

C.gÉNIAL

Fondation pour la culture
scientifique et technique

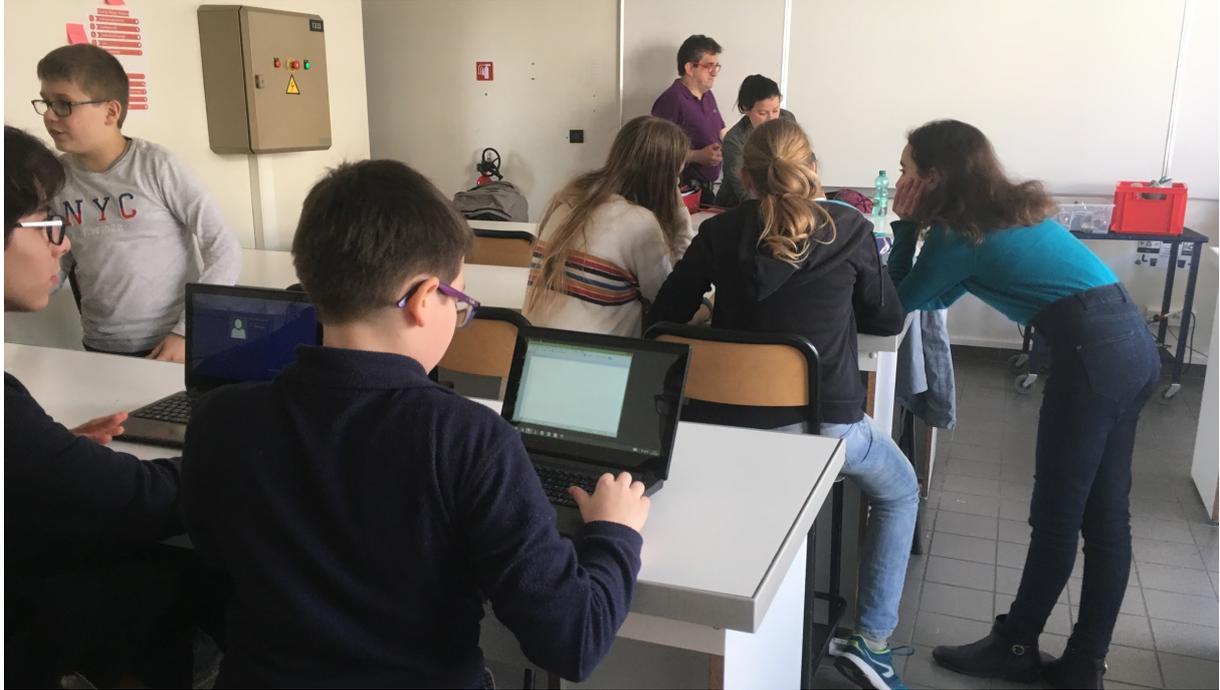
Compte Rendu

Concours Cgénial 2019

Sujet : Chargeur solaire intelligent

Sommaire

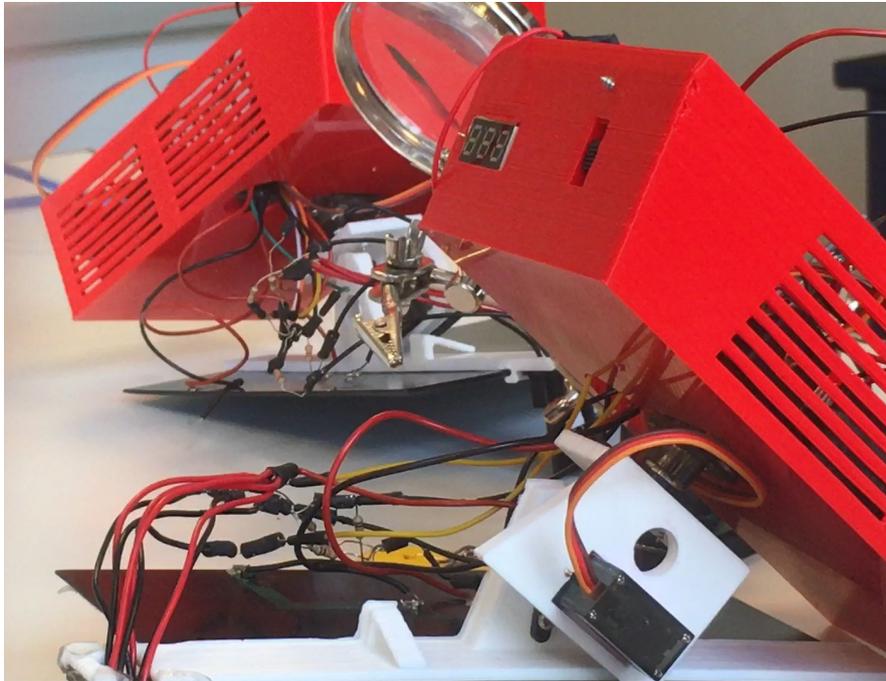
| | |
|---|----|
| I Présentation de l'équipe | 3 |
| II Les compétences nécessaires au projet | 4 |
| III Introduction | 5 |
| IV Problématique | 6 |
| V Difficultés | 6 |
| VI Développement | 7 |
| Cahier des charges | 7 |
| Conception | 7 |
| Nomenclature | 8 |
| Modélisation | 8 |
| Impression 3D | 10 |
| L'assemblage des composants électroniques. | 11 |
| Caractérisation de la cellule photovoltaïque | 13 |
| VII Développement du programme | 16 |
| Code | 18 |
| VIII Contribution Open Source | 22 |
| Projet original | 22 |
| Itération 1 Ecole alsacienne | 23 |
| Itération 2 Ecole alsacienne | 23 |
| Publication sur GitHub | 24 |
| Publication sur YouTube | 25 |
| L'équipe de tournage vidéo | 25 |
| Le montage vidéo | 26 |
| IX Conclusion | 26 |
| X Remerciements | 26 |
| La direction | 26 |
| Les professeurs | 27 |
| Les élèves | 27 |
| XI Annexes | 28 |
| Tableau de mesures | 28 |
| Liens utiles | 32 |



I Présentation de l'équipe

Nous sommes des élèves de 4ème de l'Ecole Alsacienne. Notre professeur de technologie, Mme Guerra, et M. Ménétrier professeur de Physique-Chimie nous ont inscrits en septembre au concours "C'est génial". L'équipe se compose de six filles et trois garçons à savoir : Jeanne Lacluque, Ilona Kugel, Léna Duplouy, Fanette Saury, Isaura Dupont-Barnich, Ambre Berta, Eli Goldsztejn, Grégoire Hariri-Gautier-Picard et Matthieu Donnart. M. Lechenault chercheur du CNRS au Laboratoire de Physique de l'ENS Paris nous a aussi aidé à développer et réaliser ce projet.

II Les compétences nécessaires au projet

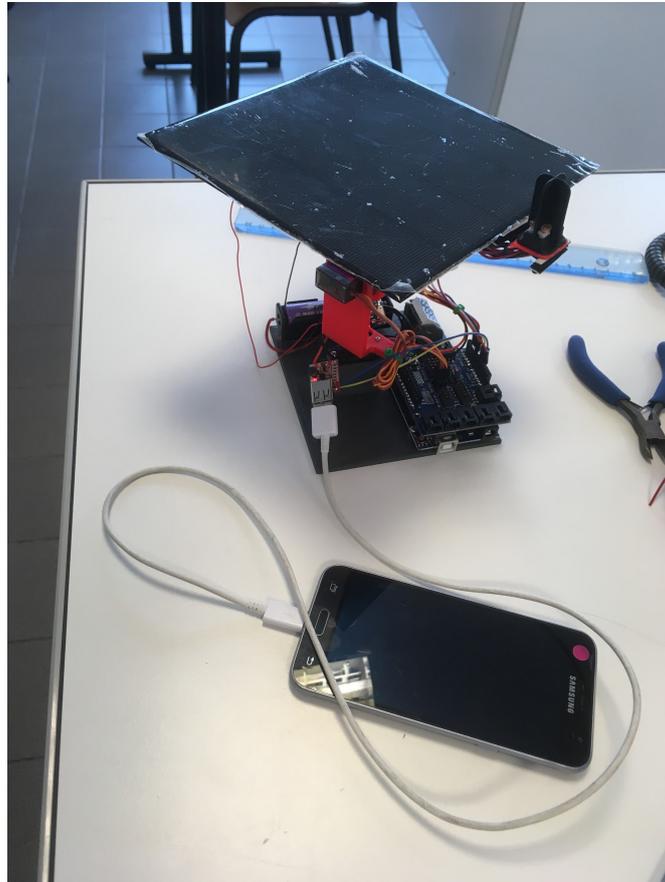


Toute l'équipe se retrouve dans les laboratoires de technologie de l'école tous les mercredis après-midi depuis décembre 2018 pour travailler ensemble sur le projet. Nous nous sommes répartis les tâches selon nos compétences respectives :

- Matthieu, Grégoire, Ambre et Eli travaillent sur la programmation sur des ordinateurs avec le langage Arduino et Mblock ;
- Ilona et Fanette travaillent sur le montage vidéo et sur le design 3D de notre panneau solaire grâce au logiciel Blender ;
- Tandis que Isaura, Ambre, Jeanne et Léna s'occupent des activités matérielles du projet (soudures à l'aide de fer à souder, perçage, vissage, assemblage des différents éléments...).

Mme. Guerra nous aide à surmonter les problèmes matériels ou opérationnels que nous pouvons rencontrer. M. Ménétrier nous guide sur le choix des manipulations à effectuer pour caractériser (en physique) notre objet technique. M. Lechenault nous a aidé sur la partie électronique: la conception, la réalisation et le choix des composants électroniques pour notre chargeur solaire intelligent.

III Introduction



Notre choix s'est porté sur un chargeur solaire intelligent car nous souhaitons développer l'utilisation d'une ressource renouvelable pour la survie de notre planète. Cet objet est en effet destiné à transformer l'énergie solaire récupérée par un capteur photovoltaïque en énergie chimique et/ou électrique.

Ce projet nous permet de progresser dans différents domaines:

- Les personnes en charge de la programmation développent leurs compétences sur mBlock et Arduino.
- Nous nous perfectionnons aussi dans le domaine de la soudure.
- Le logiciel open source Blender est idéal pour s'améliorer dans la modélisation 3D sur ordinateur. M. Saury, responsable des services numériques de l'Ecole, a formé certains d'entre nous à l'utilisation de ce logiciel.

Sur un autre plan, la construction de ce chargeur solaire nous permet de mieux comprendre des notions technologiques comme la chaîne d'information, la chaîne d'énergie, l'utilisation des capteurs photovoltaïques, les composants électroniques (microprocesseur)...

En résumé, ce projet nous enrichit tant aux niveaux scolaire et scientifique qu'au niveau de l'esprit d'équipe.

IV Problématique

Il s'agit de concevoir, depuis le cahier des charges jusqu'à la validation du prototype, un chargeur solaire intelligent capable de s'orienter dans la direction du soleil et de recharger un smartphone.

V Difficultés

Un des problèmes rencontrés a été à propos de la modélisation 3D. Tinkercad, le logiciel que nous utilisons habituellement, n'était pas assez évolué et ne comportait pas les outils dont nous avons besoin pour la modélisation de l'objet. Nous nous sommes donc tournés vers un logiciel plus évolué: Blender. Il a pour avantage d'être open source, ce qui permet à d'autres personnes de pouvoir reprendre le projet.

L'assemblage de composants électroniques s'est avéré assez difficile, il a fallu qu'on arrive à effectuer de micro-soudures. Une fois les composants électroniques et mécaniques assemblés, nous avons trouvé des difficultés liées aux branchements et aux soudures entre les composants électroniques. Nous avons dû vérifier le signal de chaque composant électronique à l'aide d'un multimètre.

VI Développement

Cahier des charges

Nous avons commencé par réaliser un cahier des charges comprenant toutes les exigences que doit remplir l'objet technique.

| Contrainte et Fonction | Critère d'appréciation | Niveaux |
|-------------------------------|--|---|
| Produire de l'électricité | Pouvoir charger un appareil électronique | 6 volts |
| Résister au milieu extérieur | Température | De -5°C à 40°C |
| | Indice de protection | IP 11 |
| Sécurité de l'utilisateur | Surchauffe | <15°C |
| | Masse | <2kg |
| Esthétique | Être agréable à regarder | Sobre |
| Lumière | Photorésistance | >0,5 lux |
| Support | Taille | Longueur : 14,5 cm Largeur : 10 cm Hauteur : 4,5 cm |
| Panneau solaire | Taille | 16 cm par 16 cm |
| Charger un appareil | Prise pour charger l'appareil | Port USB |
| Préserver l'énergie produite | Pouvoir garder l'énergie produite | 1 heure |

Conception, Modélisation, Impression 3D

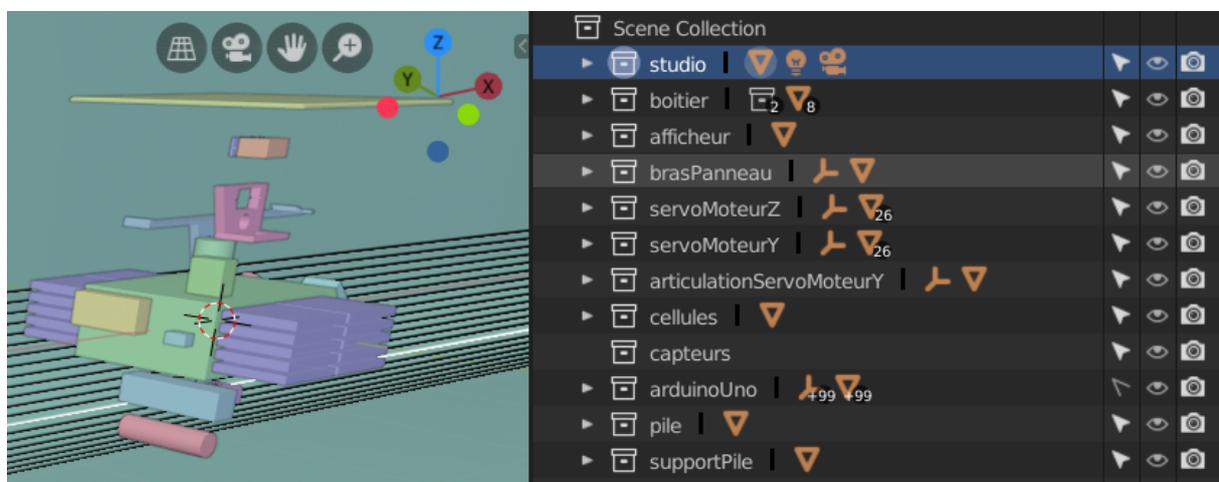
Conception

Notre professeur de Technologie s'est inspirée d'un objet déjà présent sur le marché (voir partie VIII Contribution Open Source). A partir de ce prototype, elle et M. Lechenault ont modifié l'objet en ajoutant deux composants électronique, une batterie, un port USB pour le chargement du téléphone et une cellule photovoltaïque plus grande. L'architecture plastique a aussi été largement reprise. Cela nous a amené à avoir notre actuel chargeur solaire intelligent.

Nomenclature

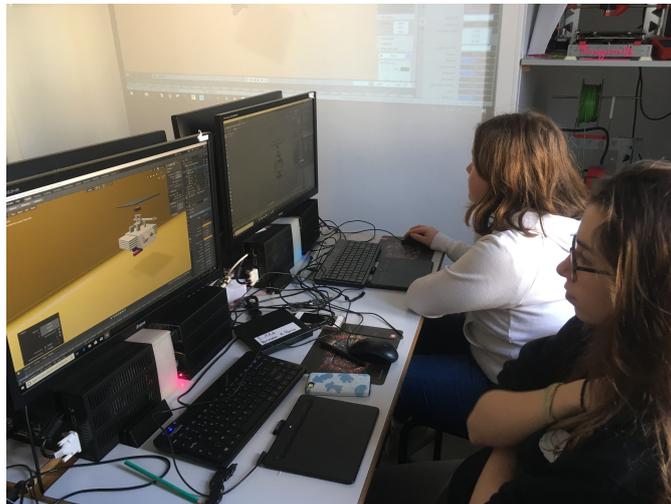
| Désignation précise de l'approvisionnement sollicité | |
|--|--|
| Panneau solaire 4.5W | Module step up boost 5V-12V |
| 2.5V-30V Mini Digital Voltmeter | Arduino UNO R3 ATmega16U2 AVR USB |
| 2600mah 18650 Li-ion Battery | 9g Metal Gear Servos |
| Sensor Shield V4.0 Sensor | 10K Ohm Resistors |
| Photo résistance 10K | Cordon avec connecteur JST 2 PIN Grove |
| Kit de jumpers Male - Male | Gaine thermoretractable Ø4,8mm noire |
| Chargeur de batterie Lithium | Interrupteur unipolaire rond |
| 18650-Battery-Holder-Case-Box-Black | |

Modélisation

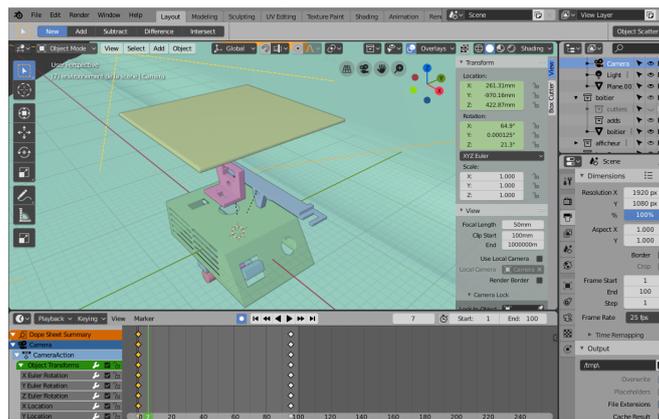


Modélisation 3D de notre chargeur solaire intelligent.

Nous avons ensuite abordé la question de la modélisation 3D. Comme précisé précédemment, nous avons opté pour un logiciel plus performant que celui utilisé dans le milieu scolaire à savoir Blender. Ce logiciel destiné habituellement à l'animation a été utilisé dans ce projet de manière à pouvoir le télécharger en open source.



Modélisation au labo d'impression 3D de l'Ecole Alsacienne.



Capture d'écran de la maquette 3d dans la logiciel Blender avec un rendu semi réaliste.

Les élèves chargés de cette modélisation ont pu compter sur l'aide précieuse de M. Saury. En effet ils ne savaient pas utiliser ce logiciel auparavant. Depuis le premier jour, ces élèves ont appris le fonctionnement de plusieurs facettes du logiciel, c'est-à-dire déplacer, redimensionner, remplacer certains éléments sur le logiciel, puis elles ont commencé à travailler sur la maquette du panneau solaire.

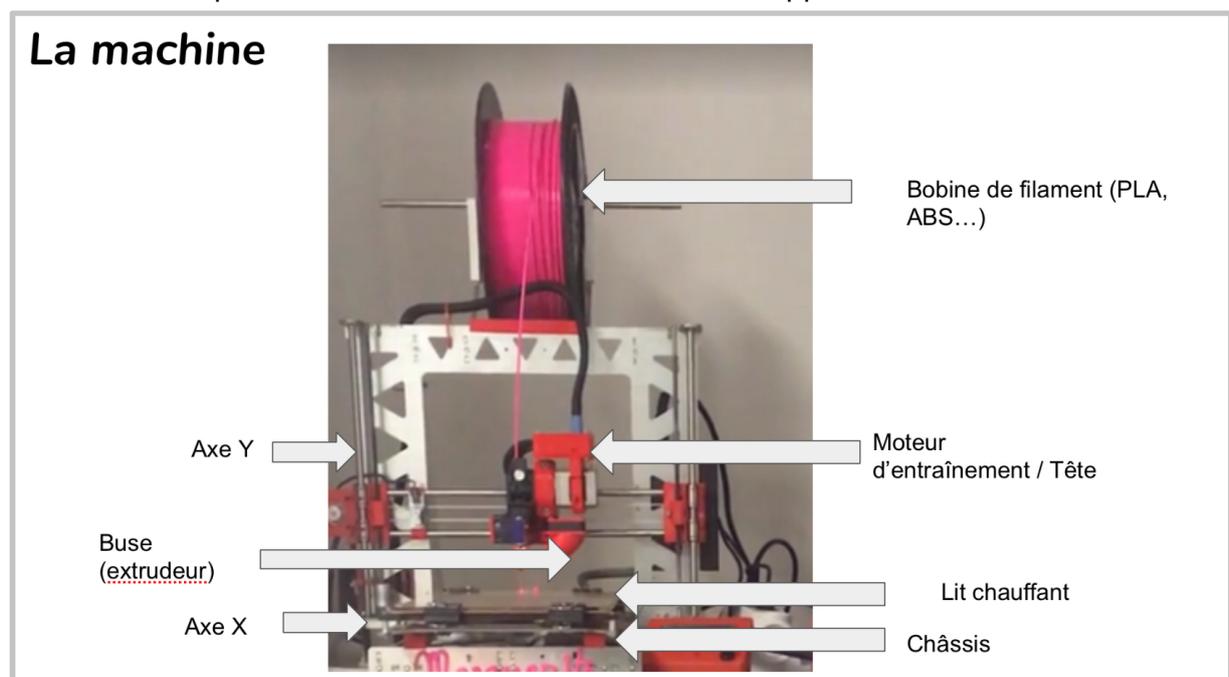
Impression 3D



Labo d'impression 3D de l'École Alsacienne.

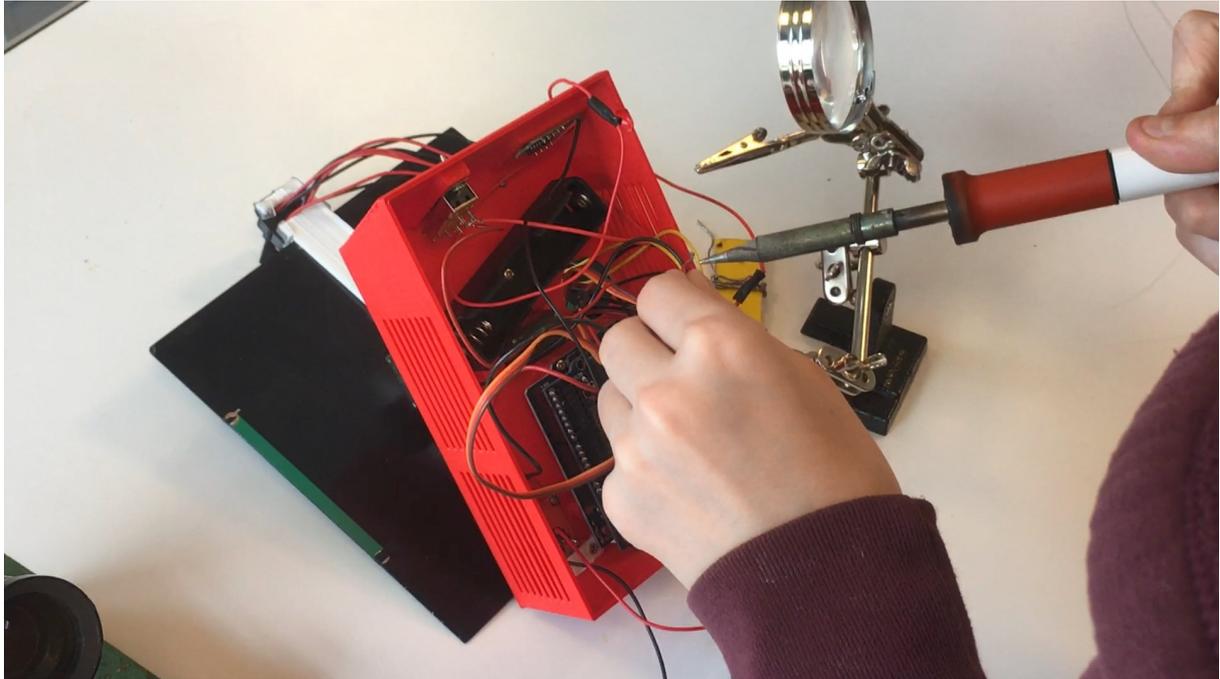
Les différents composants ont d'abord été imprimés en 3D en PLA (support et socle), au Labo d'impression 3D de l'École Alsacienne. Nous sommes ensuite passés au montage des composants, la carte arduino ainsi que le sensor shield ont été fixés au socle. Les servomoteurs quant à eux ont été fixés aux différents supports.

La machine



Une des imprimantes 3D de l'école

L'assemblage des composants électroniques.



Connexion des photo-résistances et les servomoteurs à la carte arduino.

Nous avons commencé par installer les quatre photo-résistances sur un support réalisé avec l'impression 3D. Les photo-résistances servent à capter l'endroit le mieux éclairé et à diriger la cellule photovoltaïque dans cette direction. Des câbles, l'un noir l'autre rouge sont connectés à un support câblé pour chaque photo-résistance. Les câbles noirs sont soudés aux résistances électriques qui permettent de baisser l'intensité de la tension obtenue grâce à la lumière reçue. Chaque résistance est reliée à un câble directement relié à la carte Arduino.

Quant aux fils rouges, ils sont reliés par un même câble qui les ramène vers les 5 volts de la carte Arduino (Figure 3). Nous avons à chaque fois utilisé des câbles de couleur différentes pour pouvoir identifier chaque pin et ainsi traiter le signal analogique.

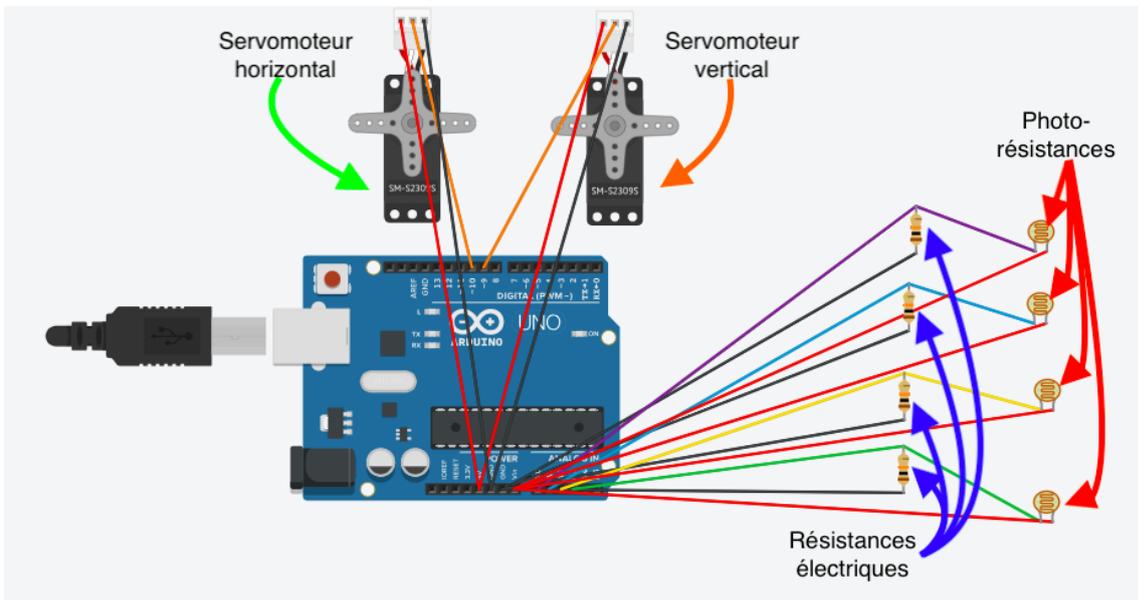
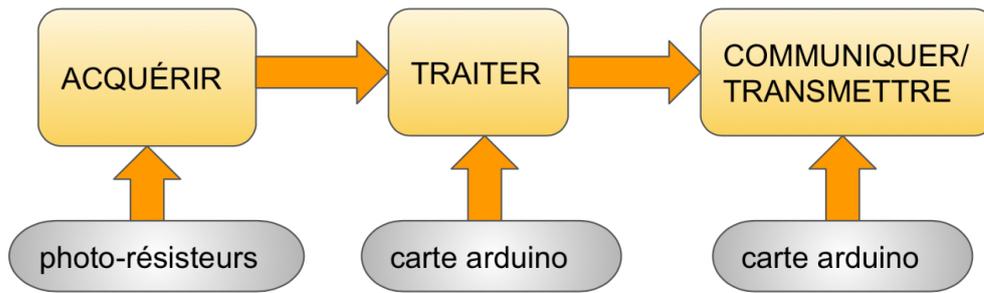


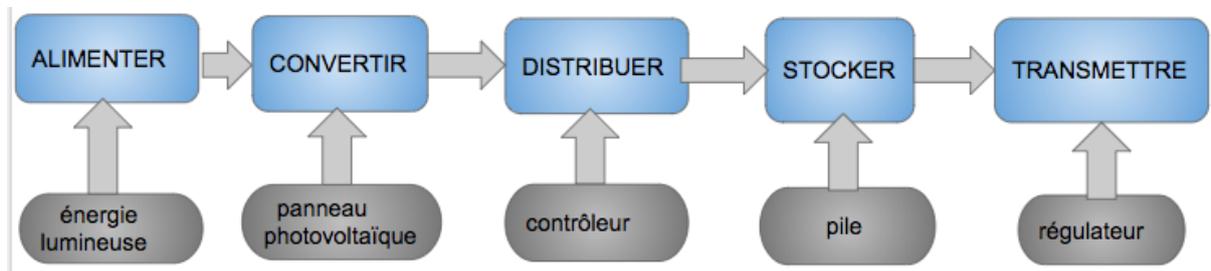
Schéma représentant les connexions de photo-résistances et les servomoteurs à la carte Arduino.

Les servomoteurs ont été connectés aux pins numériques (digital) de la carte arduino comme le montre le schéma au dessus. Grâce à ce montage nous avons pu comprendre et ainsi reconstruire la chaîne d'information.



Chaîne d'information du chargeur solaire intelligent

A l'aide d'autres câbles nous avons relié la cellule photovoltaïque au contrôleur et au voltmètre (pour relever une tension) . Enfin, le contrôleur fut soudé au régulateur mais également à l'interrupteur et à la batterie. La chaîne d'énergie est représentée dans la figure suivante.



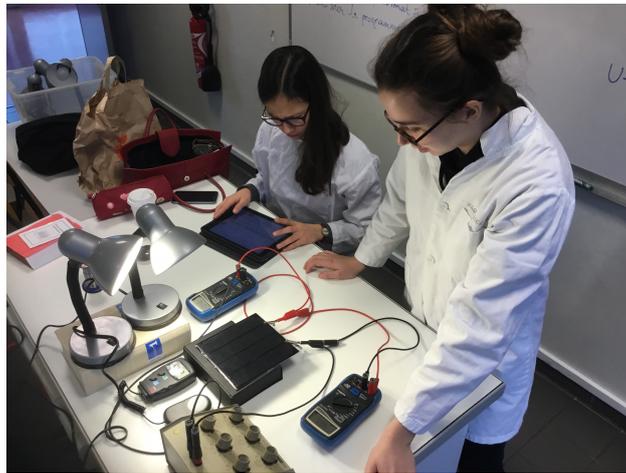
Chaîne d'énergie du chargeur solaire intelligent.

Caractérisation de la cellule photovoltaïque

Nous avons ensuite fait la caractérisation de la cellule photovoltaïque. D'après nos cours de physique, nous avons appris la loi d'ohm $U = I \times R$. Cette loi permet de déterminer la valeur d'une résistance. La loi d'Ohm a été ainsi nommée en référence au physicien allemand Georg Simon Ohm qui la publie en 1827, dans son œuvre "Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet" (D'après le site de Wikipédia).

$$U = R \cdot I$$

tension (volt) résistance (ohm) intensité (ampère)



Caractérisation de la tension et de l'intensité de courant en variant la résistance électrique

Nous avons fait un circuit électrique en reliant avec de câbles électriques et pinces crocodile à la cellule photovoltaïque. Nous avons branché la cellule photovoltaïque en dérivation au tensiomètre et en série à la résistance variable et à l'ampèremètre, selon les conseils de notre professeur de physique, M. Ménétrier. La images ci-dessous montre notre montage, ainsi que le schéma électrique.



Montage pour la caractérisation de la cellule photovoltaïque.

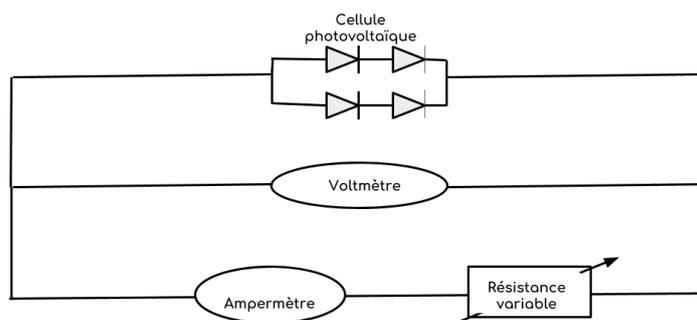
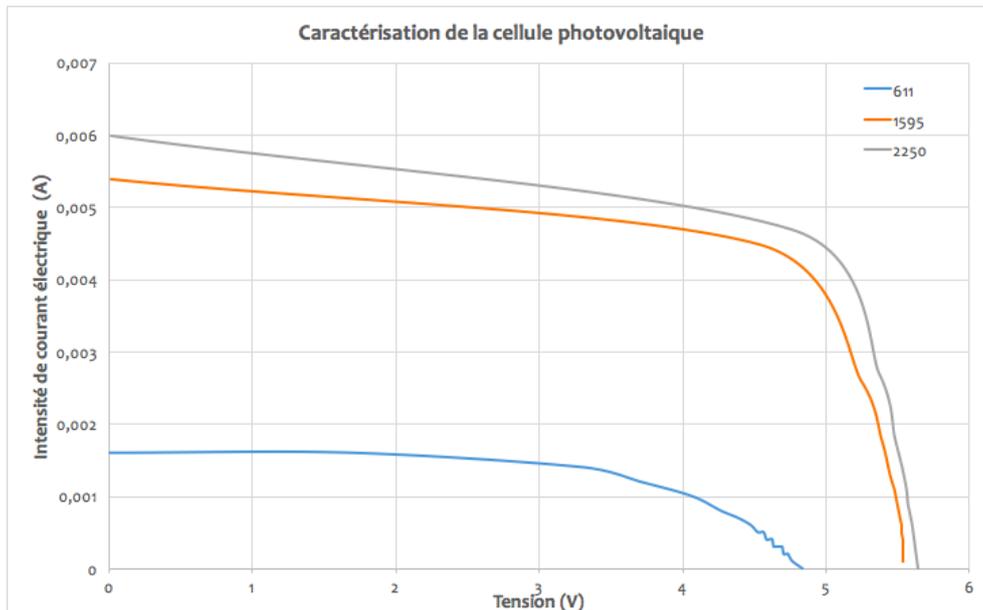


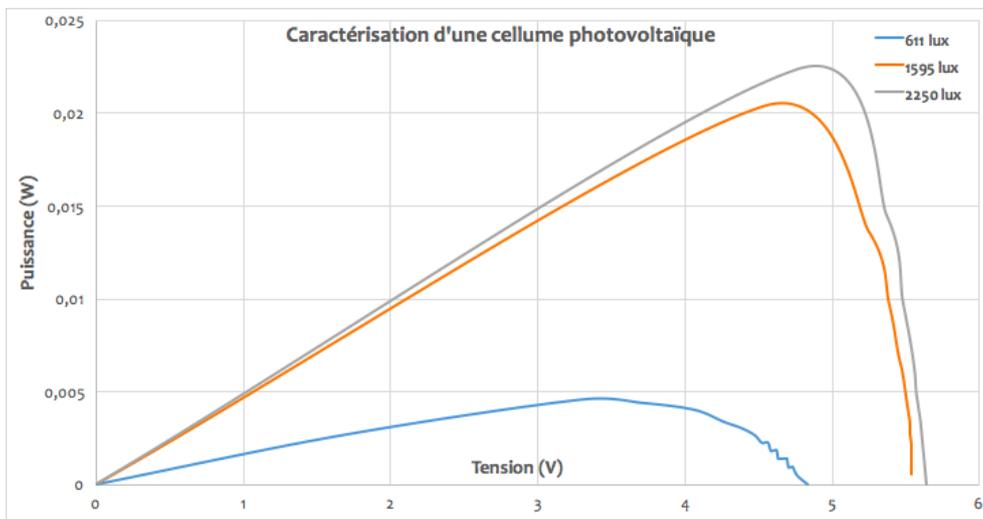
Schéma représentant le montage pour la caractérisation de la cellule photovoltaïque.

Nous avons ainsi relevé toutes les valeurs obtenues lors de la variation de la résistance (voir annexe 1). C'est ainsi que nous avons pu faire un graphique représentant l'intensité électrique en fonction de la tension. Notre professeur de physique nous a expliqué que les constructeurs de cellules photovoltaïques décident de travailler à une intensité et à une tension donnée, notre cas est dans l'ordre d'environ 5,5V lorsque l'intensité lumineuse est assez forte, comme le montre la figure 9.



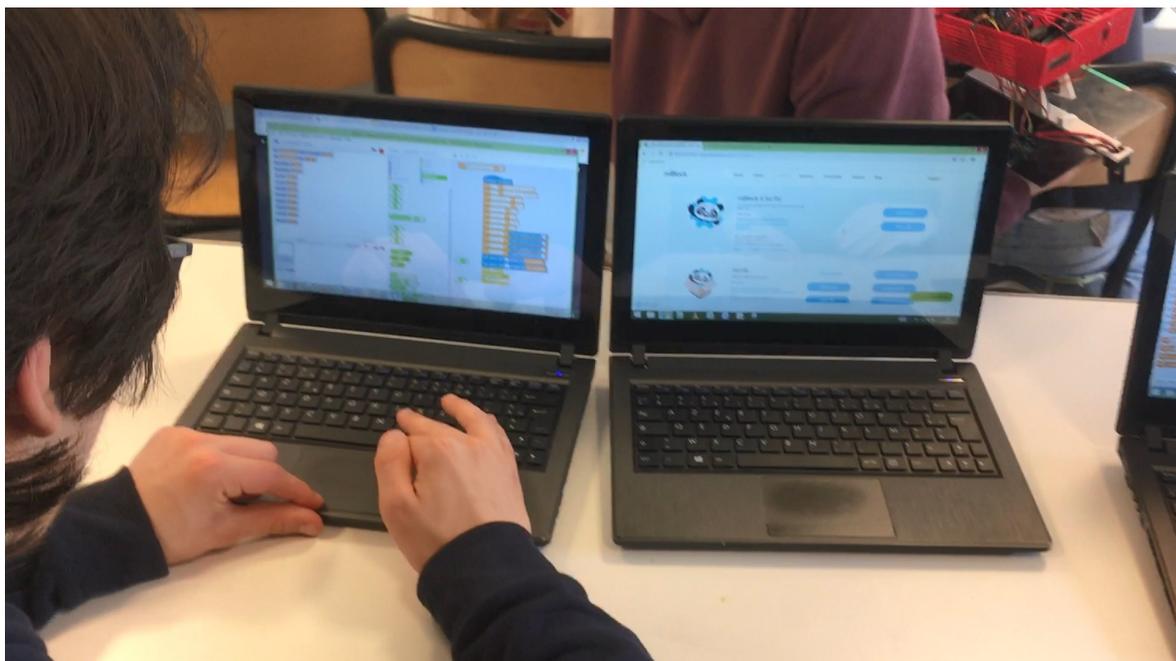
Caractérisation de la cellule photovoltaïque, intensité électrique (A) en fonction de la tension (V) pour plusieurs intensités lumineuses.

Nous avons ensuite calculé à partir de la relation $P = I \times U$ la puissance de notre cellule photovoltaïque.



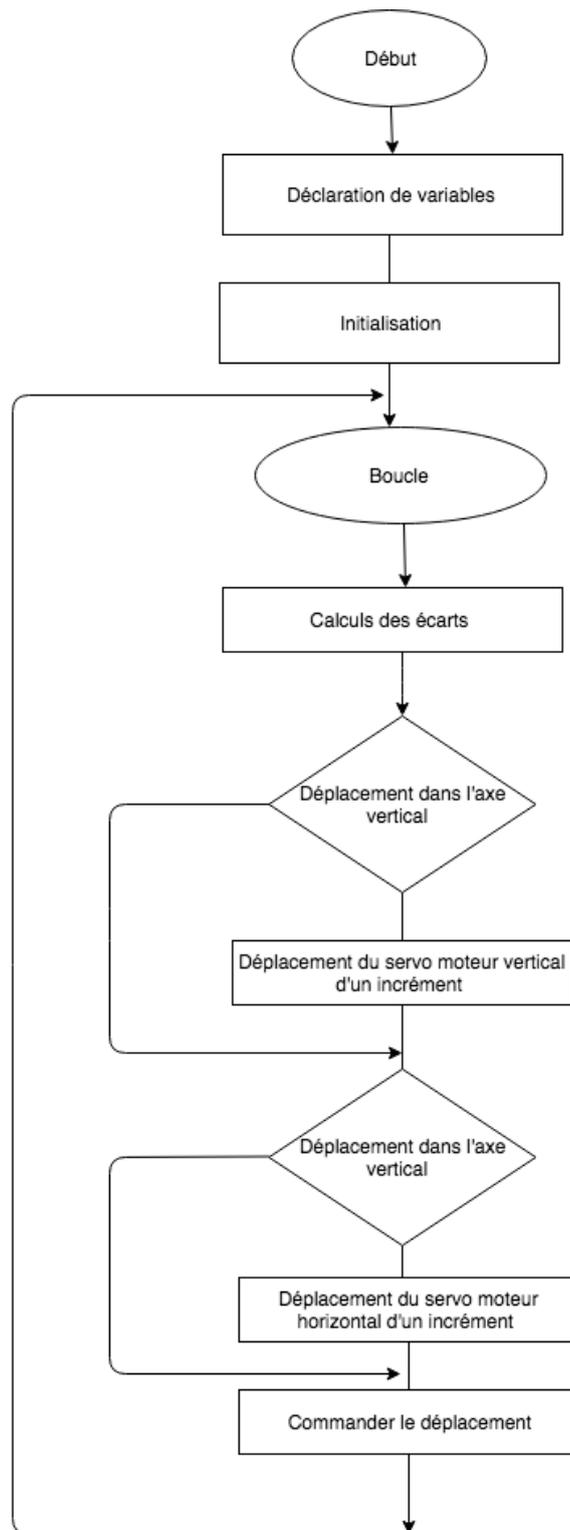
Caractérisation de la cellule photovoltaïque, puissance électrique (W) en fonction de la tension (V) pour plusieurs intensités lumineuses

VII Développement du programme



Nous avons trouvé le code avec un prototype open source que l'école avait acheté. C'est un code arduino. Nous avons rencontré un problème lorsque nous avons souhaité traduire ce code en mBlock. Nous nous sommes donc renseignés et nous avons appris que c'était impossible de traduire le code. Nous avons donc décidé de créer un algorithme à partir du code arduino que nous avons ensuite écrit sur mBlock. L'image suivante montre l'algorithme que nous avons réalisé à partir du code arduino avec l'aide de nos professeurs de technologie et physique.

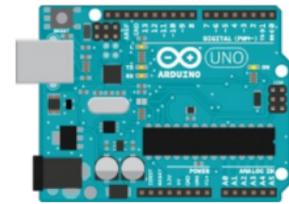
Algorithme



Algorithme simplifié de notre code Mblock

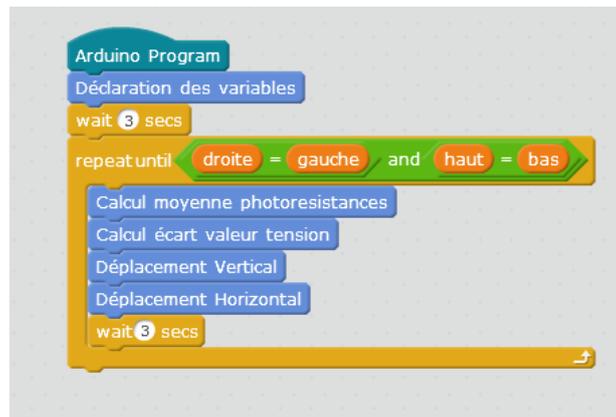
Code

Programmer une carte Arduino avec mBlock



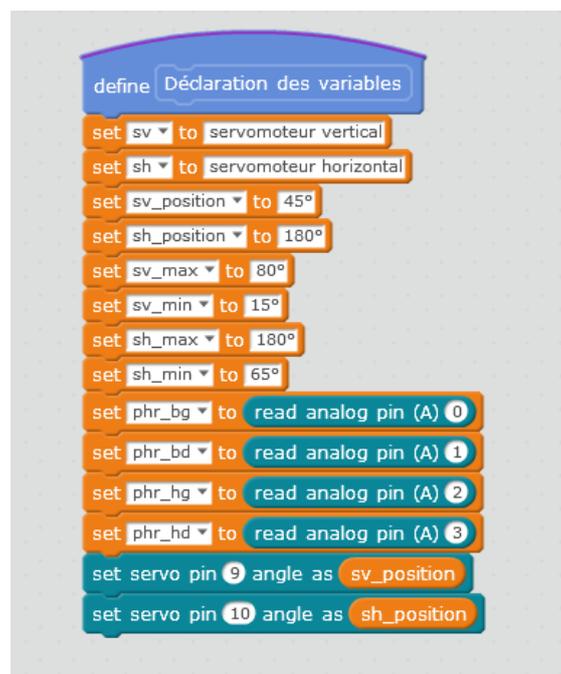
mBlock est un environnement de programmation graphique basée sur Scratch 2.0

Par la suite nous avons développé un condé mBlock, les images ci dessous montrent le développement du code.



```
Arduino Program
Déclaration des variables
wait 3 secs
repeat until droite = gauche and haut = bas
  Calcul moyenne photoresistances
  Calcul écart valeur tension
  Déplacement Vertical
  Déplacement Horizontal
wait 3 secs
```

Code mBlock



```
define Déclaration des variables
set sv to servomoteur vertical
set sh to servomoteur horizontal
set sv_position to 45°
set sh_position to 180°
set sv_max to 80°
set sv_min to 15°
set sh_max to 180°
set sh_min to 65°
set phr_bg to read analog pin (A) 0
set phr_bd to read analog pin (A) 1
set phr_hg to read analog pin (A) 2
set phr_hd to read analog pin (A) 3
set servo pin 9 angle as sv_position
set servo pin 10 angle as sh_position
```

Code mBlock

```

define Calcul écart valeur tension
set Ecart H-B to haut - bas
set Ecart G-D to droite - gauche

```

Code mBlock

```

define DéplacementHorizontal
if droite < 50 or droite > 50 then
  if droite < gauche then
    repeatuntil sh_position = sh_min
    set sh_position to sh_position - 1
    set servo pin 10 angle as sh_position
  if sh_position < sh_min then
    repeatuntil sh_position = sh_min
    set sh_position to sh_position + 1
    set servo pin 10 angle as sh_position
  else
    if droite > gauche then
      repeatuntil sh_position = sh_max
      set sh_position to sh_position + 1
      set servo pin 10 angle as sh_position
    if sh_max < sh_position then
      repeatuntil sh_position = sh_max
      set sh_position to sh_position - 1
      set servo pin 10 angle as sh_position
  else

```

Code mBlock

```
if droite < 50 or droite > 50 then
  if droite < gauche then
    repeatuntil sh_position = sh_min
      set sh_position to sh_position - 1
      set servo pin 10 angle as sh_position
    if sh_position < sh_min then
      repeatuntil sh_position = sh_min
        set sh_position to sh_position + 1
        set servo pin 10 angle as sh_position
  else
    if droite > gauche then
      repeatuntil sh_position = sh_max
        set sh_position to sh_position + 1
        set servo pin 10 angle as sh_position
      if sh_max < sh_position then
        repeatuntil sh_position = sh_max
          set sh_position to sh_position - 1
          set servo pin 10 angle as sh_position
    else
      if droite = gauche then
```

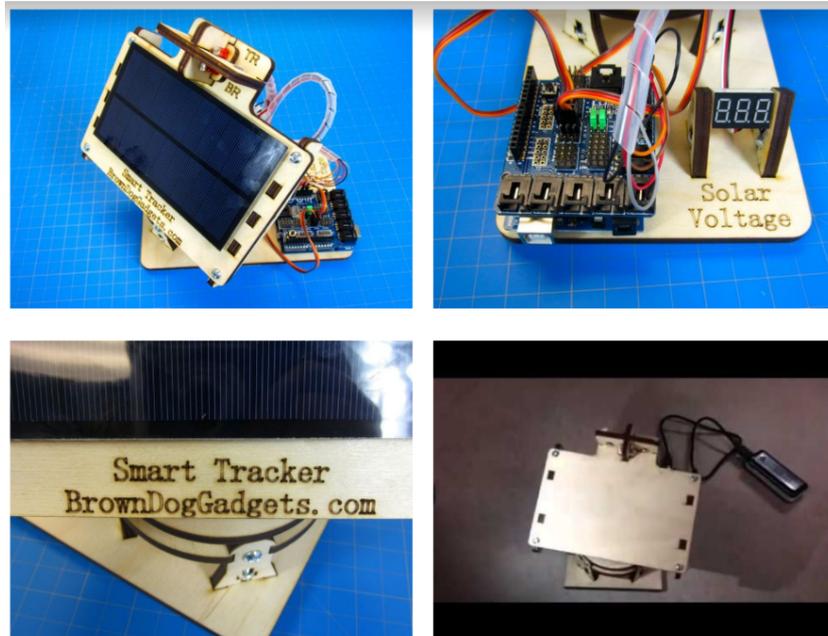
Code mBlock

```
define DéplacementVertical
if haut < 50 or haut > -50 then
  if haut > bas then
    repeat until sv_position = sv_max
      set sv_position to sv_position + 1
      set servo pin 9 angle as sv_position
    if sv_max < sv_position then
      repeat until sv_position = sv_max
        set sv_position to sv_position - 1
        set servo pin 9 angle as sv_position
  else
    if haut < bas then
      repeat until sv_position = sv_min
        set sv_position to sv_position - 1
        set servo pin 9 angle as sv_position
      if sv_position < sv_min then
        repeat until sv_position = sv_min
          set sv_position to sv_position + 1
          set servo pin 9 angle as sv_position
```

Code mBlock

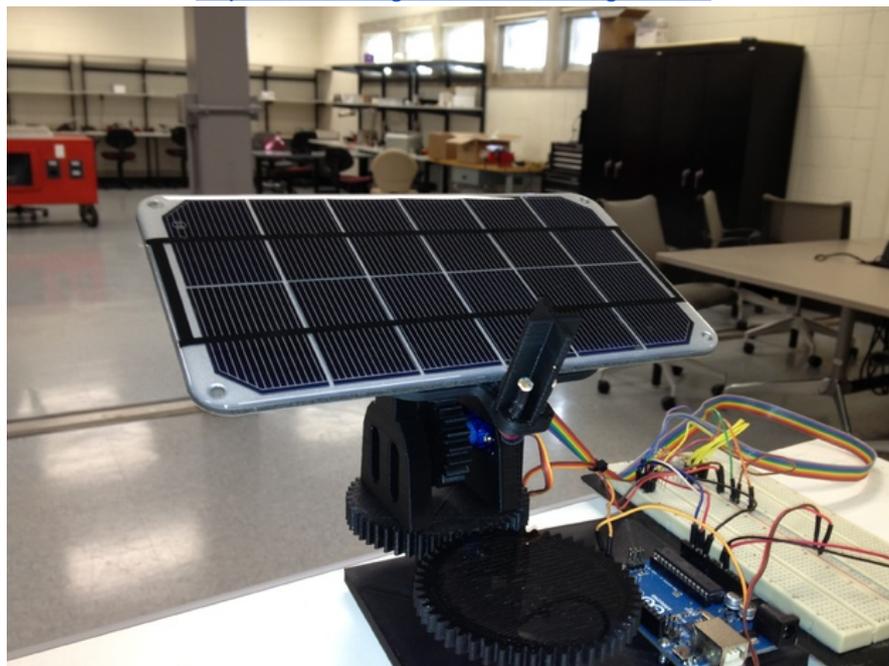
VIII Contribution Open Source

Projet original

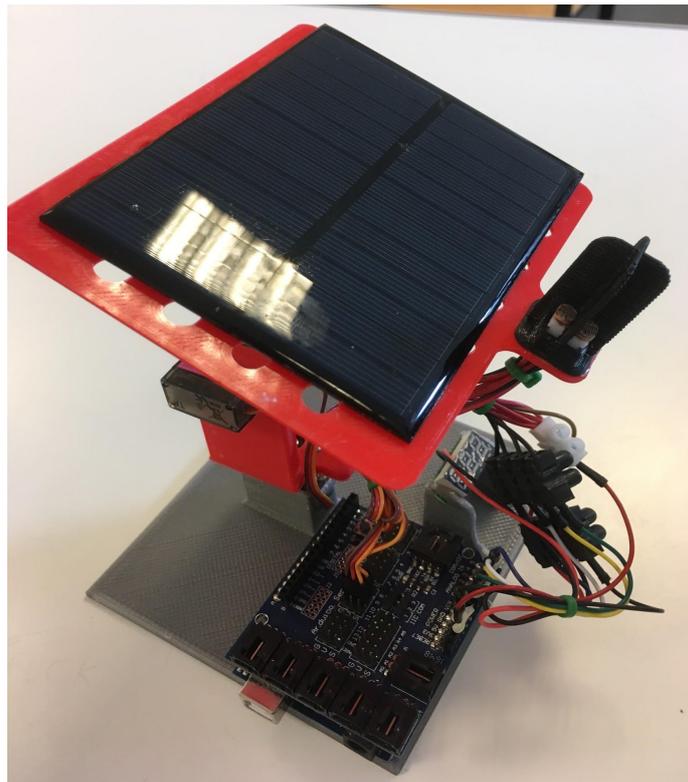


<http://www.browndoggadgets.com/pages/dual-axis-solar-tracker>

<http://www.thingiverse.com/thing:53321>



Itération 1 Ecole alsacienne



Design, impression 3D, mise au point à l'Ecole alsacienne

Itération 2 Ecole alsacienne



Design, impression 3D, mise au point à l'Ecole alsacienne avec plus grand panneau pour mieux recharger le téléphone et un nouveau châssis

Publication sur GitHub

Nous avons créé un compte GitHub (en test) afin de permettre l'hébergement en Open-Source (ouvert à la contribution) des fichiers de code (et autres) de notre projet.

The screenshot shows a GitHub profile for 'EA-cGenial' (Ecole Alsacienne) and a repository named 'chargeur-solaire-intelligent'. The profile includes a bio, location (Paris), and a link to the website 'http://ecole-alsacienne.org'. The repository page shows 5 commits, 1 branch, and 0 releases. The README file is visible, containing the title 'Panneau Solaire Concours C.Génial 2019 - Ecole Alsacienne' and the subtitle 'Chargeur solaire intelligent'. The context of the project is described as an ecological initiative around energy, aiming to build a prototype of a module that charges a mobile phone using a solar panel that automatically orients itself towards the sun.

EA-cGenial - Ecole Alsacienne
EA-cGenial

@EcoleAlsacienne
Paris
<http://ecole-alsacienne.org>
Joined an hour ago

Overview Repositories 1 Projects 0 Stars 0 Followers 0 Following 0

Popular repositories

You don't have any public repositories yet.

7 contributions in the last year

Contribution activity

March 2019

- Created 5 commits in 1 repository
EA-cGenial/chargeur-solaire-intelligent 5 commits
- Created their first repository
Mar 27

EA-cGenial / chargeur-solaire-intelligent Private

Code Issues 0 Pull requests 0 Projects 0 Insights Settings

<http://ecole-alsacienne.org>

5 commits 1 branch 0 releases GPL-3.0

Branch: master New pull request Create new file Upload files Find File Clone or download

EA-cGenial Update README.md Latest commit 6a9b16 9 minutes ago

LICENSE Initial commit 38 minutes ago

README.md Update README.md 9 minutes ago

README.md

Panneau Solaire Concours C.Génial 2019 - Ecole Alsacienne

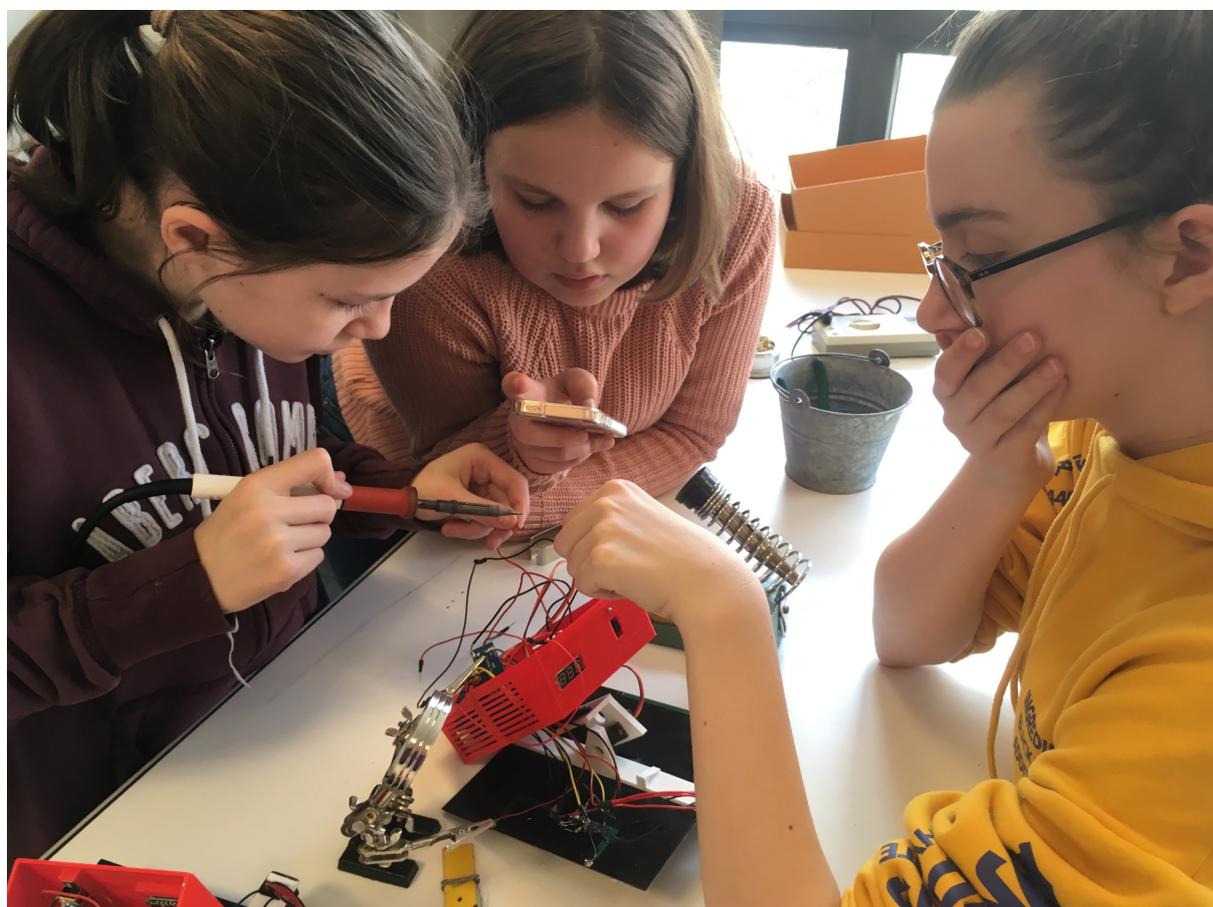
Chargeur solaire intelligent

Contexte scientifique du projet

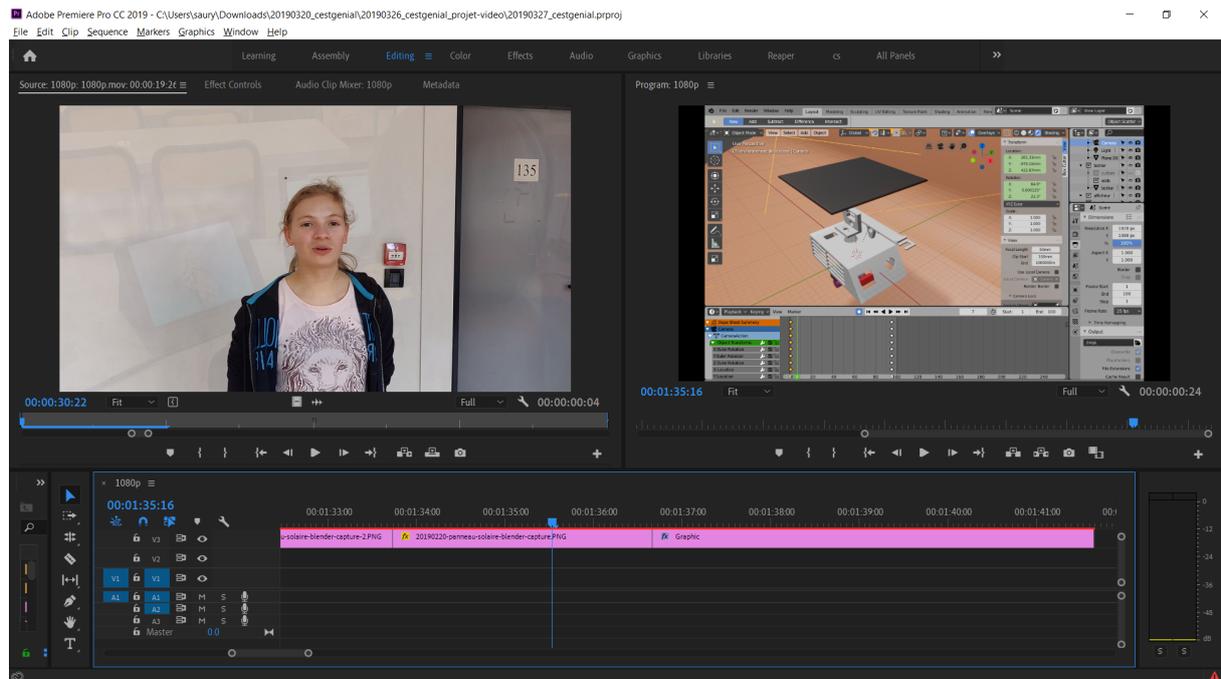
Le projet s'inscrit dans une réflexion écologique autour de la notion d'énergie. Il s'agit de construire le prototype d'un module destiné à charger un téléphone portable grâce à un panneau solaire qui s'oriente automatiquement en direction du soleil et stocke cette énergie.

Publication sur YouTube

L'équipe de tournage vidéo



Le montage vidéo



IX Conclusion

Ce projet nous a permis d'apprendre plein de choses que l'on ne voit pas spécialement dans le milieu scolaire mais aussi de mieux pratiquer la technologie. Nous avons pu nous perfectionner dans différentes pratiques et nous avons appris à travailler en équipe. Ces compétences, mais également l'autonomie que nous avons acquise, vont sûrement nous être utile dans les classes supérieures. Nous avons également pu approfondir ou appliquer certaines techniques et méthodes qu'il nous est impossible d'expérimenter en classe entière ou même en demi groupe. Cette expérience enrichissante, que ce soit sur le plan intellectuel ou social, nous motivera peut être à l'avenir à participer à d'autres concours comme celui-ci. Elle nous a aussi permis de nous rapprocher en tant que groupe, et non en tant qu'élèves et de se rendre compte des bénéfices du travail coopératif. Au bout du compte, nous sommes heureux d'avoir participé à ce concours et d'avoir pu créer ces nouvelles amitiés.

X Remerciements

Nous remercions

La direction

M. De Panafieu directeur

M. Parent directeur du Grand collège

Les professeurs

Mme. Guerra professeur de technologie,

M. Ménétrier professeur de physique,

M. Saury responsable des services numériques

M. Lechenault chercheur du CNRS au Laboratoire de Physique de l'ENS Paris

Les élèves

Grégoire Hariri-Gautier-Picard

Isaura Dupont-Barnich

Fanette Saury

Eli Goldsztejn

Jeanne Lacluque

Léna Duploux

Ambre Berta

Ilona Kugel

Matthieu Donnart

XI Annexes

Tableau de mesures

Tableau de mesures réalisées dans un circuit en série pour l'obtention des variations de l'Intensité de courant électrique et dans un circuit en dérivation pour les variations de la Tension électrique.

| Intensité lumineuse (Lux) | Tension (V) | Intensité du courant électrique (A) | Résistance électrique (Ω) | Puissance électrique (W) |
|---------------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 611 | 0,0041 | 0,0016 | 0 | 0,00000656 |
| | 1,69 | 0,0016 | 1000 | 0,002704 |
| | 3,3 | 0,0014 | 2000 | 0,00462 |
| | 3,7 | 0,0012 | 3000 | 0,00444 |
| | 4,06 | 0,001 | 4000 | 0,00406 |
| | 4,26 | 0,0008 | 5000 | 0,003408 |
| | 4,38 | 0,0007 | 6000 | 0,003066 |
| | 4,47 | 0,0006 | 7000 | 0,002682 |
| | 4,52 | 0,0005 | 8000 | 0,00226 |
| | 4,56 | 0,0005 | 9000 | 0,00228 |
| | 4,58 | 0,0004 | 10 000 | 0,001832 |
| | 4,6 | 0,0004 | 11 000 | 0,00184 |

| | | | |
|-------------|--------|--------|------------|
| 4,62 | 0,0004 | 12 000 | 0,001848 |
| 4,63 | 0,0003 | 13 000 | 0,001389 |
| 4,64 | 0,0003 | 14 000 | 0,001392 |
| 4,66 | 0,0003 | 15 000 | 0,001398 |
| 4,68 | 0,0003 | 16 000 | 0,001404 |
| 4,69 | 0,0003 | 17 000 | 0,001407 |
| 4,7 | 0,0002 | 18 000 | 0,00094 |
| 4,72 | 0,0002 | 19 000 | 0,000944 |
| 4,73 | 0,0002 | 20 000 | 0,000946 |
| 4,76 | 0,0001 | 30 000 | 0,000476 |
| 4,83 | 0 | 40 000 | 0 |
| 4,83 | 0 | 50 000 | 0 |
| 1595 | 0,0154 | 0 | 0,00008316 |
| 4,53 | 0,0045 | 1000 | 0,020385 |
| 5,25 | 0,0026 | 2000 | 0,01365 |
| 5,39 | 0,0018 | 3000 | 0,009702 |
| 5,45 | 0,0013 | 4000 | 0,007085 |
| 5,48 | 0,0011 | 5000 | 0,006028 |
| 5,5 | 0,0009 | 6000 | 0,00495 |

| | | | | |
|------|-------|--------|--------|----------|
| | 5,51 | 0,0008 | 7000 | 0,004408 |
| | 5,52 | 0,0007 | 8000 | 0,003864 |
| | 5,53 | 0,0006 | 9000 | 0,003318 |
| | 5,53 | 0,0005 | 10 000 | 0,002765 |
| | 5,53 | 0,0005 | 11 000 | 0,002765 |
| | 5,54 | 0,0004 | 12 000 | 0,002216 |
| | 5,54 | 0,0004 | 13 000 | 0,002216 |
| | 5,54 | 0,0004 | 14 000 | 0,002216 |
| | 5,54 | 0,0004 | 15 000 | 0,002216 |
| | 5,54 | 0,0003 | 16 000 | 0,001662 |
| | 5,54 | 0,0003 | 17 000 | 0,001662 |
| | 5,54 | 0,0003 | 18 000 | 0,001662 |
| | 5,54 | 0,0003 | 19 000 | 0,001662 |
| | 5,54 | 0,0003 | 20 000 | 0,001662 |
| | 5,54 | 0,0002 | 30 000 | 0,001108 |
| | 5,54 | 0,0001 | 40 000 | 0,000554 |
| | 5,54 | 0,0001 | 50 000 | 0,000554 |
| 2250 | 0,015 | 0,006 | 0 | 0,00009 |
| | 4,76 | 0,0047 | 1000 | 0,022372 |

| | | | |
|------|--------|--------|----------|
| 5,37 | 0,0027 | 2000 | 0,014499 |
| 5,48 | 0,0018 | 3000 | 0,009864 |
| 5,53 | 0,0014 | 4000 | 0,007742 |
| 5,56 | 0,0011 | 5000 | 0,006116 |
| 5,57 | 0,0009 | 6000 | 0,005013 |
| 5,58 | 0,0008 | 7000 | 0,004464 |
| 5,59 | 0,0007 | 8000 | 0,003913 |
| 5,6 | 0,0006 | 9000 | 0,00336 |
| 5,64 | 0 | 10 000 | 0 |
| 5,64 | 0 | 11 000 | 0 |
| 5,64 | 0 | 12 000 | 0 |

Liens utiles

Projet original

<https://www.browndoggadgets.com/pages/dual-axis-solar-tracker>

Arduino

<https://www.arduino.cc/>

Mblock

http://www.mblock.cc/?noredirect=en_US

Site Youtube de l'Ecole alsacienne

<https://www.youtube.com/user/ecolealsacienne>

Site Github du projet

<https://github.com/EA-cGenial/chargeur-solaire-intelligent>

Site de Blender

<https://www.blender.org/>