Sciences à l'École

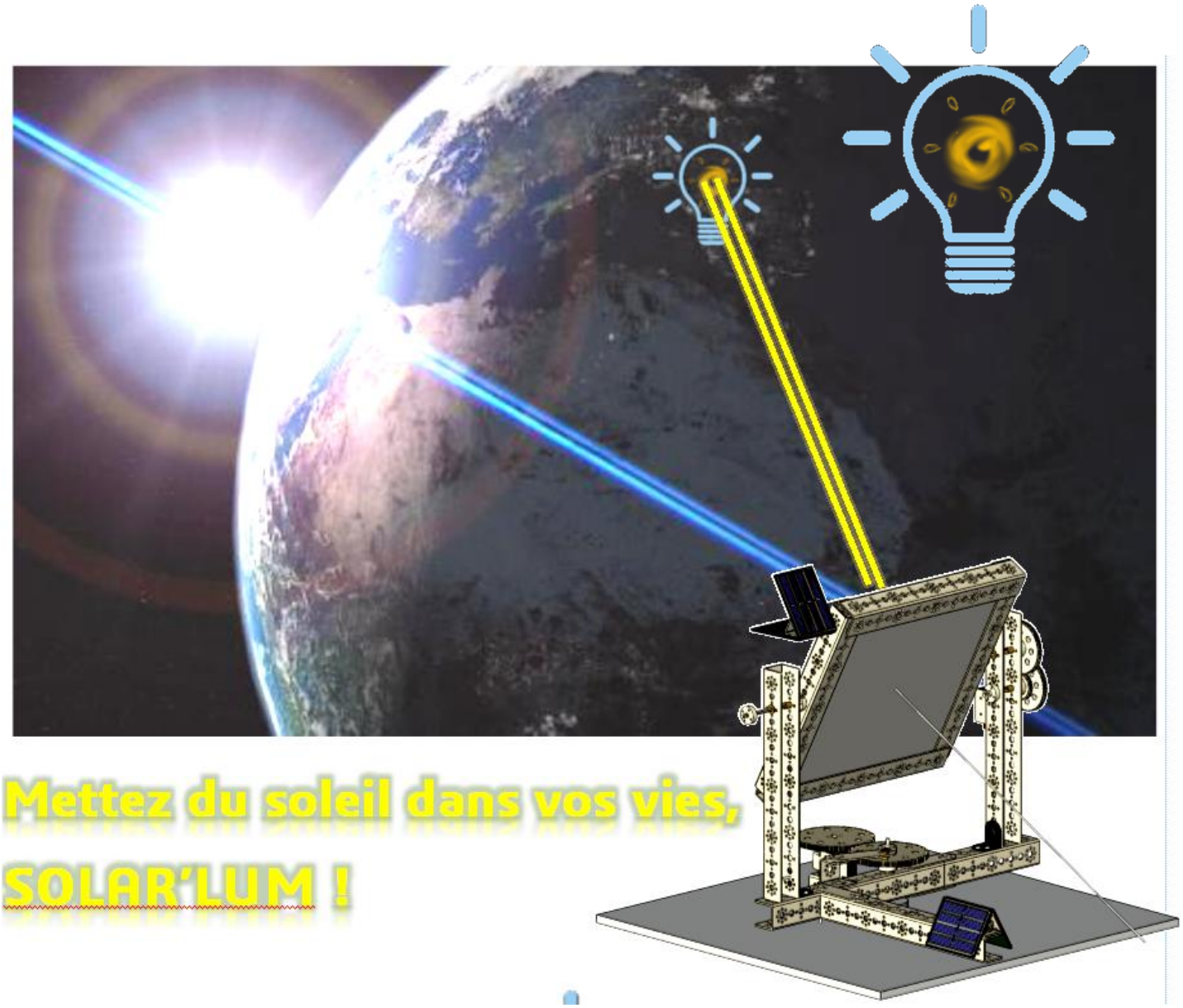
Lycée Polyvalent
CHARLIE CHAPLIN

FONDATION CGENIAL

BARALE Clara , CANEHAN Camille, MERZOUK Anaïs, SAHRANE Emilia

PRÉSENTE LE PROJET :

SOLAR'LUM



Mettez du soleil dans vos vies,

SOLAR'LUM !

INTRODUCTION :

Nous sommes un groupe de 4 élèves en Terminale S, spécialité Sciences de l'Ingénieur, du lycée Charlie CHAPLIN. Nous avons imaginé ce projet dans le cadre de l'épreuve du baccalauréat.

Constitution du groupe : chaque élève a sa propre spécialité :

Directrice du projet
Clara BARALE

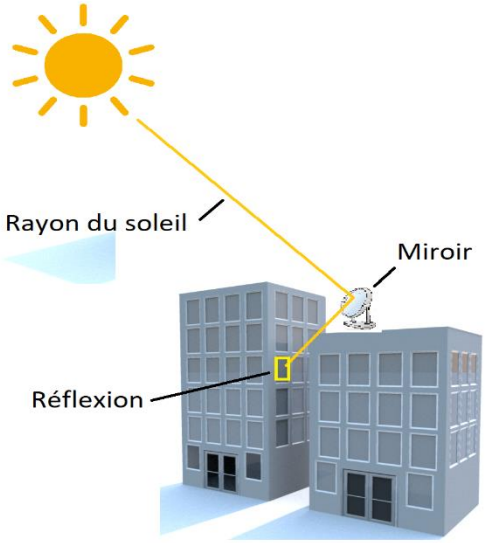
Responsable Marketing
Camille CANEHAN

Responsable informatique
Emilia SARHANE

Responsable technique
Anaïs MERZOUK

L'origine de notre idée remonte à une constatation dans notre salle de SI. En effet, elle se situe dans l'angle d'un bâtiment exposé au Nord. Par ailleurs, nombreux sont ceux qui s'amusent à jouer avec le soleil en le reflétant à l'aide de leur règle, ou encore de leur montre. Cela nous a donc permis de trouver une idée originale pour notre projet.

L'utilisation de la lumière artificielle en plein jour pour éclairer une pièce sombre est une aberration écologique. Pourquoi gaspiller de l'énergie alors qu'elle est présente de façon naturelle ? il suffit juste de l'adapter à la situation. Ce mode d'éclairage naturel possède en plus des vertus anti dépresseurs rechercher dans les traitements de luminothérapie.

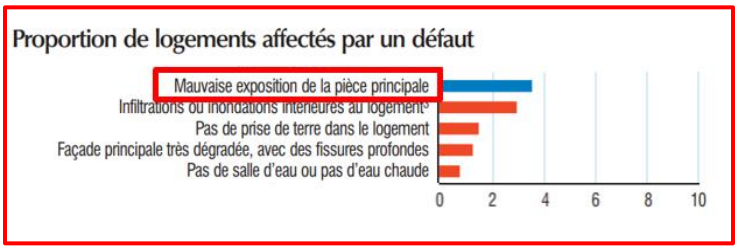


<u>L'objectif de notre projet</u> est d'utiliser la lumière du soleil présente aux environs du bâtiment. Le principe du miroir nous servira à refléter la lumière naturelle dans la partie sombre du bâtiment, à travers ses vitres. Pour cela nous positionneront à un endroit proche et exposé au soleil (toit d'un autre bâtiment par exemple), notre système qui reflétera, quelle que soit la position du soleil, la lumière dans la pièce sombre à éclairer, depuis l'extérieur.

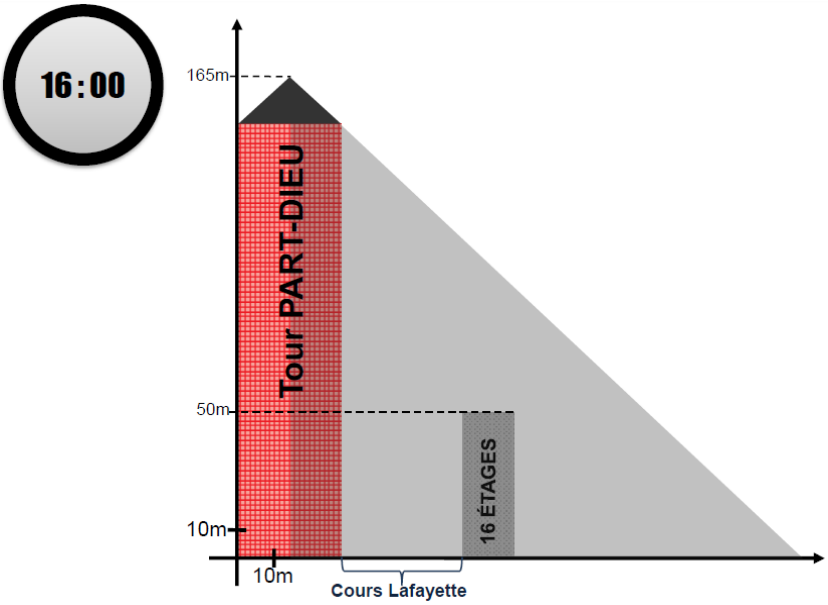
LE BESOIN

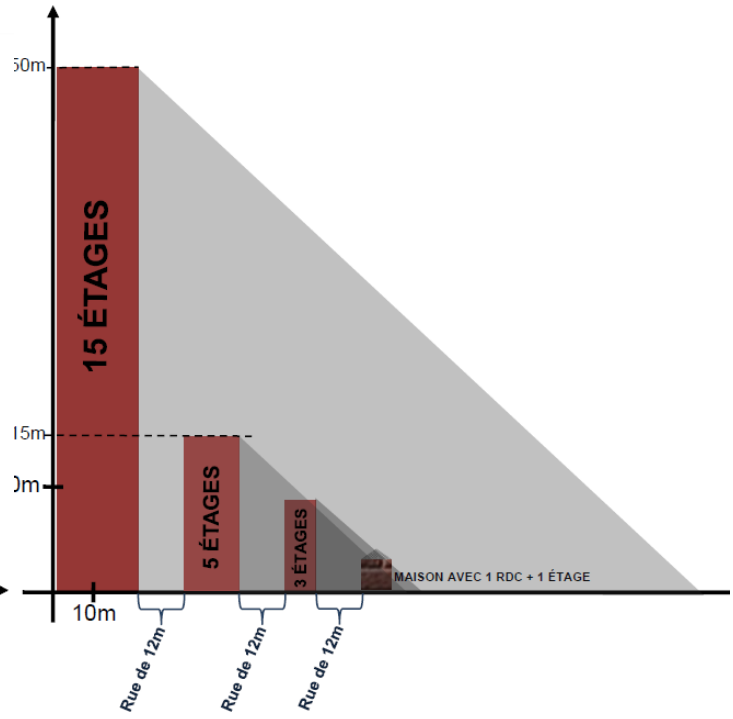
Selon leur situation, beaucoup de foyers n'ont pas accès au Soleil. En effet, qu'ils soient dans une maison exposée au Nord (1) ou dans un appartement au rez de chaussée ou entourés d'IGH (Immeubles de Grande Hauteur) (2), ils ne bénéficient pas de la lumière naturelle du Soleil et sont donc obligés de s'éclairer avec l'éclairage artificiel.

(1



Comme nous pouvons le voir sur les schémas suivants, à 16h, que ce soit avec la tour Part-Dieu à Lyon, et un immeuble de 16 étages (50 m de haut), qui est le plus grand immeuble d'habitation possible, espacés par le cours Lafayette, qui fait 20m de large, ou avec un immeuble de 16 étages et des immeubles plus petits ainsi qu'une maison à étages d'environ 7m de haut, espacés par une rue de 12m de large, les





appartements ne bénéficient pas de la lumière du Soleil. Cependant, le Soleil est source de nombreux bienfaits pour l'homme, tels que la fortification des os, la régulation de l'horloge interne, ou encore l'amélioration du moral… Ainsi, c'est une ressource essentielle pour homme.

Pour répondre à ce besoin, nous avons donc créer un système, le SOLAR LUM, qui permet de réorienter la lumière du soleil dans les foyers. Cela permet d'avoir une meilleure luminosité, avec une lumière naturelle et sans consommation énergétique. Il permettra également de profiter plus longtemps d'un éclairage naturel et donc de repousser l'heure d'allumage des ampoules, et d'apporter plus de vie dans les intérieurs.

L'idée est donc de refléter la lumière naturelle du soleil à l'aide d'un miroir situé en face de la pièce à éclairer, ce peut être sur le toit d'un immeuble ou dans le jardin pour une maison individuelle ou au sommet d'un mât.

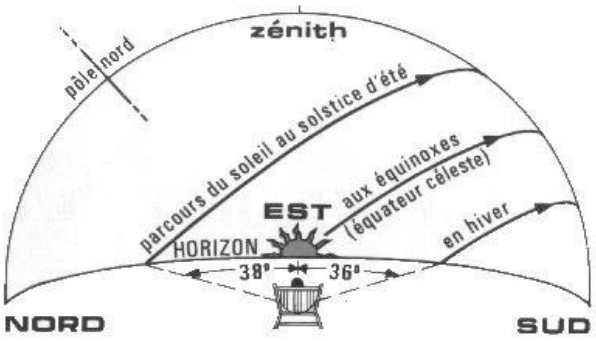
La difficulté technique vient du fait que le soleil se déplace et que la zone sur laquelle il doit se refléter est fixe. Le système doit donc s'adapter en permanence à cette variable en calculant les angles adéquats et modifier ainsi l'orientation du miroir.

I] Le principe retenu

1) Trajectoire du soleil

La position du soleil est définie par 2 paramètres son élévation et son azimut, ces 2 valeurs changent perpétuellement en fonction de l'heure dans la journée et jour dans l'année. Ces valeurs dépendantes aussi de notre position sur terre.

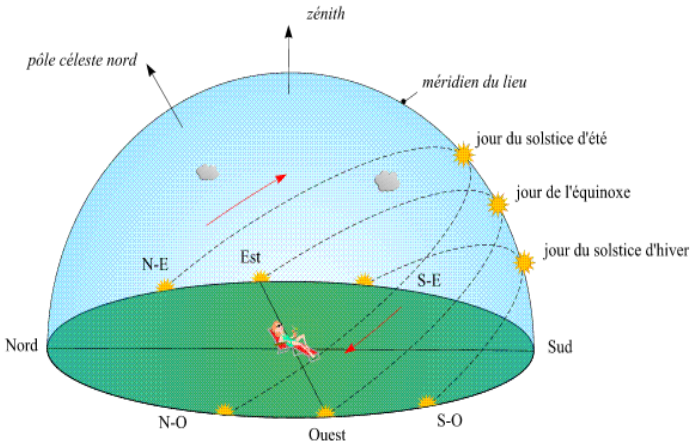
A la latitude de Paris source : *http://www.observation-et-imagerie.fr/technique/astronomie/html/trajectoires_du_soleil.html*



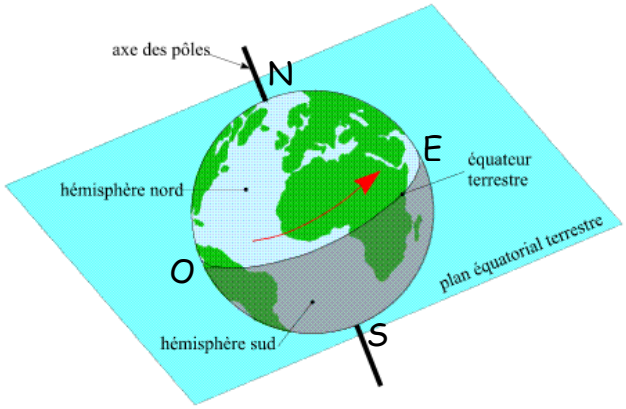
Hémisphère Nord (Dans hémisphère Sud : équinoxes et solstices à l'opposé du Nord)

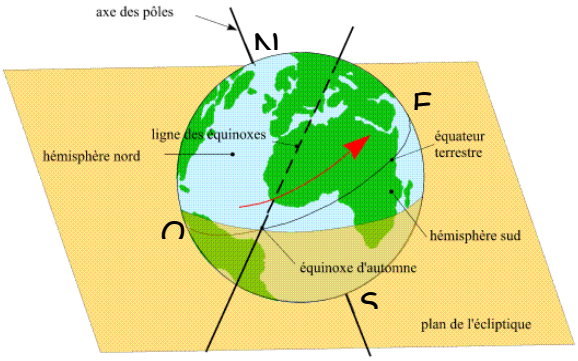
Hauteur du soleil en cours d'année

http://astrosurf.com/lubsudastro/exposes/2018_les_mouvements_du_ciel.pdf



→ Rotation de la terre et équateur terrestre





-Terre : tourne autour de l'axe Nord Sud d'Ouest en Est (nous le voyons donc d'Est en Ouest)

-Axe de rotation est normal au plan de l'orbite Terre-Lune (= plan écliptique) et est à l'origine de la durée des journées /nuits/saisons

- Plan normal à axe de rotation de Terre = plan équatorial terrestre ⇒ équateur (= intersection de ce plan avec la Terre)

Comme axe de rotation de Terre n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique

Plan équatorial terrestre = pas parallèle au plan de l'écliptique ⇒coupe suivant une droite (= ligne des équinoxes1)

Quand soleil – terre est parallèle à la ligne des équinoxes, alors la Terre se trouve aux équinoxes.

Autre ligne particulière : ligne perpendiculaire à la ligne des équinoxes = ligne des solstices[2]

Quand la direction soleil - terre est perpendiculaire à la ligne des solstices = Terre aux solstices

[1]équinoxes = les 2 points de l'orbite terrestre situés sur la ligne des équinoxes. Qd la durée du jour = durée de la nuit, c-à-d qd le soleil traverse le plan équatorial terrestre.
https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quinoxe

[2]solstices = 2 points de l'orbite terrestre situés sur la ligne des solstices. Quand la durée du jour est la plus longue (été) / courte (hiver) = quand le soleil est au niveau de l'équateur céleste

Azimut = angle que forme un point de l'horizon avec la direction du Sud (angle par rapport au Sud)

Dans l'hémisphère N :

Equinoxes : Soleil se lève à l'Ouest et couche à l'Est

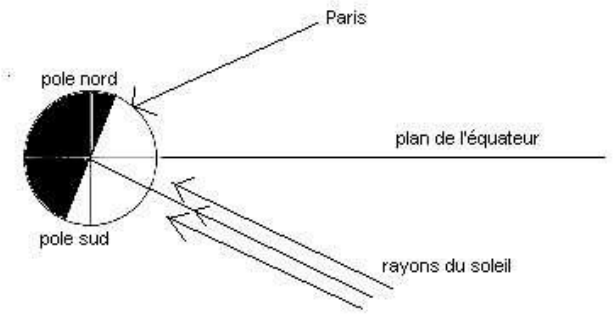


Fig. 4

SITUATION AU SOLSTICE D'HIVER (22 DECEMBRE)

Solstice d'hiver : le soleil se lève se lève au sud-est et se couche au sud-ouest

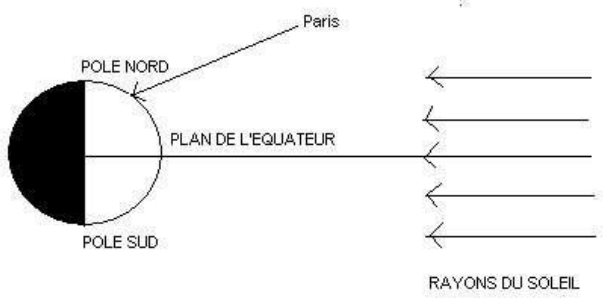


Fig. 2

SITUATION LORS DES EQUINOXES (20 MARS ET 23 SEPTEMBRE)

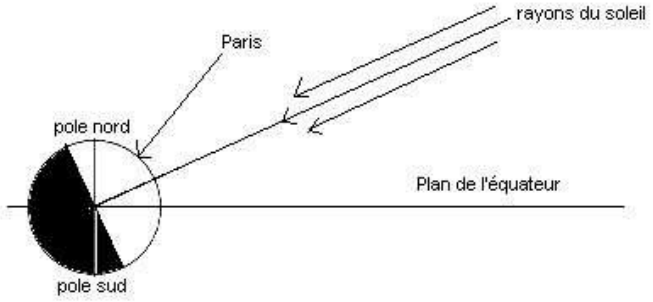


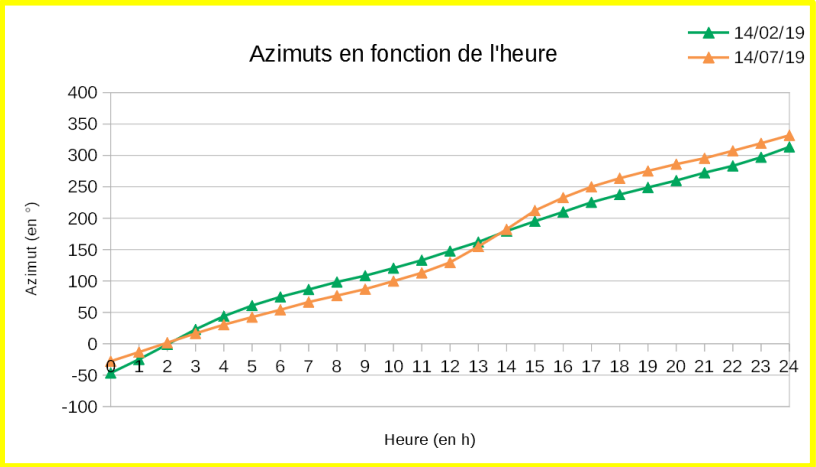
Fig. 3

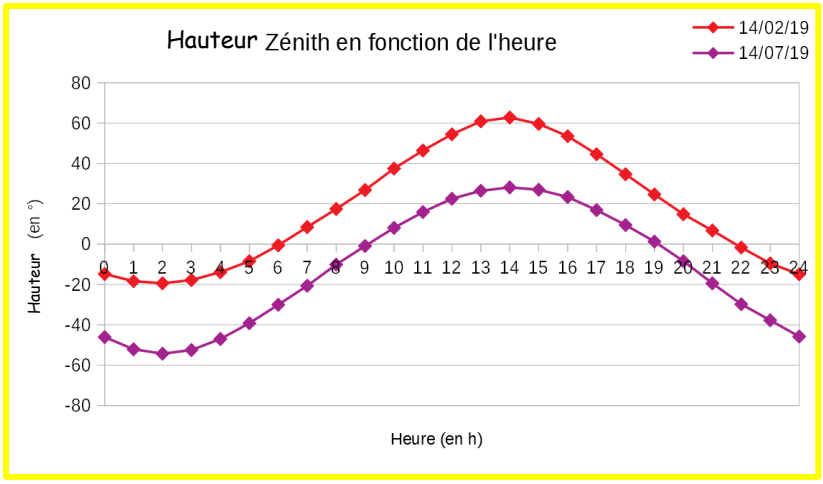
SITUATION AU SOLSTICE D'ETE (21 juin)

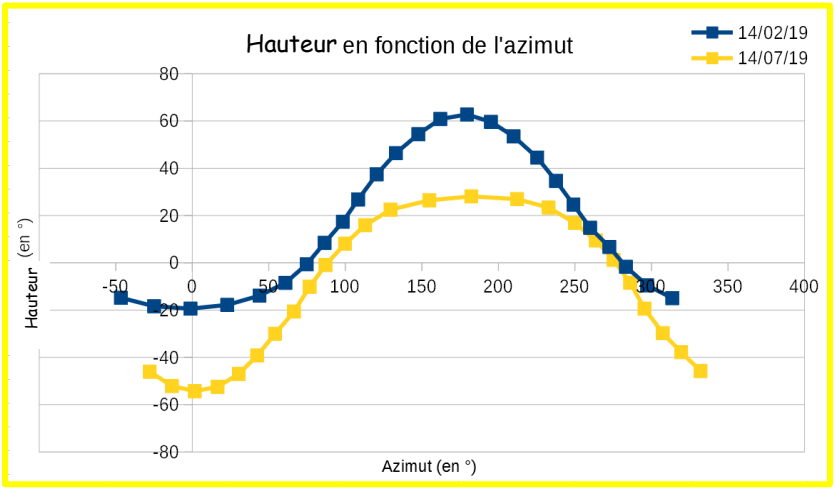
2) Équation en fonction de l'heure et du jour

Ce qui donne la position du soleil en fonction de l'heure, du jour, et de la position :

https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr
http://www.solartopo.com/orbite-solaire.htm



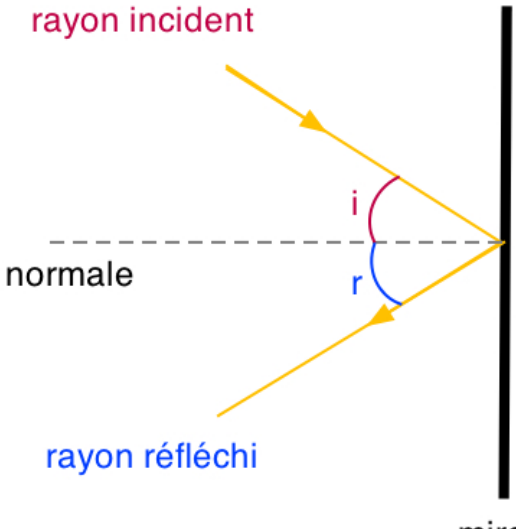




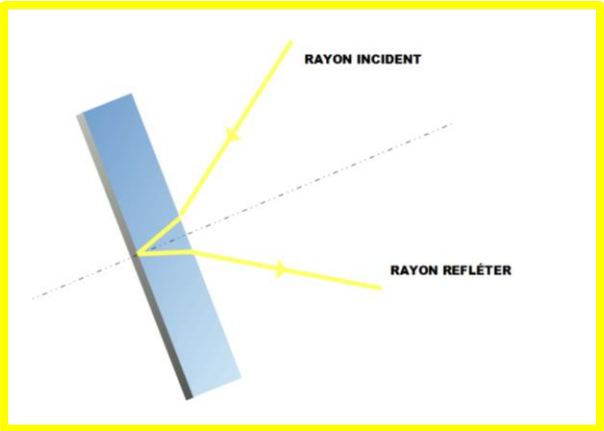
Il semble difficile d'exprimer la position du soleil sous forme d'équation, c'est possible mais pas trop abordable pour nous, nous nous contenterons de l'un des nombreux sites qui permettent de le calculer en direct comme par exemple :
https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr

3) Réflexion d'un miroir

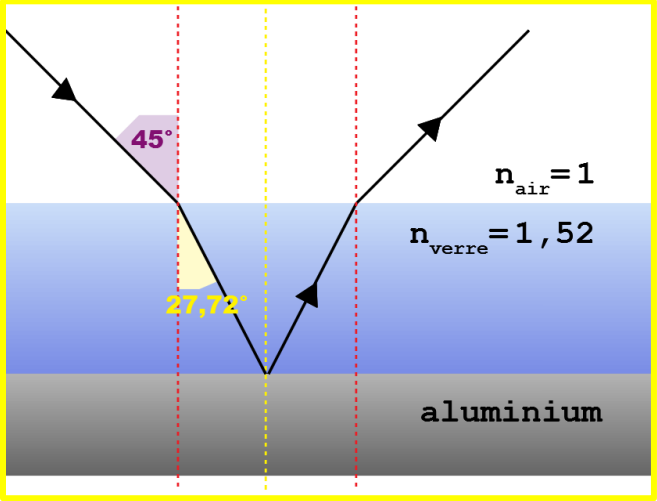
Un miroir est habituellement constitué d'une paque de verre plus ou moins épaisse sur laquelle est appliquée une couche réfléchissante d'aluminium.
Si l'épaisseur du verre était nulle alors la réflexion se ferait suivant le croquis ci-contre avec i = r



Avec une épaisseur de plaque de verre non nulle il y a une petite différence comme le montre ce schéma ci-contre.



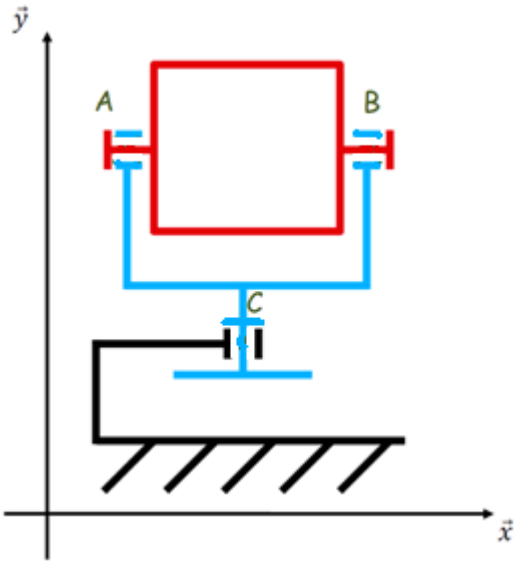
Cette différence provient des valeurs différentes d'indices de réflexion entre l'air et le verre



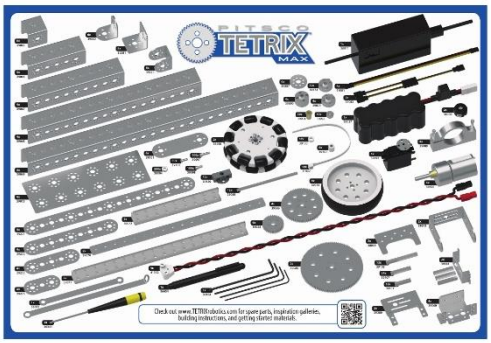
II] La maquette (réalisation d'un prototype)

1) Etude cinématique

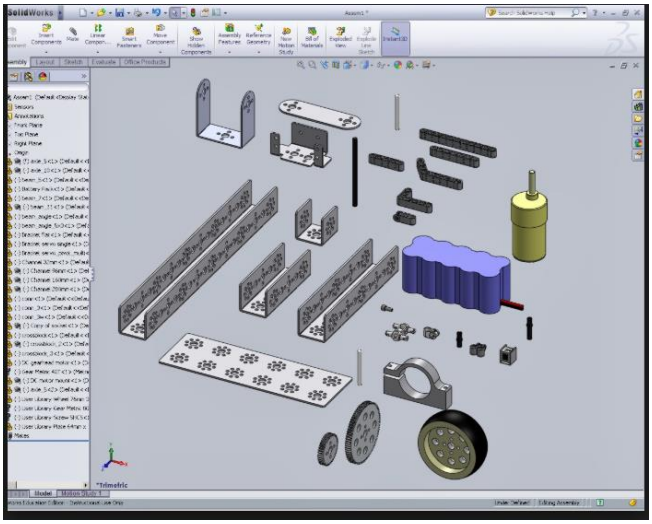
Avant de réaliser notre maquette, nous avons commencé par réaliser une étude cinématique du système. Notre miroir doit pouvoir s'orienter suivant deux axes l'axe vertical Y et l'axe horizontal X d'où le schéma cinématique suivant :



2) Conception



Ensuite, nous avons modélisé en 3D sur le logiciel SOLIDWORKS la maquette que nous voulions réaliser. Pour des questions pratiques notre maquette sera réalisée avec des éléments Tetrix qui s'assemblent à l'aide de vis.
Nous avons trouvé sur Internet les modèles SolidWorks de ces pièces et nous avons pu procéder à la conception en réalisant les assemblages de ces éléments



Contraintes :

- Dimensions du miroir fourni
- Doit permettre l'orientation motorisée en X et en Y
- Doit être stable
- Utilisation des éléments TETRIX

3) Moteurs et engrenages

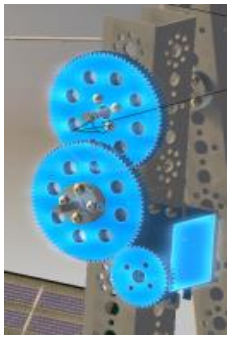
Nous avons dans un premier temps opté pour les moteurs TETRIX (1), qui sont des Moteurs à Courant Continu. Cependant, nous voulions que nos moteurs réalisent des angles précis. Nous avons donc utilisé des servomoteurs à 180° (2), qui ont donc des capteurs d'angles intégrés.

(1)

(2)

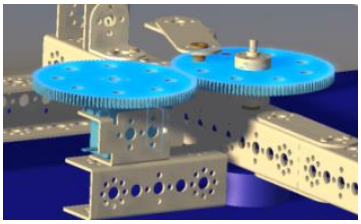
⇒ Axe horizontal (Elévation du miroir)

Le souci avec ces servos moteurs est le faible couple disponible, très insuffisant pour permettre la rotation du miroir. Après recherche des caractéristiques des servos moteurs disponibles dans le commerce et la mesure des efforts nécessaires pour la rotation du miroir autour de son axe nous avons décidé de mettre un double réducteur à engrenage afin de multiplier le couple.



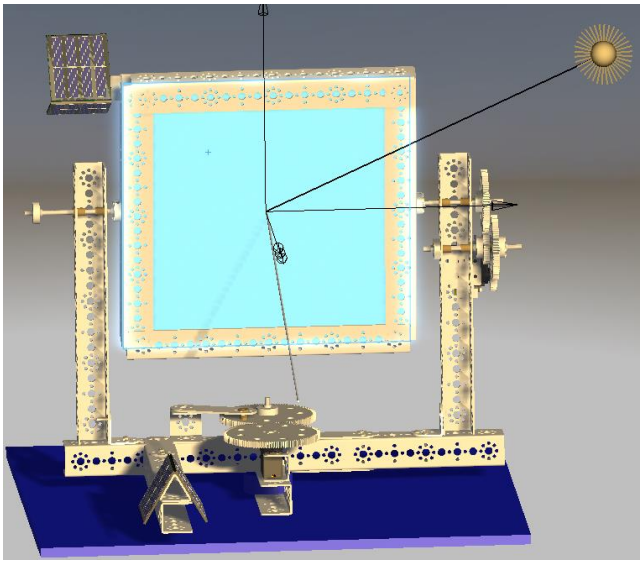
Ces engrenages serviront aussi à obtenir une meilleure précision de positionnement. Rapport de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/16$

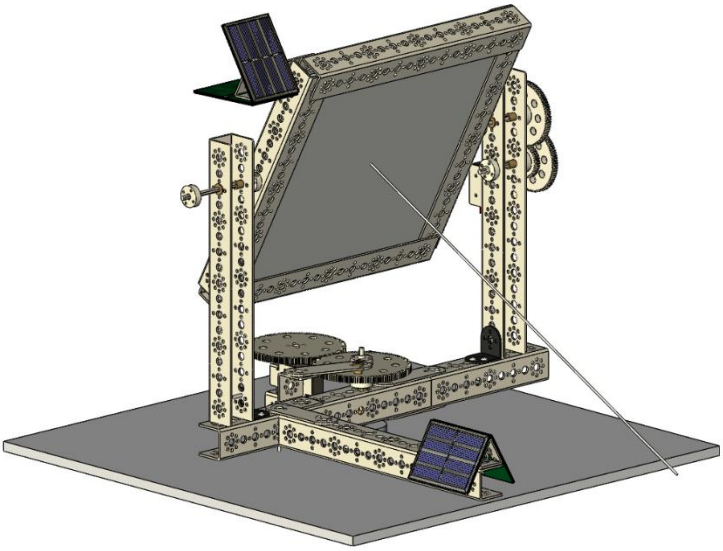
⇒ Axe vertical (Azimut) Les efforts nécessaires à la rotation étant plus faibles il est inutile ici de modifier le couple. Sauf peut-être à en augmenter la précision.
Les engrenages de même diamètre servent ici à simplement décaler le mouvement de l'axe moteur vers l'axe vertical du châssis.



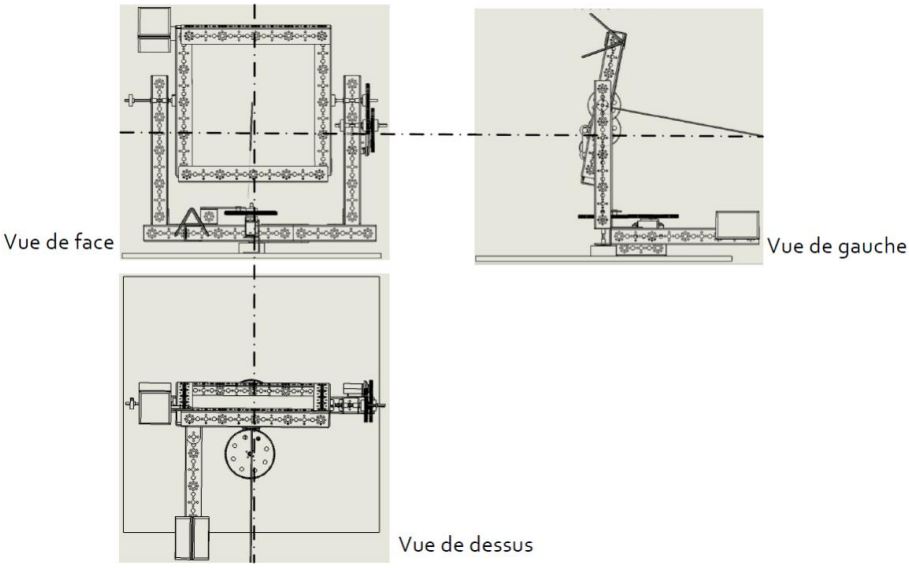
1) Résultats

Captures d'écran du modèle SolidWorks de notre proto





Puis, nous avons fait la mise en plan du modèle Sw de notre maquette.

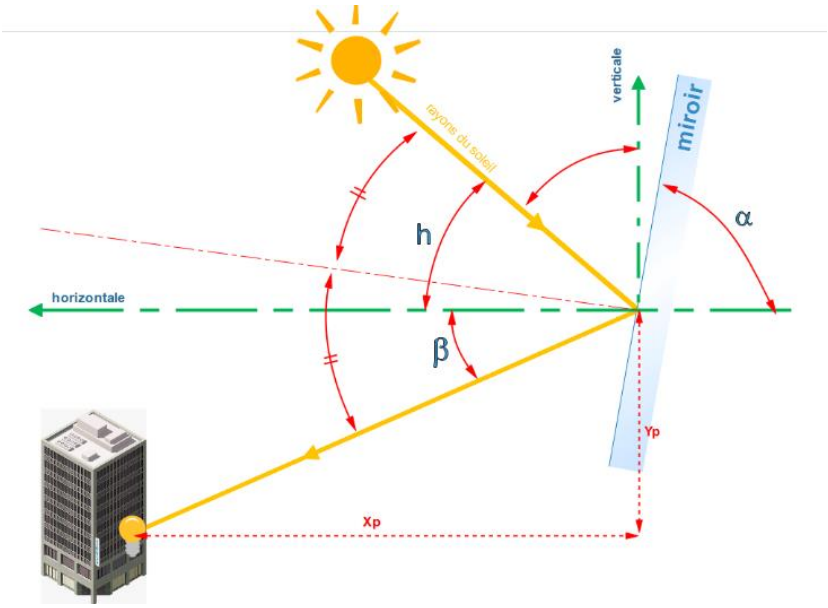


III] Automatisation

1) Relation entre les angles du Soleil et les angles à donner au miroir

Paramétrage du système.

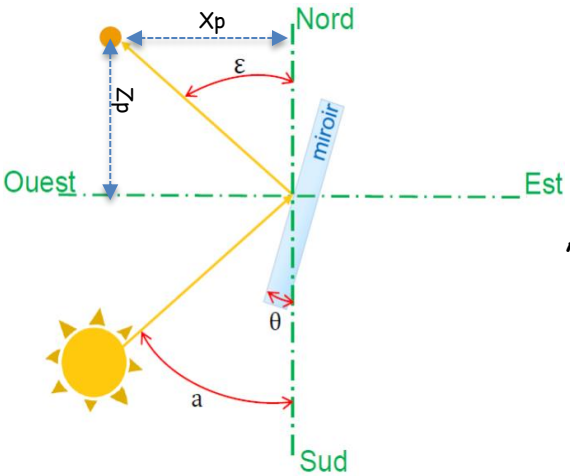
- Soit (Xp, Yp, Zp) la position de la zone à refléter par rapport au miroir
- Soit h la valeur de l'élévation du soleil (qui dépend comme vu précédemment de l'heure et du jour)
- Soit α l'angle à donner au miroir afin de refléter la lumière du soleil dans la zone à éclairer



$$\alpha = 90 - \frac{h}{2} + \frac{\beta}{2}$$

Avec Tan β = Y_p/ X_p

- Soit θ l'angle à donner au miroir afin de refléter la lumière du soleil dans la zone à éclairer
- Soit a la valeur de l'azimut du soleil (qui dépend comme vu précédemment de l'heure et du jour)



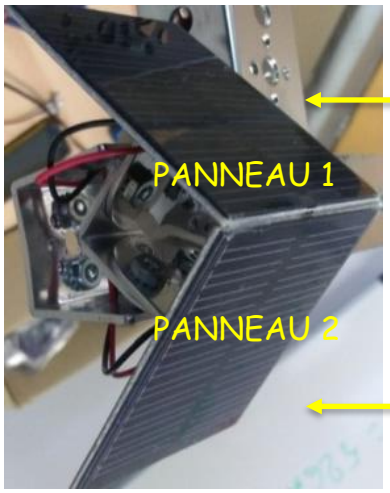
$$\theta = \frac{a}{2} - \frac{\varepsilon}{2}$$

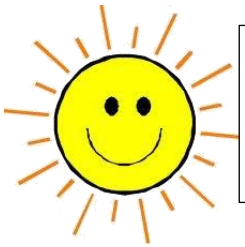
Avec Tan ε = X_p/ Z_p

2) Capteurs

Avant de piloter les servos moteur permettant d'incliner au mieux le miroir afin de refléter au mieux les rayons du soleil dans la zone à éclairer, nous devons acquérir en permanence la position du soleil (angles a et h). Nous avons besoin donc de 2 capteurs.

Nos capteurs seront réalisés à l'aide de 2 petits panneaux solaires par axe dont le principe est de les mettre perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. En effet, les panneaux solaires transformant de l'énergie solaire en énergie électrique, nous voulions alors utiliser la différence de tension des deux panneaux pour trouver la position du Soleil. Le panneau recevant le plus d'énergie est celui qui est le perpendiculaire aux rayons du Soleil, le miroir devra donc se diriger vers celui-ci.

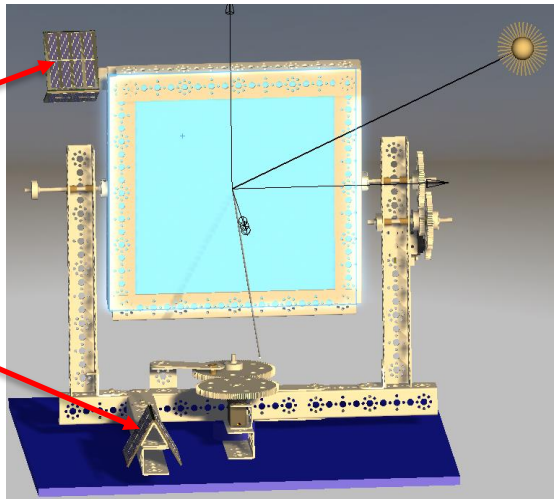




TENSION PANNEAU 1
=
TENSION PANNEAU 2

Axe horizontal
(Elévation du miroir)

Axe vertical (Azimut)



2) Automatisation

Nous avons opté pour une carte Arduino afin d'automatiser notre miroir.

Cette carte Arduino doit piloter le servo moteur vertical et le servo horizontal, il recoit les informations de deux capteurs azimut et élévation ainsi que l'angle réel des servos

3) Programmation

Cahier des charges : On suppose le Solar Lum installé et la position à éclairer sera stockée manuellement dans la mémoire de l'Arduino (angle β et angle ε)

Fonctionnement normal avec le soleil

1 : la base tourne sur sa course et s'arrête dès que la lumière sur son capteur droit et gauche est identique soit h l'angle

2 : le miroir s'incline sur sa course et s'arrête dès que la lumière sur son capteur droit et gauche est identique soit ϕ l'angle

3 : Arduino effectue le calcul suivant 90-h/2-β/2 soit α le résultat et effectue le calcul suivant ϕ/2 - ε/2 soit θ le résultat

4 : le miroir se place aux valeurs θ et α calculés précédemment (le soleil doit être reflété au point désiré)

Ça marche à un instant t mais le soleil bouge ! Il faut donc refaire l'opération régulièrement ! Solutions ?

- Première solution on refait l'opération toutes les 5 min par exemple : avantage simple en programmation mais du coup pendant cette phase il n'y a plus de réflexion
- Seconde solution : on lui rentre les équations de la trajectoire du soleil en fonction de la date et heure

/Angle horaire (Ah) = 180° x (heure vrai / 12 - 1)
Déclinaison varie au cours des saisons de -21 à +21
Ici j'ai pris la décision à 0 pour simplifier les calculs
Angle soleil=Arcain(ain(latitude du lieu) x ain(déclinaison) + cos(latitude) x cos(déclinaison) x cos (Ah))
Latitude Lyon = 45,75° soit 0,798 rad

- 3ieme il va de lui-même définir la rotation à effectuer en fonction des variations reçu entre le capteur de luminosité droit et gauche.

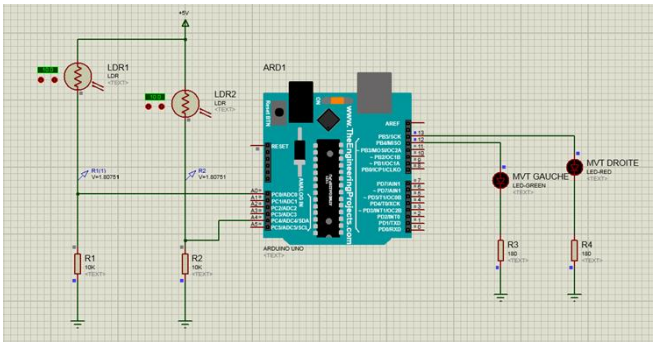
Bilan de l'occupation de la carte Arduino uno

Broche 0 et 1 libre
2: le BP qui lance et qui clos l'initialisation
3: commande du servo azimut
4 à 5 libres
6: led rouge
7: led verte
8: commande du servo élévation
10 à 11 libres
A0: LDR côté EST
A1: LDR côté OUEST
A2: libre
A3: libre
A4 et A5 libres"

Programme :

```
#include <Servo.h> //appel de la bibilothèque servo

//****Décalaration des VARIABLES
Servo AZIMUT;
int pasAZIMUT; int angleAZIMUT;
int U_OUEST; int U_EST;

Servo ELEVATION;
int pasELEVATION; int angleELEVATION;

float AdaptAzimutHeure;
float Ah;
float Asoleil;

//*******Déclaration des CONSTANTES
const int angleMinAZIMUT  = 0;  // angle mini à l'EST pour 6h du matin
const int angleMaxAZIMUT = 106; // angle maxi à l'OUEST pour 18h le soir
const byte LDR_OUEST = A1;       // Tension entrée LDR placée coté OUEST
const byte LDR_EST = A0;         // Tension entrée LDR placée coté EST

const int angleInitELEVATION  = 0; // angle d'élévation au départ à 6h du matin

const int hmin= 6;               //  heure mini du début de journée
const int hmax= 18;              //  heure max du début de journée

const int demiHys= 30;  /*demi Hystérésis mis entre les 2 tensions analogiques
                          pour éviter que le miroir oscille en azimut en cas
                          de faibles fluctuations de la luminosité*/

void setup()
   {
       Serial.begin(9600);

       pasAZIMUT = 1;

       AZIMUT.attach(3); // le servo AZIMUT est connecté sur la broche 3 du UNO
       ELEVATION.attach(9); //le servo ELEVATION est connecté sur la broche 9 du UNO

       angleAZIMUT = angleMinAZIMUT;
       AZIMUT.write(angleAZIMUT);
       delay (1000);
       angleELEVATION = angleInitELEVATION;
       ELEVATION.write(angleELEVATION);
       delay (1000);
   }

void loop()
  {
    U_OUEST = analogRead(LDR_OUEST);
    U_EST = analogRead(LDR_EST);
    delay(200);  // tempo anti-rebond
    Serial.print(U_OUEST);
    Serial.print("  ");
    Serial.print(U_EST);
    //delay (2000);
    int U_ESTplus= U_EST + demiHys;
    int U_ESTmoins= U_EST - demiHys;
     Serial.print("  ");
     Serial.println(U_ESTplus);

    if (U_OUEST > U_ESTplus)
       {
        // calcule le nouvel angle
        angleAZIMUT = angleAZIMUT + pasAZIMUT;
        Serial.print("vers ouest : "); // pour les essais, non nécessaire au programme
        Serial.println(angleAZIMUT);   // pour les essais , non nécessaire au programme
        AZIMUT.write(angleAZIMUT);
       }

    if (U_OUEST < U_ESTmoins)
       {
        // calcule le nouvel angle
        angleAZIMUT = angleAZIMUT - pasAZIMUT;
        Serial.print("vers EST : ");  // pour les essais, non nécessaire au programme
        Serial.println(angleAZIMUT);  // pour les essais, non nécessaire au programme
        AZIMUT.write(angleAZIMUT);
       }

       // BUTEE LOGICIELLE
       if (angleAZIMUT > angleMaxAZIMUT) {
             //le nouvel angle dépasse le maximum
             // on le recale au maximum
             angleAZIMUT = angleMaxAZIMUT;
       }
       else if (angleAZIMUT < angleMinAZIMUT)
       {
           // le nouvel angle dépasse le minimum
           // on le recale au minimum et on inverse la vitesse
           angleAZIMUT = angleMinAZIMUT;
       }
// AZIMUT.write(angleAZIMUT);


 Serial.print("ORDRE SERVO : ");  // pour les essais, non nécessaire au programme
 Serial.println(angleAZIMUT);     // pour les essais, non nécessaire au programme


 //Adaptation de l'heure journée en fonction de l'azimut
 AdaptAzimutHeure=map(angleAZIMUT,angleMinAZIMUT,angleMaxAZIMUT,hmin,hmax);
 //Serial.print(AdaptAzimutHeure);
 //Serial.print("     ");

 //Calcul de Ah en rad
 Ah= 180*(AdaptAzimutHeure/12 - 1)* (6.28/360);

 // Calcul angle élévation soleil en rad
 Asoleil = asin(cos(0.798)*cos(Ah));

 // conversion angle élévation soleil en degré
 angleELEVATION = (Asoleil * 360 / 6.28)* 3;

 //déplace miroir VERS LE HAUT OU LE BAS
 ELEVATION.write(angleELEVATION);

 delay(25);
   }
```

Avant toute conception, nous devons toujours réaliser certaines simulations afin de s'assurer que nous ne fassions pas fausse route dès le départ et ainsi donc éviter toutes pertes de temps par la suite.

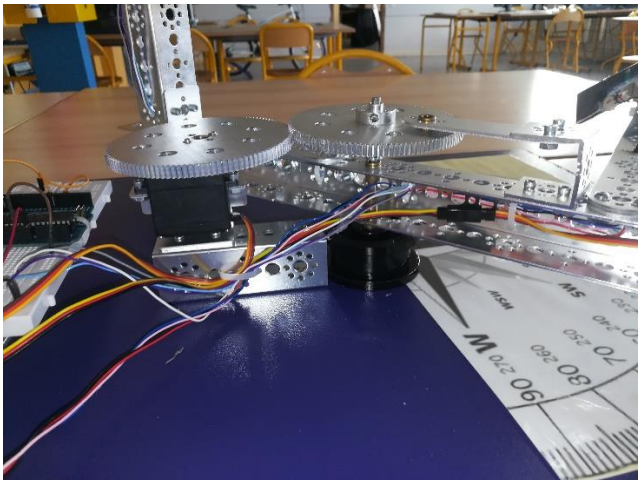


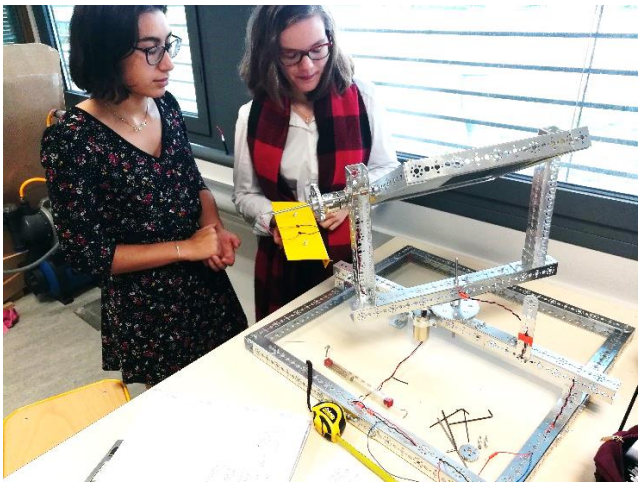
Pour cela, sous les conseils de mon professeur, je me suis servie du logiciel Proteus afin de simuler le programme envisagé pour le système. J'ai donc réalisé un montage similaire au schéma réaliser lors de la recherche de solution afin de simuler celui-ci. La simulation obtenue semble donc conforme à nos attentes.

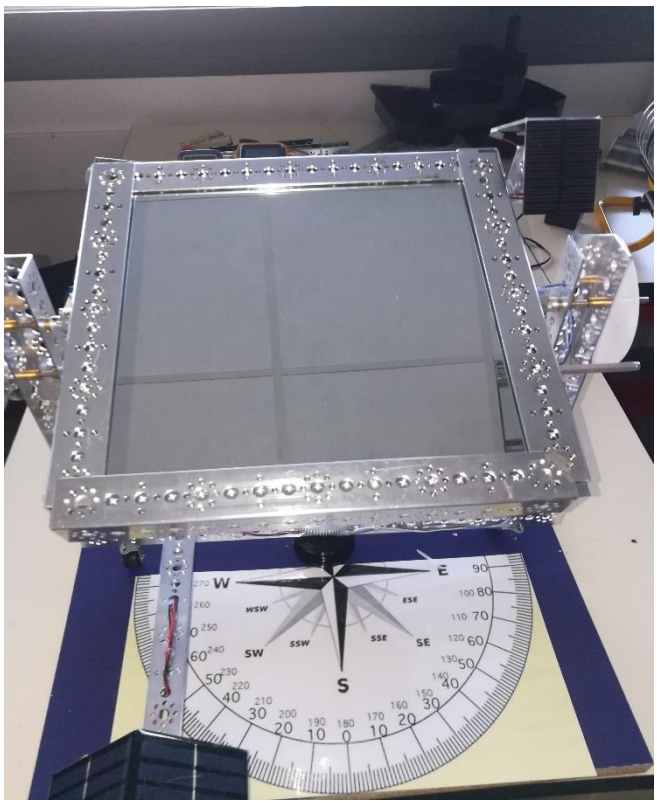
IV] ESSAIS ET SIMULATION

1) Réalisation de la maquette

A l'aide des éléments Tetrix nous avons pu réaliser un prototype de notre projet afin d'effectuer ensuite des essais et de valider (ou pas !) notre étude

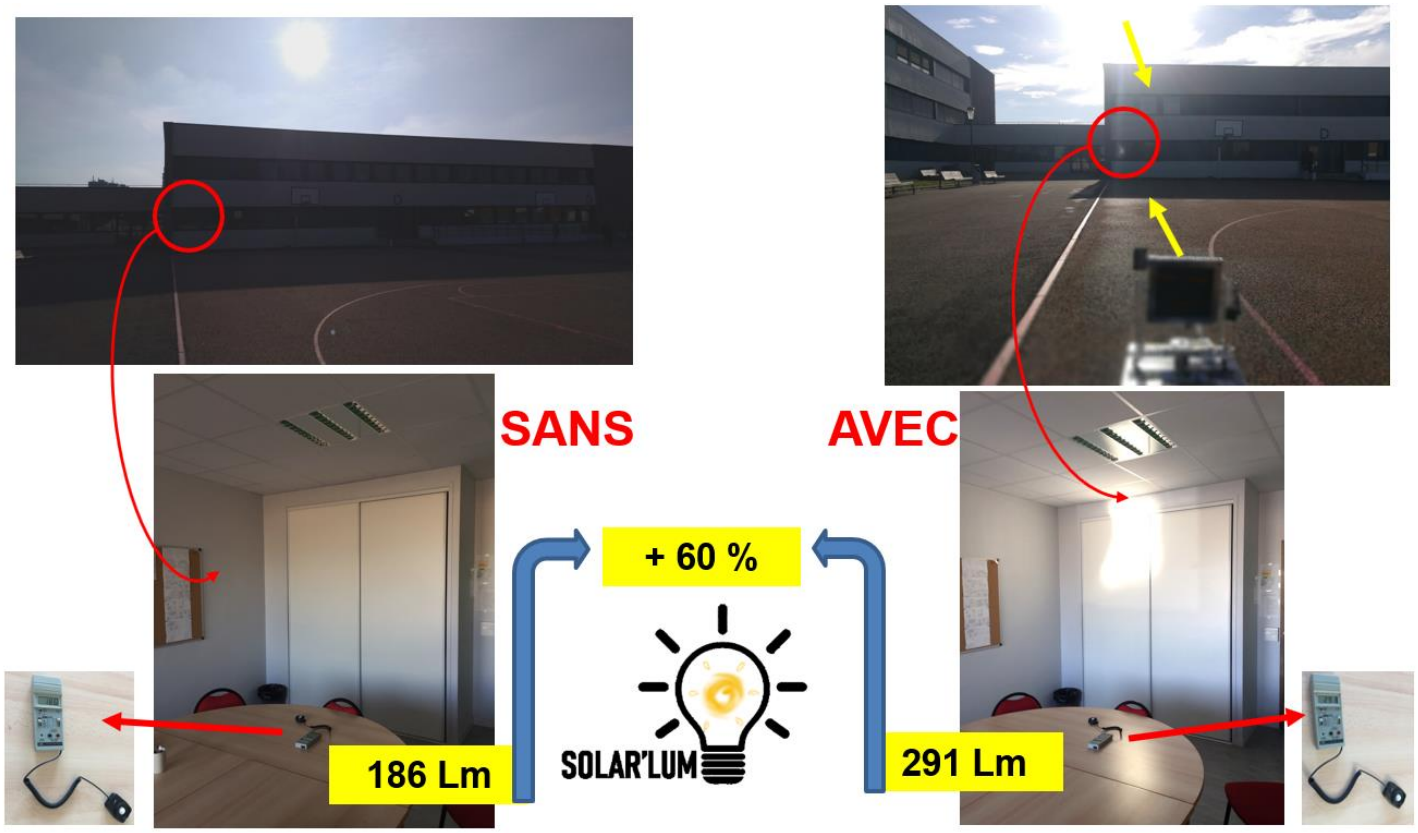






2) MESURES RÉELLES (LUXMÈTRE)

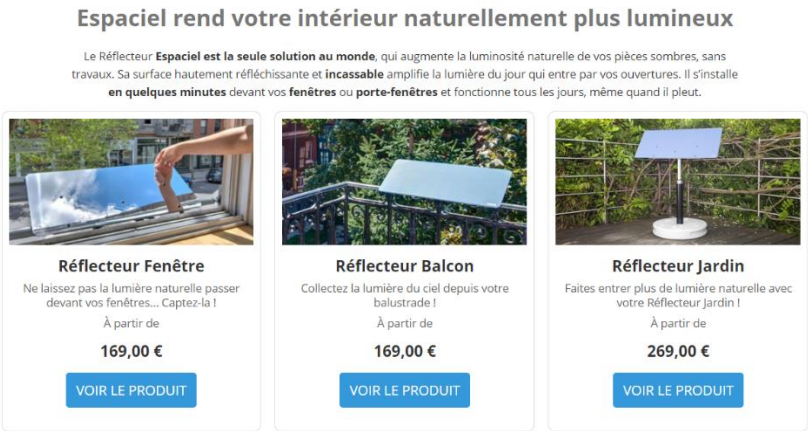
Un jour de soleil nous avons pu effectuer les mesures d'efficacité de notre Solar Lum. Pour cela nous avons placé la maquette dans la cour du lycée face à une pièce orientée plein nord puis mesuré le gain d'éclairage avec un Luxmètre.



Grâce à notre système, on a un apport de 60% en luminosité dans cette pièce

3) Les concurrents à notre système

Il existe des solutions alternatives à notre système comme : les Puits de lumière, la Fibre optique, les Lampes de luminothérapie
Et un modèle qui se ressemble le plus au notre Espaciel :



C'est un système simple mais une efficacité limitée le miroir est fixé et ne sert donc que pour une période de la journée assez réduite.

Avantage de Notre système ne demande pas de travaux importants dans le bâtiment, est 100 % naturel et permet de suivre le soleil et augmenter ainsi l'efficacité et le temps de d'utilisation

V] BILAN

Ce qu'il reste à faire.

Notre prototype et nos études ont permis de valider l'idée tant sur l'intérêt que sur le principe ou la réalisation.
Pour finaliser au mieux cette étude il reste à améliorer la partie automatisation : faire en sorte par exemple que l'acquisition de la zone à éclairer se fasse plus facilement (on pourrait imaginer la personne dans son logement qui éclaire avec un laser ou une lampe le Solar Lum au niveau des capteurs de luminosité.
2 : la base tourne sur sa course et s'arrête dès que la lumière sur son capteur droit et gauche est identique puis procède au stockage dans la mémoire de cet angle β et idem pour l'angle ε
A affiner l'intérêt en gain de luminosité. En effet en fonction de la position du soleil et du lieu à éclairer il ne sera pas toujours possible de refléter les rayons du soleil il serait bien de pouvoir le définir plus précisément
Enfin on pourrait aussi vérifier la précision dans le reflet. Le servo moteur ayant une certaine précision (1°) avec présence ou pas des engrenages, jeu dans les liaisons, incertitude des mesures du capteur, distance de la zone à refléter font que la zone est approximative.

Au final…

Nous sommes fières d'avoir pu mener ce projet presque à son terme malgré toutes les difficultés qui nécessairement accompagne un projet : matériel, commande de pièce, budget, retard livraison, partage du travail dans le groupe, communication, connaissances, maitrise des logiciels … Mais ce fut une excellente expérience qui on l'espère va se poursuivre ….