



**ISTIA – Ecole d'ingénieurs de l'université d'Angers**

**Département Génie des systèmes industriels**

62 Avenue de Notre Dame du Lac

49000 Angers



## **RAPPORT DE PROJET**

### **Supervision d'une mini-serre de jardin**



**Hugo COUILLANDRE**

**Steven CHARBOIS**

**Edouard CURE**

Année : 2016/2017

Option : AGI

Tuteur : M. Laurent AUTRIQUE



# Sommaire

---

<b>Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>Définition du sujet.....</b>	<b>4</b>
<b>Le contexte.....</b>	<b>5</b>
<b>Le sujet.....</b>	<b>5</b>
<b>La conduite du projet.....</b>	<b>6</b>
<b>1 – Organisation du projet.....</b>	<b>7</b>
1.1 Planning.....	7
1.2 Diagramme circulaire.....	8
1.3 Recherche d’information.....	9
1.4 Recherche de matériel.....	9
<b>2 – Construction de la serre.....</b>	<b>10</b>
2.1 Etablir le plan .....	11
2.2 Choix des matériaux.....	12
2.3 Isolation.....	12
2.4 Le sol.....	13
2.5 L’installation électrique et la programmation.....	13
2.6 Le système d’irrigation.....	15
<b>3 – Points d’améliorations.....</b>	<b>17</b>
3.1 La ventilation .....	17
3.2 Le chauffage.....	17
3.3 L’humidité.....	18
3.4 La lumière.....	19
3.5 Une IHM.....	19
3.6 La programmation.....	20
<b>Vécu du projet.....</b>	<b>21</b>
<b>Vécu du projet.....</b>	<b>22</b>

# Introduction

---

Dans le cadre de la quatrième année à l'IstiA, nous avons à réaliser un projet en groupe afin de mettre en pratique nos connaissances. Nous avons choisi le projet mini serre qui consiste à construire et programmer une serre dans le but de faciliter la culture des plantes présentées dans celle-ci.

Afin de mener ce projet à bien, nous avons à notre disposition 80 heures réparties sur tout le second semestre de notre quatrième année ainsi qu'un budget d'environ 300 euros qui n'a pas été dépassé.

Ce rapport comporte trois parties : la définition du sujet, la conduite du projet et le vécu de celui-ci. La première partie présente le contexte du projet et ce qui devait être réalisé. La seconde partie expose l'organisation du projet ainsi que les différentes étapes de la conception, les méthodes utilisées et les points d'amélioration pour un futur projet. La troisième partie contient des réactions personnelles sur le projet.

---

## Définition du sujet

---

## Contexte :

Afin de faciliter la supervision de la culture de légumes ou de fleurs dans une mini serre, nous souhaitons développer un système de capteurs et d'actionneurs afin de réguler la température, la luminosité et l'humidité à l'intérieur de la serre. Un site web devra permettre de programmer les consignes, d'enregistrer les mesures, de paramétrer les stratégies de régulation, et enfin de gérer les alarmes.

## Sujet :

Le travail consiste à instrumenter une mini serre prête à l'emploi et de réaliser sa surveillance : automatisation des relevés de mesures et supervision à distance des cultures. Tout cela pour un budget minimal. Le volume à réguler sera d'environ 1 m<sup>3</sup> et l'ensemble devra être déplaçable. En effet, lors des portes ouvertes, des démonstrations pourront être proposées afin de montrer les savoir-faire de la filière AGI dans le domaine des objets connectés.

L'étude complète pourra être décomposée en plusieurs parties :

- Instrumentation : choix du matériel et des emplacements puis installation des outils métrologiques. Un seul capteur de luminosité serait suffisant, mais il est possible de prévoir 6 capteurs de températures et 2 capteurs d'humidités. Ces capteurs seront connectés à une Arduino afin de collecter les données environnementales.

- Communication : les données seront communiquées sans fil afin de mettre à jour une base de données.

- Automatiser la serre : le système MIMO (plusieurs entrées et plusieurs sorties) sera étudié afin de choisir les bons actionneurs (lampe pour la lumière, résistance chauffante pour la température, brumisateur ou aération pour l'humidité). Des stratégies de commandes seront proposées, testées et validées.

- Supervision : un site web sera développé afin de permettre la consultation et l'édition du journal de bord de la mini serre ainsi que la visualisation graphique de l'évolution des mesures au cours du temps. Il permettra aussi de paramétrer la régulation et de déterminer les consignes.

---

# La conduite du projet

---

# 1 – Organisation du projet :

## 1.1 Planning

Nous avons tout d’abord établi un premier modèle pour l’organisation du projet, vous trouverez le premier GANTT établi ci-dessous.

Tâches	2016		2017													
	sem 49	sem 50	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 10	sem 11	sem 12	sem 13	sem 14	sem 15
Commande et réception des produits	■	■	■													
Construction de la maquette				■												
Choix de la carte	■	■		■												
Montage du circuit électronique					■	■										
Programmation							■	■	■	■	■					
Phase de test										■	■	■	■			
Ajustement											■	■	■	■	■	■
Supervision du système												■	■	■	■	■

Planning prévisionnel

Tâches	2016		2017													
	sem 49	sem 50	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 10	sem 11	sem 12	sem 13	sem 14	sem 15
Commande et réception des produits																
Construction de la maquette																
Choix de la carte																
Montage du circuit électronique																
Programmation																
Phase de test																
Ajustement																

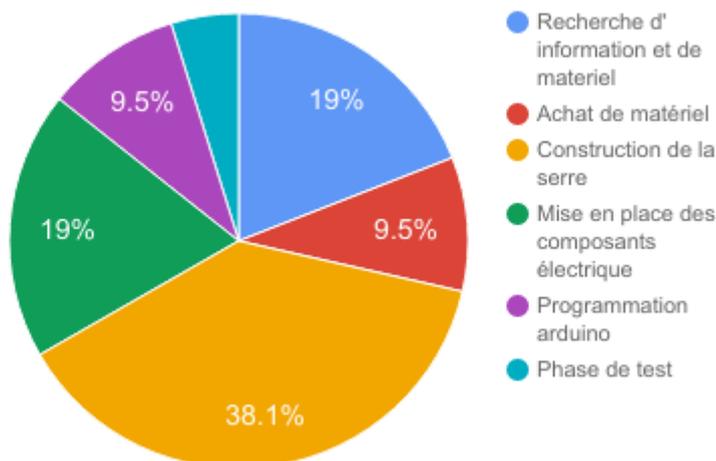
### Planning réel

Nous avons décidé d'acheter une serre déjà toute faite ce qui ne rentrait pas en compte dans le GANTT, mais après une réunion avec notre tuteur nous avons décidé de construire nous-même la serre ce qui a décalé le GANTT à partir de la semaine 3. Ce décalage entraîne un retard de 3 semaines dans le planning. C'est pourquoi nous ne nous sommes pas occupés de la partie supervision.

## 1.2 Diagramme circulaire

Nous pouvons voir sur le diagramme en dessous la répartition en pourcentage des étapes que nous avons effectuée pendant ce projet. La phase la plus longue a été la construction de la serre cela nous a pris 3 à 4 séances entières pour finir totalement le montage sachant que nous n'avions pas forcément tout à notre disposition quand il le fallait c'est pourquoi la construction a été repartie réellement sur la grande majorité du projet. Ensuite nous voyons qu'il y a la recherche d'information et la mise en place de la partie électrique qui nous a pris environ 2 jours pour chaque étape en parallèle nous avons pu faire la programmation arduino qui nous a pris environ 1 jour. Les phases de test n'ont pas été très longues car le fonctionnement est assez simple.

## Activités dans le projet



### 1.3 Recherche d'information

Nous avons fait beaucoup de recherche durant le début du projet. Nous avons recherché des projets similaires. Nous n'avons pas trouvé d'article concluant sur internet. Nous avons ensuite recherché des informations sur le type de plante que nous voulions planter, nous avons décidé de choisir des mini-orchidées.

Les mini-orchidées ont besoin :

- de beaucoup de soleil
- de l'eau car il faut que la terre soit toujours humide
- d'une température entre 20° et 25° la journée, 15° et 20° la nuit

### 1.4 Recherche de matériel

Pour automatiser la mini-serre nous avons besoin de capteurs et d'actionneurs pour pouvoir contrôler la température et l'humidité de celle-ci. Le matériel à utiliser devait être compatible avec les cartes arduino que nous avons décidé d'utiliser. Après diverses recherches sur ce qu'il était possible d'avoir pour le contrôle de l'humidité et de la température, nous avons décidé de nous fournir sur le site Semageek ( <http://boutique.semageek.com/fr/> ) et Conrad :

- Capteur de température et d'humidité d'air : DHT22 <http://boutique.semageek.com/fr/416-dht22-capteur-de-temperature-et-humidite-digital.html>

- Capteur d'humidité pour la terre : Capteur grove  
<http://boutique.semageek.com/fr/282-capteur-d-humidite-grove.html>
- Servo moteur : [http://www.conrad.fr/ce/fr/product/209894/Servo-analogique-HITEC-322-HD/?utm\\_source=google-search-product&utm\\_medium=comparateur&utm\\_campaign=209894&WT.mc\\_id=comparateur-gsp-209894&LGWCODE=209894;43857;390&gclid=C1b41OH689ACFYc-GwodxvcPMA](http://www.conrad.fr/ce/fr/product/209894/Servo-analogique-HITEC-322-HD/?utm_source=google-search-product&utm_medium=comparateur&utm_campaign=209894&WT.mc_id=comparateur-gsp-209894&LGWCODE=209894;43857;390&gclid=C1b41OH689ACFYc-GwodxvcPMA)

## 2 – Construction de la serre :

### Problématique:

Pour pouvoir automatiser et superviser une mini serre notre première étape était de choisir la maquette sur laquelle nous allons travailler pendant nos séances. Nous avons des obligations de dimensions, il fallait que la serre fasse environ 1m<sup>2</sup> pour pouvoir la transporter. De plus la structure de la serre devait permettre la construction du projet. On devait pouvoir fixer nos capteurs et actionneurs dans la serre et pouvoir faire passer les câbles de connexion sans difficultés.

### Solutions envisagées:

La première idée émise par le groupe et notre tuteur était d'acheter une serre d'environ 1m<sup>2</sup> et ensuite de poser notre matériel dessus pour commencer à programmer, cette idée paraissait être un gain de temps dans le déroulement de notre projet.



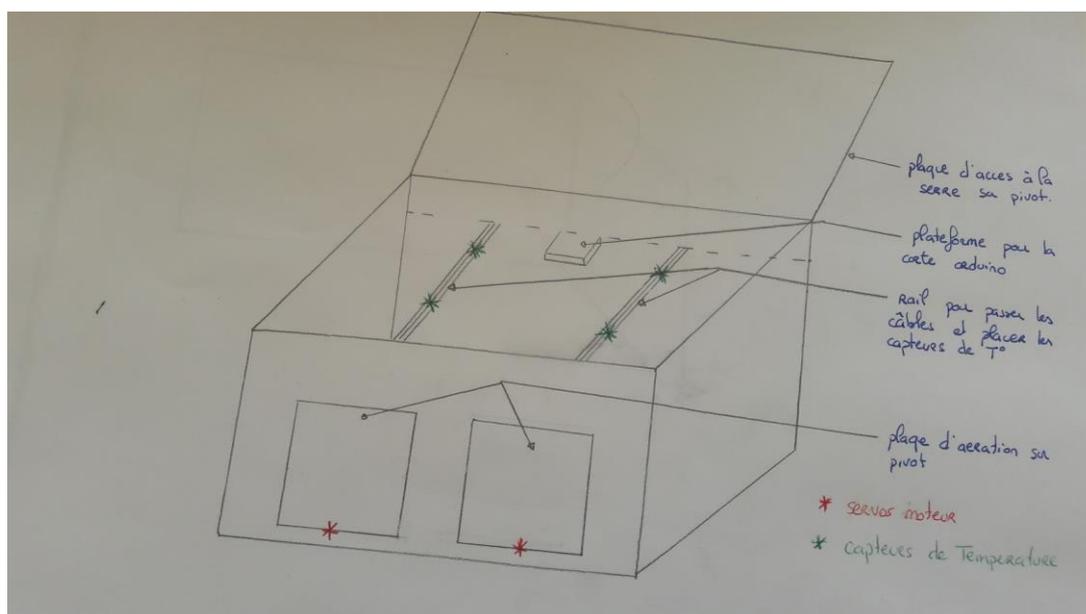
Cependant après nos recherches nous avons conclu que les serres déjà faites d'1m<sup>2</sup> n'étaient pas adaptées pour y placer des capteurs ou encore faire passer des câbles au niveau de sa structure sans risquer de l'endommager.

Après décision avec notre tuteur, nous avons décidé donc de construire nous-même la serre. Ainsi nous pouvions prévoir les emplacements de chaque capteurs et celui de la carte.

## 2.1 Etablir le plan

Nous avons tout d'abord regardé les différentes fonctionnalités que devait offrir notre serre pour adapter la construction.

- Pour pouvoir placer nos capteurs de température nous avons choisi de placer deux rails en plein milieu de la serre pour pouvoir les attacher et ensuite faire passer les câbles sur les rails. Ainsi cette solution nous évitait d'exposer les capteurs à la condensation présente sur les parois de la serre.
- Pour le refroidissement de la serre nous avons décidé de placer 2 trappes sur le devant de la serre actionnées par des servomoteurs pour pouvoir aérer la serre quand il fait trop chaud.
- Nous avons choisi de faire une plateforme dans le fond de la serre pour pouvoir placer notre carte arduino
- Pour garantir l'accès aux plantes par l'utilisateur nous avons choisi de faire une plaque sur pivot au-dessus qui fait la surface de la serre pour avoir un accès le plus grand possible.



## 2.2 Choix des matériaux

Pour les parois de la serre nous avons choisi de mettre du bois pour deux raisons :

- La première c'est que le bois est un matériau facile à travailler. Nous pouvons le couper et le percer comme bon nous semble sans risquer de l'abîmer. Il est ainsi plus aisé de faire tous les petits détails comme la fixation des rails ou de la plateforme de la carte, ou encore la découpe des trappes pour l'aération de la serre.
- Deuxièmement le bois est un matériau isolant c'est ce qui le rend intéressant pour notre projet car l'une des principales fonctions de la serre est de garder une température assez élevée à l'intérieur pour le bien des plantes.

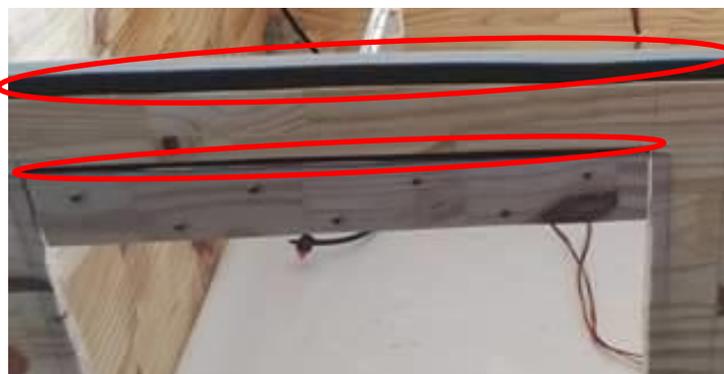
Pour les trappes d'aération et la trappe d'accès nous avons choisi d'utiliser du plexiglass pour laisser passer la lumière à l'intérieur de la serre ainsi nous pouvons assurer l'apport en UV pour les plantes à l'intérieur de la serre.

Pour les rails qui traversent la serre nous avons acheté une structure en fer que nous avons vissé sur la structure directement.

## 2.3 Isolation

Pour éviter les pertes de chaleur dans la serre nous avons tout d'abord ajouté de la pâte à bois entre les planches de bois sur le contour de la serre. Ainsi en bouchant tous les trous qu'il y avait nous évitons les entrées d'air froid à l'intérieur de la serre.

De plus nous avons ajouté un joint d'isolement entre la plaque d'accès et la structure de la serre pour qu'une fois la plaque fermée il y est le moins de perte de chaleur possible. On a fait de même au niveau des fenêtres du devant.



## 2.4 Le sol

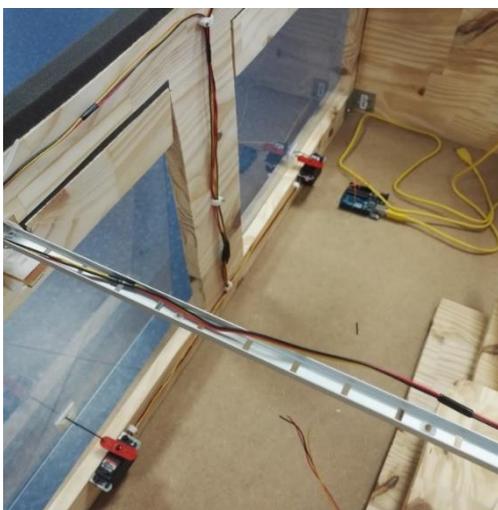
Nous avons décidé de faire un chariot pour le sol de la serre ainsi nous répondons à la contrainte de la mobilité de la serre. Nous avons fixé 4 roues sous le chariot dont 2 avec des freins ainsi la serre peut être bougée de salle en salle et les freins permettent de l'immobiliser une fois qu'elle est placée.

Pour le sol nous avons décidé de mettre une bâche pour limiter l'accumulation d'eau sur le bois et le protéger au cours du temps. De plus la bâche isole en partie le sol de la serre et les coins qui tiennent la bâche, permettent également de bloquer la serre sur le chariot.



## 2.5 L'installation électrique et la programmation

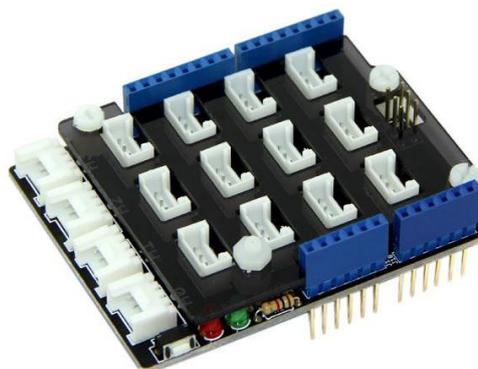
Pour installer toute la partie électrique nous avons décidé d'installer deux gouttières en métal pour faire passer les fils des servomoteurs situés au niveau des fenêtres, ainsi que les capteurs DHT22. Ces derniers ont été attachés sur les gouttières pour avoir l'humidité de l'air au milieu de la serre et non sur les côtés ce qui ne serait pas représentatif. En effet, il peut y avoir de la condensation sur les parois, ce qui engendrait une valeur d'humidité faussée.



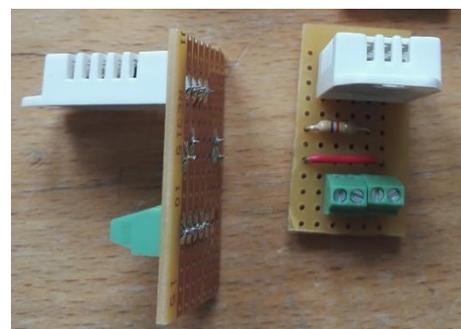
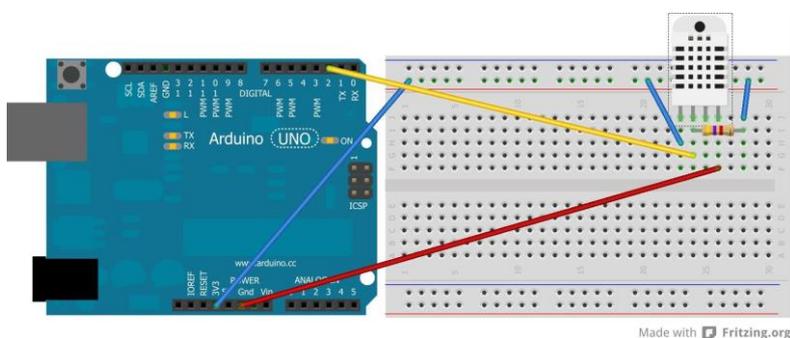
Nous avons utilisé 3 entrées analogiques et 7 entrées digitales sur notre carte arduino. Avec respectivement sur les entrées analogiques ; les deux capteurs d'humidité grove (capteur d'humidité dans le sol) et un bouton poussoir qui nous permet d'ouvrir les fenêtres manuellement. Puis sur les entrées digitales ; trois servomoteurs et les quatre capteurs DHT22.

La carte arduino est placée dans une boîte pour limiter les problèmes d'humidités qui sont liés à l'électronique.

Un shield a été installé sur l'arduino pour que l'on puisse brancher tous les capteurs/actionneurs proprement et que l'on puisse modifier la configuration des entrées/sorties assez rapidement.



Nous avons eu quelques soucis avec l'installation et la programmation des capteurs de température DHT22 car il a fallu réaliser un câblage avec des résistances pour que les capteurs soient fonctionnels. Vous pouvez voir si dessous le câblage à faire :



Au niveau de la programmation nous avons tout d'abord testé partie par partie. Nous avons commencé par apprendre à contrôler les servomoteurs. Puis les capteurs de température indépendamment les uns des autres. Après avoir vérifié que les valeurs retournées étaient justes, nous avons couplé les deux. Ainsi, si les capteurs de température détectent une valeur au-dessus d'un seuil alors les portes s'ouvrent automatiquement. Il y a deux valeurs, une qui ouvre les fenêtres de moitié et une autre qui les ouvrent entièrement.

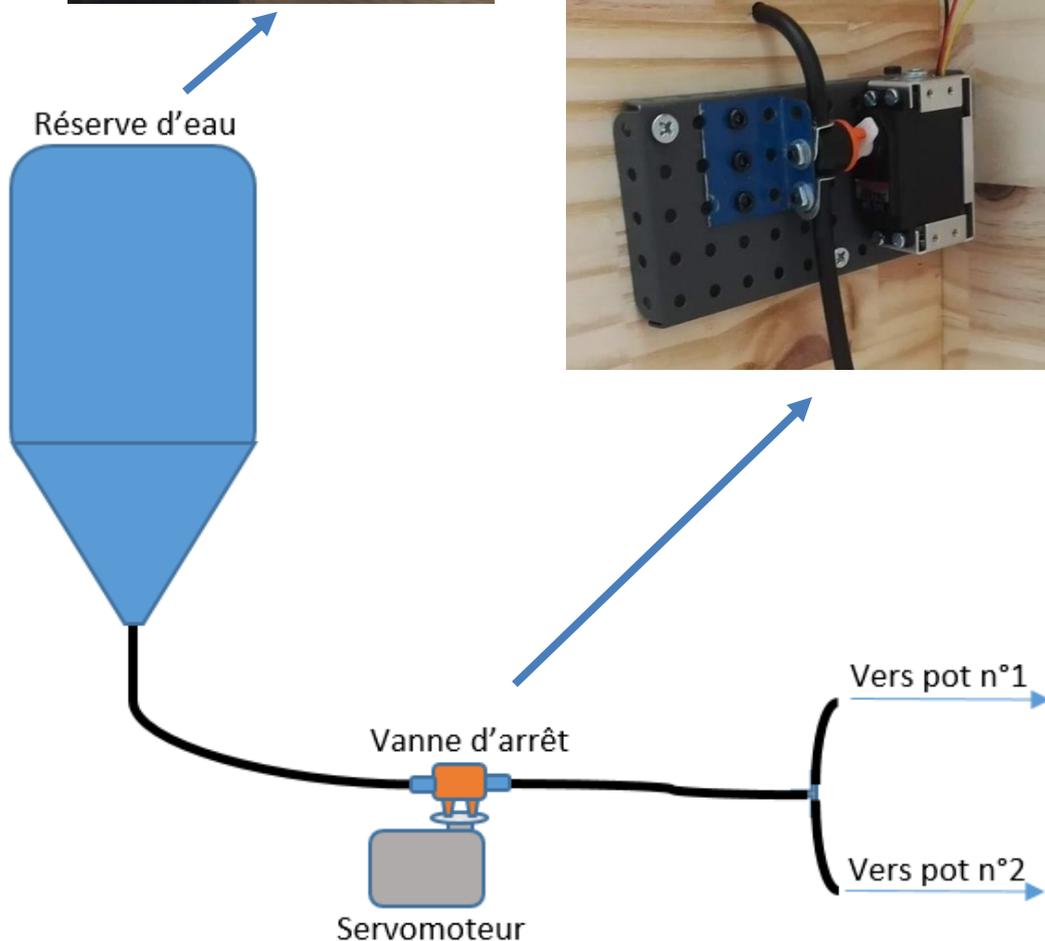
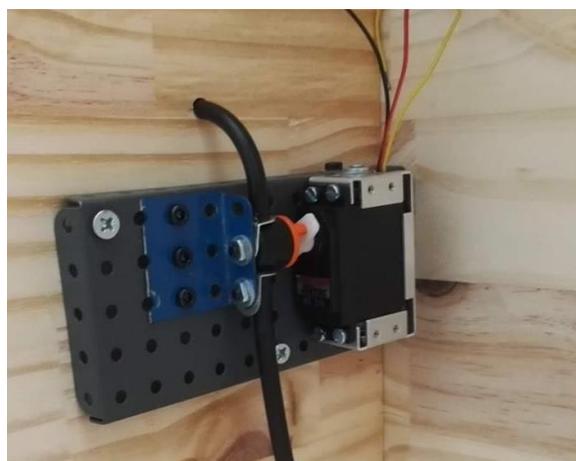
Pour l'irrigation nous devons piloter un servomoteur pour contrôler la vanne d'eau par rapport à l'humidité qui est renvoyé par les capteurs « grove » situés dans le sol. Ainsi dans le programme nous avons choisi une valeur de consigne (différente selon les plantes), si la valeur d'humidité diminue alors la vanne s'ouvre en fonction de l'écart entre la consigne et la valeur retournée.

```
Humidity moyenne:      29.00 %  
Temperature:          21.37  
Temperature capteur gauche:  22.85  
Temperature capteur droit:   19.90 *C  
valeu du bouton d'ouverture  0  
valeur de l'humidité en terre = 406  
valeur de l'humidité en terre = 400
```

## 2.6 Le système d'irrigation

Au début, la solution pour humidifier les plantes était de mettre en place un simple humidificateur d'air. Cependant après des recherches, nous avons pensé que la terre n'allait pas être suffisamment humide pour que les plantes se développent dans les meilleures conditions. C'est pourquoi nous avons décidé de mettre en place un système d'irrigation de goutte à goutte pour humidifier la terre des plantes.

Notre première idée était donc d'acheter une mini électrovanne pour contrôler le flux d'eau qui arriverait d'une réserve d'eau fixée en hauteur afin d'utiliser l'apesanteur pour amener l'eau au niveau des plantes. Cela nous évitait donc d'avoir à acheter en plus une pompe à eau. Cependant vu le prix d'une mini électrovanne nous avons décidé d'en créer une sorte à l'aide d'un servomoteur et d'une vanne d'eau manuelle. Cela nous permet à l'aide de l'arduino de contrôler la position du servomoteur et donc gérer l'ouverture de la vanne. Ce qui laisse passer l'eau jusqu'aux différents pots, voir schéma ci-dessous.



Cela permet ainsi de gérer l'irrigation des plantes en fonction de l'humidité de la terre au niveau de celles-ci. Nous avons décidé de faire une seule « mini-électrovanne » pour gérer les deux zones (pots). Cependant on aurait pu les gérer indépendamment en créant une deuxième « mini-électrovanne » puis en utilisant les deux capteurs d'humidités de sol séparément et non en faisant une moyenne des deux valeurs.

## 3 – Points d'améliorations :

Nous avons identifié quelque point d'améliorations sur notre serre.

### 3.1 La ventilation

Le premier point est la ventilation de la serre. Pour l'instant nous pouvons évacuer de l'air en ouvrant les fenêtres mais ce système n'est pas encore optimal car la température et l'humidité baisseront assez lentement. Si nous faisons un trou sur l'un des côté de la serre nous pourrions installer un ventilateur qui nous permettrait soit de faire rentrer de l'air, soit en faire sortir. Si on faisait rentrer de l'air en ayant les fenêtres ouvertes l'air se renouvelerait automatiquement. Nous aurions pu utiliser un ventilateur d'ordinateur comme ci-dessous :



### 3.2 Le chauffage

Le second point est le chauffage, pour mieux contrôler la température dans la serre. Comme type de chauffage nous aurions pu installer du fil chauffant dans la serre pour chauffer directement l'environnement des plantes. Une autre solution moins brutale aurait été d'installer le ventilateur d'ordinateur au bout d'un tube en métal, autour duquel nous aurions installé du fil chauffant. Cette solution aurait chauffé l'air contenue dans le tube puis avec le ventilateur nous aurions fait rentrer l'air chaud dans la serre.



### 3.3 L'humidité

Un autre point serait d'ajouter un système permettant de gérer l'humidité ambiante. Un humidificateur d'air aurait été utile sachant que certaines plantes ont besoin d'une humidité ambiante assez élevée. Pour ce faire il existe des humidificateurs d'air usb. En adaptant le port usb nous aurions pu alimenter l'humidificateur avec la carte arduino et ainsi le contrôler.



## 3.4 La lumière

Installer de la lumière avec un ballaste aurait pu être intéressant. En effet, cette solution aurait permis à la plante d'avoir une source de lumière contrôlable car certaines plantes exotiques ont besoin de beaucoup de lumière pour se développer correctement. Cependant la solution d'une lampe normale a ses limites. En effet, si la lampe est trop proche de la plante, il y a des risques que les feuilles "brûlent". C'est pourquoi nous avons envisagé une solution à LED qui ne chauffe pas.



## 3.5 Une IHM

L'ajout d'un écran LCD ou d'un panel pour avoir les informations des capteurs directement sur la serre. Et avoir accès simplement aux actionneurs pour des démonstrations par exemple. Comme ça nous aurions pu contrôler la température et le taux d'humidité directement sans changer le programme et les consignes.



## 3.6 La programmation

Amélioration du programme et de la gestion des actionneurs en ajoutant un réel asservissement des servomoteurs par exemple en fonction des capteurs. Cela pourrait se faire pour les fenêtres et la vanne d'irrigation. Cependant pour cela il nous faudrait des valeurs de consignes que l'on désire pour la température, l'humidité ambiante et/ou l'humidité du sol. Ces consignes se font en fonction des plantes que l'on veut faire pousser dans la serre.

De plus, on pourrait installer comme dit précédemment une sorte d'IHM ou encore un site web. Afin de pouvoir permettre à l'utilisateur de programmer les consignes, d'enregistrer les mesures, de paramétrer les stratégies de régulation, de gérer les alarmes, ... simplement.

---

## Le vécu du projet

---

## Le vécu du projet

Ce stage de 80 heures à l'Istia, nous a permis de mieux appréhender un projet en prenant en compte des contraintes que l'on n'a pas toujours pensé, ce qui est très enrichissant.

Le sujet du projet était intéressant, avec un véritable but et une échéance. Cela nous a permis de renforcer nos connaissances en automatisme, grâce aux différentes recherches faites. De plus, nous avons particulièrement apprécié, de pouvoir mettre en pratique nos connaissances, apprises à l'Istia, en programmation arduino par exemple.

Ce projet demandait une grande autonomie, ce qui nous a beaucoup plu. De plus, le fait de devoir travailler à plusieurs et devoir faire avec les idées de tous était très intéressant. La réunion que nous avons eue avec notre tuteur a été importante pour l'avancée du projet. Les conseils ou les renseignements des professeurs étaient une vraie aide.

Les regrets que nous pouvons avoir sur notre réalisation est que nous n'avons au début, pas assez pris en compte le temps de construction. En effet, nous avons perdu beaucoup de temps sur la construction de la serre en partie du fait de la logistique. Le choix et l'achat du matériel a été important et nous n'avions pas toujours tout ce qu'il nous fallait pour l'installation de la serre.

A la fin de ce projet, nous sommes surpris par l'avancement du projet, nous pensions que nous allions réussir à faire une interface qui permettrait à l'utilisateur de régler les valeurs d'humidité et de chaleur dans la serre mais nous n'avons pas eu le temps avec tous les imprévus sur la construction et sur la recherche d'idées.

## RÉSUMÉ

Dans le cadre des projets AGI de 4<sup>ème</sup> année et dans le but de montrer le savoir-faire de l'ISTIA durant ses portes ouvertes nous devons créer une mini-serre automatisée. Ce projet de mini-serre d'environ 1m2 devait pouvoir faire pousser des fleurs exotiques. Celle-ci devait être réalisée de A à Z, en construisant la serre puis en programmant son automatisation à l'aide d'une carte arduino, de capteurs et d'actionneurs afin de réguler la température, la luminosité et l'humidité.

**Mots-clés :** Mini-Serre, Automatisation, Arduino

## ABSTRACT

In the framework of the 4th year of AGI projects and in order to show the skill of ISTIA during its open doors we had to create an automated mini-greenhouse. This project of mini-greenhouse, approximaly sized 1m2 should be able to grow exotic flowers. We had to begin with the construction of the greenhouse and then did the program to do the automation. We need to use an arduino board, sensors and actuators to regulate temperature, brightness and humidity.

**Keywords:** Greenhouse, Automation, Arduino