récupérée. Les plantes poussent à l'horizontal dans les tours et sont alimentées en eau et nutriments par des pompes reliées aux bassins. Le tout est contrôlé par un Raspberry Pi sous windows IoT avec pour l'instant quatre capteurs connectés, température dans la serre, température de l'eau, Ph et humidité.

Actuellement la serre fonctionne en bioponie du fait du problème de s'occuper des poissons pendant les vacances. L'idée est donc de trouver des solutions pour surveiller et automatiser la serre, où la mise en place de plus de capteurs, l'automatisation du remplissage d'eau et le chauffage et l'éclairage de la serre ne sont que des exemples. Tout ceci afin d'aider la cellule serre du BDH dont la responsabilité est d'avoir un rendement maximal et de mettre des poissons tout en respectant l'environnement.

2. Objectifs et périmètre du projet

Ce projet d'automatiser la serre est dans un premier temps divisible en deux parties bien distinctes. Une partie concernant les étudiants en IESE et une partie concernant les étudiants en Matériaux. Nous allons donc expliquer les objectifs de chacun des deux groupes. Il est important de noter que durant le second semestre nous travaillerons ensemble sur un objectif commun.

2.1. Partie IESE

Du côté IESE, nous avons essayé de répondre à une problématique. La bioponie est un système de culture fragile et sensible qui peut se dérégler facilement. Nous avons alors cherché dans un premier temps à travailler sur un moyen de monitorer notre système pour anticiper ce qui pourrait venir le déséquilibrer. Et dans un deuxième temps d'agir sur le système en fonction de celui-ci. Nous souhaitons avoir une serre qui ne nécessite pas de présence humaine permanente, nous proposons donc une solution de gestion à distance de la serre et d'automatisation. Dans cette optique, on utilise des capteurs qui permettent de mesurer des grandeurs physiques caractéristiques de notre système. On s'intéresse notamment au pH, à la conductivité, à l'oxymétrie et à la température. La partie capteur est basée sur le shield développé par AtlasScientific.

Nous voulons ensuite que ces données soient disponibles à distance. Le LoRa va établir la connexion entre notre serre et internet. Cette technologie répond très bien à deux contraintes que l'on rencontre dans ce type de projet. Premièrement, elle permet des connexions sur de grandes distances et avec des infrastructures réduites. Elle permet également de ne pas dépendre d'une source d'énergie importante puisque le LoRa est parmi les technologies de transmission les moins consommatrices d'énergie. Dans notre cas, la serre n'est pas dans un lieu spécialement reculé, mais le LoRa permet une souplesse de l'installation très intéressante dans l'optique de pouvoir l'adapter à un maximum de situation. Nous utilisons le shield basé sur le modem SX1272 et le Réseau LoRa WAN développé sur l'université ainsi que le réseau collaboratif The Things Network.

Enfin, l'objectif suivant est l'utilisation des mesures, deux aspects y sont intéressants. L'un est la consultation en temps réel de l'état de la serre par l'utilisateur au travers d'une interface Homme-machine simple permettant de connaître l'état de la serre. Nous cherchons à rendre le système le plus simple et le plus robuste possible pour assurer la meilleure continuité dans le suivi des cultures.

Le second aspect est quant à lui plus analytique. Nous voulons stocker les données issues de la serre afin de les étudier. Cela va nous permettre d'analyser, après coup, les conditions qui ont pu conduire à la formation de maladie ou de déséquilibre dans le système ou de comprendre les conditions qui sont les plus bénéfiques pour nos cultures. Nous pouvons aussi imaginer un partage de ces données issues de la serre et la création de réseaux d'instrumentation de culture pour apporter des données à plus grandes échelles sur ce qui touche ces cultures à l'échelle d'un pays ou d'un continent.

Enfin, nous voulons agir sans que la présence humaine soit nécessaire. Nous agissons sur le dosage d'engrais en fonction de données que nous aurons récoltées. Le niveau d'eau est lui aussi à surveiller et devra être adapté au mieux. Cette dernière partie est le lien entre les deux groupes, matériaux et IESE, afin de trouver des solutions innovantes et qui soit le plus sûr possible.

On cherche en fin de compte à libérer l'utilisateur un maximum pour que l'entretien de la serre ne représente pas un fardeau et par conséquent les cultures bioaponie se développent.

2.2. Partie MAT

En début d'année, notre principal objectif était de poser un plancher, puis si le temps le permettait d'installer un système de récupération d'eau et un système de chauffage écologique de la serre. Le plancher avait pour seul but d'être esthétique. Lors de la prise en main du projet, le sol était simplement recouvert par une bâche noire. Nous voulons réaliser un sol plus joli ; la réalisation nous occupant pendant la totalité du premier semestre, nous avons pu consacrer la majorité du second semestre aux autres objectifs.

Le système de récupération d'eau va nous permettre d'utiliser cette eau pour remplir les bacs lorsque le niveau d'eau est trop bas. Notre objectif est de placer des bacs d'eau à l'extérieur de la serre, sous les gouttières du toit et de les relier par des tuyaux jusqu'aux bacs présents dans la serre. Cette solution apporterait d'une manière écologique l'autonomie du niveau d'eau des bacs. De plus nous savons que les bacs perdent très peu d'eau donc nous aurons probablement toujours de l'eau pour les remplir.

A propos du système de chauffage de la serre, l'objectif est de trouver un moyen écologique de chauffer l'eau de la serre, ce qui chaufferait aussi l'air de la serre. Cette solution a pour but de préserver l'organisme des plantes pendant l'hiver. Cependant, après réflexion nous avons décidé que cet objectif n'était pas nécessaire. Les raisons de ce choix seront détaillées par la suite.

Enfin, un autre objectif s'est ajouté au cours du projet sur demande des IESE. Le porte capteur utilisé pour les capteurs immergés dans les bacs de la serre était une simple ventouse qui se décollait sans cesse. Nous voulons réaliser un nouveau porte capteur, qui soit simple pour pouvoir en fabriquer

rapidement d'autres si besoin. En effet, plusieurs capteurs (température, pH etc) seront immergés dans l'eau, il fallait donc trouver un moyen de les stabiliser afin d'assurer de bonnes mesures.

3. Organisation et répartition des tâches

Nous allons maintenant étudier la partie organisation du projet qui nous permettra de mener au mieux celui-ci. Nous divisons une fois de plus cela en deux parties puisque nous avons travaillé de cette façon. Même si nous faisons des bilans à chaque séance entre les deux groupes pour éviter de ne pas comprendre ce que fait l'autre groupe, mais pour aussi donner notre avis.

Durant le premier semestre nous nous sommes très rapidement mis en route sur le sujet. Cela est dû au fait que plusieurs personnes connaissaient bien le projet par avance. Tout d'abord Antoine, faisant partie du BDH a pu présenter à tout le monde la serre et expliquer en quoi ils avaient besoin de nous. Ensuite Théo connaissait bien le projet du fait qu'il a fait un projet similaire l'année précédente et a donc utilisé le protocole de communication LoRa à mettre en place. Pour finir, Bastien qui lui était déjà au sein du projet l'année précédente. Ce qui nous a donc amené naturellement sur le fait que Bastien mène le groupe pour la poursuite du projet.

Nous avons dans un premier temps échangé tous ensemble sur le projet afin de définir les objectifs et que tout le monde comprenne le projet puisque l'année précédente cela a été un facteur déterminant dans l'avancée du projet. Une fois que cela a été fait nous nous sommes séparés en filières puisque nous devons atteindre des objectifs différents. Dans chaque groupe nous avons défini une personne qui permettra de faire avancer le groupe mais aussi d'échanger avec l'autre groupe afin de ne pas perdre de vue l'ensemble du projet. Au sein du groupe de Matériaux le représentant est Johann et dans le groupe de IESE c'est Bastien.

3.1. Partie IESE

Concernant le groupe IESE nous avons défini au clair nos objectifs pour enfin répartir les tâches. Nous avons deux parties principales à traiter, la communication avec le module LoRa et la prise en main de tous les capteurs. La distribution des tâches s'est faite naturellement puisque Théo et Bastien ont déjà travaillé sur le LoRa cela leur permet de continuer. De ce fait, ce protocole est complexe, donc l'expérience passée pour chacun a été déterminante.

Ainsi la partie de mise en œuvre du code permettant le fonctionnement des capteurs est faite par Nyl et Antoine. Mais dans un premier temps Antoine a travaillé sur un capteur en particulier pour enfin rejoindre Nyl sur des capteurs, plus complexes mais essentiels au projet.

Il est important de noter que nous avons choisi de travailler au maximum en binômes afin de garder un dynamisme et éviter d'être bloqué sur un problème. De plus nous travaillons tous les quatre à la même table pendant les séances de projets collectifs ce qui permet d'avoir un échange possible à tout moment avec l'autre groupe.

Au second semestre nous avons gardé un fonctionnement similaire du fait de notre avancée sur le projet. A l'aide du bilan intermédiaire nous avons remarqué que nous étions dans les délais et que ce mode de fonctionnement nous correspondait et nous permettait d'avancer malgré des difficultés notables sur le LoRa.

En ce qui concerne l'instrumentation des capteurs, Antoine et Nyl ont encore travaillé de concert pendant une bonne partie du temps notamment pour la transition Arduino/Mbed. Une fois le principal problème d'adaptation du code résolu, Antoine est parti sur d'autres parties du projet alors que Nyl finissait de rendre le code propre avec l'assistance de Théo durant les toutes dernières séances du projet. Une fois les capteurs instrumentés, Nyl a réalisé la calibration où cette fois-ci il était accompagné de Théo.

Antoine de son côté a ensuite travaillé sur l'alimentation des capteurs et la carte STM32. En effet actuellement il n'est pas possible d'y avoir "proprement" accès. Ainsi il était nécessaire de mettre en place ces alimentations. Antoine a cherché à connaître le circuit électrique de la serre notamment en allant visiter la serre MyFood au bâtiment GreenEr à l'Ense3. Par manque de temps, cette partie s'est arrêtée sur la recherche théorique.

La partie LoRa a toujours été assurée par Théo, mais avec moins d'aide de la part de Bastien puisqu'il travaillait plus avec les matériaux et du fait de la présence des RICM. En effet Théo a travaillé en collaboration avec un groupe d'étudiants RICM afin de réussir la communication LoRa. Leurs échanges ont été verbaux mais aussi par l'intermédiaire de Messenger où étaient présent plusieurs groupes travaillant sur le LoRa. Cela a été bénéfique puisqu'ils ont fini par réussir ensemble.

Une fois cela réussi et l'instrumentation des capteurs finie nous devons mettre en commun les codes. Pour cela Nyl et Théo ont fonctionné en binôme comme ils ont l'habitude de faire durant différents TP. De ce fait ils ont été rapides et efficaces et nous ont permis d'envoyer nos données en LoRa. Au cas où nous aurions des difficultés pour transmettre nos données, Antoine a travaillé seul sur l'affichage des données sur un écran LCD qui n'a pas pu aboutir.

Ainsi nous avons gardé un fonctionnement similaire jusqu'à mettre en commun les deux grandes parties de notre projet. Cela a bien fonctionné et nous avons été efficace tout en travaillant dans une bonne ambiance.

3.2. Partie MAT

Au début du premier semestre, la première étape a été d'identifier les objectifs du projet et de choisir ceux que l'on voulait réaliser. Nous avons décidé de commencer par faire le sol car cela nous semblait logique et que Mr Palix voulait faire une inauguration de la serre fin 2018. Une fois l'objectif fixé, nous avons élaboré un planning prévisionnel, nous permettant d'avoir un repère temporel. Nous nous sommes fixés des objectifs à chaque séance pour progressivement aboutir à l'objectif final.

Nous nous sommes réparti les tâches pour commencer notre étude : Sarah et Johann ont pris les mesures de la serre et en ont dessiné un plan pendant que Corentin et Taha faisaient une étude comparative des solutions et des prix entre les différents fournisseurs pour le plancher de la serre. Nous avons ensuite mis en commun nos résultats pour décider de faire le sol de la serre en bois car ce serait plus joli et que c'était la solution la plus évidente. A ce moment, les vacances d'octobre arrivaient, donc nous nous sommes mis d'accord pour que chacun de notre côté nous recherchions des solutions pour faire une terrasse. Ainsi, à la rentrée nous avons plusieurs solutions possibles et nous avons choisi la meilleure au niveau du prix et de la faisabilité. Taha a ainsi pu réaliser un devis pour le matériel nécessaire.

Le matériel commandé, nous avons pu créer des plans de pose des lambourdes et planches. Nous avons donc tout mis en œuvre pour être prêts quand nous aurions notre matériel. Une fois le matériel reçu, les séances étaient uniquement consacrées à la découpe des planches. Corentin coupait les lambourdes à la scie manuelle, Taha et Johann les planches à la scie sauteuse pendant que Sarah dirigeait les opérations. Puis Mr Palix a apporté une scie circulaire pour nous aider, donc il a découpé tout le reste des planches et lambourdes avec Corentin et Taha pendant que Johann et Sarah traçaient les traits de découpes et disposaient les morceaux coupés dans la serre.

Parallèlement à cela, nous avons effectué un bilan à chaque fin de séance pour remplir le planning prévisionnel et ainsi avoir à l'esprit les futures tâches à effectuer lors de la séance suivante. La répartition des tâches se faisaient naturellement en fonction des envies et des préférences de chacun. Nous trouvions qu'il était intéressant de laisser un temps de réflexion personnelle pour trouver des solutions aux objectifs et de les mettre en commun par la suite pour en discuter. Cette méthode a été concluante donc nous l'avons réitérée tout au long du projet.

Afin d'éviter un manque d'information entre la partie IESE et Matériaux, Johann et Bastien communiquaient fréquemment sur l'avancement du projet dans chacun des groupes. Quelques fois, Bastien venait au sein du groupe de Matériaux afin d'échanger sur les solutions apportées par les Matériaux.

Au commencement du second semestre, il a été nécessaire de se répartir de nouveau les tâches, ceci en fonction des préférences et des compétences de chaque membre du groupe, afin de travailler de la manière la plus efficace possible.

La première étape a été de terminer la fixation du sol de la serre pour finir le travail du premier semestre. Pour cela, nous avons travaillé pendant les séances prévues le jeudi matin et durant un après-midi, en fonction de nos disponibilités. Corentin, Johann et Sarah sont allés au Fablab du campus afin de découper des pavés (30mm x 30mm x 5mm) de plexiglas, à coller sous les lambourdes afin de les protéger des flaques d'eau sur la bâche de la serre. Puis Johann, Bastien et Théo ont travaillé ensemble sur la finition du sol un après-midi et il a suffi d'une demi-journée pour finir la quasi-totalité du travail. Toujours avec l'aide de Mr Palix, qui réalisait les dernières coupes, certains disposaient les planches et les maintenaient fermement sur les lambourdes pendant que l'un du groupe les vissait entre elles.

Chaque nouvelle séance, nous faisons un bilan de l'avancement du projet et réestimons la date de finition du sol, ceci afin de commencer à réfléchir sur les prochains défis. Parallèlement à la finition du plancher, nous avons commencé à travailler sur un système pour stabiliser les capteurs immergés. Chacun a proposé une solution, et nous avons retenu la solution de Sarah : un flotteur sur lequel on fixerait les capteurs. Nous avons proposé l'idée aux IESE pour avoir leurs avis, savoir si notre solution allait répondre à leurs besoins. L'idée confirmée, nous avons pu passer à la réalisation, qui nous a pris qu'une séance donc nous pouvions maintenant nous consacrer à l'objectif suivant. Le but est d'installer des récupérateurs d'eau de pluie pour rendre la serre toujours plus autonome, notamment pendant l'été, période durant laquelle il est plus compliqué d'être présent pour s'occuper de la serre. Ces récupérateurs d'eau permettront, une fois installés, de maintenir un niveau d'eau minimum dans les bacs de la serre, pour pallier l'évaporation de l'eau, ceci de manière intelligente. Une fois encore, pour cette partie du projet, nous nous sommes réparti les tâches. Nous avons tous ensemble, Matériaux et IESE, effectué des calculs permettant de connaître les taux de précipitations moyens sur l'année, et plus particulièrement pendant l'été, afin d'estimer le volume des bacs de récupération d'eau adéquat. Nous avons schématisé plusieurs systèmes différents que nous avons proposé à Mr Palix, tout en prenant en compte la taille maximale des bacs. Nous avons choisi une solution et Corentin et Sarah ont été chargés de prendre des mesures précises de la serre, nécessaires à ce futur dispositif, et de créer un schéma du système permettant à tous de le visualiser correctement.

Une fois notre décision prise, il a fallu établir deux devis comparatifs afin de commander le matériel. Deux expéditions ont alors été menées par les membres du groupe, une première fois par Johann, Théo, Corentin et Sarah, et une seconde par Johann, Corentin et Bastien. Il était alors question de choisir les outils les mieux adaptés à notre système, ceci à un coût raisonnable. Maintenant, il est question d'attendre que le matériel soit disponible pour pouvoir commencer la réalisation du dispositif de récupération d'eau. Une première étape a été réalisée par Bastien et Johann, à savoir la fixation du capteur de niveau d'eau.

Une fois encore, il a été nécessaire d'établir un lien entre les IESE et les MAT, car le projet de récupérateur d'eau nécessite des compétences provenant des deux filières, et afin d'éviter tout manque d'information. Ce lien a très bien été maintenu par Bastien, notre chef de projet, d'autant plus qu'une ambiance agréable et dynamique a été maintenue dans le groupe tout au long de l'année.

4. Avancement du projet

Maintenant que nous avons défini notre méthode d'organisation nous allons développer notre avancée sur le projet. Nous divisons cette partie pour avoir d'une part l'avancée du groupe des IESE et de l'autre celui des Matériaux.

4.1. Avancement IESE

Nous allons dans cette partie expliquer l'avancement de la partie IESE. Celle-ci s'oriente vers deux axes qui se joindront par la suite. Pour commencer, la gestion du système LoRa pour la communication des données mesurées par les capteurs, et dans un second temps, la gestion des capteurs pour réaliser les différentes mesures.

Durant la première séance nous avons assisté à une présentation du module LoRa par un élève de IESE3 ayant fait son stage dans ce domaine. Tout le groupe étant présent cela a permis la compréhension du fonctionnement de base de ce module.

Par la suite nous nous sommes répartis les tâches, Nyl et Antoine s'occuperont de la partie des capteurs, Théo de la partie LoRa avec l'aide de Bastien qui était dans ce projet l'année dernière et qui s'occupera entre autre de la gestion du groupe, aussi bien des Matériaux que des IESE. En parallèle de cela, Théo a pris le temps d'une séance pour mettre en place un Git sur tous nos ordinateurs afin qu'on puisse partager nos travaux plus facilement et d'avoir une base de données communes pour suivre l'avancée du projet. Avec cela il a expliqué à tous les membres du groupe son fonctionnement.

Nous avons un Shield fonctionnant sur STM32 Nucléo doté de différents capteurs (température, humidité de l'air...), Antoine s'est occupé de cette partie, qui nous a servi notamment à évaluer la température de la carte lorsqu'elle est en fonctionnement, ce qui pourrait être susceptible de perturber les mesures si le Shield est branché dessus. Malheureusement nous nous sommes rendu compte que ce capteur ne servirait à rien puisqu'il est directement connecté à la carte ainsi la chaleur de la carte aura une influence non négligeable.

Nous avons à notre disposition un kit contenant un Shield et plusieurs capteurs du fabricant Atlas Scientific, conçus pour fonctionner sur Arduino, Nyl s'est occupé de cette partie. Il y a quatre capteurs qui peuvent se connecter dessus, un capteur de température de l'eau, un de pression atmosphérique, un de conductivité de l'eau et un d'oxymétrie. Tous ces capteurs se branchent donc sur le Shield Tentacle fourni avec, qui est lui-même branché sur la carte Arduino. L'avantage considérable de ce composant est qu'il dispose d'une documentation bien expliquée, avec différents codes exemples, notamment un code de quick start qui nous permet de configurer rapidement les capteurs et de lire ce qu'ils mesurent. Nyl a pu tester les différents capteurs sans problème avec une Arduino et vérifier leur bon fonctionnement.

Cependant, une réflexion était nécessaire, quel type de carte allons-nous utiliser au final. Nous avons le choix entre une Arduino, une STM32 Nucléo ou encore un Raspberry. Le Raspberry peut être une bonne solution, mais cette carte ne dispose pas de la même disposition des pins que les deux autres, une carte d'adaptation serait donc nécessaire. De plus une Raspberry est trop puissante par rapport à l'utilisation que l'on en fera. Nous avons échangé avec M. Palix et il souhaite que nous regroupions tout sur une carte STM. Nyl et Antoine se sont donc mis à la transition. Le Shield Tentacle peut communiquer soit en UART, soit en I2C, nous avons décidé de le configurer pour qu'il puisse communiquer qu'en I2C afin de faciliter le branchement et la possibilité d'ajouter d'autres capteurs par la suite s'ils ont une adresse d'utilisation différente. L'I2C facilite ceci, nécessitant seulement deux ports, un réservé à l'horloge de fonctionnement (SCL) et l'autre au bus de données bidirectionnel (SDA). Le passage de l'Arduino vers la STM32 ne fut pas aussi facile que nous l'imaginions, sans le programme conçue pour l'Arduino nous devons écrire toutes nos trames I2C nous-même, nous avons dû réaliser un long travail de lecture de datasheet pour comprendre le

fonctionnement de l'I2C sur la STM32 n'ayant pas beaucoup d'aide sur internet concernant ces cartes. Au final, nous avons réussi à débloquer la situation en résolvant un problème de décalage d'adresse notamment. En effet pour une adresse d'un esclave I2C configurée en arduino il faut décaler cette adresse de 1 vers la gauche pour être lisible sur la plateforme de développement Mbed. Le shield fonctionnant sur la STM32, nous avons pu nous occuper à réaliser les bibliothèques de fonctions sur les capteurs, notamment les fonctions de lectures, de gestion d'erreurs, de calibration... La tâche est facilitée par les datasheet de chaque capteur qui sont très bien faites. Nous avons même commencé à concevoir une petite interface sur le terminal en série pour pouvoir calibrer les capteurs.

Concernant la deuxième partie, sur le module LoRa dont s'occupaient principalement Théo avec l'aide de Bastien. Théo et Bastien se sont répartis sur deux microcontrôleurs différents, Bastien sur Arduino et Théo sur la STM32, en commençant par utiliser chacun la plateforme de communication The Things Network. Au moment du bilan intermédiaire, Théo avait réussi à faire fonctionner son module LoRa avec le mode de transmission ABP mais pas avec le mode OTAA. De son côté, Bastien qui était également occupé avec les tâches de gestion du groupe n'a pas réussi à faire fonctionner le module LoRa sur l'Arduino, aussi bien en ABP qu'en OTAA. D'autres problèmes sont à noter comme la difficulté de se connecter à des antennes du fait de la portée du module LoRa en ville. Ils ont également assisté à une autre conférence sur le campus (IMAG) donnée par Didier Donsez, sur le LoRa Server, ce qui nous a décidé de basculer vers l'utilisation du LoRa Server. Il y a une antenne sur le toit de Polytech depuis peu et il y a déjà des antennes sur le campus, il sera donc bien plus simple pour nous de tester nos modules. Pendant le semestre 8, Théo a continué de travailler sur le code pour pouvoir faire fonctionner le module LoRa et pouvoir communiquer avec l'antenne de Polytech. Théo a fini par réussir à faire fonctionner parfaitement le module, aussi bien en OTAA, APB et TTN, il communique avec l'antenne de Polytech et nous travaillons avec les RICM qui s'occupe de l'exploitation des données. Nous utilisons le protocole OTAA pour communiquer (équivalent à une association bluetooth).

4.2. Avancement MAT

Parmi nos différentes tâches nous avons placé le sol de la serre en priorité car il s'agissait de l'objectif principal de ce projet pour les étudiants matériaux, et que Mr Palix voulait faire une inauguration de la serre en fin d'année.

Nous avons commencé par prendre les mesures de la serre afin d'établir un plan détaillé des dimensions (*Figure 1*). Ce plan nous a servi à réfléchir au type de sol que nous voulions poser, ainsi qu'à estimer le coût des travaux que nous réaliserions. Au vu de l'humidité de la serre et du budget dont nous disposons, nous avons très vite orienté nos réflexions vers du bois résistant à l'eau. Nous avons opté pour du bois classe IV, permettant de l'utiliser en contact permanent avec de l'eau, ce qui nous assure une excellente résistance à l'humidité. Afin d'optimiser l'aération du sol et d'éviter les câbles trainant au sol, nous avons décidé de d'abord poser des lambourdes au sol puis de fixer des planches par-dessus (*Figure 2*).

À l'aide du plan nous avons estimé le nombre de planches et lambourdes qu'il nous faudrait. Nous avons alors établi un devis détaillé chez Castorama après avoir comparé différents sites pour trouver le meilleur rapport qualité prix entrant dans notre budget. Afin de prévenir d'éventuelles erreurs de calcul ou par la suite de mauvaises coupes, nous avons demandé quelques planches et lambourdes en plus que ce qu'il nous fallait réellement.

Ce devis a été envoyé à Mme Ziener qui nous a fait un bon de commande avec le montant exact des produits que nous voulions. Nous nous sommes alors rendu en magasin avec Mr Palix à l'aide du Renault Traffic de l'école afin de récupérer nos produits, et nous les avons entreposés dans la serre en attendant les travaux.

Durant les séances suivantes nous avons coupé les planches et lambourdes à l'aide d'une scie sauteuse et d'une scie circulaire (*Figure 3*). Lors du bilan intermédiaire, nous avons fini la coupe et la pose des lambourdes, ainsi que la grande majorité des planches (*Figure 4*). Il ne nous manquait que quelques finitions, à savoir couper et poser les dernières planches de dimensions réduites qui entourent les bacs et à fixer le tout. Nous pensions pouvoir finir ces travaux avant les vacances de Noël, mais nous avons dû annuler plusieurs séances en raison de la pluie. Lors du bilan intermédiaire nous avons prévu de terminer le sol le plus rapidement possible pour ensuite passer aux autres objectifs initiaux.

Durant le deuxième semestre nous avons cherché à terminer la première partie de notre projet c'est-à-dire finir le sol de la serre. Nous avons pris rendez-vous avec Mr Lemasson du Fablab pour utiliser la découpeuse laser. Nous avons réalisé des pavés de plexiglass (PMMA) que nous disposons sous les lambourdes pour pallier les problèmes d'inondations (*Figure 5*). En effet, nous avons remarqué que lorsqu'il pleut beaucoup, une partie de la serre a tendance à être inondée. Pour éviter que l'eau ne s'accumule contre les lambourdes, nous avons décidé de les surélever grâce à ces pavés de plexiglass. Nous avons terminé la pose du plancher début février (*Figure 6*).

Parallèlement à la finition du plancher, nous travaillions sur le porte capteur. Une fois l'idée du flotteur validé, nous avons pris rendez-vous avec Mr Mareau, professeur de polymère, pour avoir son expertise et il nous a conseillé d'utiliser un polyéthylène expansé. Nous avons découpé un bloc, puis nous l'avons percé pour faire passer le capteur (*Figure 7*). Nous avons effectué des tests pour vérifier si notre dispositif fonctionnait. L'avantage de notre solution est qu'il est très simple, le polymère ne risque pas de se dégrader au contact de l'eau. De plus, pour le moment nous n'avons qu'un capteur au centre du carré, mais nous pouvons envisager d'en rajouter quatre, un à chaque coin du bloc. Tant que le dispositif flotte nous pouvons ajouter des capteurs, et si ce n'est pas le cas nous pouvons refaire ce dispositif très facilement.

Par la suite nous avons cherché à réaliser le système de récupération d'eau. Pour cela nous avons commencé par calculer le volume d'eau récupérable grâce à la surface du toit disponible, en fonction des précipitations prévisionnelles à Grenoble. Cela nous a permis de trouver la contenance minimale des réservoirs que nous avons besoin pour l'alimentation des bacs intérieurs. Une fois la meilleure solution de système identifiée, nous avons effectué des schémas et une liste du matériel disponible (*Figure 8*). Cela nous a conduit à la demande de deux devis, un à Castorama et un à L'entrepôt du bricolage. Contrairement au devis réalisé par l'école lors du premier semestre, nous souhaitions utiliser le budget de la serre pour payer notre système de récupération d'eau. Pour le moment les devis ne sont pas validés. Nous n'avons donc pas pu commencer la réalisation du système de récupération d'eau, il ne manque que le matériel.

Par ailleurs nous avons réalisé un système pour fixer le capteur de niveau d'eau, qui fait partie du système de récupération d'eau. Nous avons utilisé une planche qu'il nous restait de la conception du plancher. Nous l'avons découpé en fonction de la largeur des bacs, puis au centre nous avons fait une entaille pour fixer le capteur. Nous avons disposé cette planche sur le dispositif qui tient les plantations (*Figure 9*).

Nous avons aussi eu une réflexion sur la conception d'un système de chauffage. Nous avons des idées, telles que l'utilisation de tuyaux de couleur noir qui permettrait de chauffer de l'eau y circulant grâce aux rayons du soleil, et qui réchaufferait l'air ambiant. Néanmoins, nous avons estimé qu'un tel système serait difficile à réaliser étant donné la faible exposition au soleil de la serre, surtout en hiver, période où nous avons le plus besoin de chauffage. Étant donné la mauvaise isolation au niveau des portes, le gain en terme de température ambiante ne serait pas significatif. De plus, si nous posons des tuyaux sur les parties de la serre exposées au soleil, les plantes en souffriraient puisqu'elles auraient par conséquent moins d'exposition. Nous n'avons donc pas donné suite à cet objectif, mais à l'avenir cela pourrait être un axe intéressant à développer.

5. Points forts et à améliorer, difficultés rencontrées

Ce projet n'est pas simple et demande une curiosité ainsi qu'une créativité afin de résoudre les différents problèmes survenus. Nous allons décrire les points forts de chacun des groupes ainsi que les différentes difficultés rencontrées et comment nous avons pu les surmonter.

Les points forts essentiels de notre groupe sont l'entente et la motivation. Nous sommes un groupe où nous nous entendons bien et nous n'hésitons pas à dire si quelque chose ne se passe pas bien ou si l'on s'interroge par rapport à un point précis. De même si une personne ne fait pas bien son travail nous n'hésitons pas à en parler. De plus nous sommes vraiment motivés par la réussite de ce projet, cela provient notamment de notre implication personnelle dans ce projet. Antoine faisant partie de la cellule humanitaire de l'école, cela nous permet d'avoir un accès facile aux clefs et également de connaître le contexte autour de la serre. Bastien et Théo ont déjà travaillé l'année précédente sur le module LoRa et cela est devenu un réel défi de l'utiliser. Nous avons vite assimilé les contraintes pour nous lancer.

5.1. Partie IESE

Nous avons eu tout de suite le matériel sur lequel nous travaillons ce qui nous évite de perdre du temps sur la recherche, l'achat et l'attente de l'arrivée du matériel. De plus ce matériel utilisé est d'une bonne qualité, notamment les capteurs de chez Atlas Scientific. Ceux-ci possèdent aussi une documentation technique complète sur leur utilisation. Malheureusement cela est réservé à l'Arduino. Nous avons utilisé l'Arduino pour tester nos capteurs mais une fois cela vérifié il nous faut passer sous STM. Cela est vraiment compliqué du fait que le langage de programmation est légèrement différent et principalement que les capteurs ne disposent pas de bibliothèques définies sur MBED.

Notre plus grand défi est le module LoRA, certes très puissant mais aussi complexe à mettre en œuvre sous STM. C'est pourquoi nous avons assisté à différentes conférences pour mieux comprendre celui-ci et nous permettre de prendre en main le protocole et de réaliser un code fonctionnel. De plus pour effectuer les tests cela est compliqué du fait de ne pas avoir sa propre Gateway afin de savoir réellement tout ce qu'il se passe lorsque nous essayons de mettre en œuvre une transmission. Le fait que les antennes soient éloignées de nos appartements ne facilite pas les différents tests chez soi. Mais avec l'aide des RICM nous avons pu trouver une solution et ensemble nous avons réussi. Un point fort de ce projet a été ce groupe sur Messenger avec des membres appartenant à différents projets mais tous en rapport avec le mode de communication LoRa.

Globalement la partie concernant le module de communication LoRA est une réussite très satisfaisante puisqu'avec plusieurs groupes nous avons réussi à dompter ce mode communication LoRa. Il nous a fallu bien communiquer parce que nous étions nombreux. D'autre part la partie de la mesure des capteurs est satisfaisante puisque nous sommes en capacité d'utiliser ces capteurs avec la STM. Nous avons donc réussi nos deux grandes parties du projet en travaillant ensemble et en s'aidant les uns les autres même avec d'autres groupes que le nôtre. Chacun s'est investi dans le projet et a pris du plaisir à travailler, ce qui nous a permis de bien le mener et d'arriver à finir la plupart de nos objectifs.

5.2. Partie MAT

L'entente au sein du groupe est très bonne, cela nous permet d'avancer de manière efficace et de travailler dans la bonne humeur. La communication est bonne et chacun est complètement impliqué et motivé par ce projet.

Concernant le groupe Matériaux, nous avons été confronté à plusieurs difficultés. La première est apparue lors du premier devis (187€) puisque les lambourdes que nous voulions n'étaient pas disponibles. Nous avons dû choisir un autre modèle, plus épaisses mais plus chers. Cela n'a pas eu

de grandes conséquences finalement puisque nous n'avons pas dépassé le budget prévu (200€) et cela n'avait pas de réels impacts sur notre sol.

Ensuite nous avons connu plusieurs difficultés lors de la découpe des planches et lambourdes. Premièrement au niveau du matériel mis à disposition, au départ nous avions qu'une scie manuelle et une scie sauteuse. La taille de la lame de scie sauteuse ne permettait pas de découper les lambourdes, nous avons donc commencé à les couper avec la scie manuelle. Par la suite, Mr Palix nous a aidé à découper avec une scie circulaire. Cependant, une de nos séances de découpe a dû être annulée en raison de la pluie, ce qui nous a poussé à travailler sur notre temps libre pour rattraper ce retard.

Au niveau de la pose, nous avons également fait face à quelques difficultés. Comme nous avons posé le sol cet hiver, nous avons été gêné par la pluie. De plus nous avons remarqué que lorsqu'il pleut beaucoup, la serre a tendance à être inondée. Pour éviter que le bois ne soit constamment au contact de l'eau, nous avons dû trouver un système pour surélever le sol. Ensuite nous nous sommes rendu compte que le sol n'était pas parfaitement plat partout. Nous avons donc adapté la position des lambourdes pour éviter d'avoir de grandes variations. De plus, la non symétrie de la serre a été clairement mise en évidence lors de la pose des planches. En effet, les rebords de la serre ne sont pas parallèles aux bords des bacs. Pour remédier à ce problème, nous allons laisser un petit jeu entre chaque planche pour gommer ce défaut. Il a également été difficile de placer les planches sous les batteries puisqu'il nous était impossible de les retirer.

Nous avons également eu des difficultés lors du devis pour le système de récupération d'eau. Nous avons fait un devis à Castorama (160,21€) ainsi qu'un devis à L'entrepôt du Bricolage (271,36€) pour comparer les prix. Cependant nous nous sommes trompés de destinataire en indiquant Polytech au lieu de l'INP. En effet c'est l'INP qui gère le budget de la serre, et Mr Palix voulait utiliser ce budget pour ce devis. Par conséquent nous n'avons pas pu recevoir le matériel à temps pour pouvoir réaliser le système de récupération d'eau.

Globalement, toutes les difficultés rencontrées ont été solutionnées sans qu'il n'y ait de grandes conséquences pour notre projet. En revanche, le problème de devis nous a empêché de réaliser notre système de récupération d'eau, il ne nous manquait que le matériel. Le groupe Matériaux est complémentaire et avance bien. Nous avons trouvé une formule qui fonctionne donc nous sommes satisfaits de notre avancement (*Figure 10*). Nous avons tout au long de ce projet eu une bonne entente. Nous avons travaillé sur différentes tâches, chacun a pu faire ce qu'il lui plaisait sans problème. Plusieurs séances ont été ajoutées en dehors des heures de projet pour avancer plus vite, en fonction des disponibilités de chacun. Nous nous sommes tous épanoui lors de ce projet, et nous avons beaucoup appris, tant sur le plan technique avec la réalisation du plancher que sur le plan de la gestion de projet. Nous étions tous impliqué dans ce projet et par conséquent tout le monde a pu en tirer des enseignements pour la suite.

6. Conclusion, bilan et perspectives

Nous allons conclure ce rapport en établissant un bilan des tâches accomplies au cours de ces deux semestres, en les comparant aux objectifs fixés par le projet au départ, et nous finirons par établir des perspectives, qui seront utiles pour l'année prochaine.

Le principal objectif attribué aux Matériaux était la pose du sol. Le projet de récupération d'eau et de chauffage dans la serre était susceptible d'apparaître si nous réalisions rapidement le plancher. Etant donné que nous l'avons fini début février, nous avons pu nous pencher sur les bacs récupérateurs. Le temps nous a manqué pour finir cette tâche, cependant nous avons d'ores et déjà réalisé le plan de réalisation avec la liste du matériel et les devis pour commander les matériaux nécessaires. De plus, nous avons déjà installé le capteur de niveau d'eau. Au cours du premier semestre, les IESE avaient demandé aux Matériaux de trouver une solution pour maintenir un capteur de température à la surface de l'eau. Après avoir cherché des solutions pour le fixer sur le bord du bac, nous avons finalement opté pour un flotteur. Le capteur est stable et les IESE sont satisfaits du

résultat. Les objectifs sont donc atteints, mis à part le système de récupération d'eau. Néanmoins, sa réalisation sera rapide une fois le matériel reçu, il n'y aura qu'à suivre le plan.

Nous avons fait deux devis pour mener à bien ce projet : un premier pour le matériel concernant le plancher s'élevant à 187€ et un second pour le système de récupération d'eau de 160€. Le premier devis a été réalisé grâce au budget de l'école, nous avons une limitation de 200€. Concernant le deuxième devis qui devait être réalisé par le budget de la serre à l'INP, nous n'avons pas de limitation de budget, nous avons tout de même pris soin de comparer les prix et de choisir le matériel adapté le moins cher.

En ce qui concerne le groupe IESE, le principal objectif était d'arriver à envoyer les valeurs de nos différents capteurs (pH, température, conductivité, oxymétrie) présents au sein de la serre par un protocole de communication sans fil et basse fréquence, LoRa. Le but étant de pouvoir suivre au quotidien les caractéristiques de la serre afin de s'en occuper au mieux.

Les objectifs ont été tenus et nous avons donc une carte, STM32, connectée à nos 4 capteurs ainsi qu'à un module LoRa nous permettant d'envoyer nos données. Nous récupérons donc nos données des capteurs afin de les envoyer sur le Serveur LoRaServer. Par la suite, les RICM font le traitement de ces données afin d'avoir différents types de visualisation accessible sur Internet. Par exemple le suivi en direct des données ou alors des graphiques permettant de voir l'évolution des caractéristiques en fonction du temps.

Malgré quelques difficultés, principalement à cause du protocole LoRa, cette partie s'est bien déroulée. Nous pensons qu'il serait adapté d'avoir plus de proximité avec les groupes RICM sur ce projet. Nous devons échanger de manière régulière et cela était compliqué du fait des horaires différents entre nos groupes. Il serait peut-être même préférable d'avoir des RICM au sein du projet. Cela serait cohérent du fait que le protocole LoRa fait plus partie du domaine de compétences des RICM que des IESE.

Afin que le groupe suivant reprenne ce projet au mieux nous avons mis nos différents codes en ligne. Et nous laissons à disposition les différents plans réalisés ainsi que les devis. Avec les données qui vont être récoltées grâce aux capteurs il sera possible de déterminer la nécessité de l'installation d'un chauffage au sein de la serre. De plus, afin de rendre plus autonome la serre il faudra réfléchir à un système permettant de distribuer des engrais nécessaires aux plantations. Un point technique à étudier sera la consommation de notre système de mesure, il faudra sûrement l'optimiser afin de diminuer au maximum notre consommation.

Nous avons pris du plaisir à travailler sur ce projet, de plus cela nous permet de développer différentes compétences que celles apprises en cours. Nous espérons que les projets collectifs continueront et peut-être ils seront amenés à prendre plus de place dans l'emploi du temps.

7. Annexes

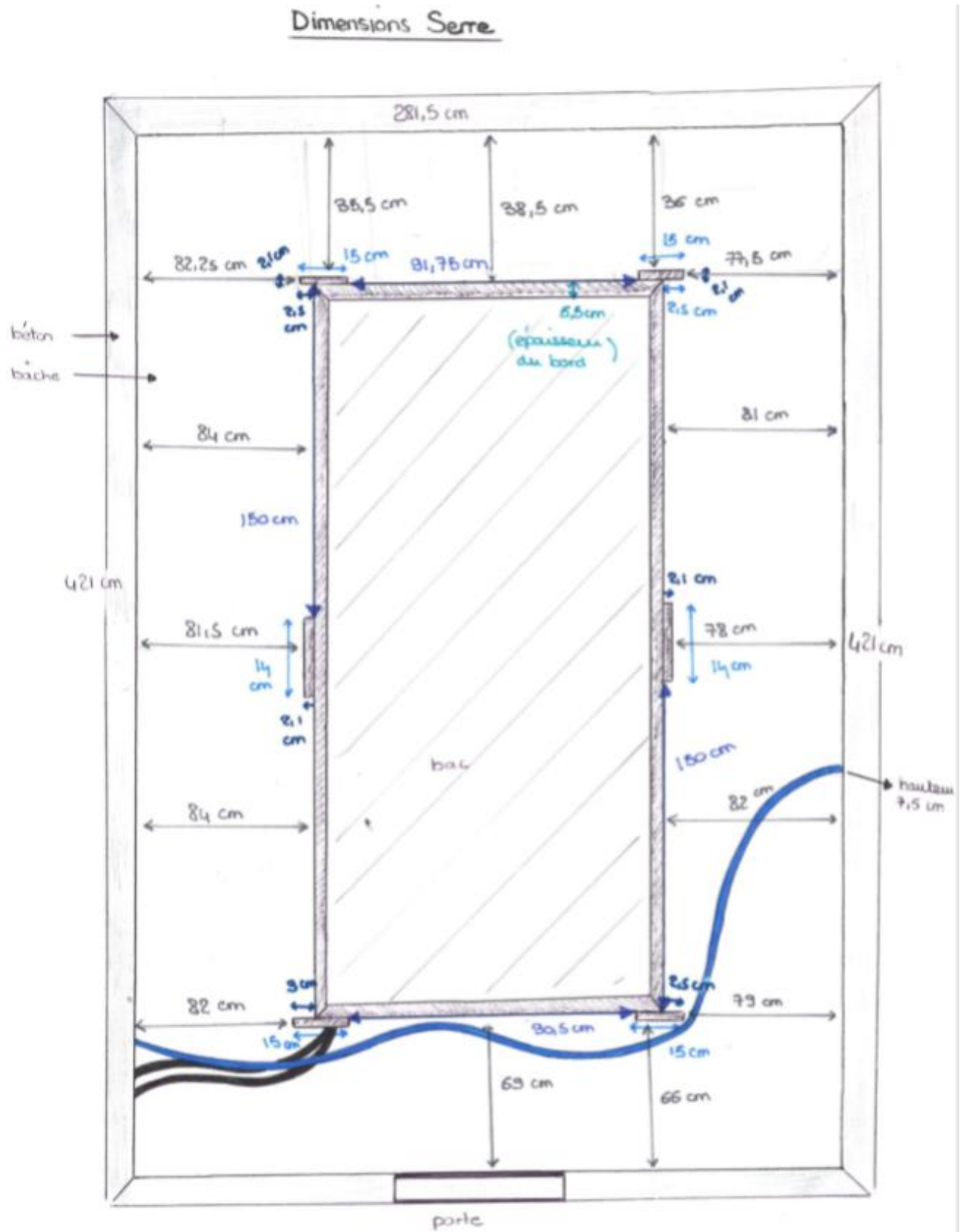


Figure 1 : Schéma de la serre vue d'en haut avec les dimensions

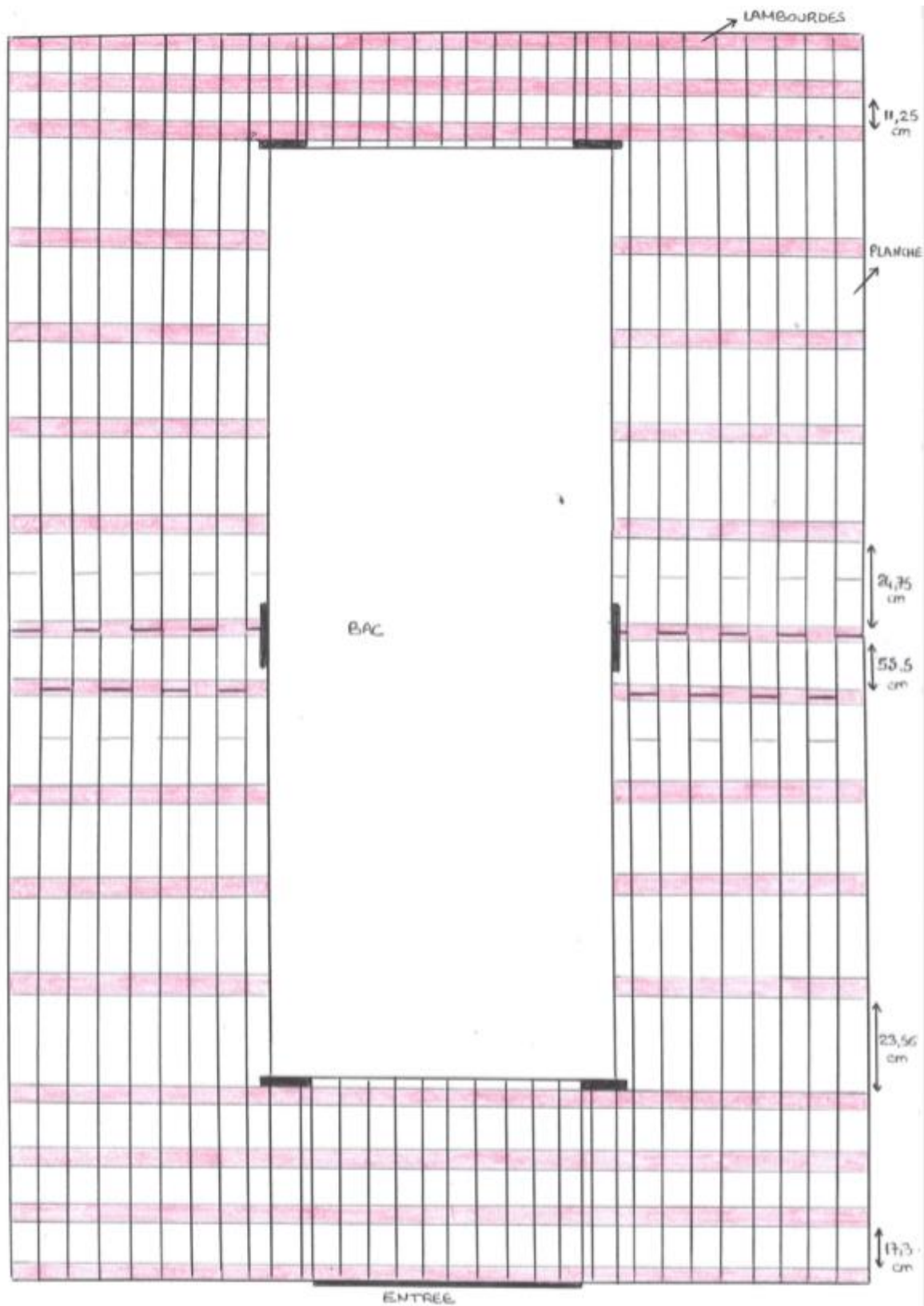


Figure 2 : Schéma de la disposition des lambois (en rouge) et des planches



Figure 3 : Photo prise lors de la découpe des planches et lambourdes

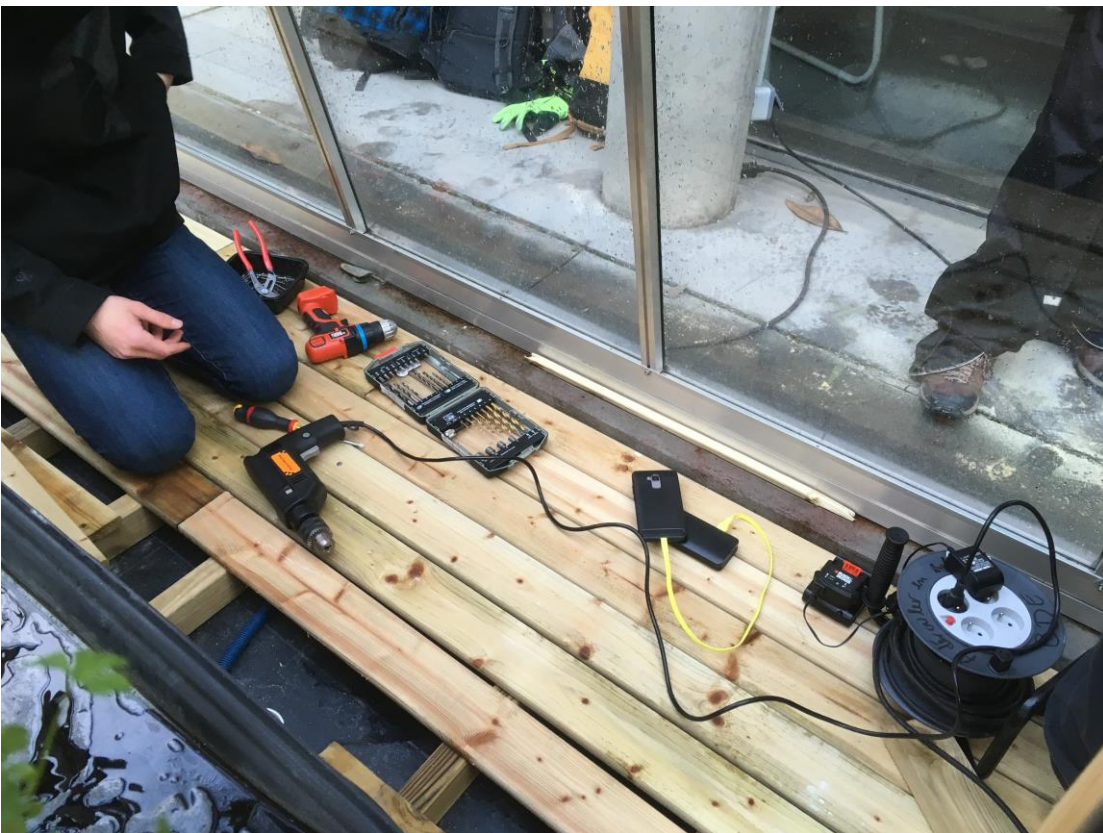


Figure 4 : Photo prise lors de la pose du plancher



Figure 5 : Photo d'une lamboard reposant sur un pavé de plexiglass



Figure 6 : Photo de la serre avec le plancher posé



Figure 7 : Photo du porte capteur

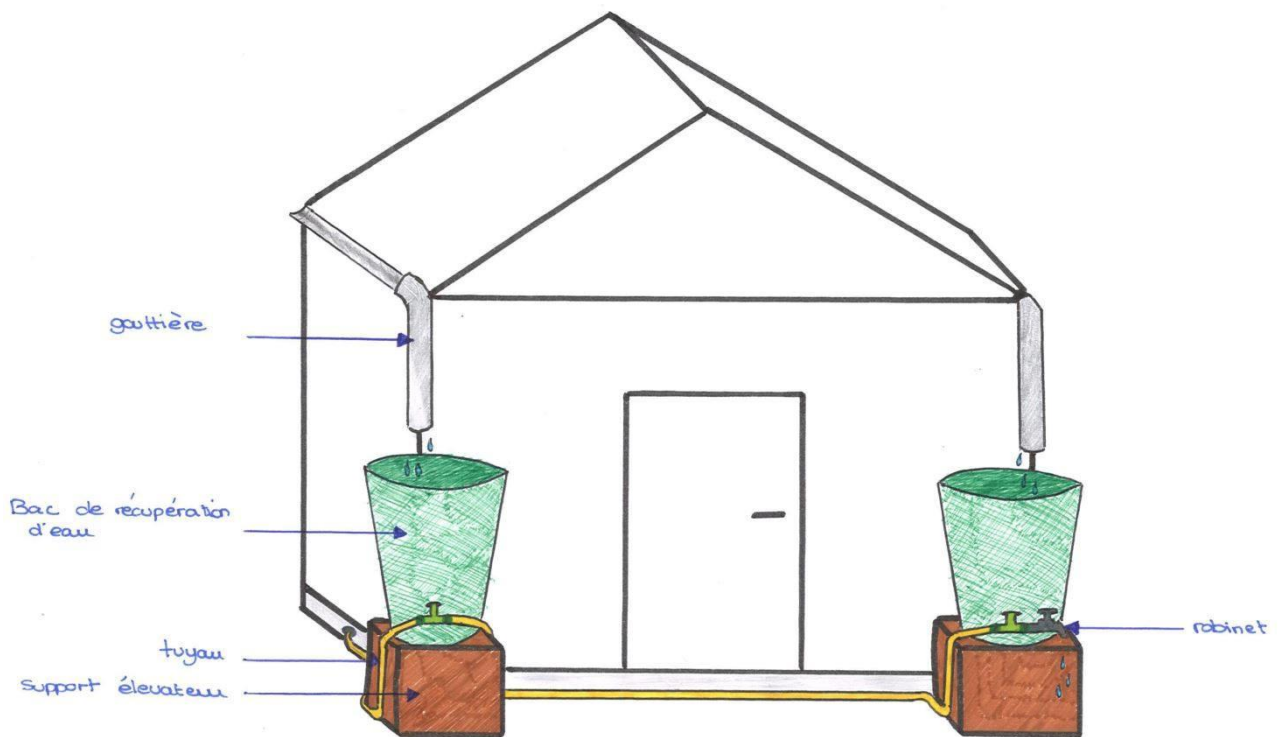


Figure 8 : Schéma du système de récupération d'eau



Figure 9 : Photo de l'installation du capteur de niveau d'eau



(a)



(b)

Figure 10 : Photos de la serre au début du projet (a) et à la fin du projet (b)