

Cuiseur solaire générateur électrique



Les élèves : Gurvan Avart, Raphaël Dély, Vincent Gaydon, Audrey Hopfner, Florent Jolivet, Maïa Labadou, Gabrielle Lecorney, Thomas Mérenco, Alexis Piermay, Noémie Ropp, Noé Spédale

Les professeurs : Bruno Garcia, Guillaume Hennemann, Philippe Mancini

L'ingénieur-chercheur : Gilles Avakian - CEA

Résumé des enseignants

Onze élèves 3^e et 4^e participent à un atelier sciences depuis la mi-octobre. Chaque séance dure environ 1h15. Trois enseignants, un de physique chimie, un de SVT et un de technologie encadrent le projet.

La problématique :

Fabriquer un dispositif capable de cuire des aliments tout en permettant de charger une batterie de téléphone.

Les élèves tiennent à jour un journal de bord dans lequel ils rendent compte de leurs activités. C'est l'essentiel contenu de ce journal de bord que vous avez ici. Les élèves élaborent, suivent des protocoles, expérimentent, mesurent, observent, font des recherches et utilisent les résultats obtenus pour faire des choix technologiques.

Le partenariat avec le CEA a permis la mise à disposition de matériels et la rencontre avec M.Avakian, ingénieur-chercheur qui a apporté son soutien et ses conseils aux élèves.

Avancée du projet :

Les élèves ont imaginé et conçu un cuiseur solaire, ils ont mesuré quelques caractéristiques. Les élèves ont étudié un module Peltier pour en comprendre son fonctionnement. Ils se sont plus particulièrement attardés sur l'effet Seebeck.

Ils ont analysé les temps de charge d'un téléphone portable en utilisant trois types de chargeur commerciaux (chargeur secteur, photovoltaïque et à module Peltier) qui ont été achetés et mis à disposition par le CEA.

Ils ont adapté un module Peltier à leur cuiseur solaire et ils ont mesuré ses performances.

Des résultats ont été présentés au CEA devant des ingénieurs chercheurs. La visite au CEA a permis d'améliorer le cuiseur fabriqué par les élèves. Ils doivent chercher des solutions pour améliorer leur dispositif. Le CEA propose éventuellement de mettre à disposition un cuiseur solaire plus performant. Les élèves devront alors le modifier afin d'adapter un module Peltier et générer de l'électricité tout en cuisinant. Ils devront comparer la puissance de ce dispositif aux trois dispositifs commerciaux déjà étudiés.

Sommaire

1 Introduction et problématique

2 Première rencontre avec l'ingénieur-chercheur

3 Conception d'un cuiseur

- A. Le cuiseur à faces planes
- B. Le cuiseur cylindro-parabolique
- C. Mesures des performances des cuiseurs
- D. Visite à Cadarache, de la centrale solaire au cuiseur

4 Étude du module Peltier

- A. Les effets d'un module Peltier
- B. Étude de la puissance du module Peltier

5 Étude des dispositifs commerciaux

- A. Mesures des temps de charges
- B. Comparaison des résultats concernant les dispositifs commerciaux

6 Conclusion et perspectives

1 Introduction et problématique

Nos professeurs nous ont proposés de réfléchir aux besoins d'un être humain en pleine nature. Nous avons listés les besoins suivants : se nourrir, communiquer, s'informer, se repérer, se protéger.

Ensuite nous avons retenu 2 besoins qui nous paraissaient les plus importants : se nourrir et communiquer.

A partir de là, nous avons pensé à créer un objet autonome qui pourrait répondre à ces 2 besoins.

Nous avons cherché sur internet si ce genre d'objet existait déjà et nous avons trouvé le « Biolite » qui grâce à la combustion du bois et un module Peltier permet de transformer l'énergie thermique en énergie électrique pour recharger un téléphone.

Nous avons donc décidé de créer un cuiseur solaire capable de générer de l'électricité pour recharger son portable.

Mais nous n'avons pas trouvé d'appareil semblable fonctionnant à l'énergie solaire.

Les professeurs nous ont donc parlé d'un ingénieur chercheur du CEA (commissariat à l'énergie atomiques et aux énergies alternatives) , qui va nous aider dans notre projet.

Nous avons fait des recherches sur le fonctionnement d'un four solaire et chacun a imaginé et dessiné un cuiseur solaire à génération électrique.

2 Première rencontre avec l'ingénieur-chercheur

Un chercheur-ingénieur du C.E.A de Cadarache, Monsieur Avakian, est venu nous voir pour parler de notre projet de four solaire chargeur de batterie. Après avoir échangé sur son travail, nous avons parlé du projet. Nous lui avons présenté nos dessins dont certains ont retenu son attention, et qui vont servir de base à la fabrication de notre objet. Monsieur Avakian est venu avec du matériel : modules Peltier, chargeur photovoltaïque et un « BioLite ». Il nous a expliqué comment fonctionne un module Peltier.

Le chercheur nous a donné à chacun d'entre nous un rôle. Nous aurons donc des tâches à réaliser et les résultats obtenus pendant ces expériences feront l'objet d'explication pendant notre visite à Cadarache.

Groupe 1 : fabriquer et tester un cuiseur solaire à face parallèle

Groupe 2 : fabriquer et tester un cuiseur cylindroparabolique

Groupe 3 : étudier un module Peltier simple

Groupe 4 : étudier le rôle des sources chaudes et froides sur la performance d'un module Peltier.

Groupe 5 : comparer les temps de charges des dispositifs commerciaux ; chargeur secteur, chargeur photovoltaïque et chargeur Peltier (biolite)

3 Conception d'un cuiseur

Notre dispositif doit transformer l'énergie lumineuse du Soleil en énergie thermique puis en énergie électrique.

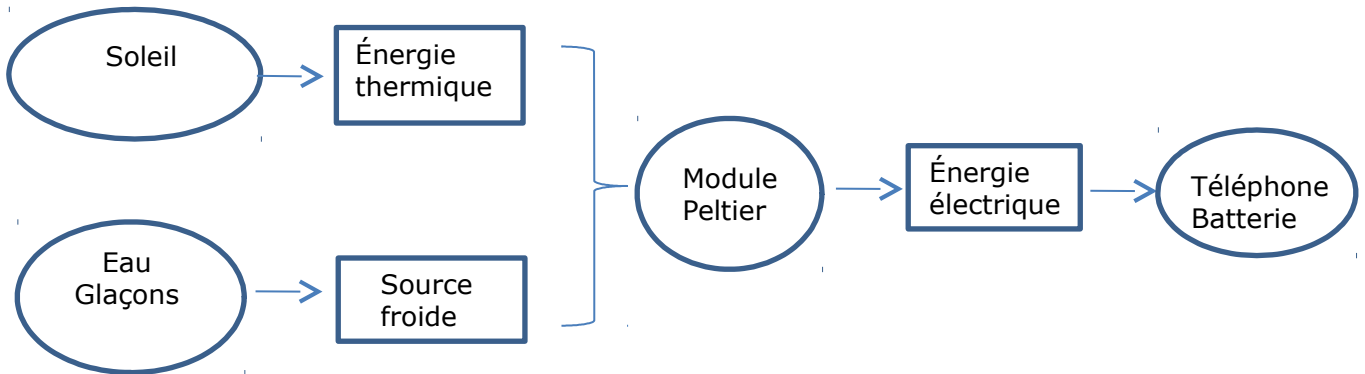
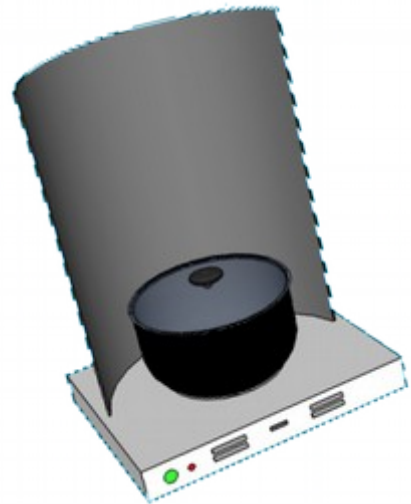


Schéma de principe cuiseur solaire à module Peltier

Chacun d'entre nous avons imaginé notre dispositif et fait les dessins (voir annexe), on a aussi utilisé Sketchup.

Sur les conseils de M.Avakian et à partir de nos idées nous avons fabriqué deux cuiseurs : un cuiseur à faces planes et un cuiseur cylindro-parabolique.



Dessin d'un cuiseur solaire réalisé avec sketchup

A. Le cuiseur à faces planes

Le cuiseur à faces planes est fabriqué à l'aide de carton et de feuilles aluminium collées qui renvoient la lumière au centre du four. Un récipient sombre ou noire va transformer cette lumière en chaleur.

B. Le cuiseur à miroir cylindro-parabolique

Le miroir cylindro-parabolique est fabriqué en tordant une fine plaque d'aluminium en suivant une courbe faite à l'aide d'une corde suspendue à ces 2 extrémités.

Le miroir concentre l'énergie lumineuse du Soleil sur un foyer vertical.



Cuiseur à faces planes



Cuiseur à miroir cylindro-parabolique

C. Mesures des performances des cuiseurs

On mesure la température de l'air dans un récipient noir qui absorbe plus d'énergie lumineuse et la transforme en énergie thermique.

Résultats : Température de l'air :

Cuiseur à face plane : T_{max} : 79 °C en 15 min
Cuiseur cylindro-parabolique : T_{max} : 90 °C en 15 min

Nous choisissons d'adapter le module Peltier aux cuiseur cylindro parabolique puisqu'il permet d'obtenir 10°C de plus.



D. Visite à Cadarache, de la centrale solaire au cuiseur

Avec l'aide de l'ingénieur-chercheur et grâce à notre visite de la centrale solaire de Cadarache, nous avons pu améliorer notre cuiseur solaire. La centrale solaire est constituée de réflecteurs cylindro-parabolique qui concentrent l'énergie lumineuse dans un absorbeur noir contenant de l'eau. Cette eau va chauffer. Cet absorbeur est entouré d'un isolateur en verre transparent qui va réduire les pertes de chaleur.

Nous décidons d'ajouter un isolateur à notre cuiseur pour améliorer les performances. Notre isolateur est un sachet cuisson transparent. On le gonfle en soufflant dedans. On met le récipient à l'intérieur. L'air sert alors d'isolant thermique.

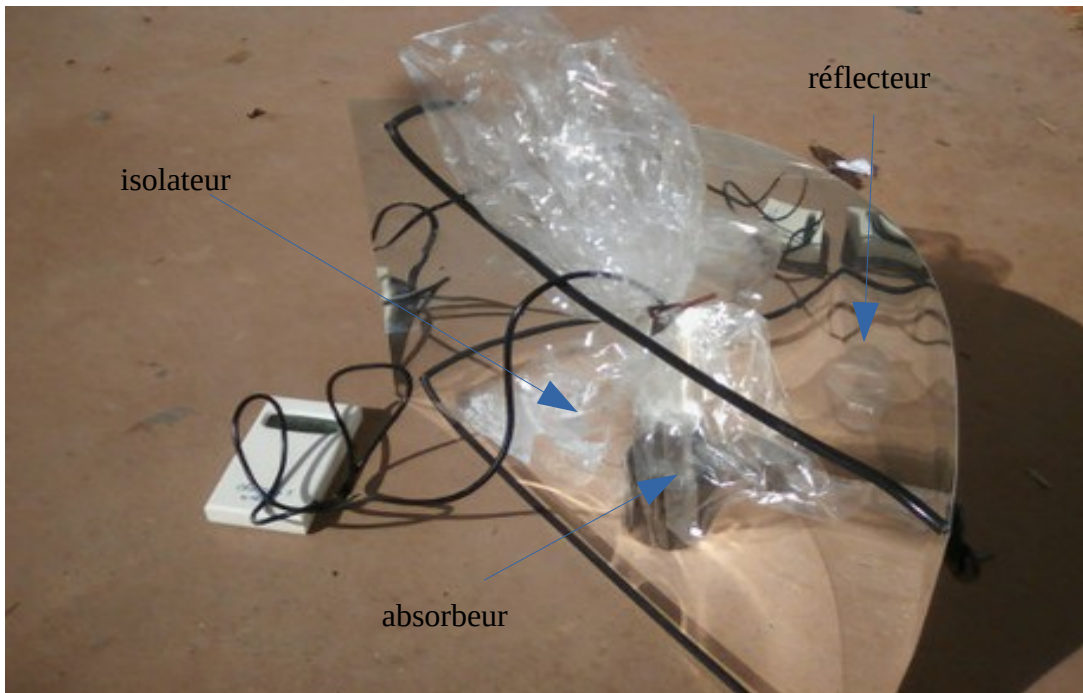
On a mesuré la température de l'air puis l'eau dans le récipient noir avec l'isolateur.

T air : 94,7°C en 15 min

T eau : 75°C en 25 min.

Nous pensons que nous pourrions faire cuire des aliments.

Notre cuiseur est plus performant : il comporte un réflecteur cylindro-parabolique, un absorbeur et un isolateur



4 Étude du module Peltier

Nous avons étudié un module Peltier pour en comprendre son fonctionnement.

A. Les effets d'un module Peltier

Un module Peltier permet de transformer l'énergie électrique en énergie thermique et réciproquement.

Effet Peltier :

Lorsque l'on branche le générateur, on observe une différence de température entre les 2 faces du module, c'est l'effet Peltier.

Effet Seebeck :

Nous avons relié un voltmètre à un module Peltier.

La tension est nulle.

On a en chauffé une face du module avec la main, l'autre face étant posée sur la vitre plus froide de la pailasse. Cette différence de température a créé de l'électricité, c'est l'effet Seebeck.

La tension diminue quand les températures s'équilibrent.

C'est cet effet qui sera utilisé dans notre module. La chaleur du Soleil sera transformé en électricité. Pour obtenir une tension électrique, il faut créer une

différence de température entre les 2 faces du module Peltier. Il nous faudra une source chaude et une source froide.

On peut aussi montrer que l'effet Seebeck a lieu lorsque 2 métaux différents sont en contact à des températures différentes (voir annexe).

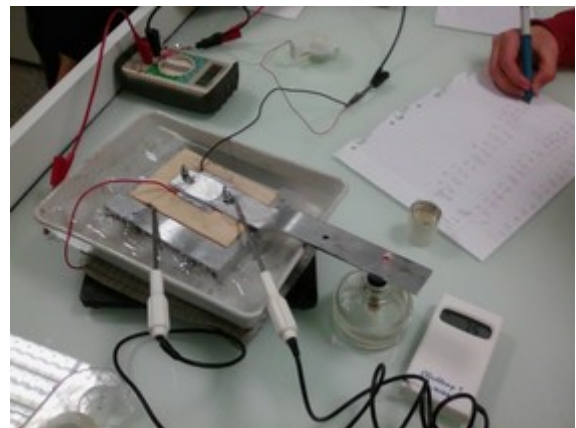
B. Étude de la puissance du module Peltier

Dispositif expérimental :

Une plaque d'aluminium est fixée sur une face du module Peltier. Cette plaque est chauffée et elle conduit la chaleur sur le module. L'autre face du module est refroidie par un dissipateur thermique et un réservoir d'eau ou de glace.

On mesure la température sur la face chaude et sur la face froide. On réalise un circuit électrique avec notre module Peltier comme générateur qui alimente un moteur électrique.

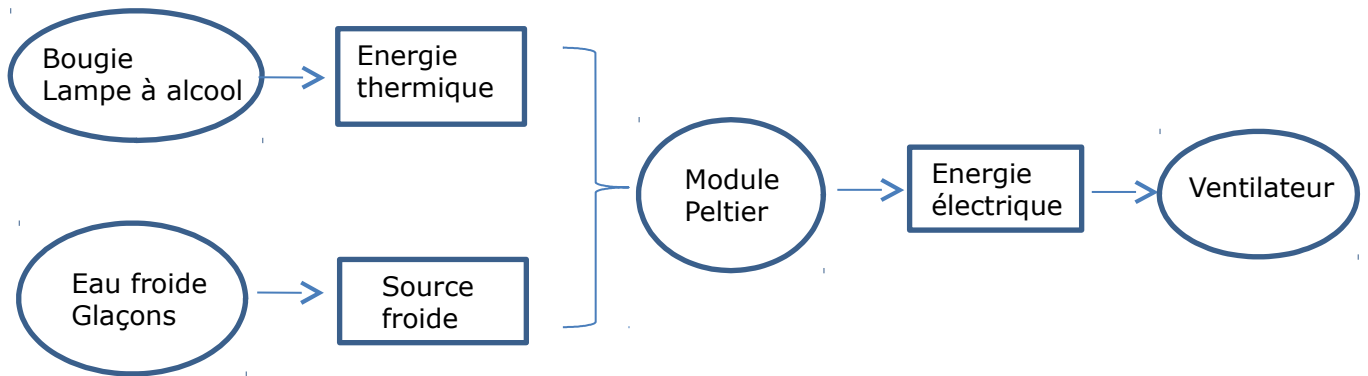
On mesure la tension aux bornes du moteur et l'intensité du courant dans le circuit.



Le calcul de la puissance en watt est fait grâce à la formule $P = U \times I$ avec la tension U en volt et l'intensité I en ampère.

On a testé plusieurs couples de sources froides et sources chaudes : eau / bougie, eau / lampe à alcool et glace / lampe à alcool.

On a chauffé une face soit par une bougie ou soit par une lampe à alcool et on a refroidi l'autre face soit par de l'eau froide à 20 °C ou soit avec de l'eau à 8°C environ, contenant des glaçons.



Principe de l'étude du module Peltier

Résultats des mesures :

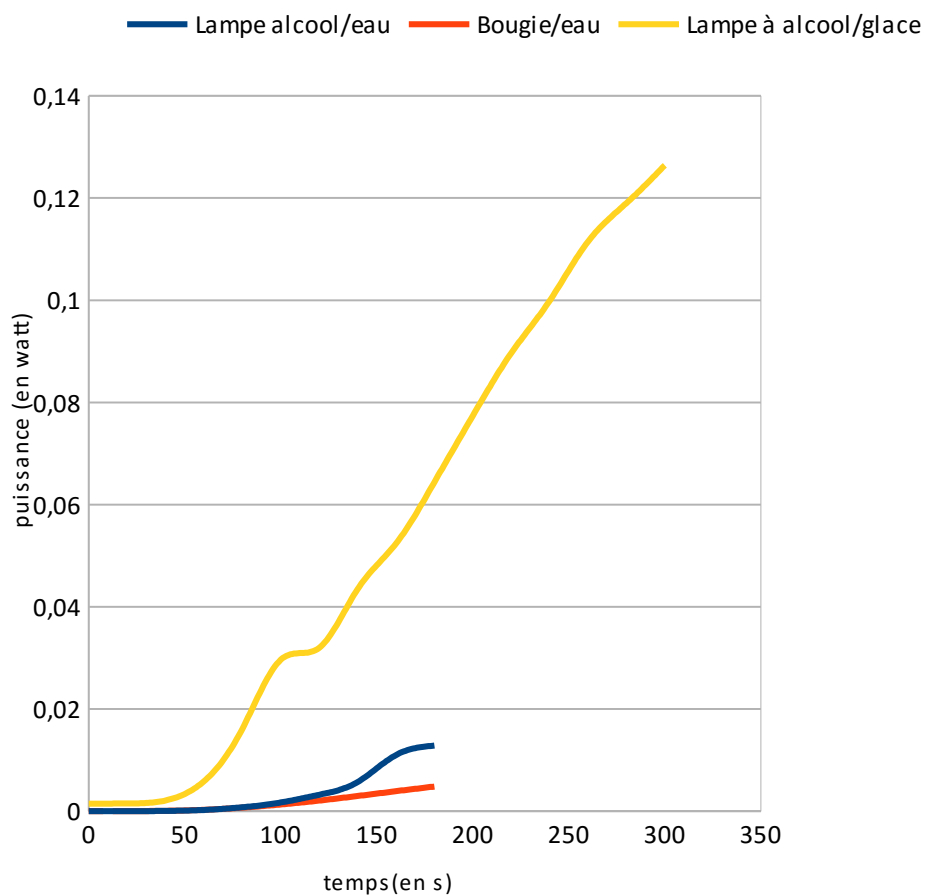
On a utilisé un tableur pour traiter les données. (voir annexes)

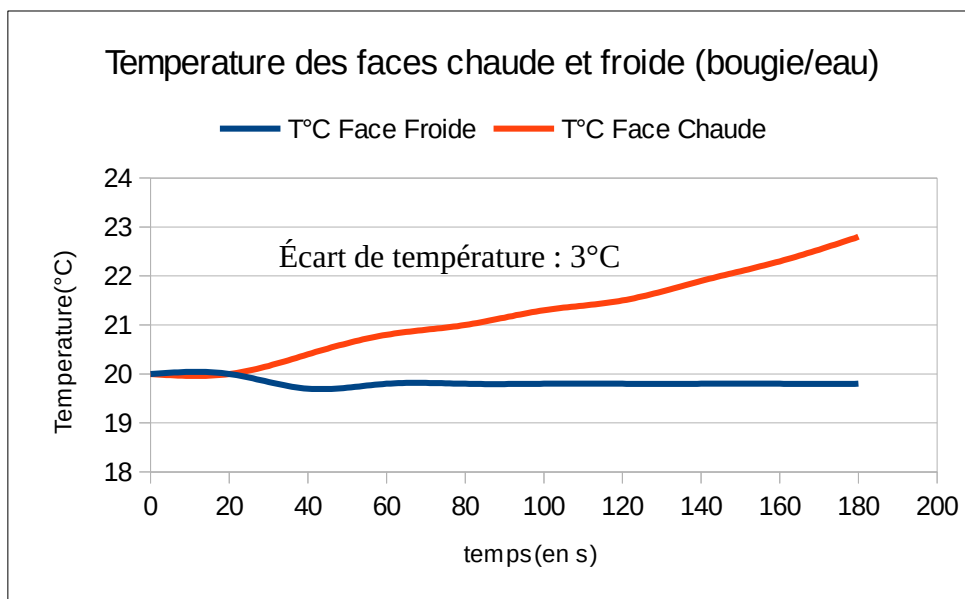
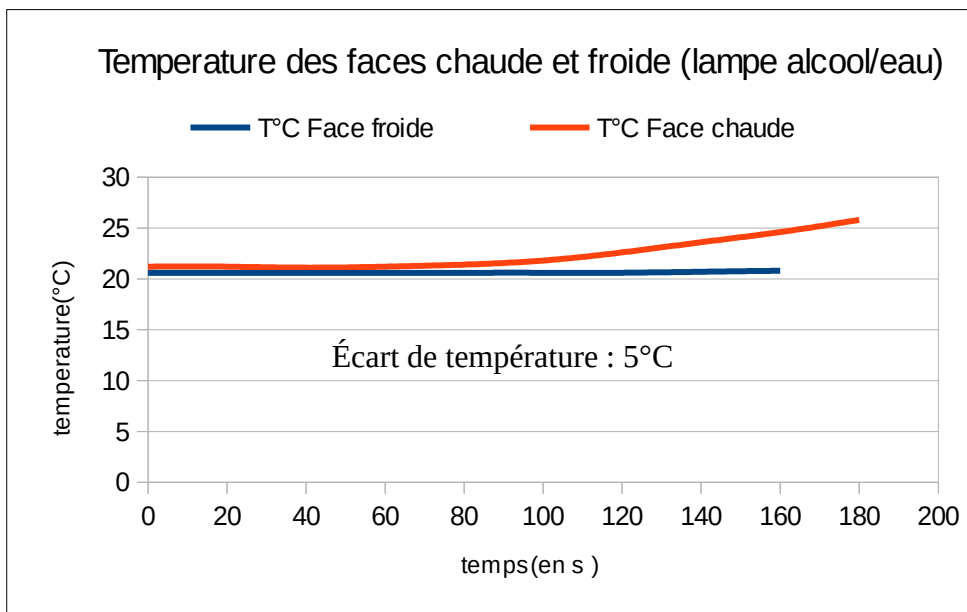
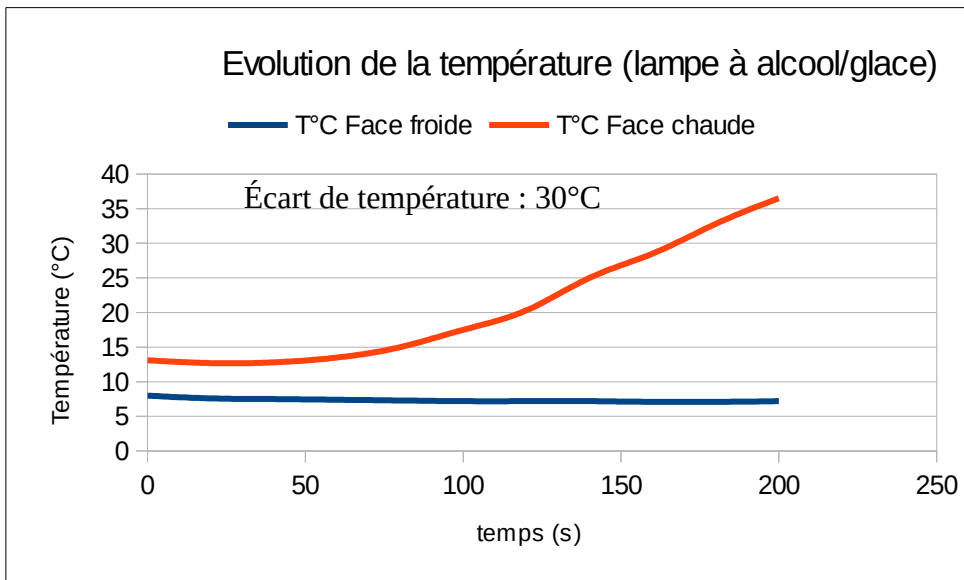
Les résultats sont assez clairs, l'utilisation d'une source la plus chaude possible avec une source froide la plus froide possible (alcool/glace) a donné les meilleurs résultats, soient une puissance électrique extraite de 0,13 W environ en 5 mn avec une tension de 1,6V

On a calculé les écarts de températures dans chaque cas :

- bougie / eau : 3°C
- lampe à alcool / eau : 5°C
- lampe à alcool / glace : 30°C

puissance obtenue en fonction du temps





Conclusion :

Pour fonctionner, notre dispositif devra produire une différence de température élevée pour obtenir la plus grande puissance en les 2 faces du module Peltier.

5 Étude des dispositifs commerciaux

A. Mesures des temps de charges

On a mesuré les temps de charge d'un même téléphone portable en utilisant trois types de chargeurs commerciaux qui ont été mis à disposition par le CEA. Un chargeur électrique classique, un chargeur solaire et un chargeur basé sur l'effet Peltier le « Biolite ».



Chargeur photovoltaïque



Biolite : chargeur à module Peltier



Schéma de principe chargeur photovoltaïque

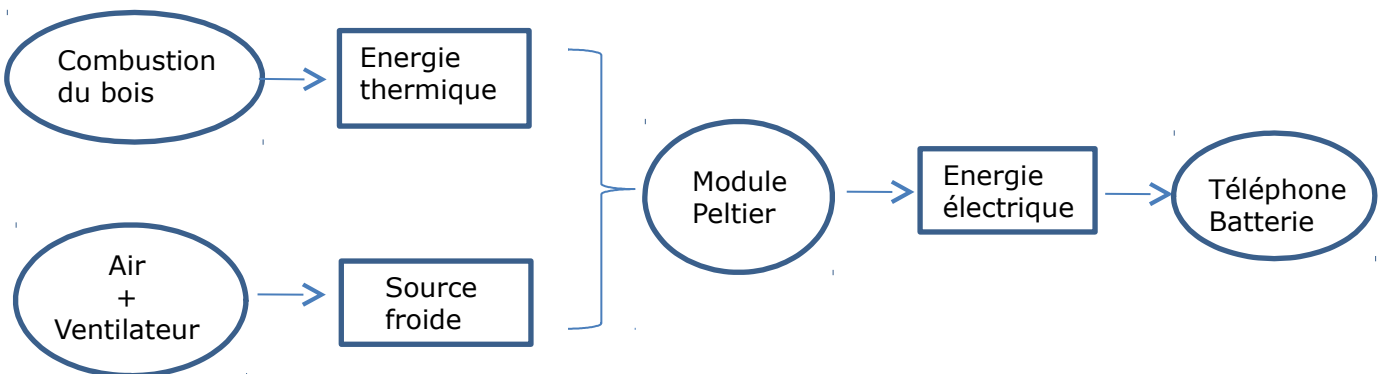
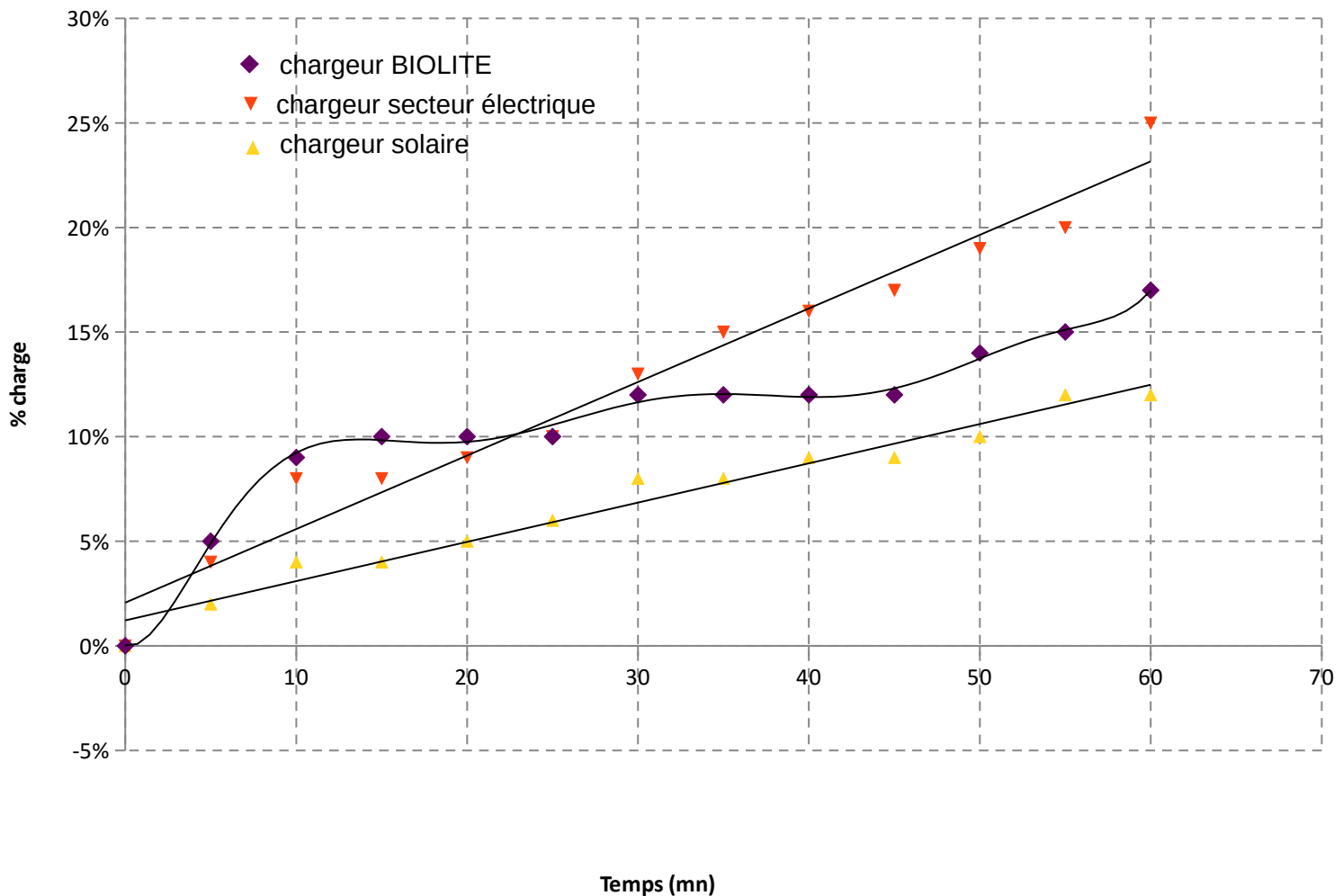


Schéma de principe du chargeur à module Peltier – le Biolite

Après avoir allumé un feu dans le foyer prévu à cet effet, une face du module Peltier placé dans le dispositif est chauffée tandis que l'autre est refroidie avec l'air ambiant au travers d'un échangeur de chaleur à ailettes. On génère ainsi suffisamment d'électricité pour recharger un téléphone portable.

La difficulté provient du fait qu'il faut en permanence réalimenter le foyer, ce qui crée des temps morts dans la génération électrique.



B. Comparaison des résultats concernant les dispositifs commerciaux

On constate que l'évolution de la charge au cours du temps est une fonction linéaire pour 2 dispositifs (électrique et solaire).

Au bout d'une heure de charge, le chargeur solaire semble 2 fois moins efficace puisqu'il permet d'obtenir 13% de charge contre 25% pour le chargeur secteur.

Le chargeur à effet Peltier de type « Biolite » monte à 17% en 60 mn. Il est plus performant que le chargeur solaire.

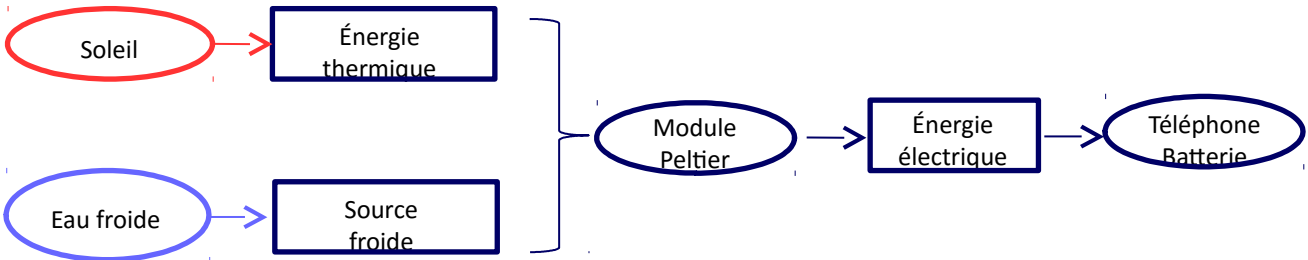
Si l'on fait abstraction de ces temps morts, le chargeur biolite est plus performant en 30 min.

En conclusion, nous avons donc montré que l'on peut charger un téléphone avec un module Peltier. Le constructeur indique une puissance électrique maximale de 2W pour 5V. Il faudrait donc atteindre ces performances avec notre dispositif pour pouvoir charger un téléphone.

6. Notre cuiseur générateur

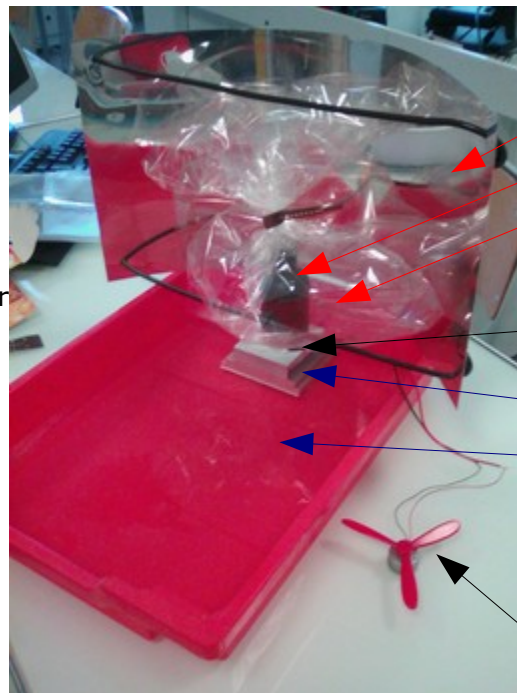
Pour résumer notre cuiseur générateur nécessite :

- une source chaude : le soleil.
- une source froide : l'eau.
- un module Peltier pour transformer cette énergie thermique en électricité



Plus en détails, voici les éléments du dispositif :

Le réflecteur cylindro parabolique qui concentre l'énergie lumineuse sur l'absorbeur (le récipient noir contenant les aliments). L'isolateur autour de l'absorbeur limite les pertes thermiques. Cela fait notre source chaude, elle est en contact avec une des faces du module Peltier. L'autre face est en contact avec un dissipateur qui trempe dans 3 litres d'eau froide, c'est la source froide.



On a alimenté un ventilateur et on a mesuré la tension et l'intensité dans le circuit.

On relève la tension et l'intensité dans le circuit qui alimente un moteur.

$$U_{\max} = 1,187 \text{ V}$$

$$I_{\max} = 75 \text{ mA}$$

$$P_{\max} = U_{\max} \times I_{\max} = 0,1 \text{ W}$$



7 Conclusion et perspectives

Tout au long de notre travail, nous avons envoyé nos résultats à M. Avakian, du CEA qui nous a aidé à les interpréter. Nous avons présentée et expliqué notre travail et nos résultats à des ingénieurs du CEA, le 7 mars à Cadarache. Cette rencontre nous a permis quelques améliorations.

Nous avons étudié et compris le principe de fonctionnement d'un module Peltier. Nous avons étudié différents dispositifs de charges de téléphone dont un chargeur à module Peltier.

Contrairement dispositifs commerciaux testés, notre système peut permettre tout à la fois de générer de l'électricité et de réaliser des cuissons en utilisant le Soleil comme source chaude et de l'eau comme source froide.

Notre dispositif nécessite d'être amélioré. Nous pensons à plusieurs pistes :

- améliorer la puissance du cuiseur pour augmenter la température de la face chaude
- mettre plusieurs modules Peltier en série pour augmenter la tension
- isoler l'eau de la source froide pour l'empêcher l'eau de se réchauffer et maintenir l'écart de température.

Nous espérons ainsi développer un dispositif ingénieux et innovant permettant à la fois de cuisiner tout en générant de l'électricité afin de charger des batteries de téléphone portable, afin de satisfaire les besoins en télécommunication qui vont en augmentant.

Annexes

1. étude du module Peltier : résultats des mesures

Valeurs pour lampe alcool/eau

Temps (s)	T°C Face froide	T°C Face chaude	Tension (V)	Intensité (A)	puissance (W)
0	20,6	21,2	0,011	0,0007	0,0000077
20	20,6	21,2	0,012	0,0007	0,0000084
40	20,6	21,1	0,028	0,0017	0,0000476
60	20,6	21,2	0,062	0,0038	0,0002356
80	20,6	21,4	0,108	0,007	0,000756
100	20,6	21,8	0,161	0,0105	0,0016905
120	20,6	22,6	0,229	0,014	0,003206
140	20,6	23,6	0,301	0,0189	0,0056889
160	20,7	24,6	0,439	0,025	0,010975
180	20,8	25,8	0,443	0,029	0,012847

Valeurs pour la bougie/eau

Temps (s)	T°C Face froide	T°C Face chaude	Tension (V)	Intensité (A)	puissance (W)
0	20	20	0,006	0,0004	0,0000024
20	20	20	0,008	0,0006	0,0000048
40	19,7	20,4	0,028	0,0024	0,0000672
60	19,8	20,8	0,061	0,0043	0,0002623
80	19,8	21	0,1	0,0069	0,00069
100	19,8	21,3	0,141	0,0092	0,0012972
120	19,8	21,5	0,178	0,0116	0,0020648
140	19,8	21,9	0,213	0,0139	0,0029607
160	19,8	22,3	0,247	0,0158	0,0039026
180	19,8	22,8	0,275	0,0175	0,0048125

Valeurs lampe à alcool/glace

Temps (s)	T°C Face froide	T°C Face chaude	Tension (V)	Intensité (A)	puissance (W)
0	13,1	8	0,076	0,0191	0,0014516
20	12,7	7,6	0,0773	0,0194	0,00149962
40	12,8	7,5	0,098	0,0213	0,0020874
60	13,5	7,4	0,1537	0,038	0,0058406
80	15	7,3	0,27	0,0596	0,016092
100	17,5	7,2	0,341	0,0869	0,0296329
120	20,3	7,2	0,549	0,0582	0,0319518
140	25	7,2	0,713	0,0609	0,0434217
160	28,5	7,1	0,843	0,0621	0,0523503
180	32,8	7,1	0,989	0,0651	0,0643839
200	36,5	7,2	1,123	0,0689	0,0773747
220	40,6	7,1	1,243	0,0721	0,0896203
240	43,9	7,3	1,326	0,0753	0,0998478
260	47,7	7,4	1,44	0,0774	0,111456
280	50,6	7,4	1,506	0,079	0,118974
300	53	7,5	1,578	0,0801	0,1263978

2. Mesures des temps de charges

chargeur solaire	
temps(mn)	charge
0	0%
5	2%
10	4%
15	4%
20	5%
25	6%
30	8%
35	8%
40	9%
45	9%
50	10%
55	12%
60	12%

chargeur secteur électrique	
temps(mn)	charge
0	0%
5	4%
10	8%
15	8%
20	9%
25	10%
30	13%
35	15%
40	16%
45	17%
50	19%
55	20%
60	25%

chargeur BIOLITE	
temps(mn)	charge
0	0%
5	5%
10	9%
15	10%
20	10%
25	10%
30	12%
35	12%
40	12%
45	12%
50	14%
55	15%
60	17%

3. Quelques dessins des dispositifs imaginés



4. Construction des cuiseurs solaires



5. Effet Seebeck

On réalise des jonction entre du fil de fer et du papier d'aluminium. On chauffe une jonction avec un briquet et l'autre n'est pas chauffée. On mesure la tension, elle n'est pas nulle.

