



PIMS Greenhouse

Par Paul BIVAS
Et Warren KUT KING KAN



Introduction

Contexte : Cultiver ses propres légumes grâce à une serre d'intérieur.

Avantage : Obtenir des légumes hors-saison tout le long de l'année en recréant les conditions favorables. Augmenter le rendement.

Problématique : Comment pouvons-nous utiliser l'optique et la photonique pour optimiser les performances d'une serre d'intérieur ?



Plan de la Soutenance

1. Cahier des charges
2. Que sait-on sur le cresson ?
3. Conception de la serre
4. Eclairage artificiel
5. Contrôle de température et d'humidité
6. Matériel de la serre
7. Schéma de principe final
8. Planning



1. Cahier des charges

Budget maximum : 160 euros

Superficie maximale : 500 cm²

Dimensions maximales : 40(profondeur)*80(largeur)*90(hauteur) en cm

Poids maximum : 6 kg

Substrat artificiel (pas de sol)

Plante cultivée : cresson alénois

Autonomie de la serre (à part pour l'arrosage)

La serre sera placée en intérieur (entre 18 et 22°C), à proximité d'une fenêtre

2. Que sait-on sur le Cresson?

Type de Cresson: Cresson Alénois

Température: 25°C

Humidité Relative: 45-85 %

Photopériode : 18 h d'éclairage et 6h d'obscurité

Source: cultureindoor.fr

Eclairage minimum de 80 lux

Source: Rapport de stage

Quelle lumière pour la photosynthèse ?





Spectre/Absorbance du Cresson

Sous quelle lumière doit-on éclairer le cresson pour optimiser la photosynthèse ?

Expérience:

Mâche pour modéliser le cresson

Utilisation du spectrophotomètre i7, géométrie de mesure di:8

Mesure de R et T pour 5 feuilles, puis moyenne

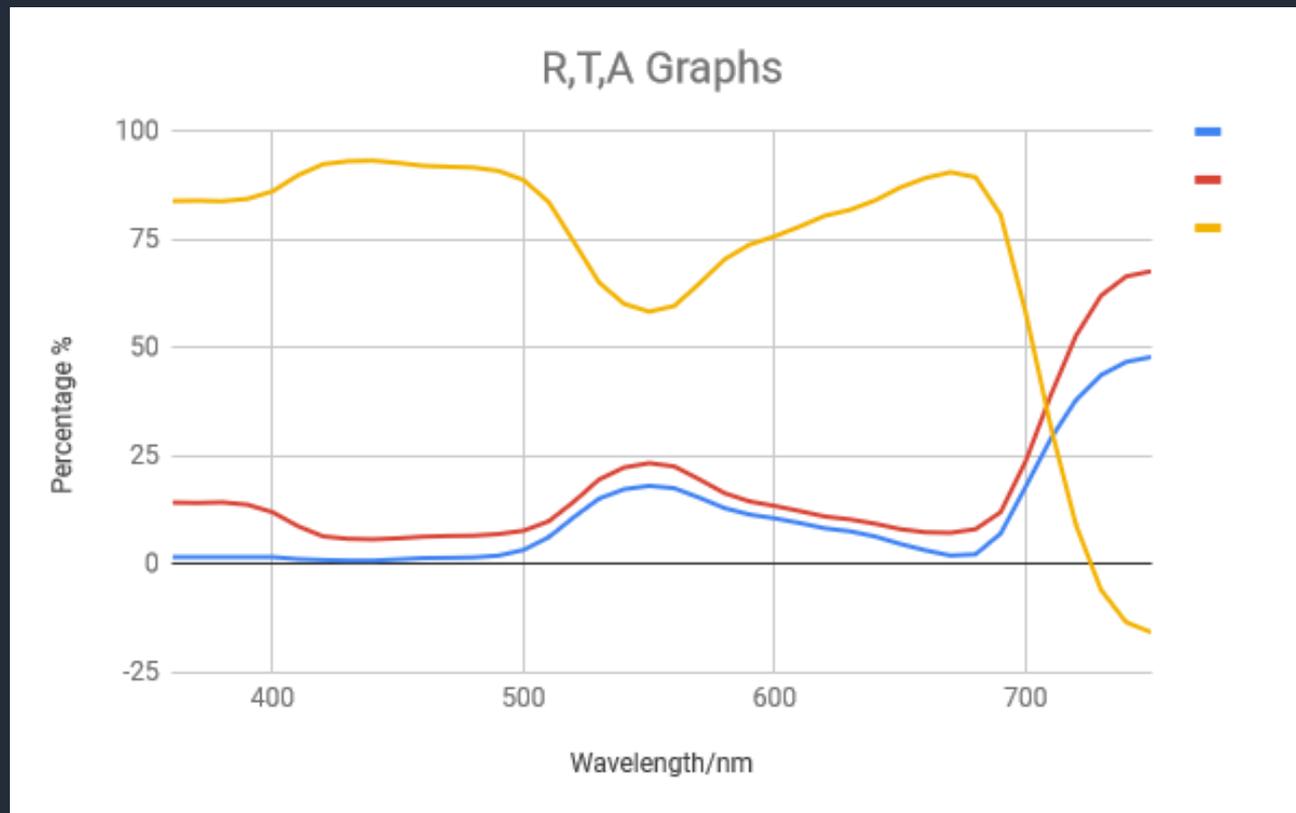
$A=1-R-T$

Résultats

Rouge T

Bleu R

Jaune A



Commentaires

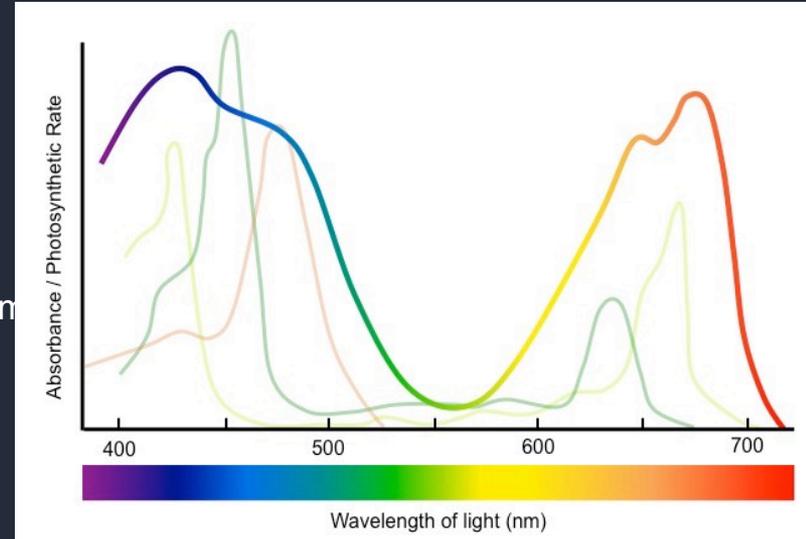
Absorbance négative dans le rouge.... Why???

Comparaison avec la théorie/résultats attendus

Il vaut mieux éclairer la plante dans le rouge (650 nm)

et le bleu (480 nm)

mais pas dans le vert.



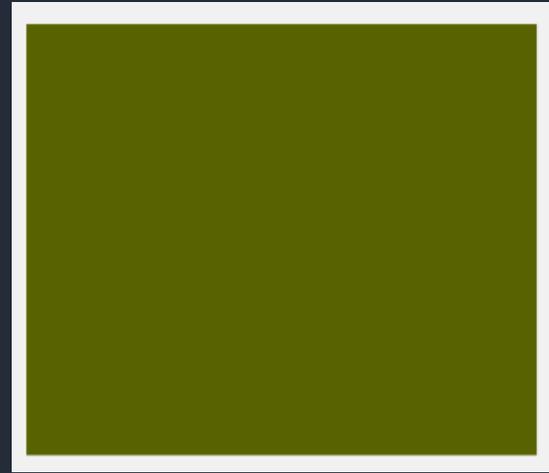


Couleur obtenue grâce aux L,a,b values données par le i7

Couleur en Transmission
Réflexion



Couleur en





3. Conception de la Serre

- 3.1 La lumière du Soleil
- 3.2 Schéma de la serre
- 3.3 Quelques tracés de rayons
- 3.4 Pistes de développement



3.1 La lumière du Soleil

Illuminance :

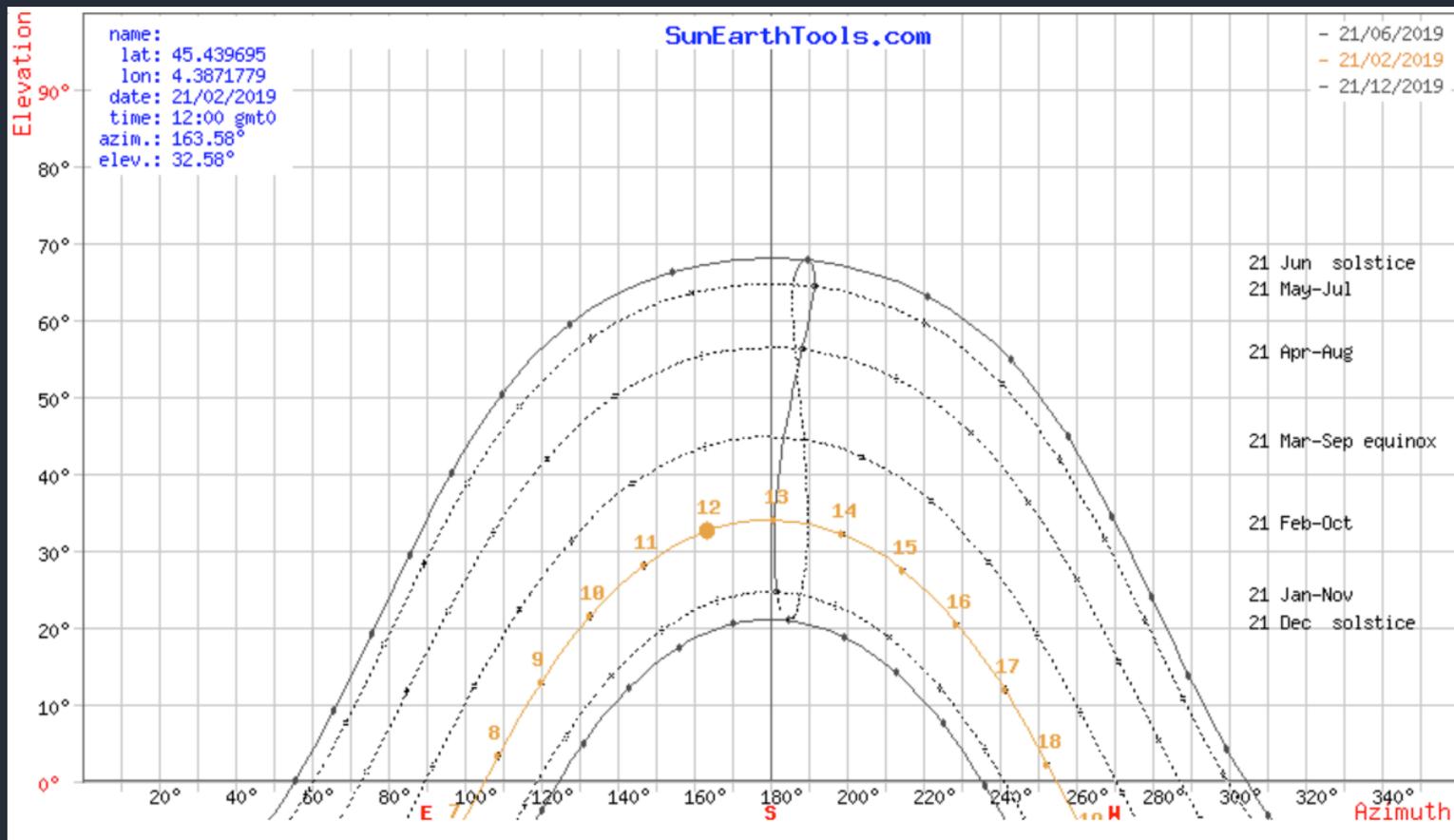
- Ciel dégagé, au zénith : 140 000 lux
- Ciel couvert, au zénith : 10 000 à 25 000 lux
- Ciel dégagé, lever ou coucher : 400 lux
- Ciel très nuageux : <200 lux

Notre cas d'étude : le ciel de Saint-Etienne, en février

Angle d'élévation du Soleil ?

D'après <https://www.sunearthtools.com/> ...

3.1 La lumière du Soleil





3.1 La lumière du Soleil

Illuminance :

- Ciel dégagé, au zénith : 140 000 lux
- Ciel couvert, au zénith : 10 000 à 25 000 lux
- Ciel dégagé, lever ou coucher : 400 lux
- Ciel très nuageux : <200 lux

Notre cas d'étude : le ciel de Saint-Etienne, en février

Angle d'élévation moyen durant la journée : $21,5^\circ$
(journée : de 7h30 à 18h30)

Angle max : 35° , à 13h

3.1 La lumière du Soleil

Illuminance meter T-10 Konica Minolta

Mesures réalisées le 25/10

A quelles valeurs d'éclairement pouvons-nous nous attendre ?



| Mesures (lux) | à 0° | à 45° | à 90° | à 180° |
|-----------------------------|-------|-------|-------|--------|
| à 12h, ciel couvert | 2250 | 2750 | 1900 | 260 |
| à 16h, ciel dégagé | 10500 | 5500 | 3500 | 500 |
| à 16h, sans lumière directe | 2600 | 2250 | 1700 | 330 |

3.2 Conception de la serre

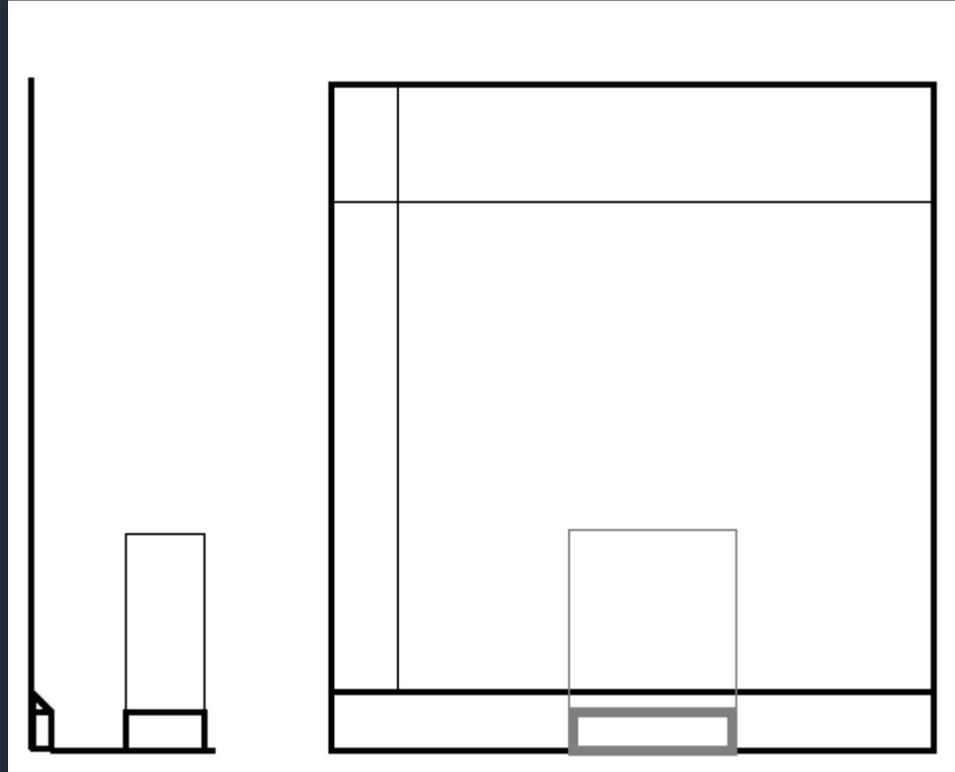
Schéma à l'échelle de la serre :

Dimensions de la fenêtre :

300*300 cm*cm

Dimensions de la serre :

40*80*90 cm*cm*cm





3.3 Quelques tracés de rayons

Optimisation de l'éclairage solaire arrivant sur les plantations

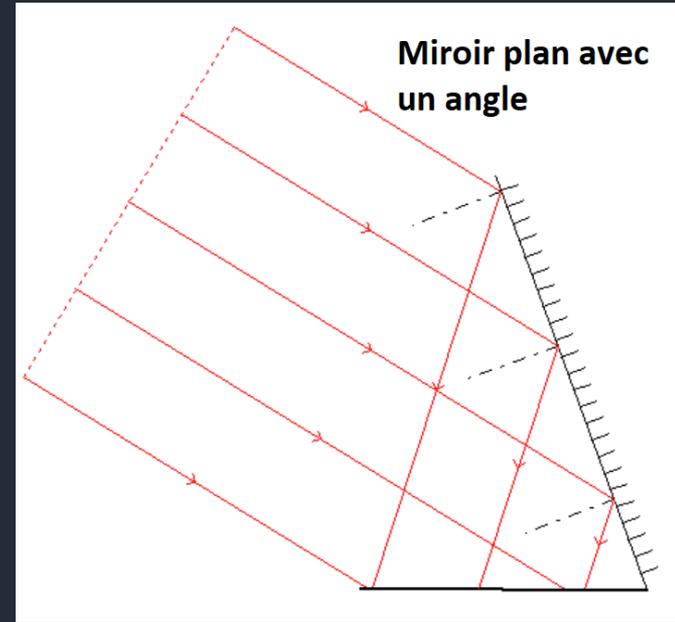
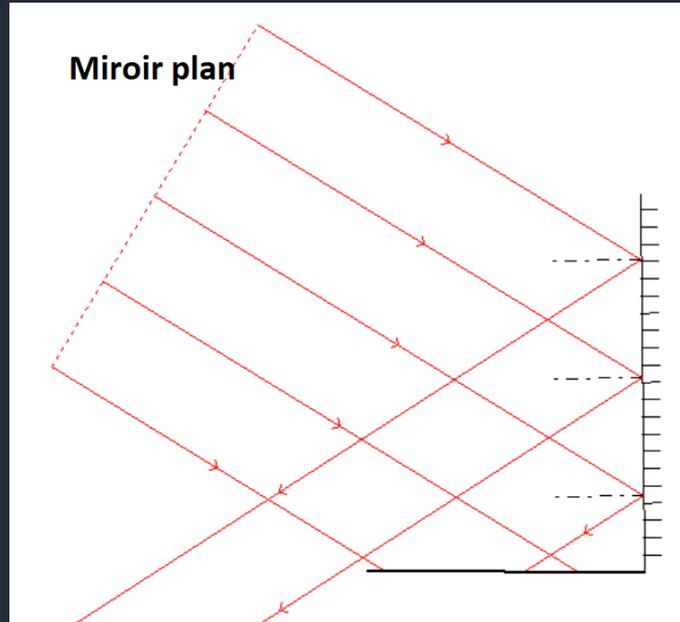
Idée : récupérer autant de rayons que possible pour les diriger vers la surface cultivée

=> réflecteurs

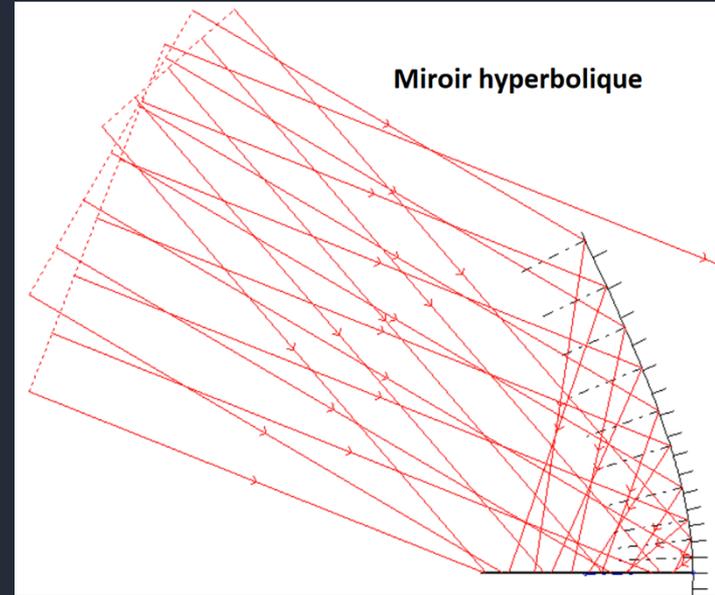
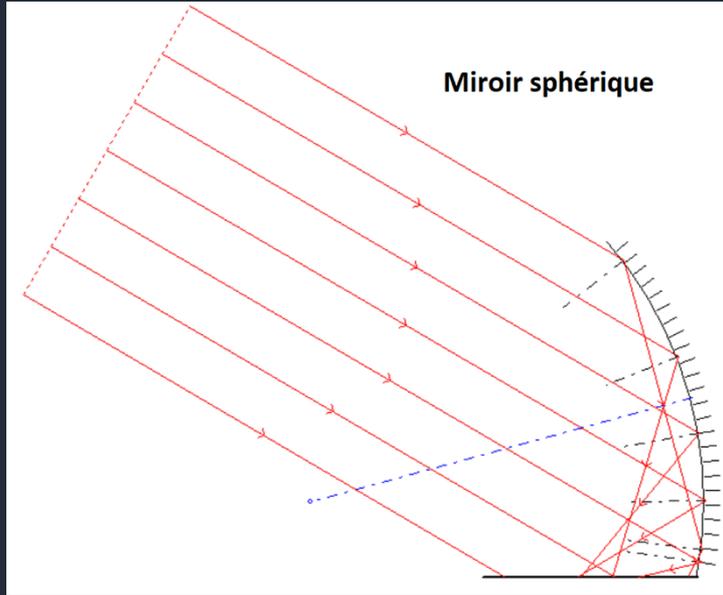
Forme, réflexion spéculaire ou diffusante ..?

Tracé de rayons sur Optgeo

3.3 Quelques tracés de rayons



1.3 Quelques tracés de rayons





3.3 Quelques tracés de rayons

Faisabilité d'un miroir hyperbolique ?

Idée : s'en approcher le + possible avec des miroirs plans

Portions de plan au lieu de portions d'hyperboloïdes

3.4 Pistes de développement

Eclairage diffus issu de l'intérieur du Phablab = 10% de l'éclairage diffus issu de l'extérieur

+ Projecteurs au plafond

Idée : Au lieu de miroirs, utiliser du verre

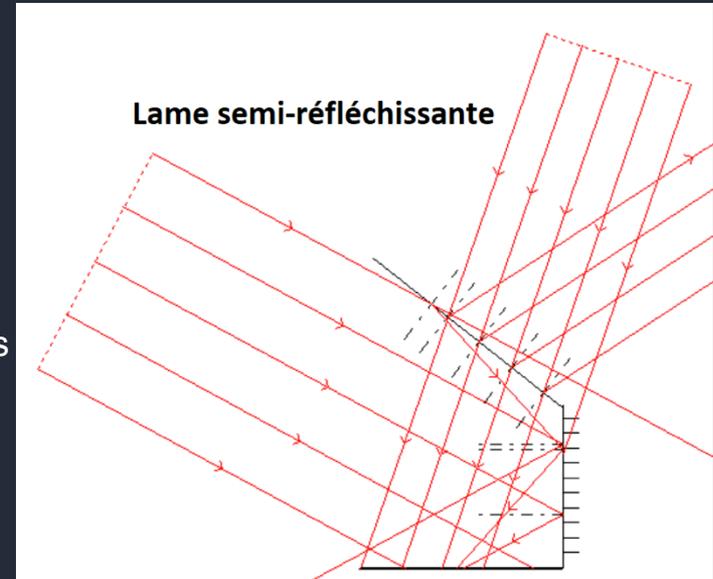
transparent en incidence normale et

réfléchissant pour des angles d'incidence plus grands

NB : Possibilités limitées de OptGeo

=> Tracé de rayons avec une lame

semi-réfléchissante





4. Eclairage Artificiel

Proposition : Utilisation de LED

- But : couvrir toute la surface de culture avec un éclairage uniforme d'au moins 80 lux
- Couleur des LEDS
- Nombre de LED? Comment faire un éclairage uniforme?
- Compte tenu de nos capacités énergétiques, quelle est la durée d'éclairage additionnel possible par jour ?
- Capteur d'éclairement pour allumer/éteindre automatiquement les LED



4.1 Couleur, Nombre et Positionnement des LED

Dépend de l'Absorbance : Il vaut mieux éclairer dans le rouge(650 nm) et le bleu(480nm), et pas trop dans le vert.

Pour une LED rouge, on cherche $E=80$ lux. On choisit un modèle sur Osram qui émet à 650 nm environ et ayant une assez forte intensité et grand demi-angle. Le modèle choisi est le GH CSSRM 2.24 qui a pour "peak wavelength"=660nm , $I=288$ mW/sr et $\theta_{1/2} = 60^\circ$.



4.2 Quelle puissance pour alimenter les LEDs ?



4.3 Energie photovoltaïque

Exigence d'autonomie de la serre :

=> Utilisation d'une source d'énergie interne

Batteries ? PV ? Est-ce viable ?

Capacités de production d'énergie solaire :

Conditions peu favorables a priori : en intérieur, au travers d'une vitre, en février.

Difficultés techniques liées au cahier des charges : budget limitant et poids limitant



5. Contrôle de Température et d'Humidité

Conditions optimales pour le cresson : entre 45 et 85% d'humidité, autour de 25°C

Comment être sûr que l'on maintient ces conditions ?



5. Contrôle de Température et d'Humidité

Conditions optimales pour le cresson : entre 45 et 85% d'humidité, autour de 25°C

Comment être sûr que l'on maintient ces conditions ?

=> Capteurs de température et d'humidité (gracieusement fournis par le Phablab)

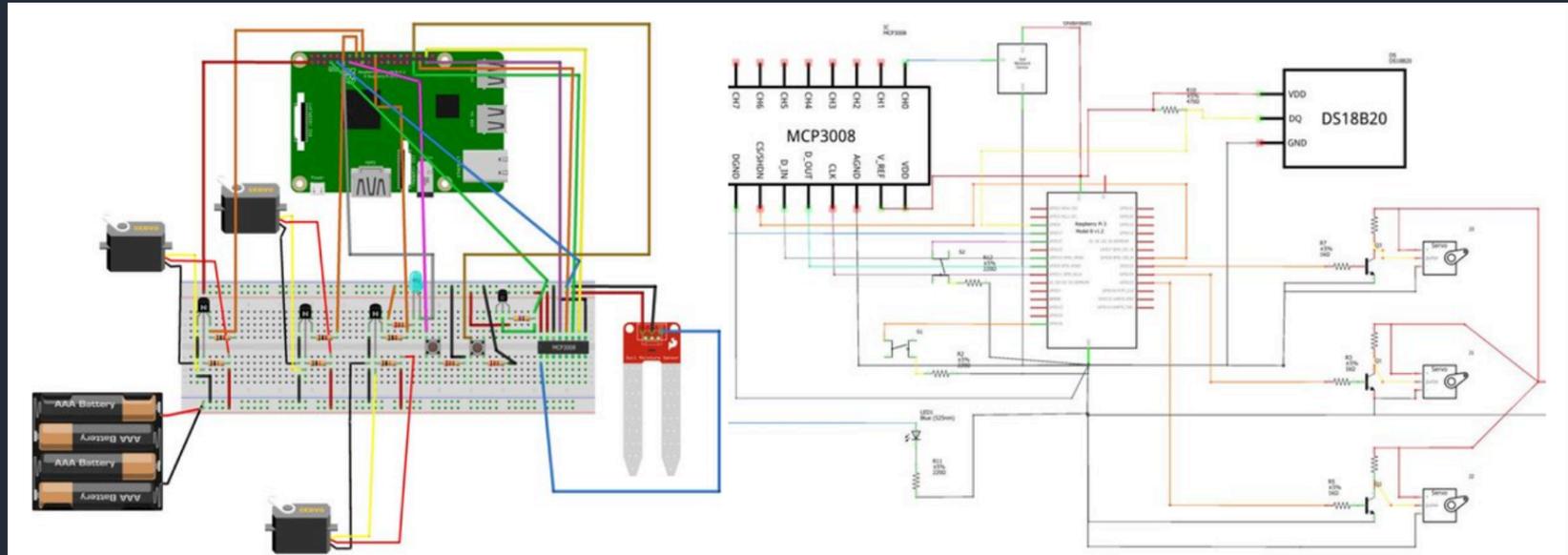
Raspberry Pie + ventilateur

T° ou humidité trop élevé => ventilateur en action

T° ou humidité trop basse => ventilateur au repos

5. Contrôle de Température et d'Humidité

Conception issue de <https://www.instructables.com/id/IGreenhouse-Intelligent-Greenhouse/>



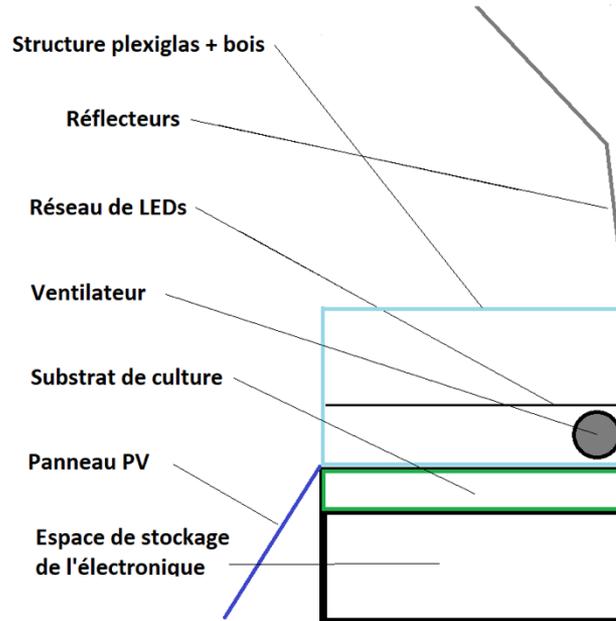


6. Matériel de la Serre

- Design pour optimiser le flux lumineux reçu (réflecteurs rétractables)
- Matériel pour laisser passer la lumière : verre ou plexiglas
- Réseau de LEDs pour l'éclairage artificiel
- Substrat de culture : sol interdit, fibres/coton, autres solutions professionnelles possibles (cf <https://www.cultureindoor.com>)
- Circuits photovoltaïques et électroniques

=> Coût prévisible le plus important : l'électronique et le photovoltaïque (100 euros ?)

7. Schéma de principe final





8. Planning

Avant la fin des vacances: compléter les parties qui manquent, notamment sur l'éclairage artificiel, les cellules photovoltaïques et obtenir le plan final qui doit être soumis avant le 12 nov.

Compléter la bibliographie

Commande du matériel à partir du 19 nov.

2eme semaine PIMS (17 au 21 décembre) : prototypage.

3eme semaine PIMS (18 au 22 février) : continuation du prototypage + améliorations + test en serre



Merci de votre attention

Avez-vous des questions ?