

Problématique

Au cours de notre scolarité, nous avons été sensibilisés sur le développement durable et plus particulièrement sur la gestion de l'eau qui sera un enjeu mondial dans un avenir proche.

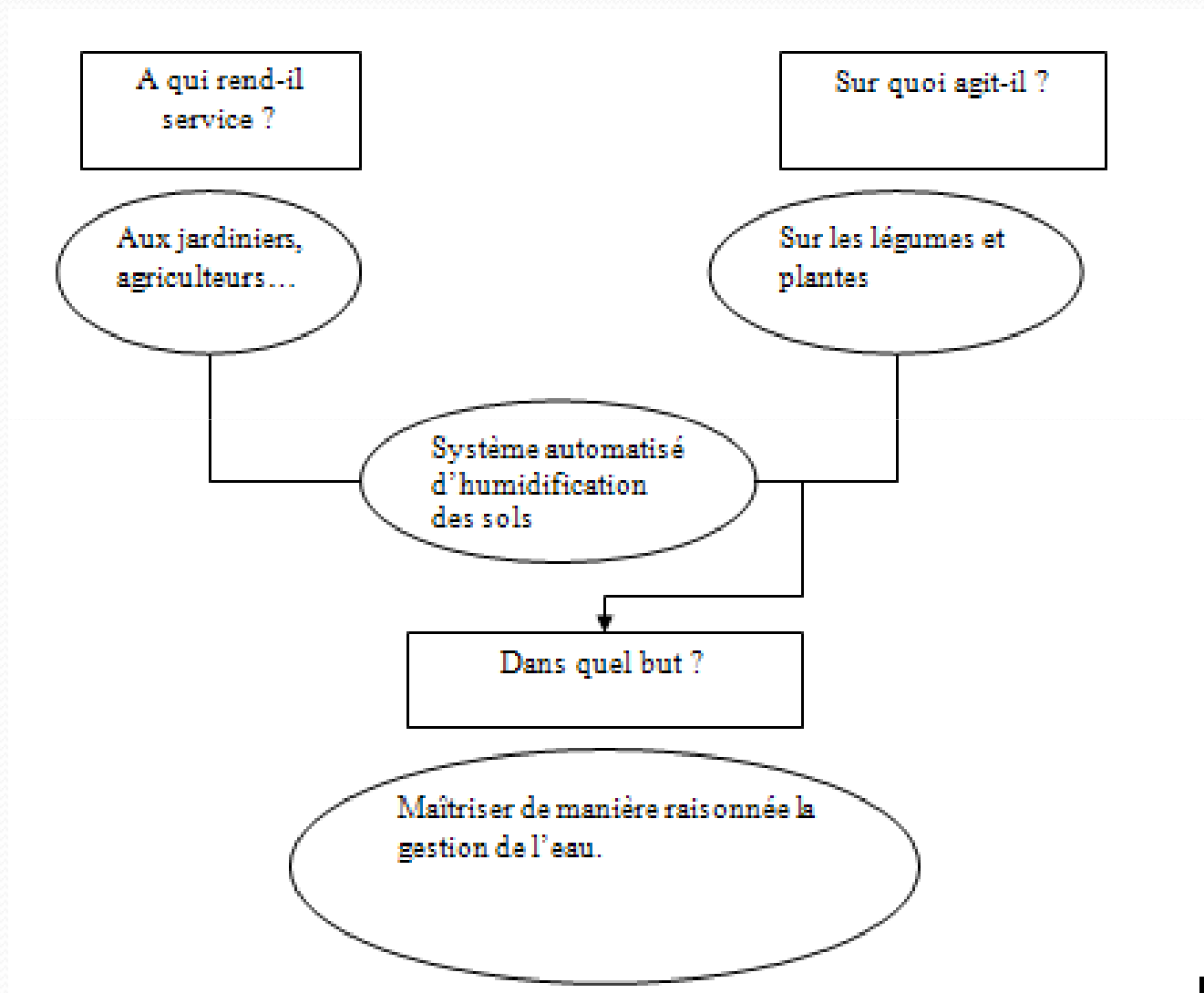
Après un brainstorming, nous avons pensé à concevoir entièrement un système automatique d'humidification des sols pour faire pousser des fruits et légumes. Ce système doit prendre en compte le taux d'humidité pour pouvoir fonctionner et non la programmation horaire ne prenant pas en compte ce taux.



Enoncé du besoin

- Un produit est utile lorsqu'il répond au besoin des utilisateurs. Pour permettre la conception de notre produit, il est fondamental de se poser les trois questions suivantes :
- A qui (à quoi) le produit rend-il service ?
- Sur qui (sur quoi) agit-il ?
- Dans quel but ?
- Nous avons complété « la bête à cornes » présenté ci-dessous :

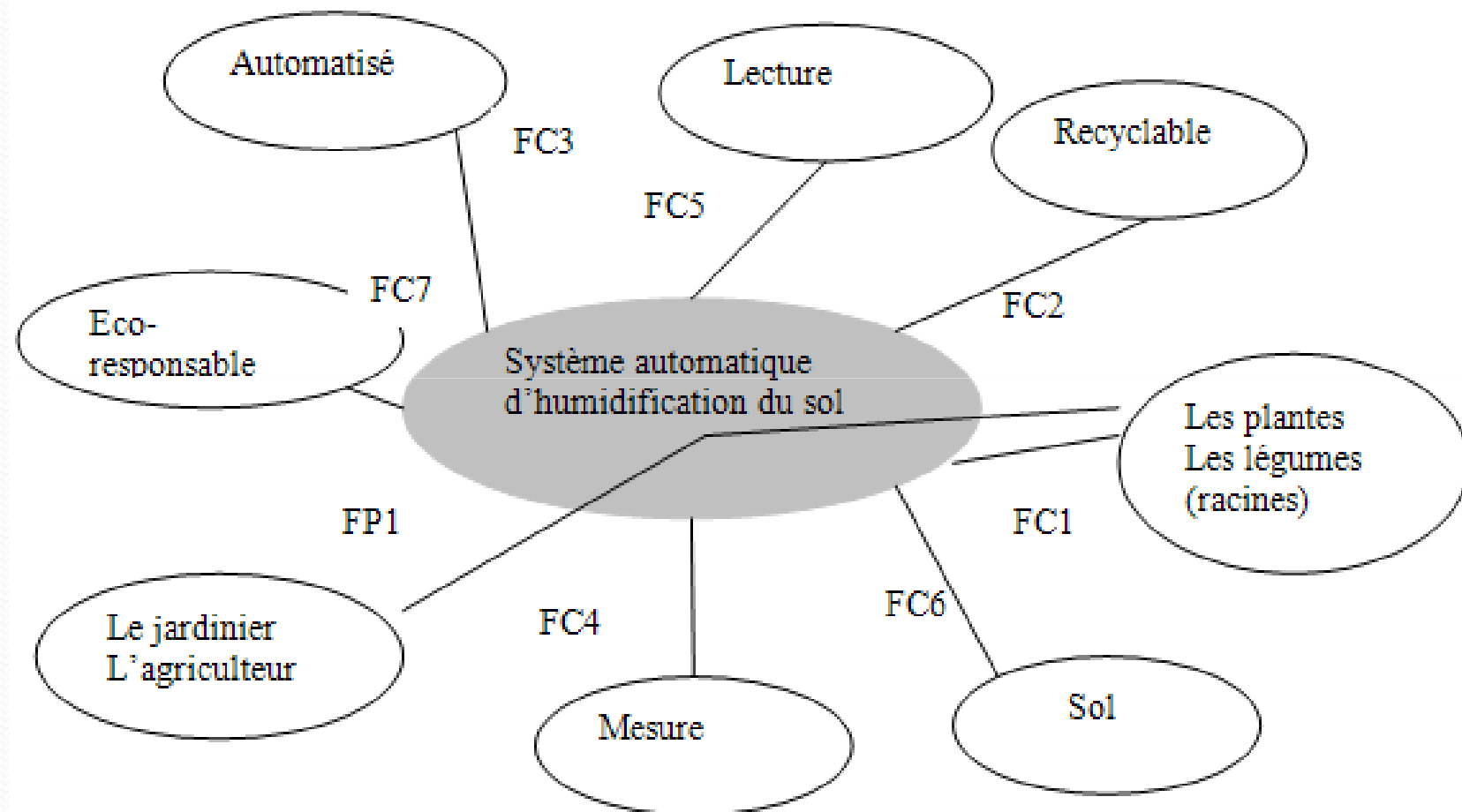
La « Bête à cornes »



Identification des fonctions de services.

- Un produit est conçu pour répondre aux besoins des utilisateurs. Ce sont les fonctions de qui relient les milieux extérieurs environnant le produit et les milieux extérieurs du système qui vont permettre de créer le produit.
- On regroupe à l'aide d'un graphique circulaire les éléments de l'environnement du produit en situation, en utilisation, au repos et en contact virtuel avec ce dernier. Pour cela on établit un graphique :

La « Pieuvre »





Enoncé des fonctions de services

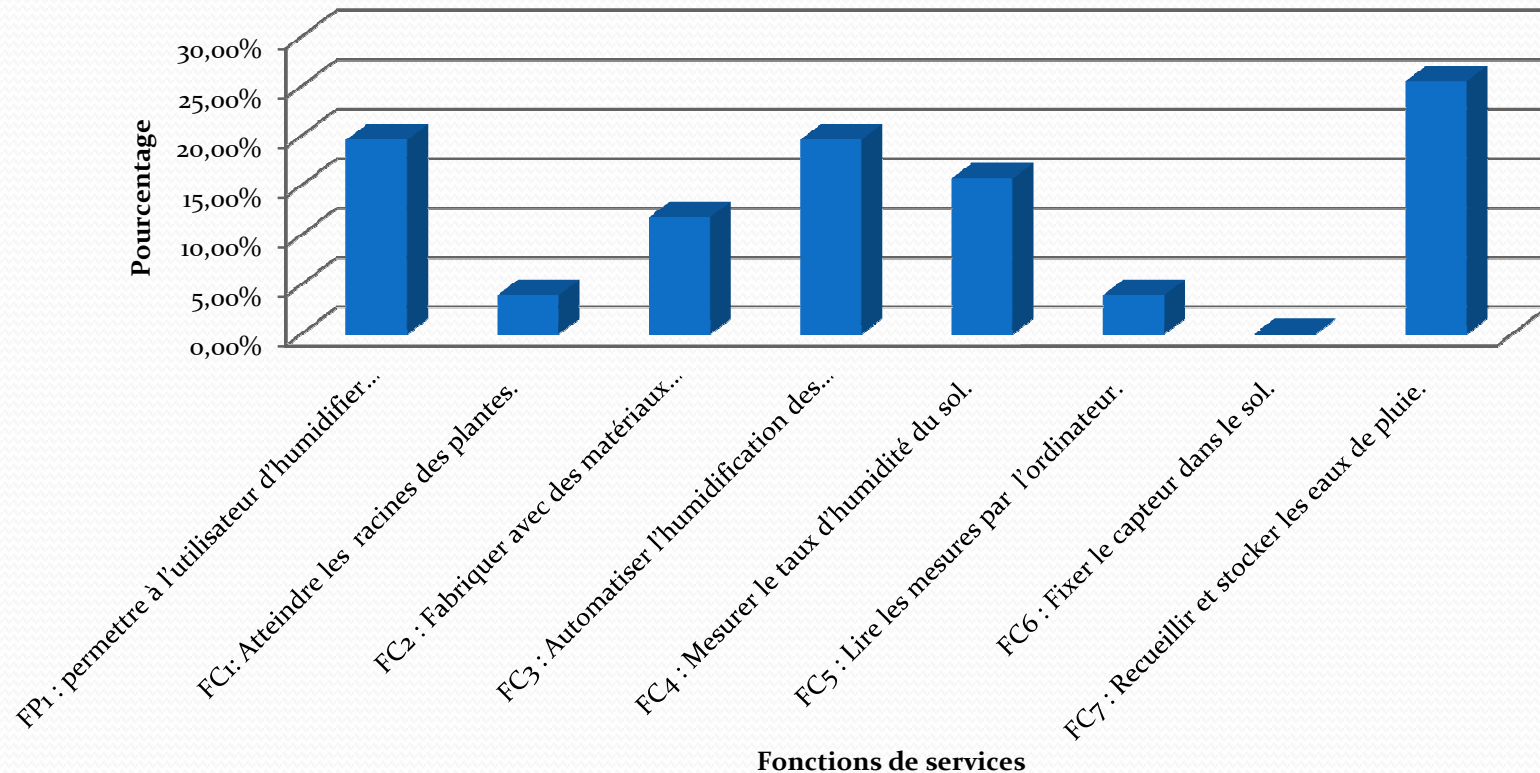
- **FP1** : permettre à l'utilisateur d'humidifier le sol en fonction du besoin de la plante en eau.
- **FC1**: Atteindre les racines des plantes.
- **FC2** : Fabriquer avec des matériaux écologiques.
- **FC3** : Automatiser l'humidification des racines.
- **FC4** : Mesurer le taux d'humidité du sol.
- **FC5** : Lire les mesures par l'ordinateur.
- **FC6** : Fixer le capteur dans le sol.
- **FC7** : Recueillir et stocker les eaux de pluie.



Hiérarchisation fonctionnelle

- On classe les fonctions par ordre d'importance. La méthode utilisée est celle du tri croisé : Chaque fonction est comparée aux autres successivement.
- Une note d'importance relative est attribuée à chaque fois à la fonction jugée la plus importante suivant le barème :
 -
 - 0:égal
 - 1: légèrement supérieur
 - 2: moyennement supérieur
 - 3: nettement supérieur
 -
- Pour hiérarchiser ou valoriser, on peut se poser la question :
- « Qu'est ce qui déclenchera l'achat du produit ? » On comptabilise les notes de chaque fonction, on traduit la somme en pourcentage, et on reporte les résultats sur un histogramme de fonction.

Hiérarchisation fonctionnelle



Notre produit doit gérer de manière raisonnée les besoins en eau issue des pluies.

Recherche de solutions mécaniques

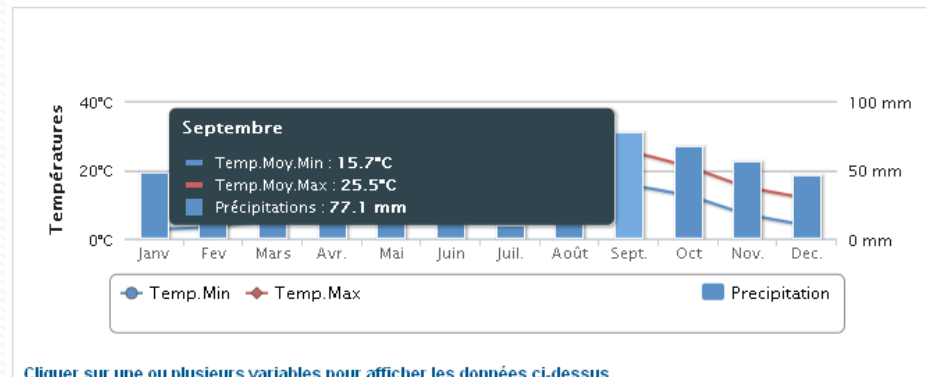
- **FP1** : permettre à l'utilisateur d'humidifier le sol en fonction du besoin de la plante en eau.
- **FC3** : Automatiser l'humidification des racines.
- **FC7** : Recueillir et stocker les eaux de pluie.
- Ces 3 fonctions recueillent à elle seules près de 2/3 des suffrages par rapport aux autres.
- Il faut donc pouvoir recueillir, puis stocker l'eau et la distribuer au niveau des racines en fonction de ces besoins.

Un peu de recherche et de sciences:

- Quel est le volume de pluie en 1 année à Marseille ?
- Quel est le besoin en eau des différents légumes ?
- Comment calculer le volume en eau à distribuer ?
- Comment acheminer ce volume aux racines ?

Calculs et solutions retenues

Normales climatologiques annuelles de la Station de Marignane



1l/m² correspond à 1mm de pluie. On a repris les calculs de MétéoFrance par mois et on a additionné soit en moyenne 700 à 800 l/m².

Pour une surface de 3,75 m² de toiture de notre serre, on a le calcul suivant du volume récupérable d'eau à l'année :

0,6 X 3,75 X 700 = 1575 l = 1,57 m³ (0,6* est le coefficient d'une toiture plate) :

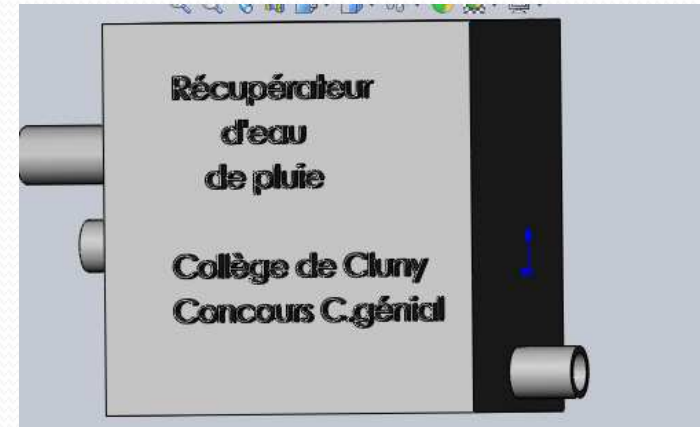
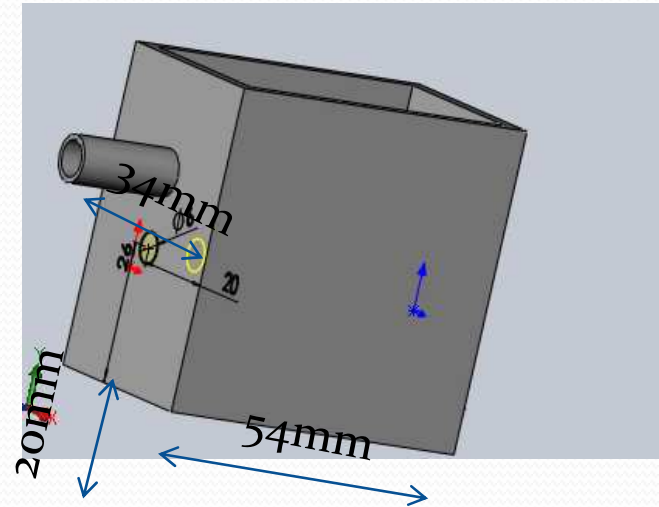
*

http://recuperation-eau-de-pluie.lacentrale-eco.com/comment-dimensionner-sa-cuve-de-recuperation-deau-de-pluie-fr.html?sef_rewr

Comme 1dcm³ = 1L, donc on récupère au total 1400 L. On va réaliser une maquette.

Calcul des dimensions de la cuve de récupération d'eau de pluie

- $V = L \times l \times h = 140 \text{ dm}^3$
- Volume d'eau de la maquette :
- $V_1 = 0,54 \times 0,34 \times 0,2 = 0,026 \text{ L}$
- Soit 26mL. Mais on enlève $0,54 \times 0,34 \times 0,03 = 0,0055$
- Soit le total de récupération d'eau de la maquette est égal à 20 mL.



Comment distribuer cette eau dans le sol ?

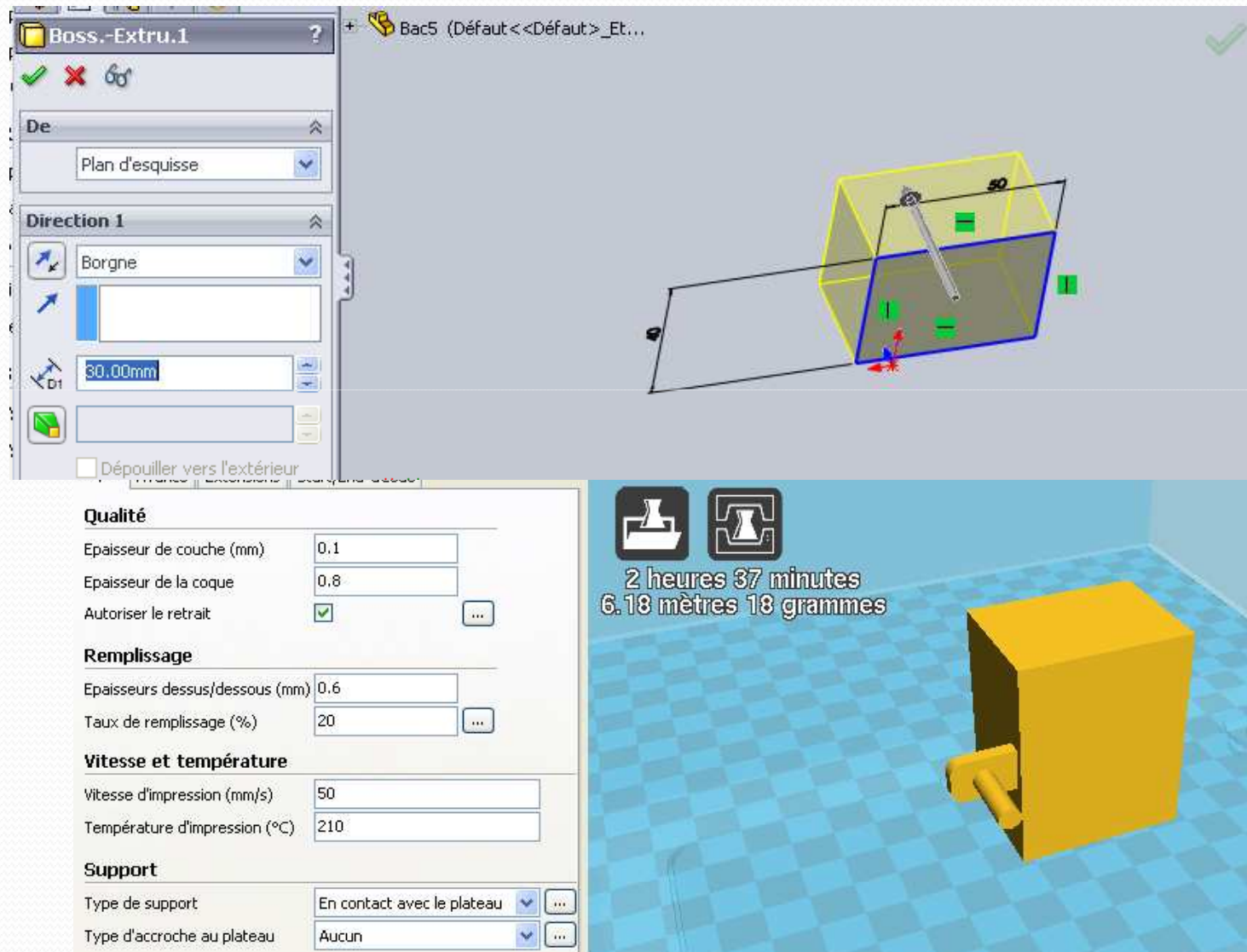
- On a pensé à l'histoire d'Archimède dans sa baignoire : Inutile de vous la raconter. Mais de cette inspiration est née notre système d'évacuation.

- <https://www.youtube.com/watch?v=qwm14OSQzxI>

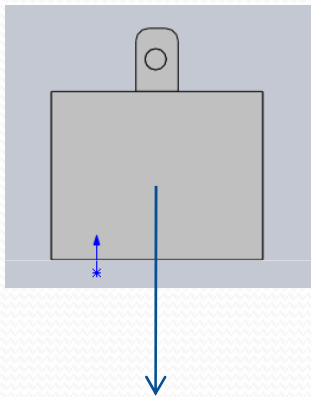


- Il s'agit d'actionner un sorte de bouchon en forme de rectangle parallélé doit d'abord flotter. On a donc rechercher une solution pour que sa masse volumique soit inférieure à 1g/cm^3 (masse volumique de l'eau dans les conditions normales de température et de pression).
- On l'a dessinée avec un logiciel de 3D (Solidworks) puis vérifiée sa masse avec le logiciel d'impression 3D et on a calculé sa masse volumique. Après plusieurs mesures et tentatives on a trouvé la solution.
- Volume de la pièce en négligeant la partie de l'encoche : $40 \times 50 \times 30 = 60000 \text{ mm}^3$.
- Soit 60 cm^3 d'où sa masse volumique $\rho = m/v = 18/60 = \underline{0,3\text{g/cm}^3} < 1 \text{g/cm}^3$. D'où le bouchon flottera. Sa forme est creuse à l'intérieur. Epaisseur 3mm.
- Voir la diapositive suivante :

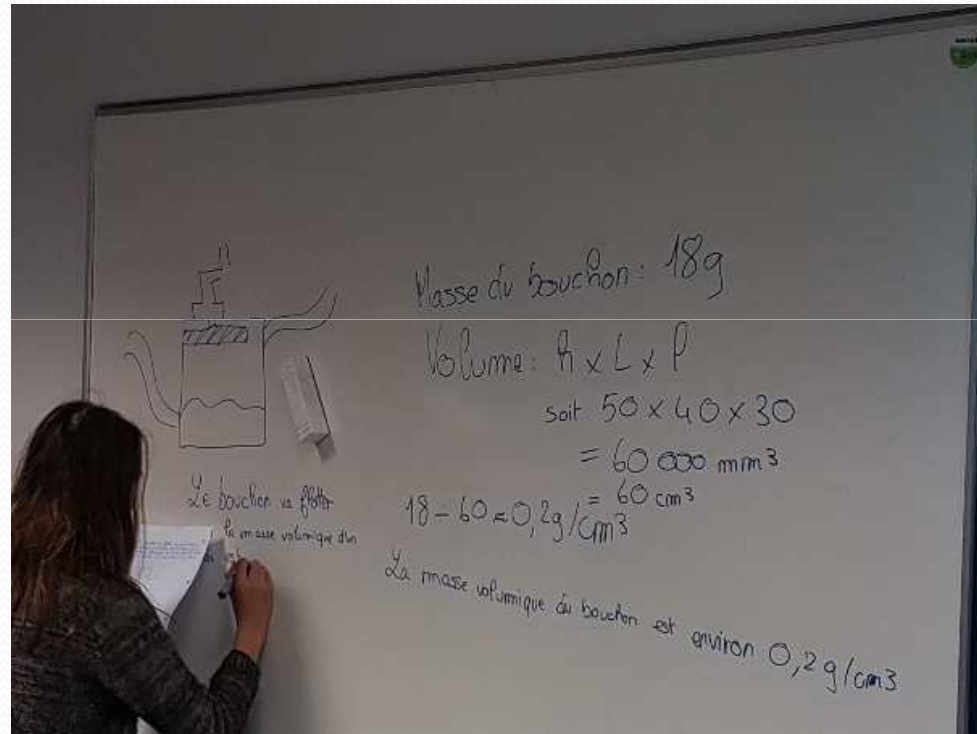
Conception illustrée et impression 3D



Calcul du poids du bouchon et efforts en Newton pour le plonger.



$$\text{Poids du bouchon} = 0,018 \times 9,8 \\ = 0,176 \text{ N}$$

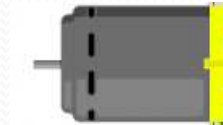


Pour que le bouchon coule, il faut lui appliquer une masse supérieure à 42g (60-18).
Soit un effort de $0,042 \times 9,8 = 0,41 \text{ N}$

Choix du moteur

- Nous savions d'après les recommandations de notre professeur, qu'il fallait commandé le système d'humidification avec une carte Arduino.
- C'est alors que nous avons effectué nos recherches sur comment actionner le levier pour faire descendre le bouchon.

Nous avons pensé à un moteur classique à courant continue (5V) car on avait appris qu'il fallait convertir une énergie électrique en énergie mécanique. Mais il tourne trop vite.

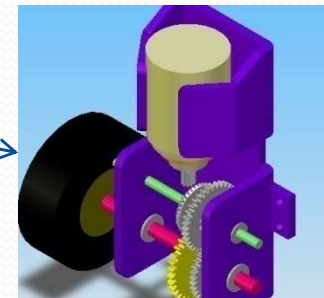


- Cela dit, même si on réduit sa vitesse de rotation, le moteur ne va pas pouvoir supporter des charges lourdes. Nous avons donc besoin d'un système qui puisse supporter une charge. Et de nos recherches on a appris qu'il existait un ensemble composé d'**engrenages** qui permette de réduire la vitesse de rotation de l'axe du moteur tout en augmentant une charge en sortie. Sur l'image suivante, extraite du site de l'[Académie d'Aix Marseille](#), on peut observer un ensemble moteur + réducteur + roue :

- On a choisi **un servomoteur Arduino To10050**: Servomoteur Arduino miniature équipé d'un connecteur compatible Tinkerkit.
- Livré avec palonniers et visserie.

Alimentation: 5 Vcc
Course: 2 x 90°
Couple: 1,0 kg.cm à 5 Vcc
Vitesse: 0,12 s/60°
Dimensions: 24 x 13 x 27 mm

- Que veut dire couple. 1kg/cm ?

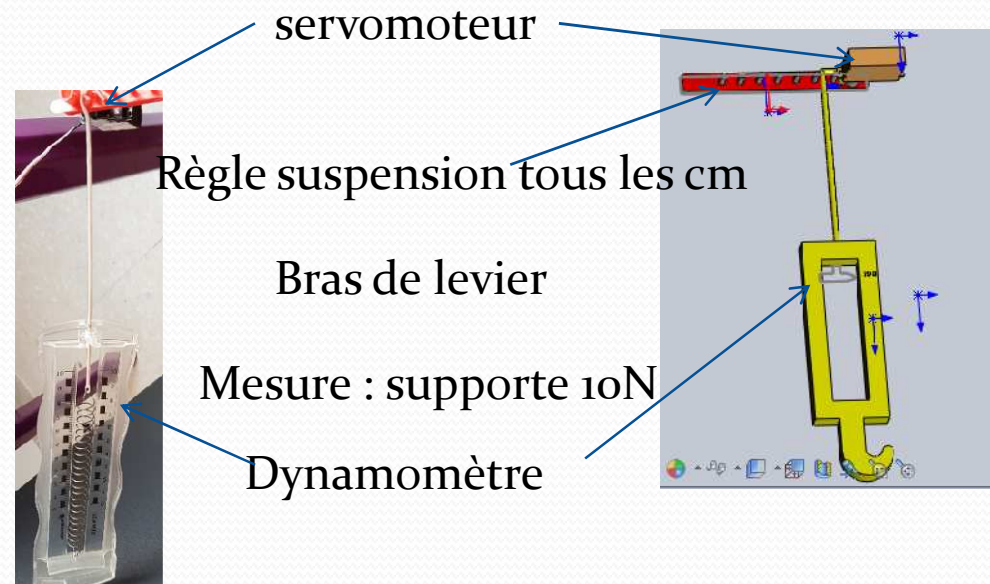


Expérience avec le servomoteur

- Tout d'abord on a choisi un servomoteur car on désire régler l'angle. Un servomoteur comme son nom l'indique c'est ce que l'on peut soit le régler en position angulaire soit en vitesse.

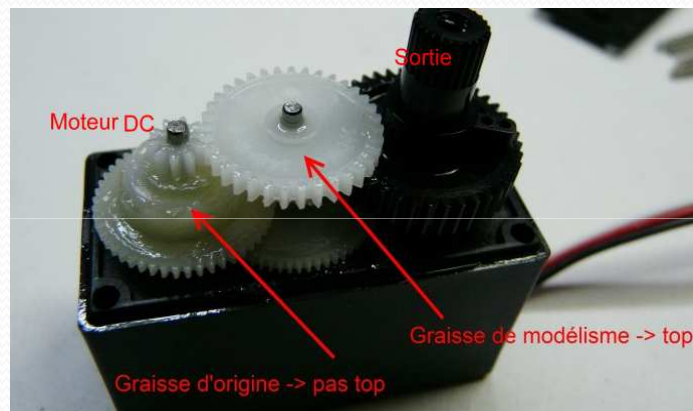
Tandis qu'un moteur classique lui continuera de tourner. Avec un servomoteur c'est juste qu'on peut choisir l'angle à laquelle on veut tourner.

- D'après les caractéristiques du servomoteur définies par le constructeur., ce dernier peut supporter un effort de $1 \times 9,8 = 9,8 \text{ N}$ à 1 cm de son axe :
- Par un petit programme et une expérience nous avons vérifié.



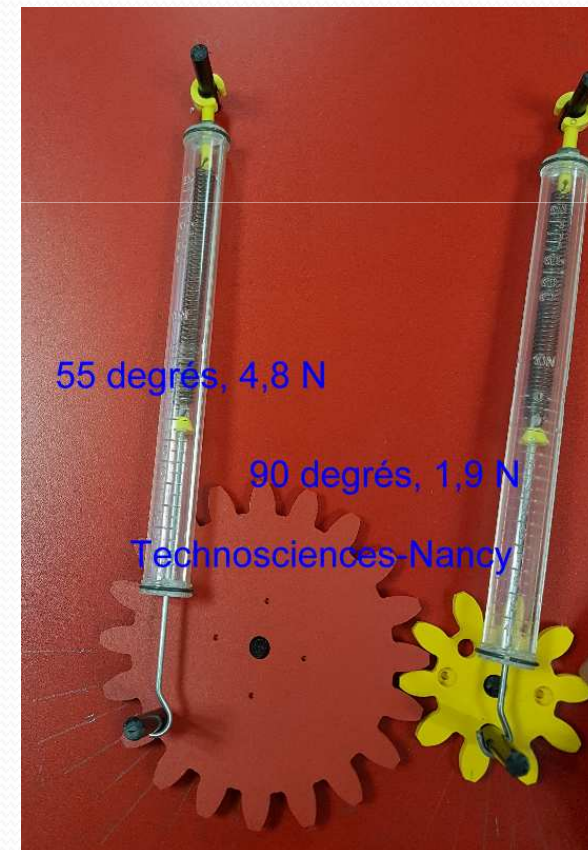
Visualisation d'un servomoteur démonté

Les engrenages sur cette photo forment un moto-réducteur qui réduit considérablement la vitesse du moteur DC à l'intérieur du servomoteur, moins de vitesse = plus de couple.



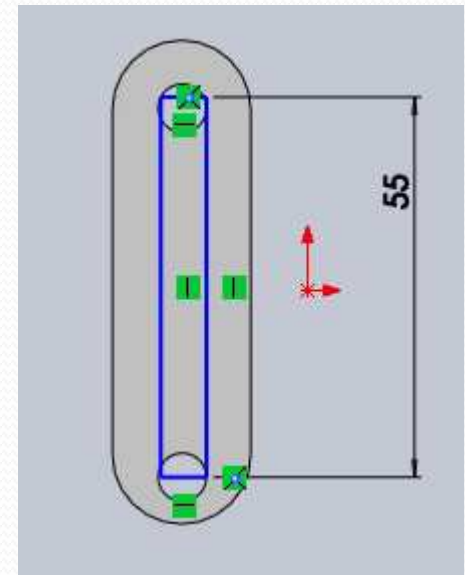
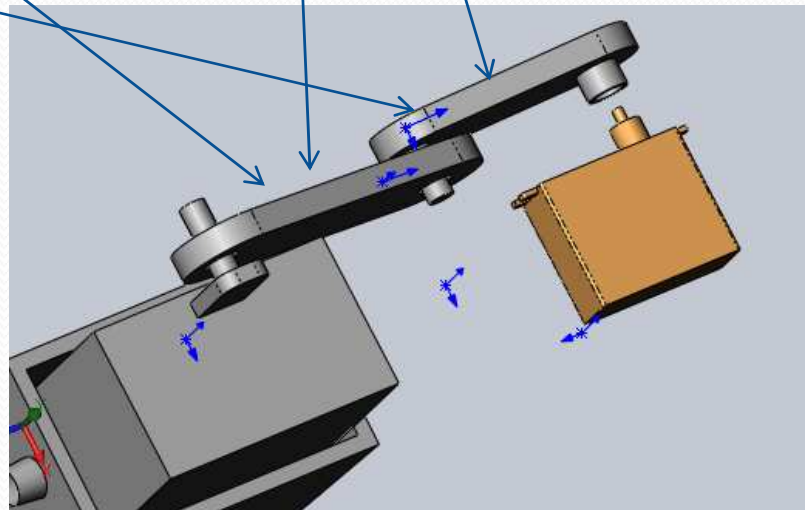
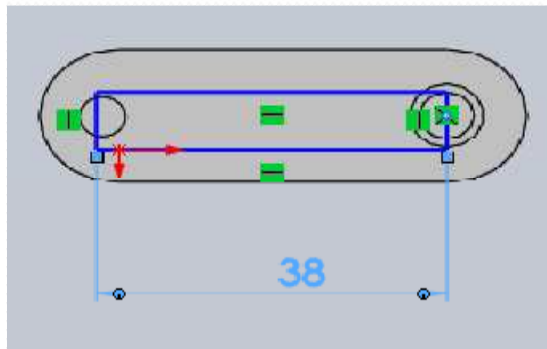
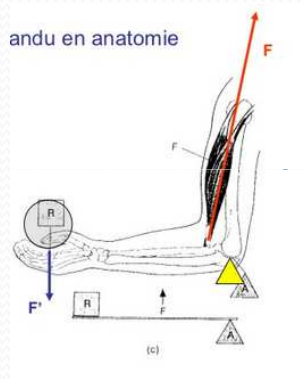
<https://skyduino.wordpress.com/2011/11/20/tutoriel-irl-les-differents-type-de-moteur-et-la-motor-shield-dadafruit/>

La roue menante est beaucoup plus petite que la roue menée. Il y a démultiplication, diminution de la vitesse à la sortie mais on augmente la « force en sortie ».



Conception du bras de levier

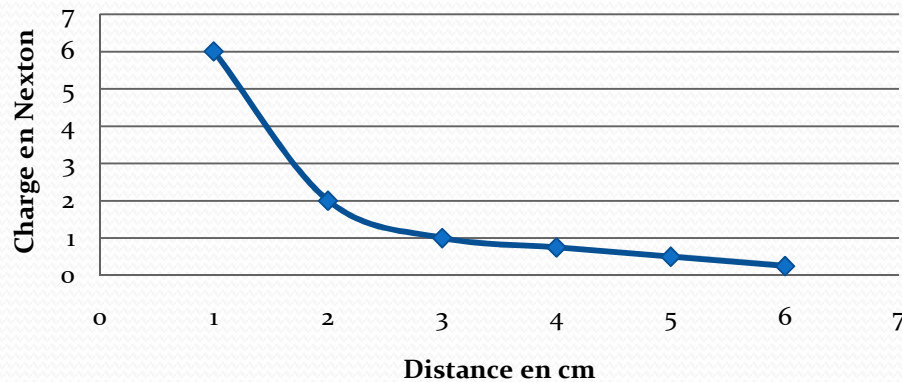
- Nous savons que notre servomoteur peut supporter un effort maximum de 10N/cm . Nous avons besoin d'exercer un effort de $0,41\text{N}$ pour faire plonger le bouchon. Si nous concevons un bras de 10 cm /à l'axe il va pouvoir supporter l'effort de $10\text{N}/10\text{cm}$ soit 1N . C'est encore possible de baisser le bouchon au fond de la cuve. Mais nous avons pensé à l'anatomie de nos bras et à celle des tractopelles. Pourquoi ne pas imaginer de faire la même chose ?



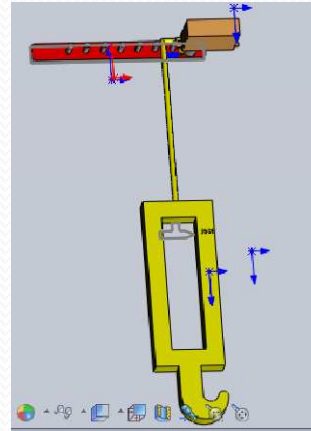
Expérience sur l'effort que l'on peut exercer au bout du levier

On a réalisé l'expérience avec le dynamomètre pour vérifier la charge maximale que peut supporter le servomoteur par rapport à la distance de son axe . On a complété le tableau suivant et réalisé le graphique:

Charge maximale en fonction de la distance /à son axe



Il faut que l'axe du moteur soit placé en 1 et 5 cm pour faire plonger le bouchon.



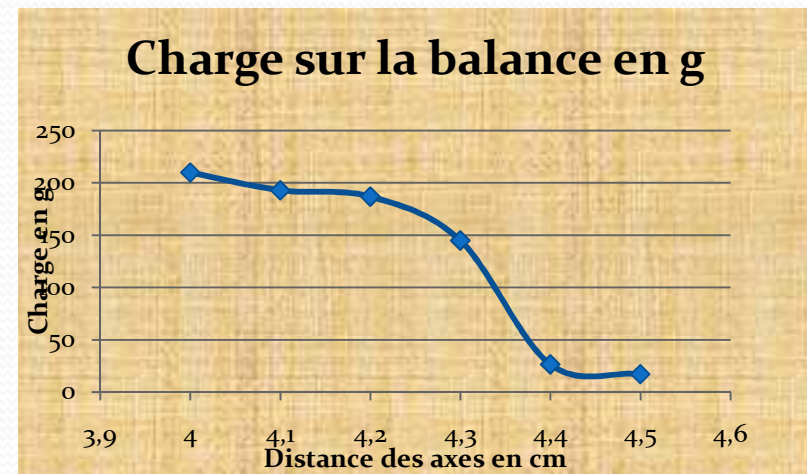
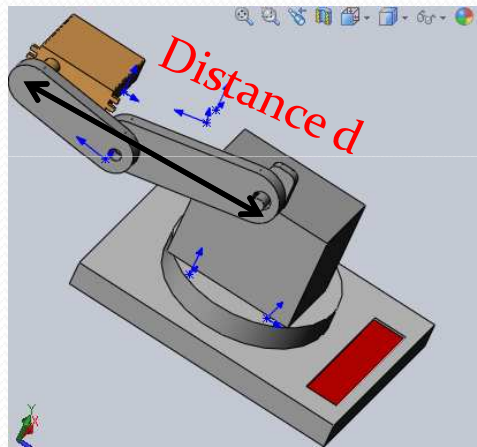
Distance d (en cm)	1	2	3	4	5	6
Valeur en N	6	2	1	0,8	0,6	0,4
Valeur en Nexton	6	2	1	0,8	0,6	0,4

Charge maximale en fonction de la distance

1 cm 5 cm

Autre expérience sur l'effort que l'on peut exercer au bout du levier

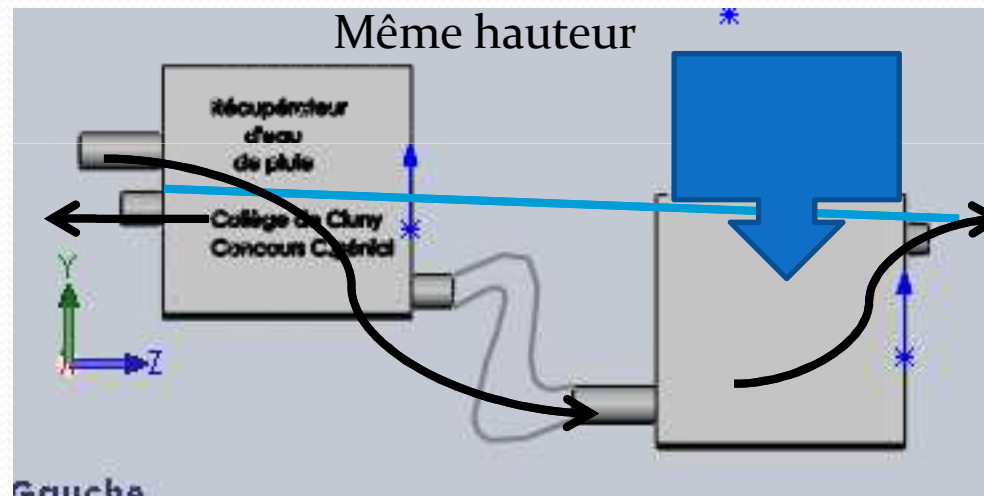
On a pris une balance . Puis on a posé le bouchon, fait la tare et programmé la descente du servomoteur d'un angle de 20 degrés. On a vu que plus l'axe du moteur était éloigné du bouchon et plus l'affichage prenait de faible valeur. On a réalisé les mesures suivantes et réalisé le graphique de la charge mesurée en g en fonction de la distance en cm :



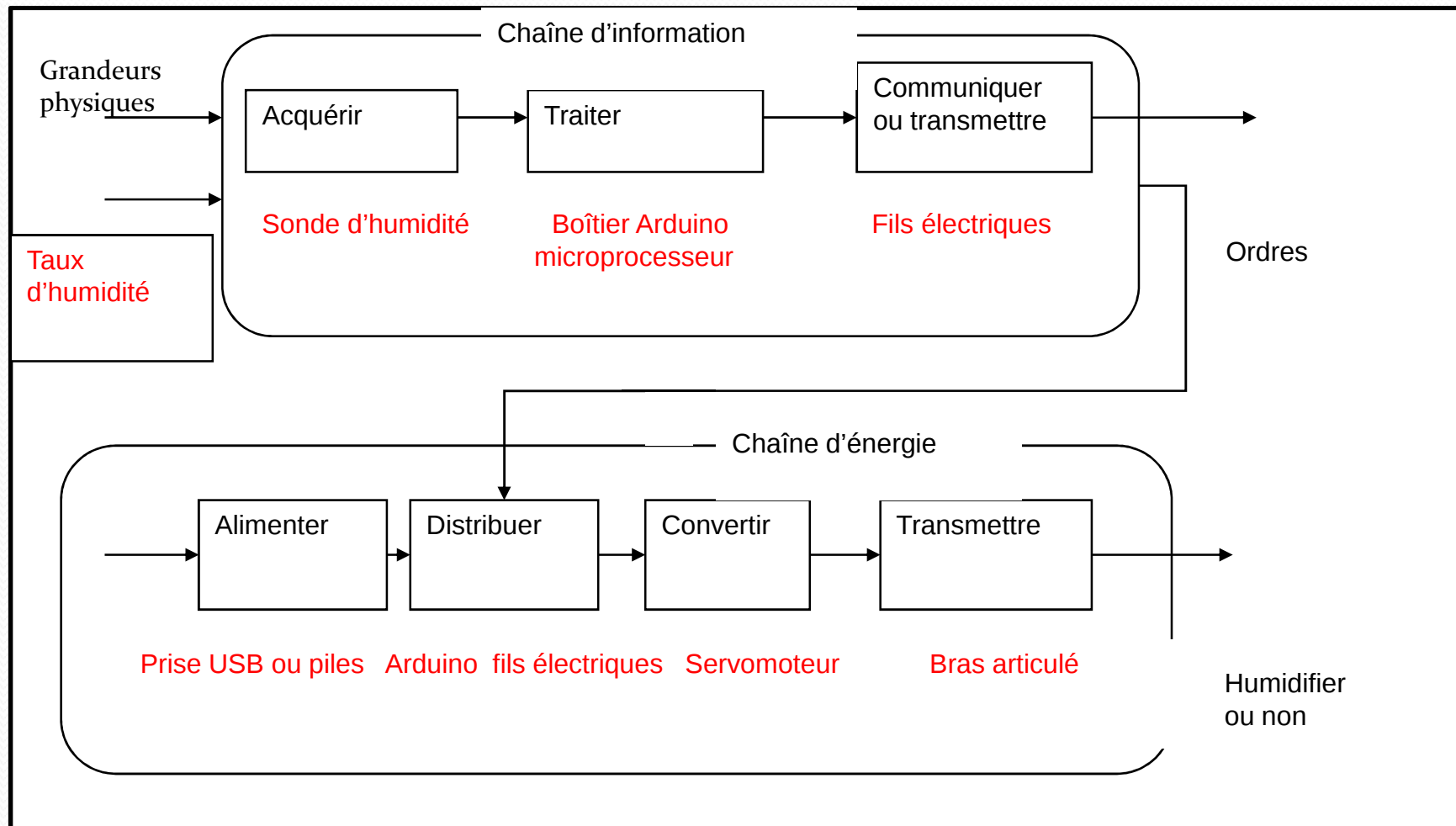
Distance d en cm					
	4	4,1	4,2	4,3	4,4
Valeur en g	210	193	187	145	26,5

Position des différents bacs (gravitation)

- On a réalisé différents bacs : un de récupération et de stockage d'eau de pluie, puis un autre permettant d'évacuer vers le dispositif au niveau des racines. Mais nous nous sommes confrontés à un autre problème : comment les positionner , à quelles hauteurs pour que l'eau ne déborde pas du bac d'évacuation ?



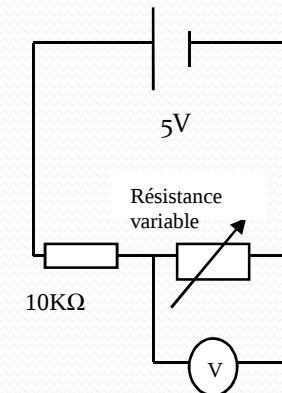
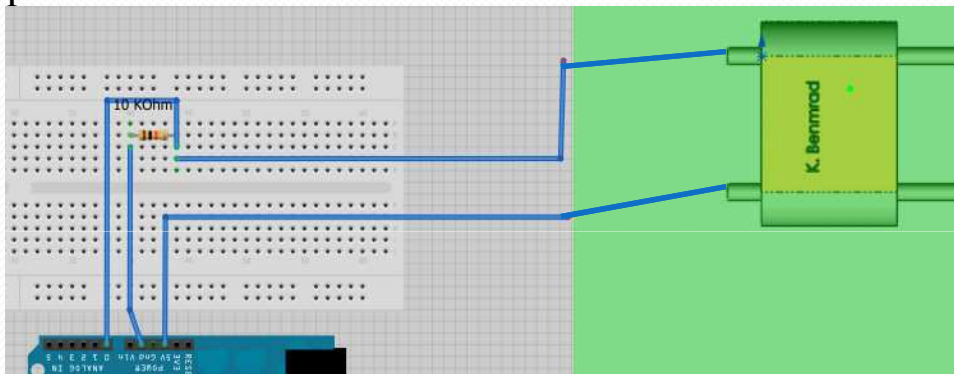
Chaîne fonctionnelle de notre système



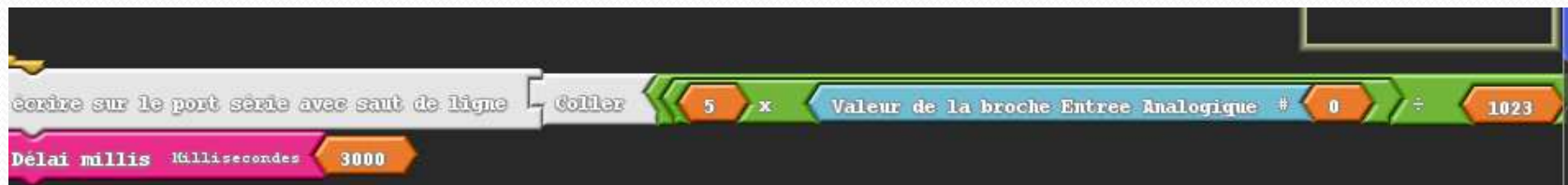
Conception de notre sonde d'humidité et mesure



- On a conçu un capteur qui mesure la résistance entre 2 broches. Puis on a réalisé un programme permettant de pouvoir lire des valeurs sur l'ordinateur. Ces valeurs correspondent après conversion (0 correspond à 0 V et 1023 correspond à 5V donc valeur de la tension mesurée = valeur lue / 1023 X 5) à la tension lue par l'ordinateur entre ces deux broches. On rappelle d'après la loi d'Ohm comme l'intensité est constante qu'il y a une relation de proportionnalité entre la tension U et la résistance R.

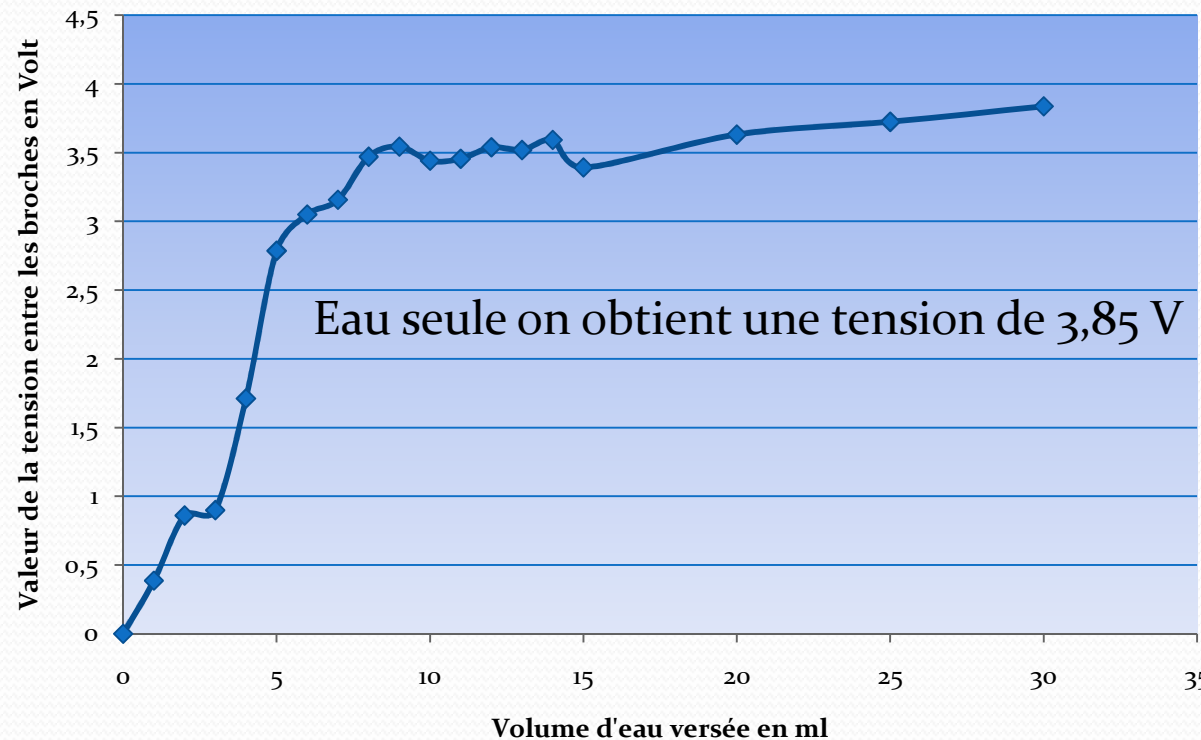


- Des expériences réalisées au préalable on a plus un milieu humide et moins la résistance est importante. Cette valeur est ensuite renvoyée sous forme de niveau de tension qui est lue sur l'entrée analogique et qu'il faut ensuite passer (par exemple en pourcentage) pour obtenir une valeur compréhensible.



Interprétation des résultats

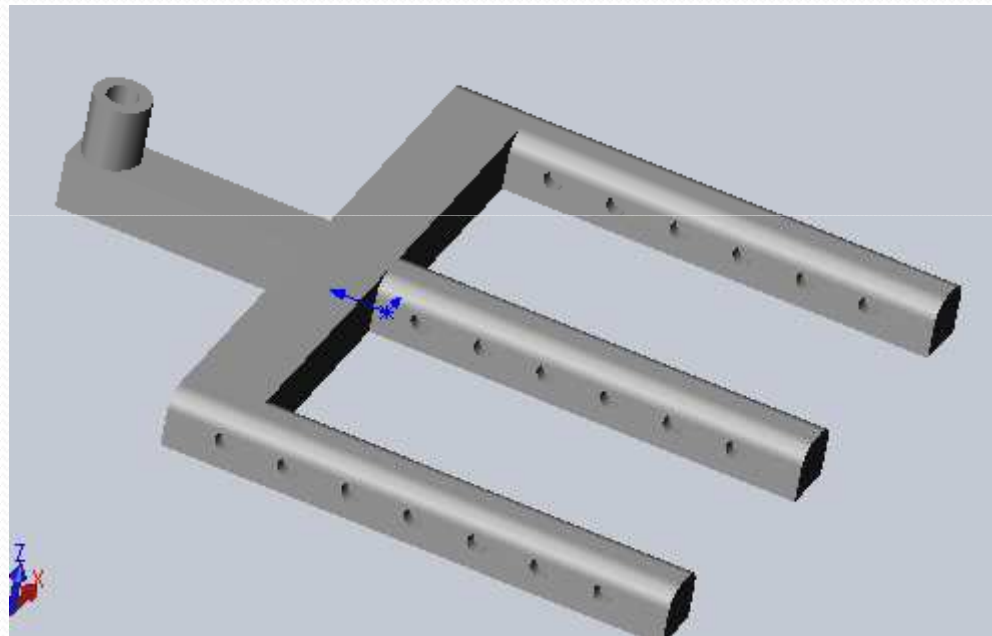
**Tension en Volt mesurée entre les broches
en fonction du volume d'eau versée en ml**



Conclusion : à partir de 8 ml versée la teneur en eau n'augmente plus: le sol est saturé et tous les pores du sol sont remplis d'eau: cette zone saturée forme une nappe. Le volume total est égale à $5,2 \times 2,2 \times 4 = 45,76 \text{ cm}^3$. Donc pour ce sol il faut $0,17 \text{ ml/cm}^3$ pour qu'elle soit saturée. Et chaque plante ou légume ont besoin d'une certaine teneur en eau.

Conception de la partie souterraine

- On sait que l'évaporation se fait surtout à la surface du sol. Même pendant la pluie, une partie de l'eau est immédiatement ré-éaporée car l'atmosphère n'est pas saturé en eau. Donc on a pensé à fabriquer grâce à l'imprimante 3D un système qui puisse être enfui dans le sol au niveau des racines.



Programmation





Merci

- Un grand merci à toute l'équipe pédagogique du collège Saint Joseph de Cluny et à l'équipe de Direction.
- Merci aux partenaires et à la Maison des Sciences de Marseille.