

DOCUMENTATION

CONCEPTION ET RÉALISATION DE PAVÉS LUMINEUX EN PLASTIQUE RECYCLÉS ALIMENTÉS À L'ÉNERGIE SOLAIRE

| | |
|--|----------|
| CONCEPTION ET RÉALISATION DE PAVÉS LUMINEUX EN PLASTIQUE RECYCLÉS ALIMENTÉS À L'ÉNERGIE SOLAIRE | 1 |
| Partenaires | 2 |
| Durée | 2 |
| Coût des unités hors équipement et main d'oeuvre | 2 |
| Introduction | 3 |
| Réusages et recyclage au service des communs | 3 |
| Les déchets, fléau du Sénégal, comme matériaux de création | 3 |
| Matériaux | 4 |
| Pavé solaire : | 4 |
| Matériaux spécifiques aux pavés interactifs | 5 |
| Outils et équipements | 5 |
| Point de vigilance : maintenance et entretien matériel | 6 |
| Etapes | 6 |
| Problématique de la collecte de déchets au Sénégal, sachant que les bouchons sont récupérés | 6 |
| Préparation du plastique | 8 |
| Normes de sécurité | 9 |
| Modélisation et fabrication du moule | 9 |
| Fabrication des outils (broyeuse + four à compression) | 11 |
| Nettoyage et Broyage du plastique | 12 |
| Fonte et moulage du plastique | 12 |
| Phases de recherche : | 14 |
| Recette optimale suite aux tests réalisés : | 15 |
| TECHNIQUES FONTE OUVERTE FERMÉE | 15 |
| Démoulage et refroidissement | 16 |
| Assemblage des kits solaires | 18 |
| Soudure de la cellule photovoltaïque : | 18 |
| Soudure des composants sur la plaque | 18 |
| Découpage et collage du plexiglas | 22 |
| Assemblage électronique des pavés interactifs | 22 |



| | |
|--|----|
| Paramétrage du module solaire en série | 22 |
| Préparation de l'alimentation électrique et du système de charge | 23 |
| Connexion à l'ARDUINO | 24 |
| Connexion des LED | 25 |
| Connexion du capteur | 25 |
| Assemblage dans le pavé : | 26 |
| Problématiques d'allumage de nuit uniquement | 26 |
| Code du pavé interactif | 27 |
| Assemblage du pavé | 29 |

Un projet réalisé chez Kër Thiossane au sein du Fablab Defko ak Niep (Dakar, Sénégal) en novembre 2022 avec Klaus Löhmann, maker franco-allemand.

Partenaires

- Bassirou Wade : conception du moule
- CNQP Dakar : réalisation des machines Precious Plastic
- MIYA : fourniture des bouchons
- Precious Plastic :
- RAW Material : bailleur
- Little Sun : bailleur
- La Forge CC : bailleur de l'OPENLAB
- REFFAO : bailleur matériel

Durée

- durée de conception d'un pavé complet : 45' dont 30' de cuisson
- durée d'assemblage d'un kit solaire simple : 15'
- durée d'assemblage d'un kit solaire simple : 30'

Coût des unités hors équipement et main d'oeuvre

- coût d'une unité pavé :
 - 0 pour la matière première est issue de déchets, seulement des coûts d'équipement
 - 70'000 FCFA pour le moule et contre moule
- coût d'un kit solaire : 6000 FCFA soit 8 euros
- coût d'un kit solaire de pavé interactif : 50'000 FCFA

Voir plus bas pour le coût des équipements

Introduction

Réusages et recyclage au service des communs

Un an après l'interdiction des plastiques jetables et à usage unique, seules 9 000 tonnes de déchets sont retraitées sur les 200 000 produites chaque année. Le reste est déversé dans la nature et les océans. Alors que 5 millions de sachets plastiques sont encore utilisés quotidiennement, les déchets plastiques constituent l'un des fléaux du Sénégal. L'invasion de déchets plastiques notamment sur les côtes.

Autant dire que l'urgence est grande car une partie de ces déchets se retrouvent dans l'océan et détruisent les écosystèmes. Une prise de conscience lente mais réelle, qui mobilise de plus en plus de citoyens.

C'est là que le Fablab a un rôle à jouer dans la recherche de réusages et solutions de recyclage, à la fois dans une optique de recherche et développement sur la transformation de déchets du quotidien, mais aussi dans la diffusion du savoir, à travers la démonstration, la formation, mais aussi la mise en place de projets partagés avec des artistes et designers qui apportent leur regard et leur savoir-faire à la valorisation de ce nouveau matériau recyclé.



Les déchets, fléau du Sénégal, comme matériaux de création

Depuis de nombreuses années, Kër Thioossane travaille autour des communs et de fait, autour de la protection de notre environnement à travers des OPENLABS, formations et événements de grande ampleur.

Le Fablab Defko ak Niep utilise quotidiennement différentes machines à commandes numériques permettant de prototyper les idées de centres de recherche et citoyens. Parmi

ces outils, l'imprimante 3D est essentielle. Elle permet de réaliser tous types d'objets artistiques et/ou utiles. Pour ce faire, elle utilise souvent du PLA, un plastique biosourcé et biodégradable.

Mais dans le cadre de sa recherche sur le recyclage, et aux vues de la quantité de déchets plastiques, il apparaît primordial d'envisager une nouvelle forme de recyclage afin de valoriser grâce au Fablab ces déchets omniprésents.

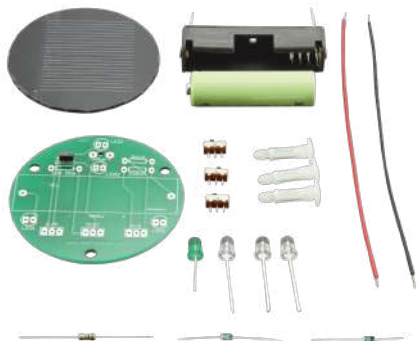
A travers des phases de recherche et développement, des événements et de la documentation publique, Kër Thioassane et Defko ak Niep travaillent depuis près d'un an à la mise en place d'un recyclage d'un genre nouveau.

- **le polyéthylène de haute densité (PEHD ou HDPE)** qui est utilisé pour les produits d'entretien, bidons d'huile ou encore les flacons de médicament ;

Matériaux

Pavé solaire :

- HDPE et PP (bouchons et couvercles) : 250g par pavé
- 1,5m2 plaque de plexiglas 4mm transparent (pour 40 pavés)
- moule et contremoule en métal
- colle à plexiglas
- mastic SIKAFLEX pensé pour usage extérieur
- kit solaire à souder :
 - 1 Circuit imprimé (PCB) 63 mm équipé de Qx5252
 - 3 LEDs blanches
 - 1 LED verte
 - 2 Interrupteurs à glissière
 - 1 Interrupteur à bascule, 2 pôles
 - 1 Résistance 100 ohm
 - 1 Inducteur 56 μ H
 - 1 Inducteur 220 μ H
 - 1 Porte-pile simple Taille "AA", UM-3X1
 - 1 Pile NiMH 600 mAh, 1,2 V
 - 1 Panneau solaire circulaire 50 mA @ 2V
 - 3 Séparateurs en plastique
 - 1 jumper rouge
 - 1 jumper noir



Matériaux spécifiques aux pavés interactifs

- Lot de 3x40 jumpers
- 10 ARDUINO NANO originaux
- 5 ARDUINO MICRO
- Lot de 10 capteurs Piezzo 3,7cm
- Lot de 30 capteurs Piezzo 2,7cm
- Lot de 10 modules solaires ronds 2V diamètre 36mm
- Lot de 10 modules solaires rectangulaires 2 à 5V
- Lot de 20 accumulateur 3,7 V
- Lot de 10 cartes PCB pour circuit imprimé
- Kits de 200 transistors
- fils de raccordement électriques rouleau 10m

- Kit de 8 diodes Shottsky
- Kit de 560 résistances
- Lot de 50 grosses LEDS
- LED plates rondes
- Convertisseur de charge
- Lot de 5 powerbooster
- Lot de 10 interrupteurs
- 1 relais 5V

Outils et équipements

Coût total de l'équipement pour la conception des pavés : 1'364'500 FCFA soit 2'079 euros (1 euro = 655, 957 FCFA)

| dénomination | coût FCFA |
|---|-----------|
| moule et contremoule en métal | 70'000 |
| broyeuse plastique - precious plastic | 690'000 |
| four à compression - precious plastic | 519'000 |
| presse hydraulique | 50'000 |
| fer à souder + étain | 5'000 |
| pistolet à colle | 12'000 |
| gants à chaleur | 8'000 |
| masque de protection | 3'000 |
| bassine en métal (refroidissement) | 2'000 |
| balance | 3'500 |
| bols de pesée | 2'000 |

La broyeuse et le four à compression ont été conçus sur le modèle proposé par Precious Plastic :

- [Broyeuse plastique \(Precious Plastic\) monophasée avec moteur 2.2kW motoréducteur : pour couper le plastique en petits flocons](#)
- Important : notre espace n'est pas équipé en triphasé, il est important que le moteur soit adapté en monophasé. Un moteur de broyeuse végétale peut être utilisé.
- [Four à compression \(Precious Plastic\) : pour chauffer le plastique et mouler les pièces avec la presse intégrée](#)

Point de vigilance : maintenance et entretien matériel

La presse hydraulique étant trempée dans l'eau, celle-ci doit être séchée entre chaque utilisation. et si elle n'est pas utilisée sur une longue période, elle doit être huilée pour éviter la rouille.

Il faudra huiler le moule et tout le matériel métallique lorsqu'il ne sera pas utilisé.

Etapas

Problématique de la collecte de déchets au Sénégal, sachant que les bouchons sont récupérés

Il n'y a pas d'initiative étatique du recyclage des déchets au Sénégal. Des sociétés privées le font, sinon, les gens récupèrent beaucoup. Les bouchons ne font pas exception. Ils sont venus au marché (5000 FCFA le sac de 5kg), mais sont surtout gardés par la plupart des particuliers pour refaire des jus de fruit.

De fait, il n'est pas si simple de collecter un nombre très important de bouchons.

Nous avons eu la chance de récupérer les rebus de l'embouteilleur MIYA Sénégal, qui promeut l'économie circulaire et ne produit que des bidons et bouchons qui sont réutilisés. Toutefois, des rebus sont forcément générés et ce sont ces bouchons que nous avons collecté pour le projet.

Préparation du plastique

Nous avons utilisé comme matière première un stock de HDPE constitué de bidon de savon liquide pré triés et débarrassés de leur étiquette papier. Les morceaux de bouteille plastique coupée sont lavés à l'eau et au savon pour éliminer toutes traces d'impureté.

| EQUIVALENCES | GRAMMES | UNITES BOUCHONS |
|--------------|---------|-----------------|
| 1 pavé | 270 | 31 |
| 40 pavés | 10'800 | 1240 |





Normes de sécurité

- Gants anti chaleur
- Masques de protection
- onduleurs

Modélisation et fabrication du moule

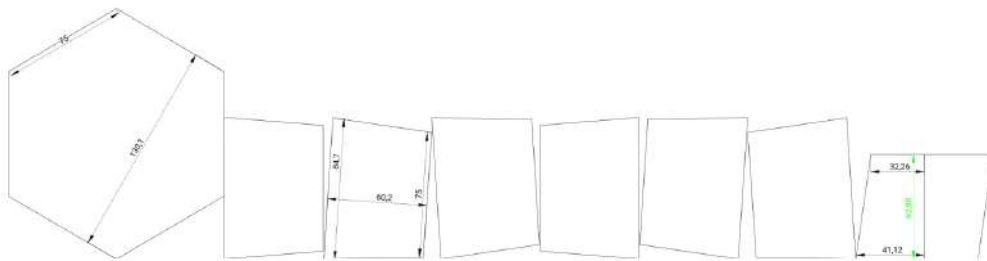
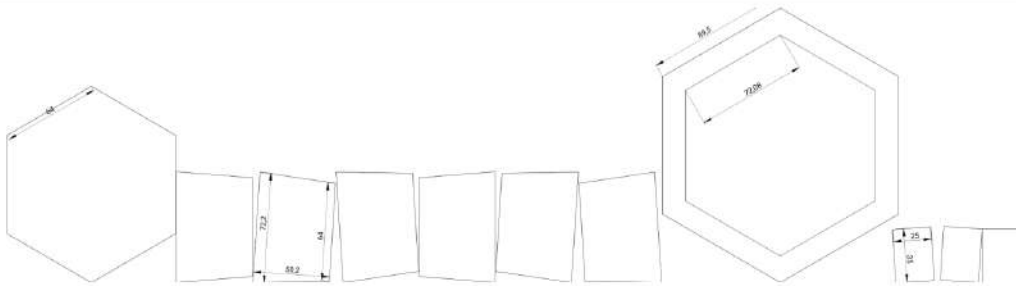
Afin d'obtenir un objet aux tailles et dimensions voulues, nous avons modélisé l'objet final en 3D sur FREECAD, puis les objets permettant d'obtenir ce résultat, à savoir un moule et un contre-moule.

Les pièces du moule ont ensuite été découpées à la CNC sur du carton puis fournies à un artisan métallique qui a découpé le tout à la meuleuse puis assemblé en soudant.

Certaines caractéristiques doivent être respectées pour que la cuisson et le démoulage soient optimums :

- matériau type aluminium ou acier
- angles évasés et non droits pour faciliter le démoulage
- surface lisse sans aspérités pour que l'objet final soit lisse
- aucune cavité pour éviter que le plastique fondu ne s'y incruste et s'accroche au fond, afin que le démoulage soit le plus facile possible
- étanche, pour ne pas laisser passer l'eau

Nous avons ajouté des poignées pour faciliter la prise en main.



Fabrication des outils (broyeuse + four à compression)



Afin de pouvoir transformer la matière première, à savoir broyer le plastique, puis de réaliser la fonte, nous avons fait réaliser par le CNQP de Dakar (Centre national de qualification professionnelle) :

- une broyeuse, 2,2kW, avec motoréducteur
- un four à compression, équipé d'un capteur de température PID permettant de stabiliser la température de manière précise

Le tout réalisé sur les modèles OPEN SOURCE fournis par Precious Plastic.

A l'usage, plusieurs problématiques sont apparues :

- notre espace, non industriel, fonctionne en monophasé (220V), or la plupart des moteurs et des broyeuses Precious Plastic sont fournies avec des moteurs fonctionnant en triphasé (380V). Il existe des alternatives qui ne sont pas toutefois optimales :
 - l'ajout d'un variateur mais qui aura tendance à baisser la puissance du moteur
 - l'utilisation d'un broyeur végétal 220V mais qui représente un coût et qui est difficile à trouver localement seul
- le four à compression s'avère finalement peu utile, les tests de cuisson ayant finalement démontré que la pression à froid est bien plus efficace et stable que la pression à chaud. De fait nous avons fait fabriquer une presse hydraulique, permettant d'exercer la pression à froid dans de l'eau froide.

En soit le four à compression peut permettre de presser jusqu'à refroidissement, mais cela ralentit énormément le processus et contraint à une production de 2 pavés par jour seulement le temps que le four se refroidisse, puis se remette à 200.

Des serre-joints peuvent palier le problème dans un premier temps mais nous faisons fabriquer une presse qui permet d'enchaîner les cuissons grâce à un refroidissement à l'extérieur du four.

Nettoyage et Broyage du plastique

Nous avons utilisé comme matière première un stock de HDPE constitué de bidon de savon liquide pré triés et débarrassés de leur étiquette papier. Les morceaux de bouteille plastique coupée sont lavés à l'eau et au savon pour éliminer toutes traces d'impureté.

Le plastique est ensuite broyé en copeaux qui constitueront la matière première.

Fonte et moulage du plastique



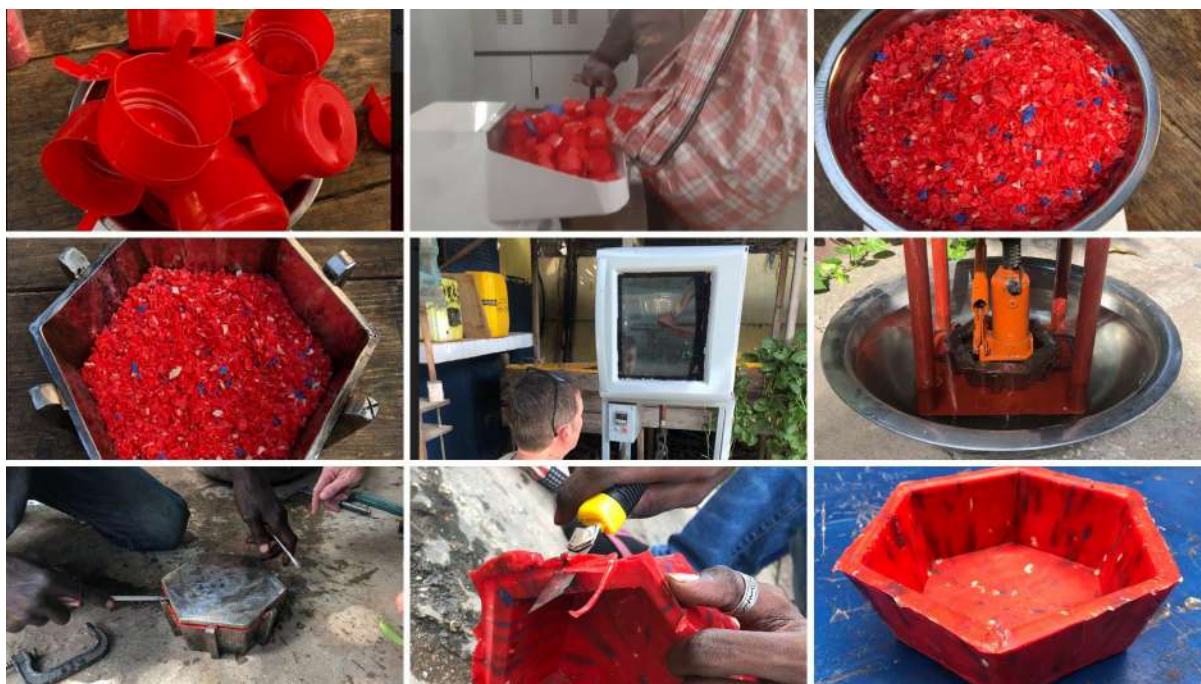
Phases de recherche :

| | technique | nombre de grammes | température du four en degrés | temps de cuisson en min | temps de refroidissement | temps de conception total | remarques |
|----------------|---|-------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| test 1 | fermée en une seule fois | 150 | 180 | 25 | 5 | 30 | extérieur correct, mais l'intérieur n'a pas chauffé assez à cause du contremoule. pas assez de matière |
| test 2 | ouverte en une seule fois avec contremoule en haut, et moule en bas | 200 | 180 | 40 | 5 | 45 | fonte du plastique dans le moule separement du contremoule. Moule avec plastique en bas du four, contremoule chauffe tout seul en haut. Ajout du contremoule à 30' de cuisson - cuisson fermée XXX. Déperditions de chaleur dans le four à chaque ouverture de la porte à prendre en compte dans le temps de cuisson |
| test 3 | ouverte en plusieurs fois - moule en haut / contremoule en bas | 250 | 180 | 45 | 5 | 50 | test de remplir le moule en plusieurs fois en cuisson ouverte en 4 fois (62,50 grammes à chaque fois pendant 10 min) puis 5 min de cuisson avec le contremoule, puis presse à froid une fois le moule sorti du four avec un serre-joint. On immerge le moule dans l'eau froide avec les serre-joints. On coupe le plastique qui dépasse du moule avec un cutter avant le refroidissement pour égaliser tant qu'il est encore mou |
| test 4 | ouverte en plusieurs fois - moule en haut / contremoule en bas | 250 | 180 | 25 | 5 | 30 | division du plastique à fondre en 3 parts égales de 83g. Première fonte dans le four pendant qu'on on préchauffe les 2 doses restantes en même temps que le premier cycle de fonte dans les 2 petits bols dans le temps de cuisson, compter la deperdition de chaleur dès qu'on ouvre le four pour mettre le moule On repart à 130 degrés (perte de chaleur), on a mis le moule avec 83g + les 2 bols avec 83g. Ils sont restés 7' le temps que le four se réchauffe. On a mis 2x10min de cuisson à 180 degrés + 5 min de cuisson après avoir ajouté le contenu des 2 bols (avec bcp de difficultés à démouler) dans le moule (20 grammes perdus en plastique indémoulable) |
| test 5 | cuisson ouverte en plusieurs fois FOUR COUCHE | 250 | 180 | 45 | 5 | 50 | on couche le four pour avoir chaleur en bas et en haut. le moule (avec 83g de plastique) et le contremoule sont l'un sur l'autre, et les 2 bols contenant 83g chacun avec du papier sulfurisé sont côte à côte pour préchauffer les 2 doses restantes de 2x83g. On entame la cuisson avec 139 degrés (à cause de la déperdition de chaleur) et on enclenche 15 minutes de décompte. On a remis 5'. et encore 5 |
| test 6 | cuisson ouverte en une seule fois FOUR COUCHE | 250 | 180 | 40 | 5 | 45 | avec four couché, on fait une seule cuisson de 30min des 250g d'un coup dans le moule, avec le contremoule à côté |
| test 7 | cuisson ouverte en une seule fois FOUR COUCHE | 260 | 200 | 40 | 5 | 45 | avec four couché, on fait une seule cuisson de 30min des 260g d'un coup dans le moule, avec le contremoule à côté; Rajout de 10 min de cuisson car que surface chaude |
| test 8 | cuisson ouverte, four debout, en une fois avec contremoule en bas et moule rempli en haut | 260 | 195 | 30 | 5 | 35 | |
| test 9 | cuisson ouverte, four debout, en une fois avec contremoule en bas et moule rempli en haut | 280 | 195 | 30 | 5 | 35 | four à niveau RESULTAT OK, un tout petit trop de matière et adhérence au moule |
| test 10 | cuisson ouverte, four debout, en une fois avec contremoule en bas et moule rempli en haut | 270 | 195 | 30 | 5 | 35 | moule huilé pour éviter difficultés de démoulage |

Recette optimale suite aux tests réalisés :

- quantité de granulats plastique : 270g (soit 31 bouchons)
- température du four : 195 degrés
- temps de cuisson : 30 minutes en cuisson ouverte (moule rempli en haut, contremoule vide en bas avec le fond du contremoule côté)
- temps de refroidissement et compression : 5 compression à froid dans l'eau
- démoulage à l'aide d'un tournevis plat
- séchage à l'air libre

Compter 40 minutes pour l'ensemble du processus de conception d'un pavé.

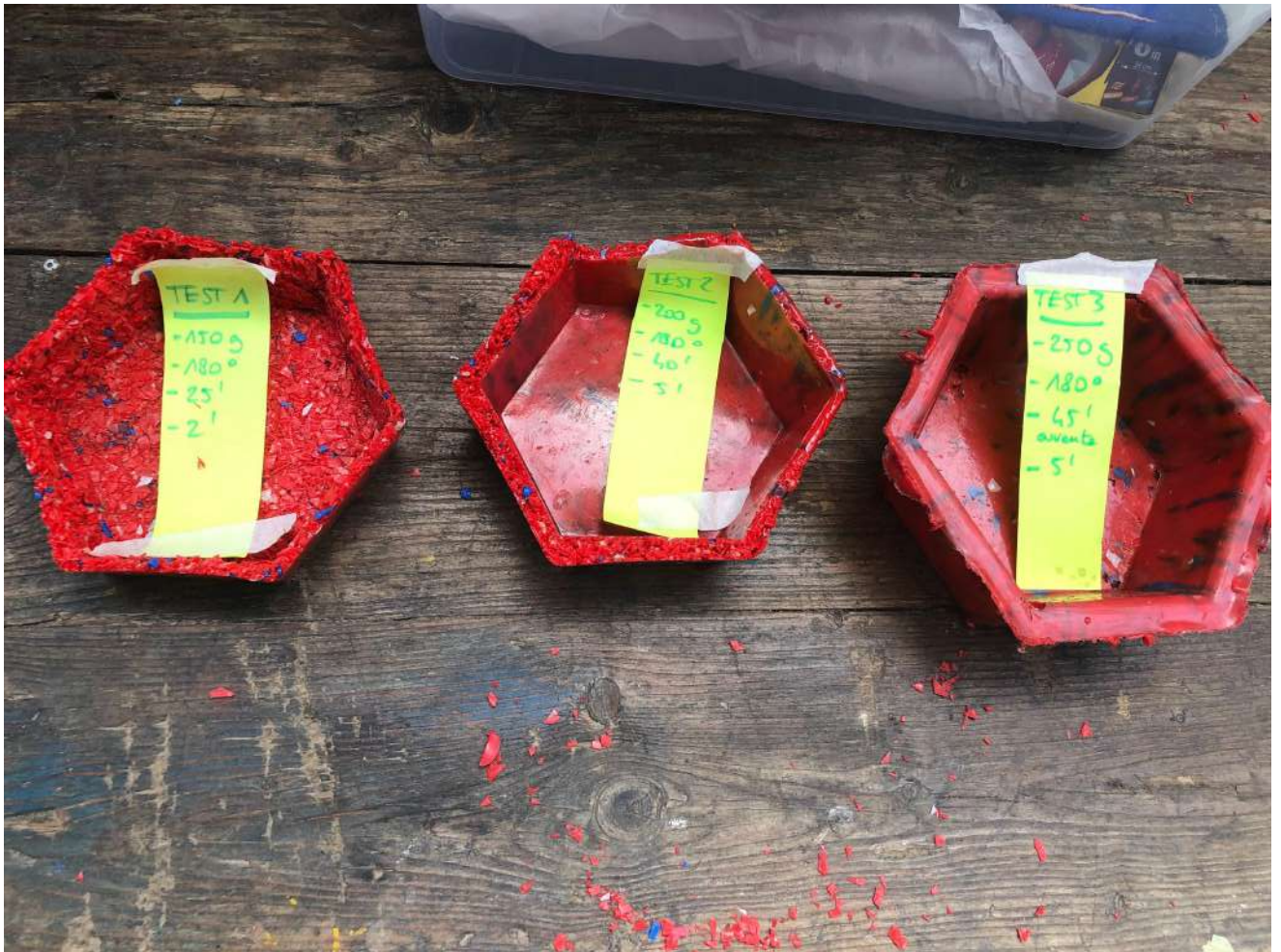


TECHNIQUES FONTE OUVERTE FERMÉE

La première cuisson a été faite avec le plastique dans le moule et le contremoule, ce que l'on a appelé cuisson fermée. Mais cela entrave la bonne cuisson et donne un résultat peu satisfaisant, le fond du pavé étant mal fondu.

C'est la raison pour laquelle nous avons opté pour la cuisson ouverte, à savoir faire chauffer le moule et le contremoule séparément :

- moule rempli du plastique en haut du four
- contremoule posé à l'endroit en bas du four



Démoulage et refroidissement

Afin de faciliter le démoulage, il est essentiel que le moule n'ait aucune cavité dans le fond, sinon le plastique fondu s'incruste dedans et empêche le démoulage.

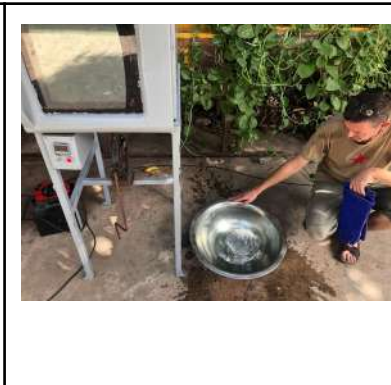
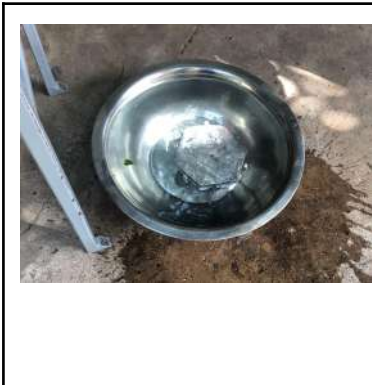
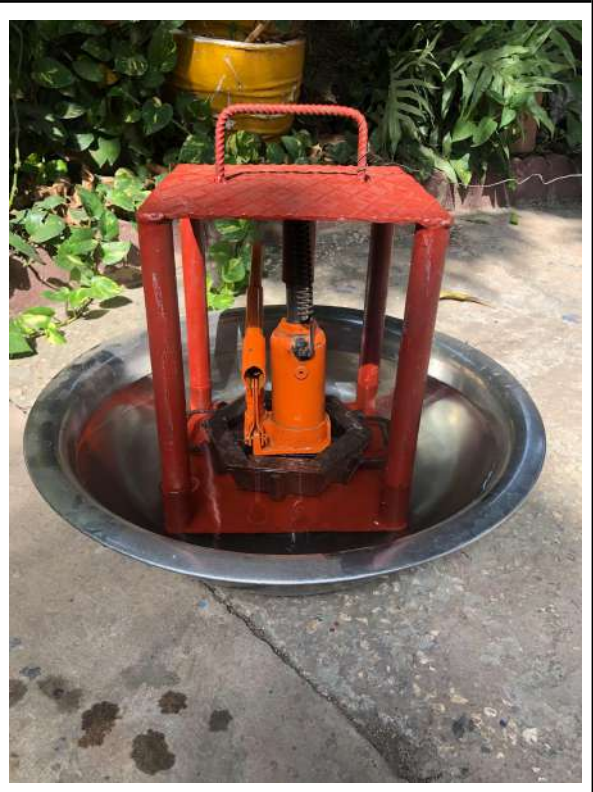
On a testé la pression à chaud dans le four, puis de mettre le moule et son contremoule directement dans l'eau pour le refroidissement, mais cela n'est pas optimal.

On a utilisé un serre-joint pour la pression à froid, mais ce n'est pas assez, d'où l'usage d'une presse hydraulique, construite avec un crick de voiture, qui exerce une pression de 5 tonnes sur le moule à froid.

La pression permet au plastique de remonter sur les côtés de façons homogène.

La méthode la plus aboutie est :

Il est plus optimal d'exercer la pression à froid avec la presse hydraulique dans l'eau pendant 5 minutes.



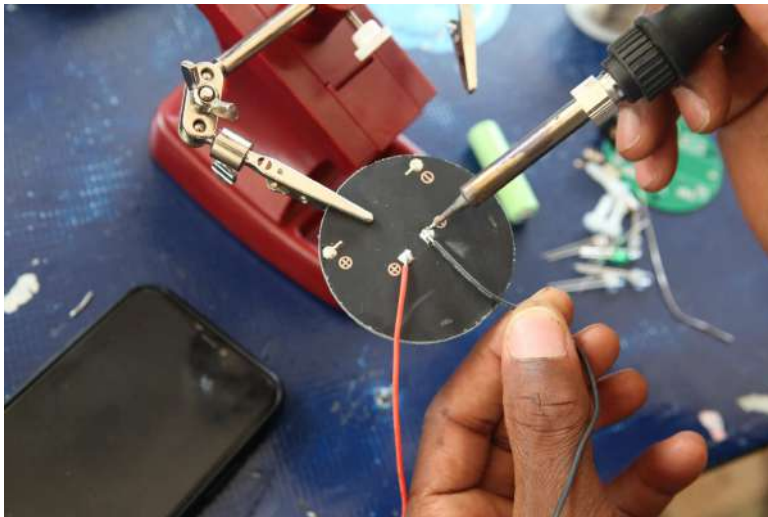
Assemblage des kits solaires

On va assembler les composants du kit solaire sur la plaque électrique. Il s'agit de kits clé en main achetés sur internet, avec un circuit imprimé déjà fait, et comprenant l'ensemble des composants nécessaires. Après comparatifs sur l'achat des composants de manière séparée, il est apparu que ce genre de kit était le plus économique et accessible. (cf référence [sur ce lien](#))

Soudure de la cellule photovoltaïque :

On soude 2 fils au module solaire :

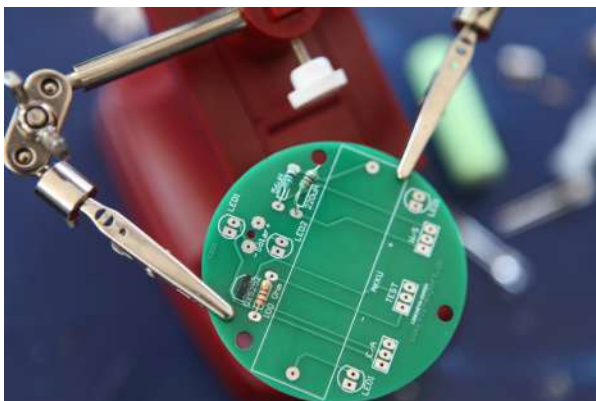
- le fil rouge pour les bornes + positives
- le fil noir pour le GROUND

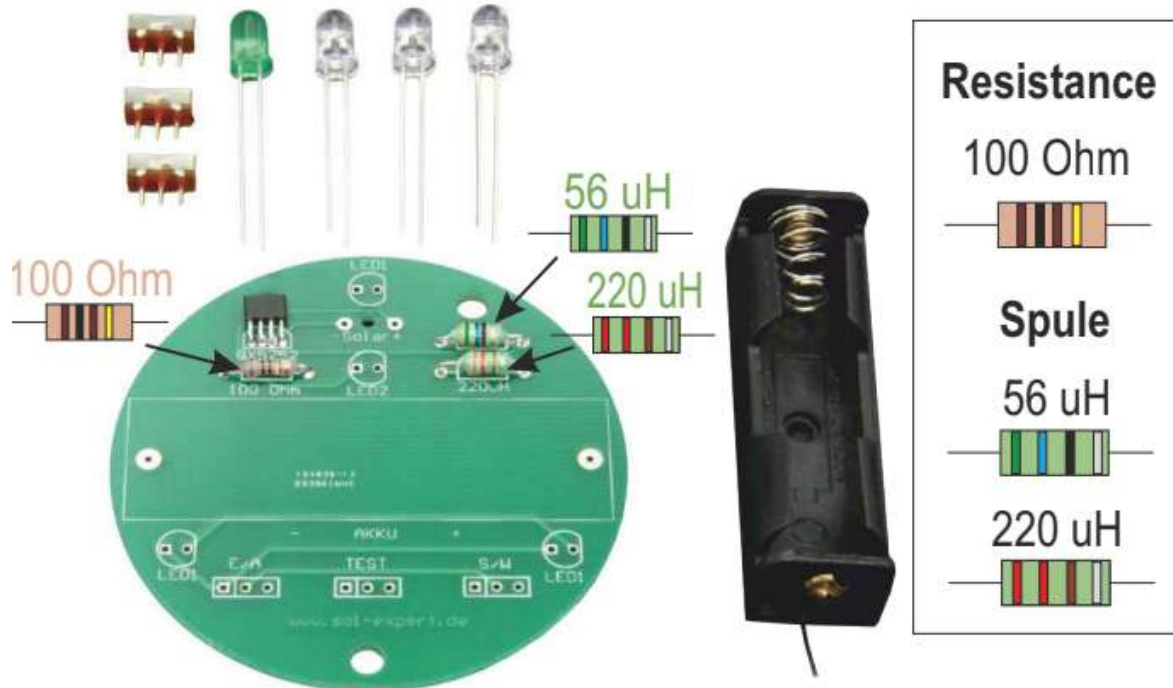


Soudure des composants sur la plaque

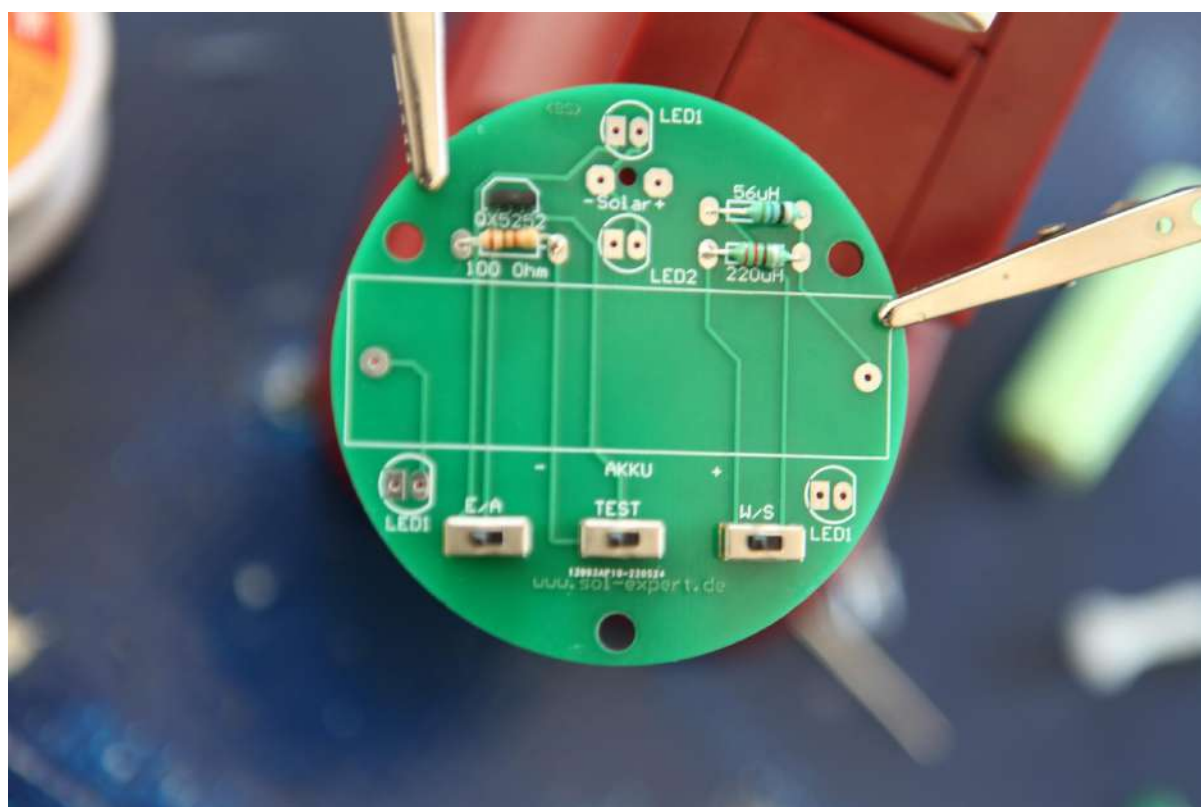
On commence par souder les résistances ;






- une de 100 Ohm, qui permet de limiter le passage du courant électrique dans le circuit pour éviter les surcharges de courant
- une seconde de 56 uH et la 220 uH qui protègent les LED du courant qui passe



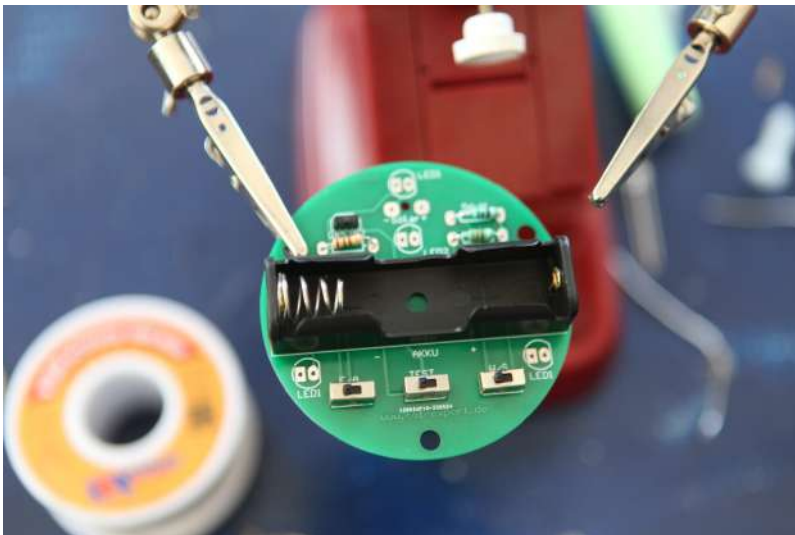


On soude ensuite les interrupteurs qui permettent de paramétrer les modalités d'allumage des LED. il y a 4 modes de paramétrage, c'est le **FULLPOWER** qu'on utilise pour que les LED ne s'allument que le soir venu.

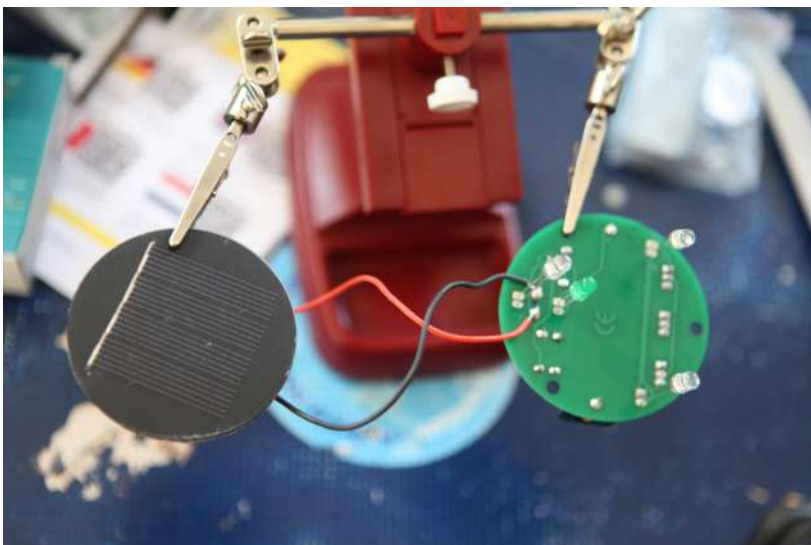


| | | |
|---|---|--|
|  |    E/A TEST W/S | Switch setting test mode |
|  |    E/A TEST W/S | Switch setting full power |
|  |    E/A TEST W/S | Switch setting winter mode |
|  |    E/A TEST W/S | Switch setting battery recharge |

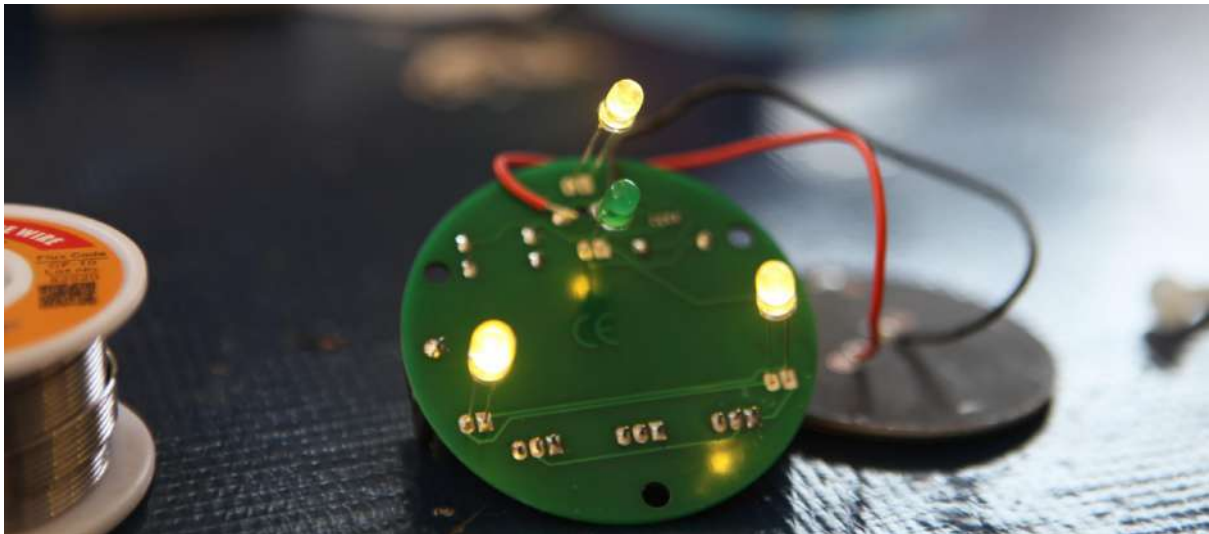
On soude ensuite le support de batterie dans lequel on pourra ajouter une pile rechargeable AA qui va accumuler l'énergie collectée pendant la journée pour la délivrer le soir.



Enfin, on soude les 4 LED. La LED verte, sur les 4 est la LED de test.



Et le kit est prêt, il n'a plus qu'à charger quelques heures au soleil.



Découpage et collage du plexiglas

Le pavé sera recouvert d'une plaque de plexiglas transparente de 4mm d'épaisseur. La transparence est nécessaire pour que les panneaux solaires puissent capter l'énergie en journée, et pour laisser passer la lumière émise par les LED durant la nuit. Nous avons testé un colori opaque mais cela entrave malheureusement la collecte d'énergie.

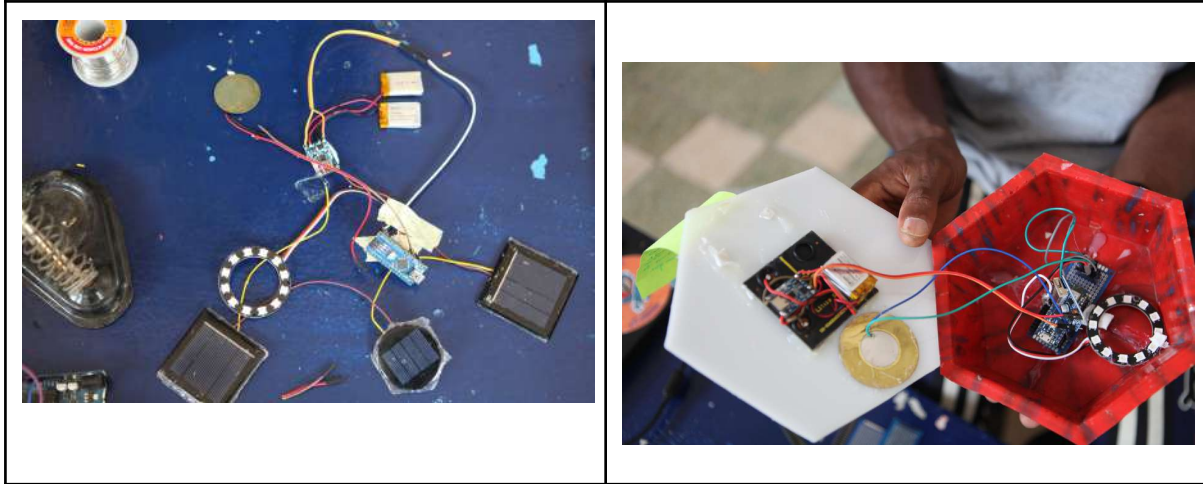
L'épaisseur de 4mm a été choisie afin d'assurer une solidité du matériau lorsque les gens marcheront dessus.

Le plexiglas a été acheté en plaques et découpé à la CNC chez Kër Thiossane.



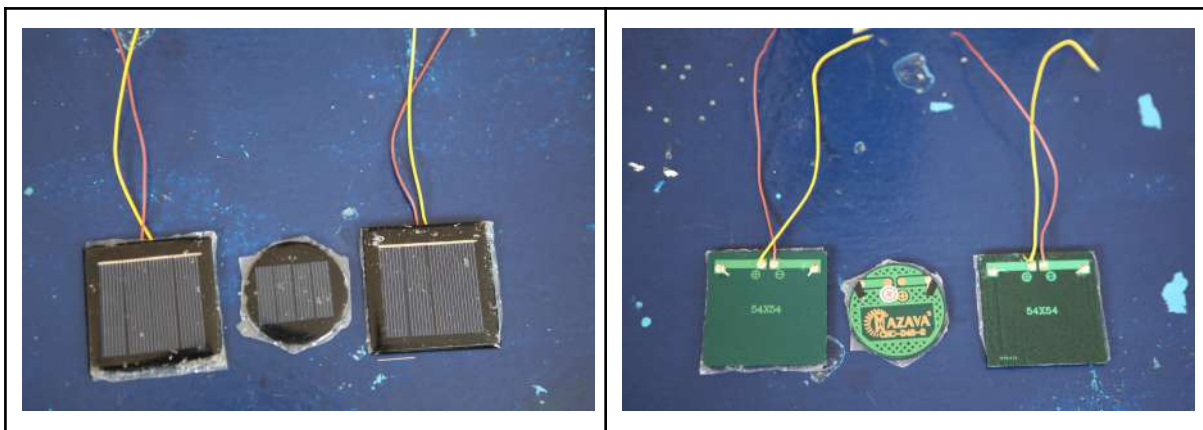
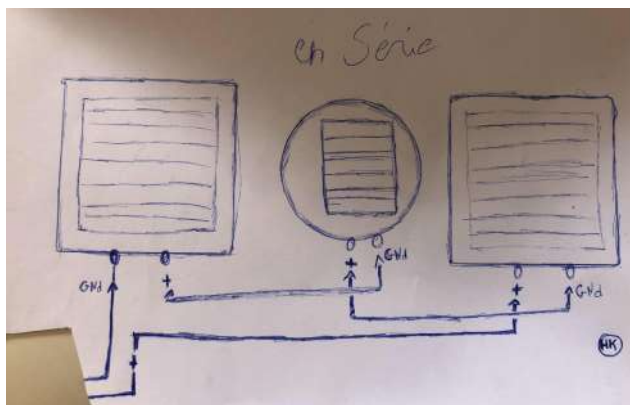
Assemblage électronique des pavés interactifs

Le pavé interactif sur lequel on travaille utilise un capteur de vibration et s'allumera lorsque les gens marcheront dessus ou le toucheront.



Paramétrage du module solaire en série

On prend 3 panneaux solaires 2V qu'on câble en série pour obtenir une puissance de 6V, capable d'alimenter l'ARDUINO qui fonctionne en 5V.



Pour permettre le déclenchement d'actions avec un capteur (piezzo dans notre cas), il est nécessaire d'utiliser un ARDUINO NANO, carte électronique dédiée à l'IoT. Celui-ci fonctionne en 5V et doit être alimenté par une source au moins égale à cette puissance.

Or de nombreux panneaux solaires miniatures délivrent du 2V, ce qui implique qu'on doit en utiliser plusieurs pour délivrer au moins 5V à l'arduino.

Préparation de l'alimentation électrique et du système de charge

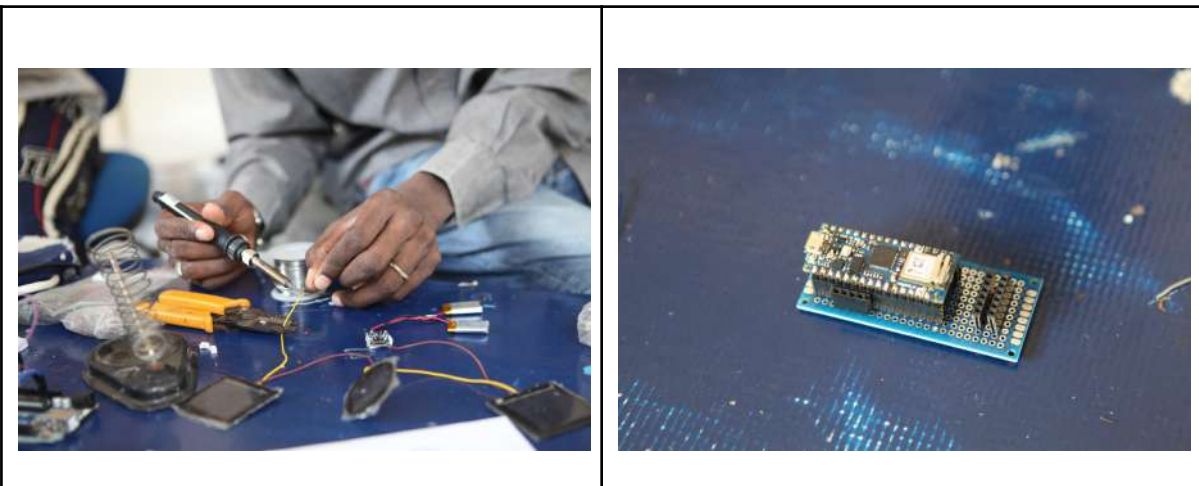
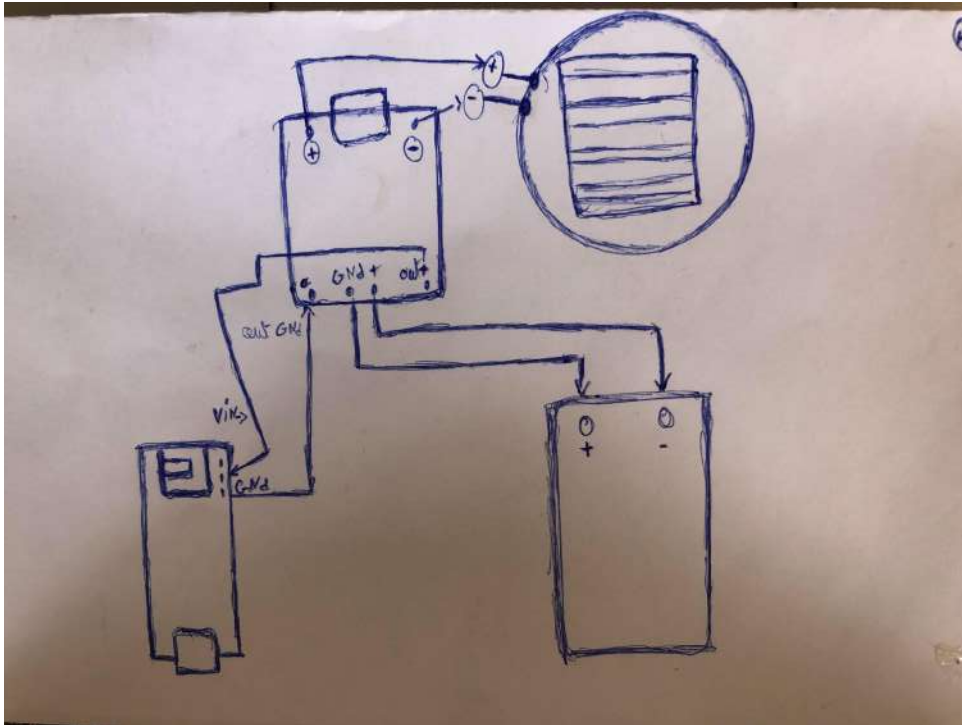
On connecte les panneaux solaires au convertisseur de charge que l'on connecte au module de charge afin que le courant soit plus stable.

Le module de charge (accumulateur 3 à 7V) stockera l'énergie accumulée durant la journée pour la restituer la nuit tombée.



Connexion à l'ARDUINO

On connecte l'OUTPUT (+) du module de charge avec le VIN de l'ARDUINO, et le GROUND du module avec le GROUND de l'ARDUINO afin qu'il y ait une terre sur le système.



Connexion des LED

On connecte 1 LED RGB à l'arduino (3 connectiques) :

- (ground - ground)
- le 5V au 5V de l'arduino
- la PIN numérique de la LED avec (ici) la PIN 4 de l'arduino

INFO ARDUINO :

Les PIN numériques sont les OUTPUT où le courant électrique dirigera l'alimentation.

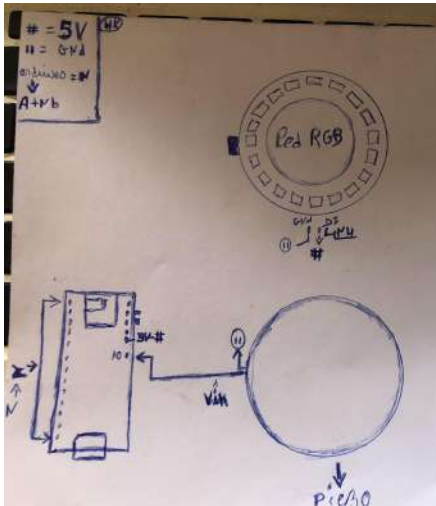
Connexion du capteur

On connecte le capteur PIEZZO (capteur de vibration) à l'ARDUINO de la même manière que la LED :

- (ground - ground)
- la PIN analogique au PIN A0 de l'arduino

INFO ARDUINO :

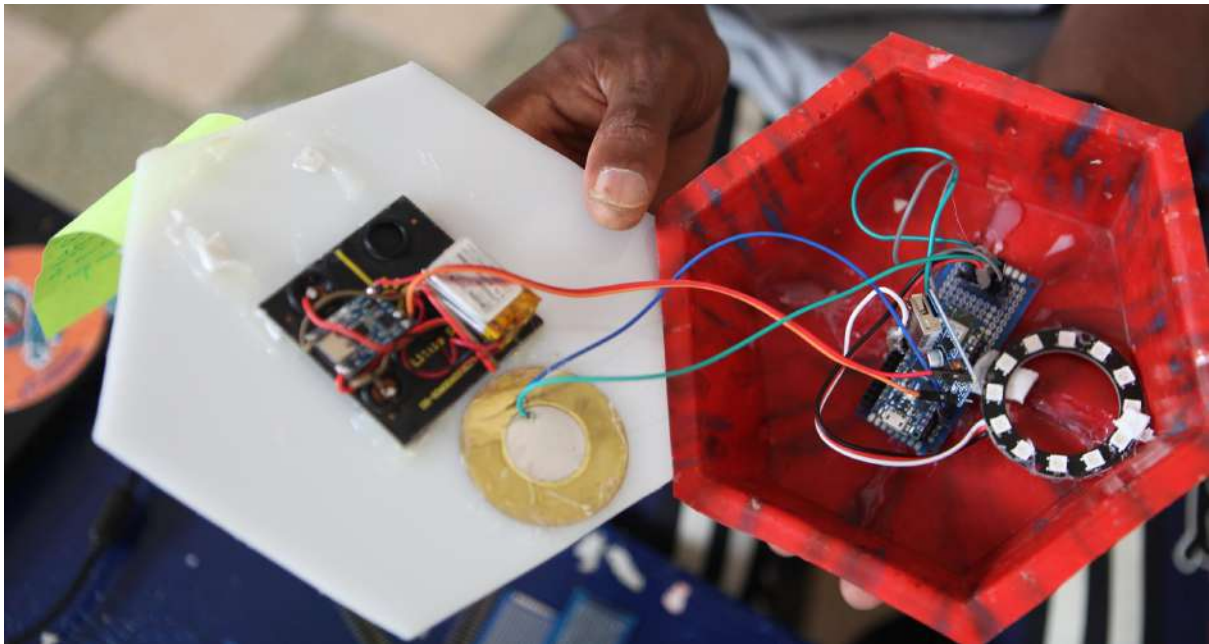
Les PIN ANALOG servent à lire les valeurs des capteurs dans le code.



Assemblage dans le pavé :

On colle le module solaire directement centré sur le plexiglas afin qu'il capte un maximum d'énergie. Ainsi que le capteur PIEZZO pour qu'il ressente les vibrations et puisse générer l'allumage des LEDS.

On colle l'ARDUINO au fond du pavé sur un des côtés et la LED RGB au milieu pour que sa lumière se diffuse au maximum.



Problématiques d'allumage de nuit uniquement

Afin d'optimiser la charge du pavé, mais aussi d'éviter un fonctionnement en plein jour lorsque le capteur capte un stimuli, ce qui serait inutile, nous avons du identifier différents moyens de faire en sorte que même si le capteur est stimulé, celui-ci ne s'allume que lorsqu'il fait nuit. Voici les 3 méthodes que nous avons expérimentées, qui fonctionnent toutes les deux mais qui ont des impacts légèrement différents en terme de charge.

Problématique de la charge et de l'allumage uniquement en mode nuit ne peut se faire que par certains moyens :

- **SOLUTION CHOISIE : utilisation d'une photorésistance et d'un accumulateur qui ne délivre de l'énergie que lorsqu'il ne charge plus**
 - on utilise un capteur de luminosité (photorésistance) que l'on branche au niveau de la carte ARDUINO sur une PIN ANALOG afin de récupérer la valeur JOUR ou NUIT.
 - La photorésistance récupère des valeurs en fonction de la puissance d'éclairage qu'elle perçoit. On a effectué des tests sur le site sur lequel elles seront implantées et la valeur est entre 0 et 4. On a ainsi pu indiquer dans l'arduino les valeurs à partir desquelles on souhaite qu'il se déclenche. La solution la plus simple est finalement la plus efficace.
- **solution testée mais non adoptée : mode SLEEP**
 - on ajoute un mode SLEEP au dispositif précédent avec la photorésistance
 - S'il fait jour, l'arduino est en veille et consomme peu d'énergie, ce qui permet d'optimiser la charge car le capteur ne déclenche pas d'allumage en journée
 - S'il fait nuit, le code se déclenche
- **solution testée mais non adoptée : utilisation d'un RELAIS 5V**
 - On crée un circuit composé d'un :
 - un câble un transistor
 - une photorésistance

- une résistance
- un relais 5V en supplément
- Ce circuit est branché directement sur l'OUTPUT du module de charge. Une fois que c'est connecté, c'est ce circuit qui va alimenter la carte ARDUINO lorsqu'il capte la valeur nuit. C'est là que le relais va aller puiser l'énergie dans le module de charge pour la délivrer à l'ARDUINO
- Ici, l'ARDUINO, est complètement éteint lorsque la valeur est JOUR. Il ne consomme ainsi aucune énergie.

Code du pavé interactif

Le code permet, une fois téléversé sur l'assemblage du pavé interactif, de générer une séquence lumineuse lorsque que le capteur piezzo est sollicité.

L'accumulateur fonctionne soit en mode charge, soit en mode délivrance d'énergie lorsqu'il n'est plus en charge, ce qui permet que durant la journée, rien ne se passe. Une fois qu'il ne charge plus, afin d'éviter qu'il ne s'allume trop tôt inutilement, c'est la photorésistance (capteur de lumière) qui prend le relais, et qui tant qu'elle n'a pas détecté une valeur inférieure ou égale à 10 (qui correspond à l'état NUIT), laisse l'arduino inactif. Une fois cette valeur atteinte, dès que le capteur est sollicité (par une personne qui marche ou tape dessus), la séquence lumineuse se déclenche.

Le code est disponible en image ci-dessous et également en téléchargement sur ce lien : https://drive.google.com/file/d/1FnWGE9MLUt13JuNnQN4IElecFX6uqewh/view?usp=share_link


```

40
41
42
Manager
44 //démarrage de la séquence lumière
45 for (int i = 0; i < 12; i++) {
46     leds[i] = CRGB::Blue;
47
48     // on affiche toutes les LEDs
49     FastLED.show();
50
51     delay(100);
52
53     leds[i] = CRGB::Black;
54
55     // on affiche toutes les LEDs
56     FastLED.show();
57
58     delay(100);
59
60     leds[i] = CRGB::Black;
61
62     // on affiche toutes les LEDs
63     FastLED.show();
64 }
65
66 for (int i = 0; i < 12; i++) {
67     leds[i] = CRGB::Gray;
68     CRGB::Gray,
69
70     // on affiche toutes les LEDs
71     FastLED.show();
72
73     delay(100);
74
75     leds[i] = CRGB::Black;
76
77     // on affiche toutes les LEDs
78     FastLED.show();
79 }

```

Assemblage du pavé

On applique la colle SIKAFLEX sur le pourtour du pavé pour sceller le Plexiglas.

