



Iris TISSERAND et Jérémie CHATELAIN



Rapport de projet : SolarPower



FONDATION

UNIVERSITÉ SAVOIE
MONT BLANC

PROJET SOUTENU

Table des matières

Remerciements	2
Introduction	2
1. English abstract	2
2. Problématique	3
3. Calculs et manipulations préliminaires	3
a. Le GravityPower	3
b. Générateur magnétique	3
c. L'énergie solaire	3
4. Système retenu : le SolarPower	4
5. Recherches de solutions techniques	4
a. Mise en œuvre de la parabole	4
b. Support du système et orientation de la parabole	5
c. Système de production d'énergie	6
d. Système de récupération d'eau de pluie	7
e. Systèmes et fonctions annexes	7
6. Manipulations et expérimentations	8
a. Influence d'une parabole	8
b. Caractérisation du débit de gaz en circuit ouvert	9
c. Caractérisation des turbines	9
d. Test des turbines exposées au flux d'air	9
e. Tentative d'optimisation des ventilateurs d'ordinateur	9
f. Quantification du flux	9
g. Caractérisation de la tenue en pression du ballon et du clapet	10
h. Test du système cocotte + clapet + ventilateur	10
7. Réalisation du Prototype	11
a. Fabrication de la parabole	11
b. Fabrication de la structure	12
c. Fabrication du système sous pression et de son support	12
d. Fabrication de la partie électrique	13
e. Fabrication du système de récupération d'eau	13
f. Fabrication des systèmes annexes	13
g. Conclusion	14
8. Perspectives du projet	14
9. Annexes	16
a. Résultats d'expérience	16
b. Cahier des charges fonctionnel	18
c. Modélisations	19
d. Méthode SODIS	20
e. Aspect projet Solidaire	20

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'achèvement de notre projet et qui nous ont aidées à leur manière.

Tout d'abord, nous souhaitons remercier M Jean-Louis Martin pour nous avoir encadrés et qui a su nous orienter sur les bons chemins, M Ali Nourdine pour son expertise et ses précieux conseils, M Naffrechoux pour ses connaissances sur l'eau et ses encouragements, Mme Nadège Guiguet, M Vincent Waton et M Antonio Di Lisio pour leur précieuse aide en atelier et en laboratoire.

Sur le plan humanitaire du projet, rien n'aurait été possible sans la Fondation de l'Université Savoie Mont-Blanc ni l'association des Pays de Savoie Solidaires ainsi que Maurice Garon d'Énergie Sans Frontière.

Introduction

Parce que nous sommes jeunes étudiants et que nous voulons changer le monde, nous avons voulu transformer ce projet d'étude en une opportunité de changer les choses à notre échelle et au-delà. Travailler sur un appareil qui a pour vocation d'être utile rend le travail plus facile car plus motivant. Ainsi, nous n'avons pas compté nos jeudis après-midi, week-ends et autres soirs passés à œuvrer pour ce projet.

Le projet SolarPower nous a permis de développer notre inventivité, notre efficacité et notre sens d'organisation et des relations humaines. Grâce au soutien de nombreux acteurs, professeurs passionnés, organismes engagés et amis généreux, nous avons pu porter ce projet sur nos épaules.

1. English abstract

Access to drinking water and electricity is a huge issue for Saharan and Sahelian populations. SolarPower is an innovative system which tackles both these problems by generating electricity and desalinate sea water thanks to solar energy. The installation is simple as it is made of recycled or cheap materials preventing theft and decreasing the cost for the local population. The system is quite simple : thanks to a parabola, sun rays are focused into a water-filled container which heat the water that generates steam. As a result, pressure rises in the container which drives a turbine linked to an electricity generating alternator.

In order to improve the SolarPower's performance, considerations were made throughout the design process to ensure the best orientation of the parabolic dish, the best reflection and absorption of sun rays and to minimise energy lost. All these aspects were analysed and changed thanks to simulations, calculations and experiments. The final goal was to create a simple system with a limited number of materials and to produce as much energy as possible. The SolarPower succeed in answering these issues and could be implemented in rural communities to resolve problems concerns access to drinking-water and electricity.

2. Problématique

Avant la rentrée de septembre 2019, nous avons décidé de donner à notre projet de deuxième année une composante humanitaire et utile à une communauté défavorisée. Nous avons choisi un collège lycée à N'djamena, capitale du Tchad.

Pour mieux cerner les besoins des locaux, nous leur avons envoyé un questionnaire. Leur retour nous a permis de déterminer les problématiques principales de la région :

- La gestion des déchets
- La pullulation des moustiques
- L'accès à l'électricité
- L'accès à une eau saine
- La chaleur extrême

Pour des raisons de faisabilité nous avons choisi de nous pencher uniquement sur les problématiques de l'électricité et de l'eau. En effet, la gestion des déchets est un problème qu'il faut régler à grande échelle, la chaleur est aussi complexe à résoudre et les moustiques nécessite une solution qui sort du cadre du DUT SGM. Nous nous sommes donc concentrés sur les problèmes concernant l'accès à l'eau et à l'électricité.

3. Calculs et manipulations préliminaires

a. Le GravityPower

Notre première idée s'inspirait du système gravity light développé par la société Deciwatt. Nous voulions ainsi utiliser le même principe (Chute d'un poids entraînant un alternateur) pour créer de l'énergie. Après de rapides calculs, nous avons pu en conclure que ce système ne pouvait pas produire de grandes quantités d'énergie.



b. Générateur magnétique

Intrigués par la promesse "d'énergie infinie" d'une vidéo sur internet, nous nous sommes penchés sur ce système. Sceptiques, nous avons manipulé un ventilateur d'ordinateur sur lequel étaient fixés des aimants à des points stratégiques. Nous nous sommes rendu compte que ce mécanisme était non fonctionnel : le ventilateur ne tournait pas quelle que soit la configuration essayée.

c. L'énergie solaire

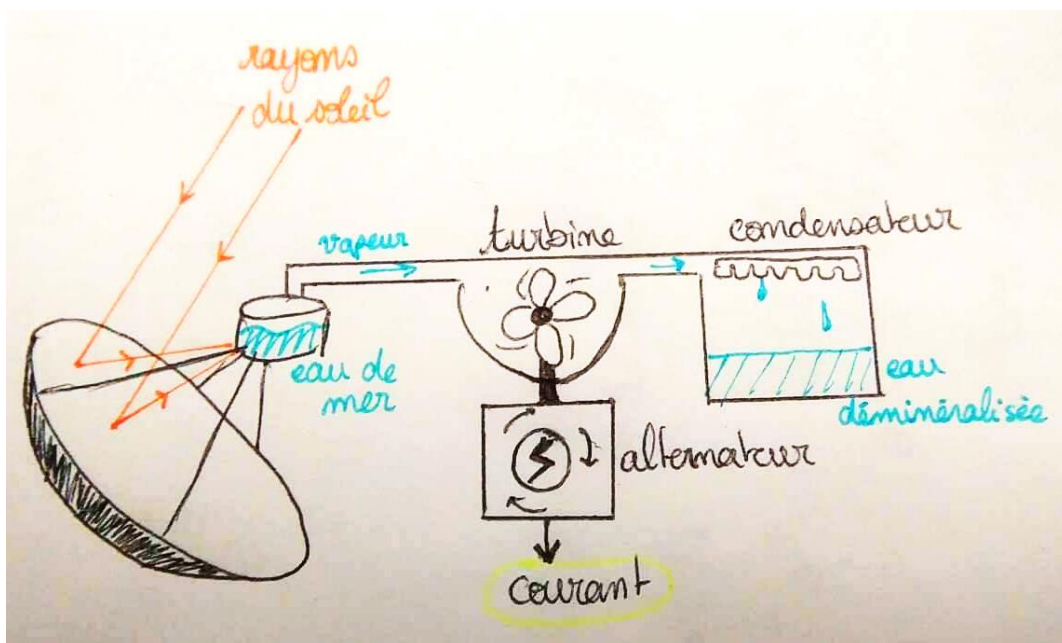
L'énergie solaire est une des énergies renouvelables les plus prometteuses concernant la transition énergétique que nous traversons. Les panneaux photovoltaïques sont de plus en plus répandus mais nécessitent des matériaux rares et chers comme le silicium. Les centrales thermiques solaires sont, elles, plus traditionnelles. Un ensemble de miroirs réfléchit les rayons du soleil sur un réservoir rempli d'eau ; de la vapeur est alors produite et entraîne une turbine qui va générer de l'électricité grâce à un alternateur. Ce type de centrale est particulièrement développé dans les pays du Maghreb.



4. Système retenu : le SolarPower

Un choix qui nous semble judicieux a été fait, celui de tirer parti de la chaleur et de l'ensoleillement importants présents sur place. Notre appareil va créer de l'électricité à partir de l'énergie solaire et récupérer l'eau de pluie qui tombe lors de la saison des pluies de juillet à septembre. Cette machine a été baptisée SolarPower. Elle respectera le cahier des charges fonctionnel que nous avons réalisé (voir annexe p18).

Son principe de fonctionnement est le même qu'une centrale thermique solaire : Les rayons du soleil sont concentrés en un point pour faire chauffer un réservoir d'eau. L'eau va se transformer en vapeur et monter en pression. Elle va ensuite faire tourner une turbine qui va entraîner un alternateur qui va générer un courant électrique. Les principaux avantages du SolarPower par rapport à un groupe électrogène ou à un panneau solaire sont qu'il ne rejette aucune fumée toxique ou polluante et qu'il est robuste et facilement réparable.



Réaliser une centrale thermique solaire miniature semble être un choix intéressant pour la simplicité du système et sa robustesse. Pour confirmer l'efficacité d'une parabole à petite échelle, nous avons réalisé une manipulation simple (voir partie manipulations et expérimentations page 8) qui nous a conforté dans notre pensée : une parabole peut faire chauffer de l'eau, même à taille humaine à condition de l'optimiser.

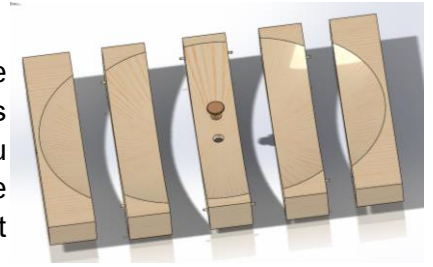
5. Recherches de solutions techniques

a. Mise en œuvre de la parabole

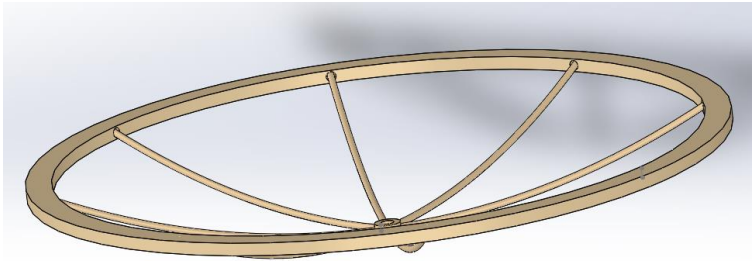
Nous avons trouvé sur internet qu'une parabole de 80 cm de diamètre permettait de faire bouillir de l'eau à gros bouillon en 30 minutes ; nous avons donc choisi de faire notre parabole avec un diamètre de 1 mètre.

1) Bois creusé

Une des solutions la plus simple, est de creuser dans un bloc de bois la forme de la parabole. Cette solution a pour avantages d'être très résistante et aisément réalisable. Cependant, sa masse la rend peu pratique. Une possibilité serait de se servir de cette parabole massive comme d'un moule pour pouvoir emboutir des plaques d'aluminium et ainsi produire facilement un grand nombre de paraboles.



2) Armature en Bambou



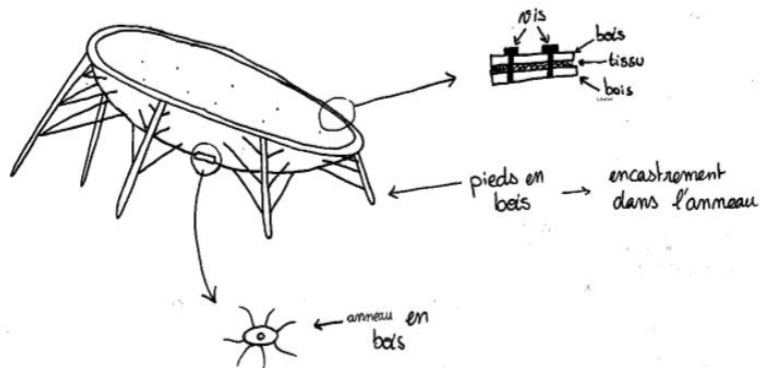
Cette solution technique a pour avantage d'être très légère. Cependant, la mise en œuvre est rendue complexe par le cintrage des bambous. Un autre matériau pourrait donc être utilisé comme des linteaux de bois ou des tôles de métal à la place des tiges concentriques. Une simplification de la

forme passant d'une armature circulaire à une armature octogonale permettrait de simplifier grandement la mise en œuvre sans diminuer les performances de façon significative.

3) Tissu tendu

Une autre solution technique serait de tendre un tissu à l'aide d'un anneau en bois (comme pour la broderie) et de donner la forme de parabole au tissu en tirant à des points précis sur le tissu à l'aide de fils.

Cette solution est également légère mais son problème réside dans le choix du tissu : la plupart des tissus se détendent et nous perdrons alors la forme précise de parabole.



Nous avons alors réalisé plusieurs tests de fluage de différents types de tissus afin de trouver lequel serait le mieux adapté pour notre parabole. D'après les résultats que nous en avons tirés (voir annexe p17), nous en avons conclu que la solution d'une parabole en tissu pourrait être intéressante à condition de ne pas avoir trop de tension dans le tissu. Pour diminuer cette tension nous avons décidé d'allier cette solution à la solution de l'armature en bambou. Le tissu reposerait en partie sur la structure ce qui permettrait à la parabole d'avoir une forme parabolique sans être fortement contrainte. Cette idée pourrait être améliorée en imbibant le tissu avec une matrice polymère, mais de nouvelles questions se posent alors concernant la mouillabilité du tissu, sa compatibilité avec la résine et la résistance de la résine aux conditions du milieu (UV, hautes températures...).

Les tests de fluage nous ont aiguillés vers un tissu plutôt épais et peu élastique comme le coton.

b. Support du système et orientation de la parabole

La parabole sera maintenue en place sur une structure en bois car c'est un matériau commun, léger et durable.

L'orientation de la parabole, point essentiel pour assurer un bon rendement, pourra être assurée par une ou deux liaisons pivots.

Deux directions d'inclinaison seront nécessaires, une d'entre elles pourra être assurée en permettant le déplacement aisé de la structure entière, grâce à des roues sous le support ou bien en rendant la structure assez légère pour être pivotable par une personne.

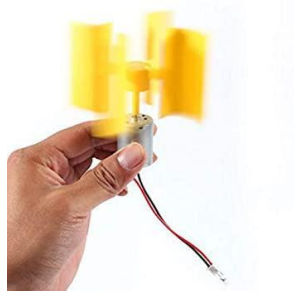


c. Système de production d'énergie

1) Production d'électricité

Pour pouvoir produire du courant à partir d'un flux de vapeur, il faut d'abord la convertir en énergie cinétique rotatoire grâce à une turbine. Nous avons eu l'idée de prendre pour turbine un ventilateur d'ordinateur, qui sert aussi d'alternateur ou bien une fraiseuse à air comprimé reliée à un alternateur. Possédant des ventilateurs d'ordinateurs, nous avons réalisé les premières expériences avec ceux-ci, puis nous avons acquis d'autres turbines mieux adaptées. [Photos ci-dessous.](#)

De nouveaux tests en laboratoire ont été entrepris afin de caractériser chacune des turbines et de savoir si notre système pouvait les faire tourner (voir les résultats en annexe p9), ainsi nous en avons conclu que la canalisation du flux était très efficace pour optimiser la turbine.



2) Production de vapeur et montée en pression

Dans un premier temps, nous avons réalisé des tests en laboratoire avec de la verrerie (voir annexe p9), sous sorbonne pour des raisons de sécurité évidentes. Ces tests ont montré que le flux de vapeur devient constant à partir de l'ébullition de l'eau (débit volumique $Q_v = 5,7 \pm 1,8$ L/min) mais que malgré l'optimisation de la turbine, l'augmentation de la pression du système est obligatoire pour pouvoir la faire tourner et produire un courant suffisant.

Pour cela nous avons donc cherché diverses solutions possibles :

- Clapet anti-retour d'essence
- Soupape adaptée
-



Nous avons retenu la première solution que nous avons testé (voir annexe p10) et dont les premiers résultats ont été satisfaisants (déclenchement à partir de 0,5 bar de pression relative). Son avantage est qu'il n'a pas besoin d'intervention humaine pour se déclencher.

3) Stockage et utilisation de l'énergie

Une fois le courant créé, il faut le transformer pour qu'il puisse être emmagasiné dans une batterie et utilisable pour alimenter des appareils simples tels qu'une lampe, un téléphone portable ou un ventilateur. Pour cela nous avons pensé à une batterie de voiture, car simple à charger, et à une batterie portable facile d'utilisation mais plus complexe à recharger.

d. Système de récupération d'eau de pluie

Pendant la saison des pluies qui s'étend sur les mois de juillet, août et septembre, l'ensoleillement diminue et les précipitations cumulées atteignent les 500mm. Plutôt que d'être inutile à cette période, le SolarPower se convertit en récupérateur d'eau grâce à un trou percé au centre de la parabole qui la transforme en un entonnoir géant. Un récipient est placé sous la parabole pour collecter l'eau de pluie récupérée. Cette eau récoltée peut servir de "carburant" au système ou bien être potabilisée grâce à la méthode SODIS (voir annexe p20).

e. Systèmes et fonctions annexes

Pour être le plus efficace, sécurisé et pratique possible, des détails du SolarPower ont dû être réfléchis :

1) Maximiser l'absorption des rayons par la cocotte

Pour capter le maximum des rayons concentrés sur la cocotte, nous avons pensé à la recouvrir d'une peinture sombre qui résiste à de hautes températures (690°C) utilisée pour le revêtement de poêles à bois ou de barbecues par exemple. Ce revêtement est d'autant plus nécessaire que la cocotte est en aluminium, matériau qui reflète très bien les rayons lumineux transportant la chaleur.

2) Minimiser les pertes thermiques

Le SolarPower peut être exposé à du vent lors de son fonctionnement, il est donc indispensable de limiter au possible toute perte thermique. Pour cela, il faut isoler la cocotte par le haut et sur les bords. Nous avons eu l'idée d'utiliser de la boue qui offre le meilleur rapport qualité-prix car gratuite et ne risque pas de s'enflammer en cas de contact prolongé avec le faisceau de lumière.

3) Sécuriser le système

La sécurité de l'utilisateur est une problématique incontournable du système : il est chaud, concentre des rayons dangereux, est sous pression et éjecte de la vapeur bouillante. L'intégrité physique de l'opérateur doit donc être assurée :

- Port de gants de protection thermique
- Port de lunettes de protection et de soleil
- Notice de précautions à prendre

4) Récupérer l'eau de départ en sortie

L'eau est une ressource précieuse, surtout dans les pays pour lesquels est dédié le SolarPower. Il est donc indispensable de minimiser les pertes en eau. Pour cela nous avons eu l'idée de faire condenser la vapeur à la sortie du système grâce à un radiateur en aluminium. Ce dispositif passif permet alors de récupérer un maximum d'eau avec un minimum de moyen.

L'eau en sortie n'est pas potable par le fait qu'elle soit déminéralisée, mais elle peut être utilisée pour se laver les mains ou laver du linge.

5) Désaliniser l'eau de mer

Le SolarPower consomme de l'eau mais peut aussi en produire hors saison des pluies. En effet, l'évaporation de l'eau utilisée est analogue à une distillation. Réaliser cette distillation avec de l'eau de mer permet d'obtenir en sortie une eau pure et de récupérer le sel resté dans la cocotte pour en faire un usage alimentaire. Le problème majeur de cette idée est la corrosion de la cocotte en métal par la solution saturée en sel à haute température qui plus est. La solution pour éviter cette oxydation serait d'intégrer un récipient en verre dans la cocotte afin d'éviter que celle-ci soit en contact avec l'eau de mer. Pendant

la montée en température, l'eau va s'évaporer avant de se condenser sur les parois mais cette eau est pure, il n'y a donc plus de problème de corrosion.

6) Protéger la partie électronique du milieu extérieur

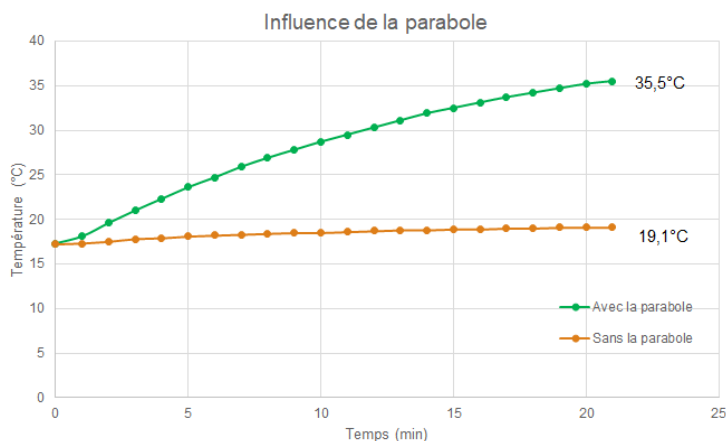
L'eau et l'électricité ne faisant pas bon ménage, il est donc nécessaire d'isoler du milieu extérieur la partie électronique du système (batterie, alternateur, fils...). Pour cela, des composants adaptés sont de rigueur ainsi qu'un carter solide abritant ces derniers de la pluie et des autres intempéries. Ce carter peut être réalisé en bois ou en métal.

6. Manipulations et expérimentations

De nombreuses heures ont été consacrées à l'expérimentation des différentes parties du système afin de valider ou d'infirmer leur fiabilité, de faire les meilleurs choix et ainsi d'améliorer la faisabilité et l'efficacité du SolarPower.

a. Influence d'une parabole

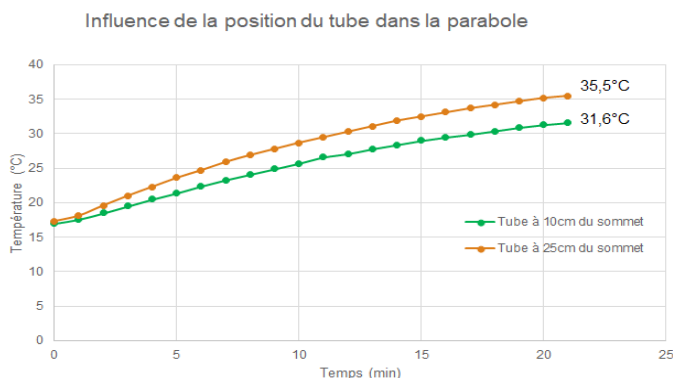
Pour se rendre compte de la capacité d'une parabole à chauffer un récipient en concentrant des rayons lumineux le plus rapidement possible, nous avons conçu une parabole simplifiée en carton que nous avons recouverte de papier d'aluminium. Un tube à essais noir rempli d'eau a été placé en son centre et une lampe de 1000 W a été installée au-dessus du montage.



Conditions de l'expérience :
Masse d'eau = $(14,9 \pm 0,1)$ g
Température ambiante = $(18,5 \pm 1)$ °C
Distance [sommet de la parabole – lampe] = (90 ± 5) cm
Puissance de la lampe = 1000 W

On remarque que la parabole est bel et bien efficace.

Nous nous sommes ensuite interrogés sur l'optimisation du processus, nous avons donc réalisé une deuxième manipulation pour quantifier très grossièrement l'efficacité de l'optimisation (positionnement du récipient par rapport au foyer de la parabole).



On remarque qu'exploiter efficacement la parabole augmente significativement la température finale.

La géométrie de la parabole reste à optimiser : un rayon plus grand ainsi qu'une distance focale plus grande augmenteraient le rendement et rendraient la fabrication de la parabole plus aisée.



b. Caractérisation du débit de gaz en circuit ouvert

Pour simuler le SolarPower en fonctionnement, nous nous sommes servis d'un ballon de 2L, d'un chauffe-ballon d'une puissance de 450W et d'un bouchon en verre avec embout.

Pour caractériser le flux qui sortirait du SolarPower, nous avons chauffé un litre d'eau à puissance maximale et avons branché un débitmètre à bille. Nous en avons conclu que le débit n'est pas constant lors de la chauffe mais le devient à partir de l'ébullition. De plus, si on ferme la sortie quelques secondes avant de la rouvrir, le flux est au moins multiplié par 3 pendant une fraction de seconde avant de rechuter au même niveau que précédemment.

c. Caractérisation des turbines

A l'aide d'une sortie d'air comprimé et parfois de notre propre souffle, nous avons fait tourner chacune des turbines que nous possédions. Grâce à un voltmètre, le courant de sortie a été étudié. La plupart des turbines génère un courant continu de faible tension (environ 1V) mais une d'entre-elles a attiré notre attention car le courant qui en résultait n'était pas caractérisable avec le voltmètre. Un oscilloscope et le démontage de cette turbine ont confirmé nos craintes : celle-ci ne crée pas de courant, la cause est l'absence de bobine.



d. Test des turbines exposées au flux d'air

Les turbines que nous avons fonctionnent mais il faut encore pouvoir les faire tourner avec notre SolarPower. Elles ont donc été testées une par une. Malheureusement, une seule a pu tourner : la turbine qui ne produit pas de courant.

Cependant, le ventilateur d'ordinateur (sur la photo) a donné des résultats encourageants, il ne fallait pas grand-chose de plus pour l'entraîner.

e. Tentative d'optimisation des ventilateurs d'ordinateur

Afin de faciliter le départ et la rotation continue des turbines, nous avons tenté de les améliorer en canalisant le flux d'air, en fermant le ventilateur et en perçant une entrée et une sortie, en modifiant la forme des pales...etc. Aucune de ces améliorations n'a porté ses fruits. La turbine resterait donc telle qu'elle l'est mais le flux devra alors être plus puissant.



f. Quantification du flux

Une des solutions pour augmenter la pression et donc le flux de notre système est le clapet anti-retour d'essence :



Cependant, celui-ci fonctionne avec un débit volumique supérieur à 5L/min. Pour savoir si notre système produit un débit suffisant, la sortie a été reliée à une éprouvette graduée plongée dans de l'eau froide. En faisant condenser la vapeur, on obtient un débit volumique d'eau lequel permet de remonter au débit volumique de vapeur grâce à la formule : $PV=nRT$. Trois mesures ont montré que le débit volumique $Q_v = 5,7 \pm 1,8$ L/min et que moins il y a d'eau dans le ballon et plus le débit est élevé. Le système ayant un débit potentiellement supérieur ou égal à 5L/min, le clapet a été acheté.

g. Caractérisation de la tenue en pression du ballon et du clapet

Le clapet anti-retour permet de bloquer le flux et le libère lorsque la pression atteint un certain seuil, sur ce clapet, la pression de déclenchement est réglable mais bornée à 0,5 bar (relatif) minimum. Pour vérifier cette valeur, nous l'avons branché à l'air comprimé en augmentant progressivement la pression, la libération du gaz s'est bien effectuée à 0,5 bar.

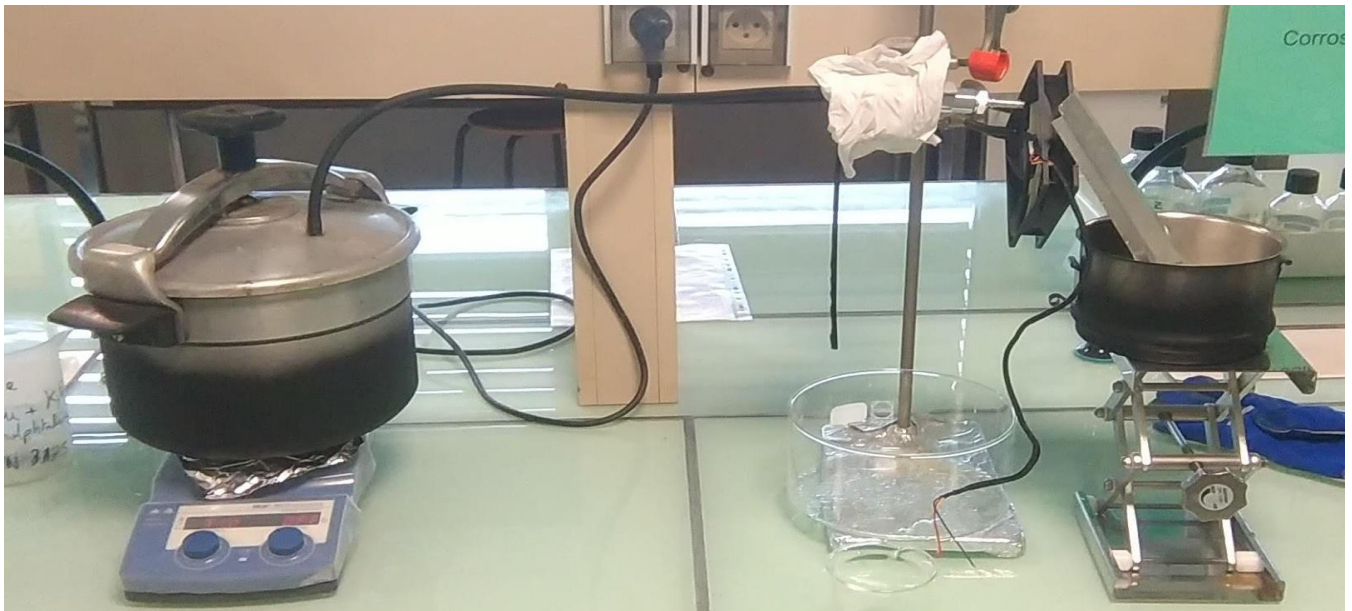
Pour le tester dans des conditions réelles, nous devons savoir s'il pouvait être branché sur le ballon ou si la pression était trop grande pour le bouchon qui aurait sauté avant que le clapet ne se déclenche. Le même procédé a été employé, la pression a été peu à peu augmentée et sans surprise, le bouchon a lâché à environ 0,1 bar. Un autre système devait être employé : une cocotte-minute.

D'après certaines sources, une cocotte-minute peut supporter une pression absolue de plus de 3 bars et la soupape de sécurité se déclenche à 1,8 bars (absolue), ce qui est largement suffisant pour l'employer dans le SolarPower.

h. Test du système cocotte + clapet + ventilateur

Après avoir vérifié que la soupape de sécurité de la cocotte fonctionnait correctement, Celle-ci a été mise sur une plaque chauffante de 650W et rempli d'un litre d'eau. Un tuyau branché sur sa sortie la relie au clapet qui est dirigé sur les pales du ventilateur. Une plaque d'aluminium et un récipient servent de condensateur et de récepteur d'eau.

Malheureusement ce test fût un échec : des fuites au niveau du joint de la cocotte et de l'embout du clapet ont rendu la montée en pression difficile. De plus, la soupape de sécurité s'est déclenchée avant le clapet.



Pour assurer qu'il est possible de créer de l'électricité grâce à de la vapeur sous pression, nous avons dans un second temps remplacé le clapet par la soupape intégrée dans la cocotte ; en laissant monter la pression quelques minutes avant d'ouvrir la vanne sur le ventilateur nous avons réussi à générer une tension d'environ 750 mV.



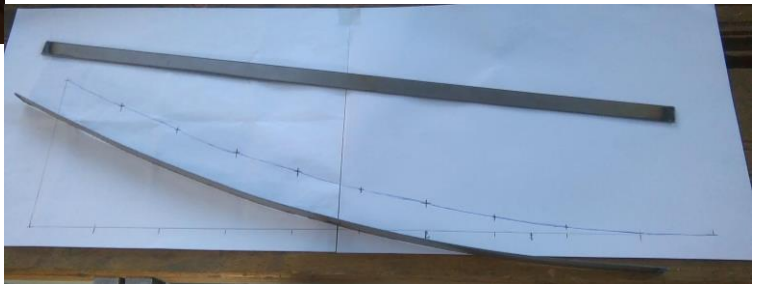
7. Réalisation du Prototype

La mise en œuvre du SolarPower est une étape clef qui a nécessité un temps considérable. En effet, le potentiel du SolarPower réside notamment dans sa facilité de réalisation, il nous a donc fallu créer un mode d'assemblage simple, rapide et reproductible au possible.



a. Fabrication de la parabole

De par sa forme, la conception de la parabole a été simplifiée : Son contour est passé de circulaire à octogonal. La courbure a été réalisée en tordant des tiges d'acier découpées dans une plaque grâce à la découpe plasma.



Pour le pourtour, nous avons choisi de le fabriquer en bois de peuplier car peu cher et même si le prototype doit résister aux intempéries, le bois qui craint la pluie sera en grande partie protégé, recouvert d'une nappe imperméable.

Pour faire tenir les baguettes d'aciers, un anneau central a été découpé ; il permet aussi le passage de l'eau de pluie.

Dans un premier temps, nous avons recouvert la structure du seul film réfléchissant, une couverture de survie censée réfléchir les rayons transmettant la chaleur (les infrarouges principalement). Cependant, le critère de la tenue mécanique au vent et à l'eau n'était pas respecté et la parabole s'en trouvait déformée, nous avons donc choisi de coudre une nappe en plastique plus rigide et imperméable sur la structure pour pouvoir coller le film réfléchissant. La surface est alors lisse et stable.



b. Fabrication de la structure

Une structure permettant l'orientation et le maintien en hauteur du système est nécessaire pour optimiser l'exposition au soleil et faciliter l'usage du SolarPower. Pour cela, nous avons choisi deux tréteaux en face à face dans lesquels nous avons percé un trou au milieu permettant le passage d'un axe en acier. Cet axe est logé dans le squelette extérieur de la parabole, ainsi, celle-ci peut être orientée selon un axe. Le deuxième axe d'orientation est assuré par le déplacement du SolarPower entier. La solution d'une parabole orientable grâce à deux liaisons pivot n'a pas été retenue pour le premier prototype car trop long et complexe à réaliser.

Afin de bloquer la rotation et fixer l'orientation de la parabole, nous avons tout d'abord pensé à un système de crans : des trous percés dans les pieds des tréteaux auraient pu être reliés par un axe sur lequel aurait pu reposer la parabole. Cependant, lors de la réalisation du prototype, nous nous sommes aperçu qu'une simple ficelle reliant les deux pieds et passant par une vis sur le cadre de la parabole suffisait à soutenir l'ensemble et à orienter simplement la parabole en augmentant ou diminuant la longueur de la ficelle.



c. Fabrication du système sous pression et de son support



La cocotte-minute est l'appareil idéal pour créer de la vapeur sous pression ; elle est compacte et résistante mécaniquement et thermiquement. Le principal défi est de faire tenir ce récipient à bonne distance du sommet de la parabole, en son foyer et ce quel que soit son orientation. Pour cela, nous avons établi plusieurs solutions : d'abord, nous nous sommes inspirés des chaises du restaurant universitaire, en effet, leur forme permet un soutien et un équilibre remarquable sans aucune soudure, simplifiant ainsi sa mise en œuvre. Nous avons ensuite pensé à un anneau soudé à des pieds posés sur le cadre de la parabole. C'est la solution que nous avons adoptée pour notre prototype car elle présentait une résistance mécanique correcte tout en limitant le volume de matières premières nécessaire. [Photo ci-contre.](#)



d. Fabrication de la partie électrique

Cette partie a été simplifiée au possible : le ventilateur qui sert d'alternateur est relié par des fils à une batterie. Une LED nous assure le sens et la présence de courant.

e. Fabrication du système de récupération d'eau

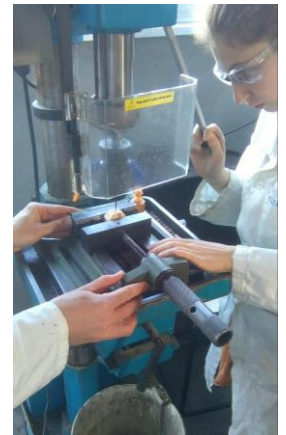
L'eau est un des enjeux principaux de ce projet. En effet, l'eau est une ressource précieuse dans les régions du Sahel et du Sahara. Le SolarPower doit donc être le plus économe possible et même pourquoi pas être producteur d'eau.

1) Récupération de l'eau de sortie

En sortie du système se trouve un flux de vapeur qu'il serait dommage de laisser partir dans la nature, surtout que cette eau est pure. Pour capturer cette eau, nous la faisons condenser grâce à un radiateur en aluminium. Elle est ensuite stockée dans un réservoir annexe. La pureté de cette est cependant problématique dans le sens où il est peu conseillé de consommer une eau déminéralisée. Deux options s'offrent alors : soit l'eau est utilisée pour le lavage de main ou de linge par exemple, ou bien elle est reminéralisée à l'aide de calcaire ou de microorganismes (corail) pour pouvoir être bue. La seconde option reste néanmoins complexe.

2) Récupération de l'eau de pluie

Dans les régions concernées par le projet, il existe une saison des pluies pendant laquelle l'ensoleillement diminue et les précipitations sont importantes. Le SolarPower s'adapte alors et devient un entonnoir géant grâce à un trou au centre de la parabole et un récipient placé en-dessous. Concrètement, un anneau en bois a été usiné à l'aide d'une perceuse à colonne et d'une scie circulaire. Il est intégré au centre de la parabole et permet ainsi le passage de l'eau.



Cette eau canalisée pour être potabilisée grâce à la méthode SODIS (voir annexe) ou bien être utilisée directement par le SolarPower.

f. Fabrication des systèmes annexes

1) Sécurité

Un fois en fonctionnement, le SolarPower est chaud, sous pression et projette de la vapeur bouillante, l'aspect sécuritaire est donc primordial.

Concernant la chaleur, des gants de protection thermique seront à disposition de l'opérateur ainsi que des lunettes de protection. Les lunettes de soleil sont conseillées pour éviter l'éblouissement. Pour diminuer les risques de brûlure, les manipulations du SolarPower en fonctionnement se limitent à son orientation ; pour cela, seul le cadre en bois dont la température est réduite est en contact avec l'opérateur.

La pression est un risque non négligeable, de nombreuses personnes sont décédées à cause d'une mauvaise utilisation d'une cocotte-minute. Des mesures de sécurité seront transmises sur une notice en plus des sécurités intégrées à la cocotte (2 soupapes de sécurité).

Pour les dangers liés à la projection de vapeur, ils seront éradiqués en confinant le flux de vapeur dans un circuit le plus fermé possible.

2) Isolation thermique

Les côtés de la cocotte ainsi que son couvercle peuvent être exposés au vent et une grande quantité d'énergie est ainsi perdue, une isolation thermique est nécessaire. Pour assurer ce rôle, de la boue peut convenir car gratuite, adhérente et non inflammable. L'inconvénient est que cette couche se détériore à chaque manipulation du système, il faut donc la refaire régulièrement.

3) Absorption des rayons

L'absorption des rayons est maximisée grâce à un revêtement noir résistant à de hautes température (690°C) :



g. Conclusion

Le premier prototype du SolarPower captait les rayons du soleil de manière prometteuse. [Photo ci-contre](#). Cependant, par manque de temps, il n'a pu être testé et nous ne savons donc pas quelle température aurait pu être atteinte au foyer. Le système de production d'électricité aurait également mérité une amélioration et une adaptation pratique sur le prototype.

8. Perspectives du projet

Nous avons choisi de prendre la direction de l'énergie solaire car le soleil nous paraissait être la source la plus abondante en Afrique. Cependant, nous n'avons pas testé la production d'énergie éolienne (plus simple à mettre en place) car le projet devait originellement être implanté à N'Djamena où le vent est peu présent. Il aurait été intéressant de comparer les deux systèmes.

De plus, ce premier prototype du SolarPower possède une grande marge d'amélioration : stabilité, solidité, orientation, productivité, condensation et récupération de l'eau. Pour cela des tests restent à mener. Le premier serait d'observer l'évolution de la température du récipient positionné au foyer avec un éclairage constant comme celui de la lampe de 1000W que nous avons déjà utilisée, puis dans un second temps avec une exposition au soleil.

Concernant sa structure, le SolarPower est assez performant, il est plutôt aisé à mettre en oeuvre. L'amélioration pourrait se porter sur les matériaux employés et la méthode d'assemblage ; des pièces

en acier soudées entre-elles serait un bon compromis entre la facilité de fabrication et la résistance mécanique.

Le système de condensation de l'eau de sortie n'a pas pu être réellement développé par manque de temps, il sera donc l'objet de plusieurs heures de conception et d'expérimentation avant de pouvoir le greffer sur le SolarPower.

La récupération de l'eau de pluie reste à tester, d'abord en conditions de laboratoire avec un débit croissant pour valider la résistance et l'étanchéité de la parabole, puis dans des conditions réelles.

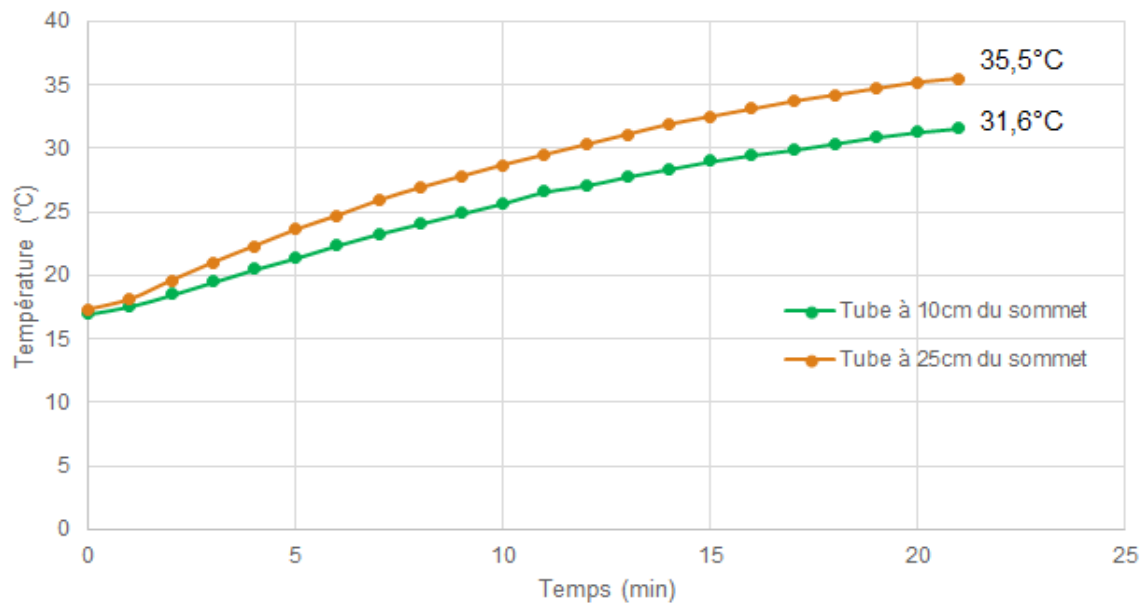
Pour conclure, les bases du SolarPower ont été posées, ne reste plus que des systèmes autour de cette base à travailler et à tester.

9. Annexes

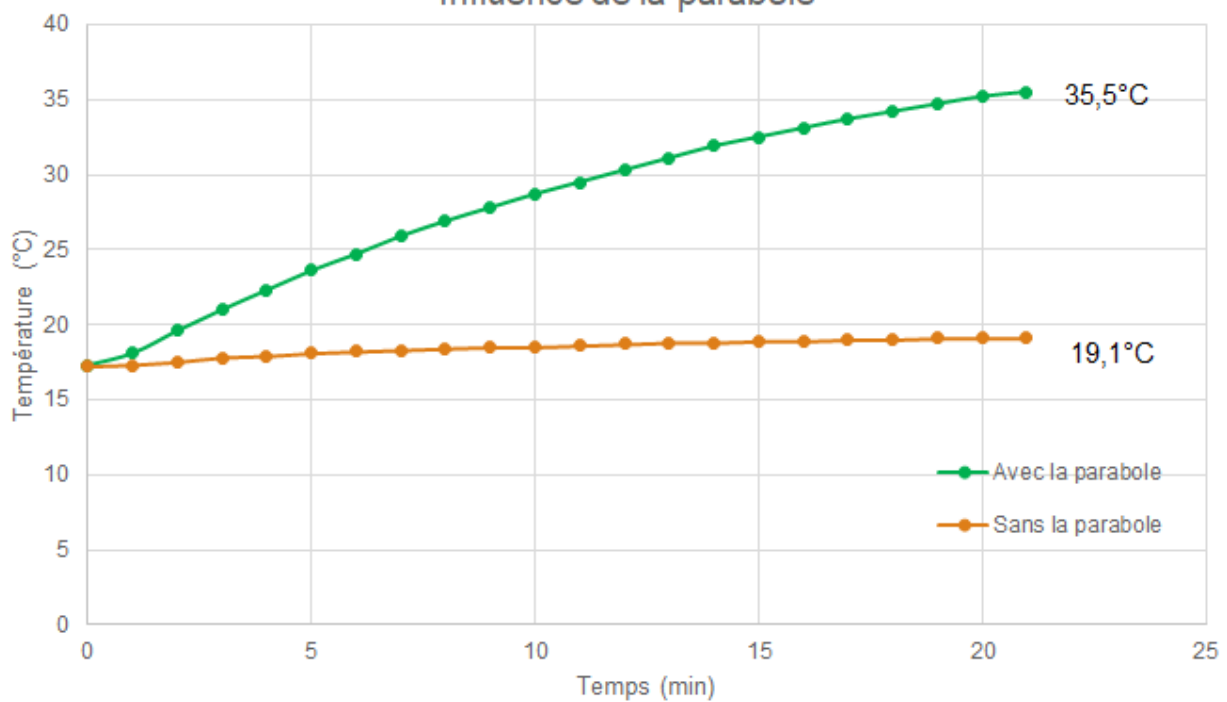
a. Résultats d'expérience

1) Avec la première maquette de parabole

Influence de la position du tube dans la parabole



Influence de la parabole



2) Tests de fluage

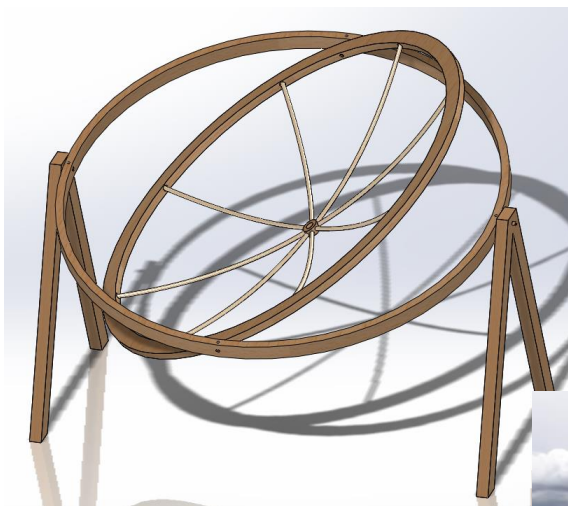
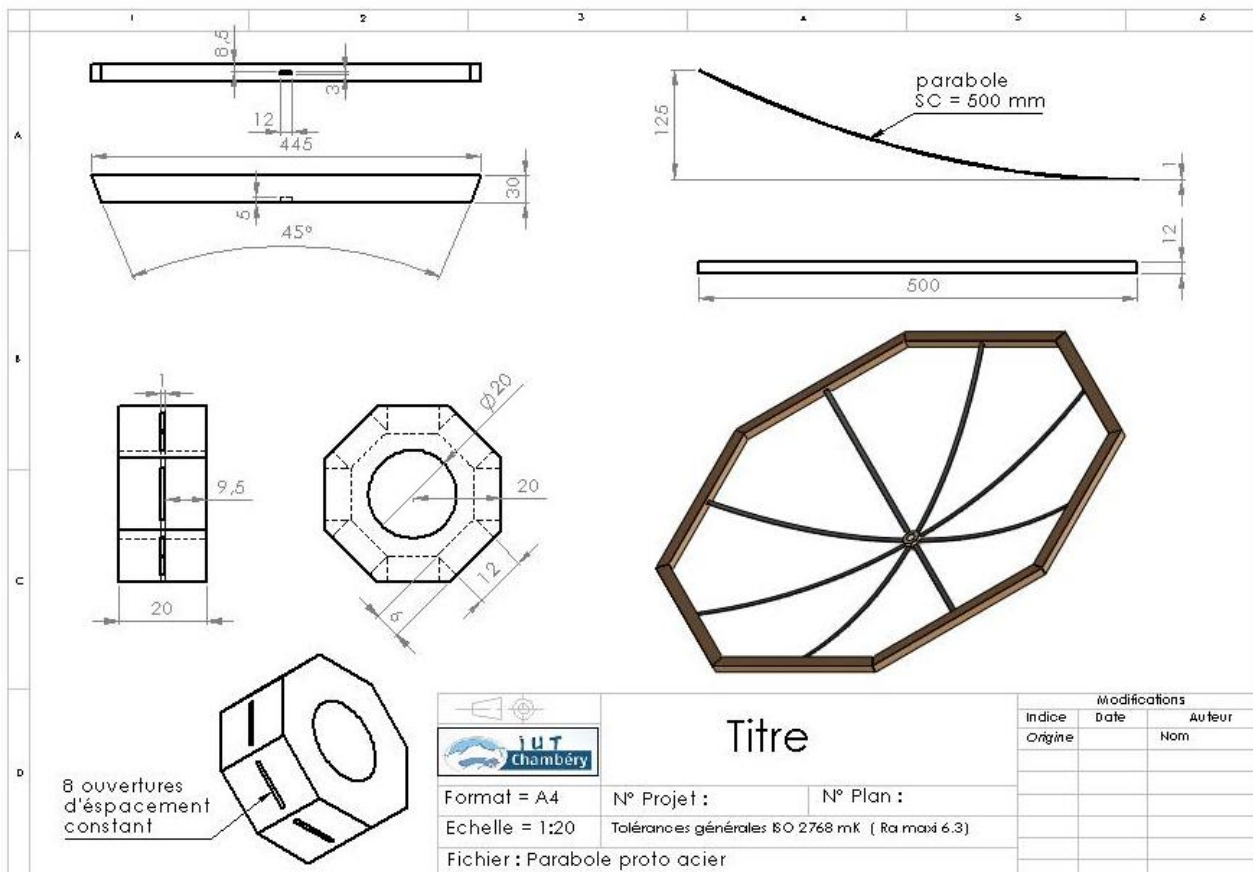


Conditions	T°=25°C	P=2N	longueurs en mm				
temps (minutes)	Laine	Sisal	Coton épais	Nappe	Jean	100% coton	
initial	57	55	51	50,5	50,5	51	
0	68,5	57,5	51	51	51	51,5	
5	68	58	51	51	51,5	51,5	
10	68	57,5	51,5	51,5	51,5	51,5	
20	69	58,5	51,5	51,5	52	51,5	
30	69	59	51,5	51,5	52,5	52	
45	69,7	59	51,5	51,5	52,5	52	
60	70	59	51,5	51,5	52,5	52	
90	70	60	51,5	51,5	52,5	52	
120	70	60	51,5	51,5	52,5	52	
Résiduelle	62	57	51,5	51,5	51,5	51,5	
Déformation initiale	20,18%	4,55%	0,00%	0,99%	0,99%	0,98%	
Déformation max	22,81%	9,09%	0,98%	1,98%	3,96%	1,96%	
Déformation résiduelle	8,77%	3,64%	0,98%	1,98%	1,98%	0,98%	

b. Cahier des charges fonctionnel

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité
FP1 : Générer de l'électricité	- énergie positive	- $E > 50 \text{ Wh/j}$	1
FP2 : Récupérer l'eau de pluie	- Être autosuffisant - Résister à la pluie	- A au moins 5 % - Étanchéité minimale + Résistance des matériaux	2 1
FC1 : Être autonome	- temps d'autonomie - S'arrêter sans intervention humaine	- mini 1h - Capacité minimum de 5 L	0 1
FC3 : Être mobile	- Volume - poids	- $V_{\max} = 3 \pm 1 \text{ m}^3$ - $P_{\max} = 70 \pm 20 \text{ kg}$	1 1
FC4 : Être accessible	- Hauteur maximale - Prix	- 1m70 - $< 150 \text{ €}$	2 1
FC5 : Être durable dans le temps	- durée de vie	- $t^{\text{vie mini}} = 1 \text{ an}$	0
FC6 : Être facilement réparable, constructible / être démontable	- Nombre de pièce facilement démontables - Proportion de pièces de récupération et/ou faciles à trouver (bois, visseries...)	- nbr pièces démontables $> 30\%$ - nbr pièces facile à trouver $> 90 \%$	1 1
FC7 : Pouvoir stocker et utiliser l'énergie	- Capacité de stockage - Tension de sortie	- $C_{\min} = 25000 \text{ mAh}$ - $V_{\min} = 3 \text{ V}$	2 1
FC8 : Respecter les normes	- Hygiène - Sécurité	- Normes Tchadiennes - Normes françaises	1 1
FC9 : Être stable durant l'opération	- Force de translation - force au basculement	- $F > 500 \text{ N}$ - $C > 25 \text{ N.m}$	1 1
FC10 : Résister aux intempéries	- Pluie - Vent - Soleil	- étanchéité min - $V_{\max} = 80 \text{ km/h}$ - $R^{\text{UV}} + R^{\text{Chaleur}}$	1 1 1
FC12 : Pouvoir exposer le fonctionnement de la machine	- Être facilement démontable. - Être potentiellement interactif	- au moins 30 % de pièces démontables	1 3

c. Modélisations



d. Méthode SODIS

La méthode SODIS est une méthode simple et efficace pour potabiliser de l'eau. Elle est approuvée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).



e. Aspect projet Solidaire



ECOLE INCLUSIVE THIAWLENE

RUFISQUE le 09/03/2020

IA :RUFISQUE

IEF :RUFISQUE COMMUNE

TEL : 77 312 39 14

DAKAR/ SENEGAL

A

M.OLIVIER SALAUN président de la fondation USMB de CHAMBERY

OBJET : Confirmation

Nous, équipe pédagogique de l'école de Thiawlène confirmons avoir eu un entretien avec Mlle /Mme IRIS TISSERAND et JEREMIE CHATELAIN sur la nature de leur projet SOLAR POWER et acceptons sans réserve de l'accueillir dans notre établissement .

Le Comité de Gestion de l'école ainsi que l'association des parents d'élèves fondent beaucoup d'espoir à la matérialisation de ce projet qui du reste va considérablement amoindrir les charges déjà onéreuses pour l'école.

Nous ne ménagerons aucun effort pour la réussite de ce projet.

LE DIRECTEUR

IEF RUFISQUE COMMUNE
Ecole Inclusive
de Thiawlène
Le Directeur

Daouda Diouf

LE PRESIDENT DU CGE

COMITE DE GESTION
ECOLE THIAWLENE
Tel: 77 312 39 14 - 77 201 52 28

Abdou Ndoye