

CUISEUR SOLAIRE ULTRA-LÉGER

Projet financé par l'office fédérale de l'énergie (Suisse) sous le contrat:

N° d'UP: RE 12

N° du compte: 55300030

N° du projet: 100866

N° de contrat: 151010

Durée: 1.6.2004 – 31.7.2005

Neuchâtel, le 15 septembre 2005

Dr. Michael Götz

Ce rapport contient les documents suivants:

1. Titre, contenu, abstracts

Partie théorique:

2. Etude de faisabilité
3. Analyse du besoin
4. Historique des cuiseurs légers au CNCS
5. Analyse fonctionnelle
6. Recherche de la concurrence
7. Analyse de la concurrence
8. Etude de la forme du réflecteur
9. Choix pour les P1

Partie pratique:

10. Les prototypes P1
11. Les prototypes P2 (y.c. les tests de puissance, de cuisson et de voyage)
12. Conclusions

Annexe:

- A1. 'The ultralight solar cooker for travellers : 2kg including the cooking pot', Granada 2005
- A2. Exemples de mesure

Résumé

Le but de ce projet était le développement d'un cuiseur solaire de voyage qui ne pèse que deux kilogrammes y.c. la casserole et qui soit facile à manier. Il doit cuisiner pour deux personnes en une heure.

La première phase du projet était une recherche théorique intense. Nous avons étudié le marché, les brevets, les concurrents, les géométries de miroirs, etc. Le résultat étaient deux idées novatrices: une géométrie 'fresnel linéaire' et une 'section de parabole', deux géométries permettant de garder la casserole proche du sol.

Dans la deuxième phase, des prototypes ont été construites et testées. Une première série nous a permis de choisir une des géométries et nous a donné des idées pour les modèles améliorés de la deuxième série. Ces modèles – du type 'fresnel linéaire' - sont pliables par une structure 'sciseau', ils sont déformables selon la hauteur du soleil et la casserole est protégée par un paravent.

Nous avons réussi à développer un cuiseur innovateur qui atteint le but au niveau du poids, qui prend un temps raisonnable pour le montage et le démontage, qui est bien transportable et qui est assez stable au vent. La puissance est un peu plus faible que prévue, mais du riz, des légumes et même un petit pain ont été cuits avec succès !

Zusammenfassung

Es war das Ziel dieses Projekts, einen Solarkocher speziell für Reisende zu entwickeln. Der Kocher soll, inkl. Kochtopf, nur 2 Kilogramm wiegen, einfach zu handhaben sein und innerhalb einer Stunde für zwei Personen kochen.

In der ersten Projektphase wurde eine intensive theoretische Studie durchgeführt. Wir haben den Markt, die Patente, die Konkurrenz und die möglichen Spiegelgeometrien studiert. Das Resultat waren zwei innovative Ideen: eine 'lineare Fresnelgeometrie' und ein 'Ausschnitt einer Parabel'. Beide Geometrien erlauben eine Position des Kochtopfs nahe am Boden.

In der zweiten Phase wurden Prototypen gebaut und getestet. Eine erste Serie erlaubte uns, eine der beiden Geometrien zu bevorzugen und gab uns die Ideen für die verbesserten Modelle der zweiten Serie. Diese Modelle (des Typs 'lineare Fresnelgeometrie') sind mit einer Scherenstruktur faltbar, sie sind je nach Sonnenhöhe verformbar und der Kochtopf ist durch einen Windschutz geschützt.

Wir haben das Ziel erreicht, einen innovativen Solarkocher des gewünschten Gewichts zu entwickeln. Der Zeitaufwand für den Auf- und Abbau ist vernünftig, der Kocher ist gut transportierbar und ist genügend windstabil. Die Kochleistung ist etwas tiefer als geplant, aber es wurden erfolgreich Reis und Gemüse gekocht und sogar ein kleines Brot damit gebacken!

Abstract

The aim of this project was the development of a solar cooker for travellers. The cooker shouldn't weight more than 2 kg including the cooking pot, it should be easy to handle and it should cook for two within an hour.

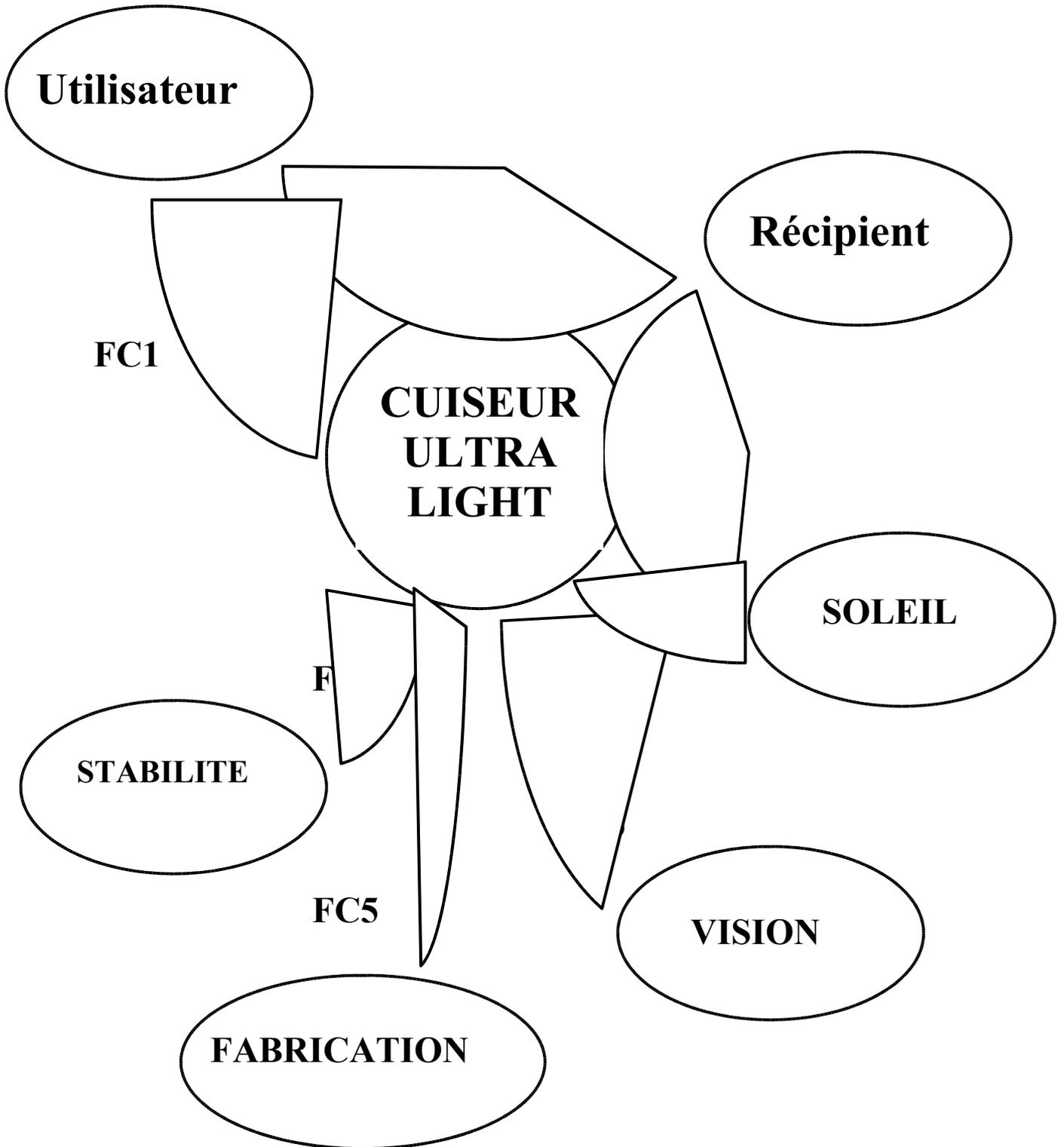
The first project phase was a intense theoretical study of the market, patents, competitors and mirror geometries. The result were two innovating ideas: A 'linear Fresnel geometry' and a 'section of a parabola'. Both geometries allow the cooking pot to be near the ground.

In the second phase, prototypes were built and tested. A first series allowed to choose which technology to follow and gave us ideas for the advanced models of the second series. These models (of the 'linear Fresnel' type) are foldable due to a scissor structure, they can slightly change their shape according to the sun's height and the cooking pot has its windshield.

We reached the goal of an innovative solar cooker weighting less than our limit. It takes a reasonable time to set up, it is well transportable and its stability to wind is sufficient. The cooking power is a bit lower than planned, but rice, vegetables and even a small bread have been successfully cooked !

2. ETUDE DE FAISABILITE

DIAGRAMME DES INTERACTEURS :



FORMULAIRE DES FONCTIONS :

FONCTIONS PRINCIPALES :

FP1 : Capter les rayons du soleil avec un cuiseur solaire pour chauffer un récipient.

FP2 : Manipuler un récipient sur un cuiseur solaire pour cuire des aliments.

FONCTIONS COMPLEMENTAIRES :

FC1 : Montage / démontage aisé du cuiseur

FC2 : Stabilité sur sol et au vent

FC3 : Design esthétique et fonctionnel.

FC4 : Orientation suivant la course du soleil.

FC5 : Coût faible et mise en œuvre simple

CRITERES D'APPRECIATION :

FONCTION	CRITERE	NIVEAU	FLEXIBILITE
FP1	Puissance solaire	1 heure pour cuire	1
		45 min. pour ébullition	1
FP2	Simple à manipuler	charger et décharger le récipient	0
	Récipient	2 personnes -> 1 litre	0
		compatible camping gaz	1
	Info cuisson	température ou visuel	2
FC1	Poid	1,5 à 2 Kg avec casserole	0
	Simple à monter / démonter	1 minute	0
	Encombrement plié faible	45 cm long maxi	1
	Robustesse	transport soute avion ou sac à dos	1
FC2	Stabilité tous sol	Tous profils et légères pentes	1
	Résistance au vent	20 kms/h	1
FC3	Design moderne		1
FC4	Suivi solaire aisé	auto / nul	2
FC5	Coût petite série faible	150 Francs suisse au final	1
	Fabrication simple		1

FLEXIBILITE :

- 0 = On ne discute pas du niveau
- 1 = On peut négocier
- 2 = Tout peut être remis en cause

4. HISTORIQUE DES CUISEURS LEGERS AU CNCS

Historique des cuiseurs légers au CNCS :

Le cuiseur 'boudin'



- Forte réduction du volume pour le transport ('caisse molle')
- Beaucoup de réflecteurs par rapport au volume
- 'Bac' intérieur en tissu
- Puissance médiocre
- Difficile à stabiliser à la bonne inclinaison

Le four ULOG en tissu pliable ('accordéon')



- Premier four ULOG en tissu : Dimensions comme le modèle en bois pour 3 personnes, bac en tissu, fenêtre en deux fois PET
- **Pliage en accordéon** fonctionne
- Puissance de cuisson trop faible (fenêtres en PET, bac en tissu)
- Miroirs supplémentaires nécessaires pour avoir une bonne puissance

Etude pour permettre un bac pliable étanche à la vapeur et partiellement conducteur :



- Le bac se fait en tissu, recouvert d'un plastique 'haute température' (durée de vie ?), un élément pliable en aluminium noirci est posé par dessus (cet élément couvre le fond et le dos du bac)
- Ce bac - ensemble avec un fenêtre combinée (PET et verre) – permet une bonne puissance du four

Le four ULOG en tissu non-pliable



- Version allégée du four solaire ULOG pour 3 personnes, **non** pliable
- Puissance identique au modèle en bois
- Bac en aluminium, fenêtre mixte (PET, verre)
- Modèle commercialisé

Le cuiseur ‘thermos’



- Modèle pour étudier la forme du cuiseur en ‘U parabolique’ 2-dimensionnel, vertical
- Faible puissance (‘U’ en deux dimensions – faible concentration)
- Forme parabolique assez précise

La casserole du cuiseur ‘thermos avancé’



- Casserole développée pour permettre un réflecteur en ‘U parabolique’ *incliné* vers le nord (et plus large en haut qu’en bas), sans devoir incliner la casserole même

5. ANALYSE FONCTIONNELLE

ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU		
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange
Capturer les rayons du soleil avec un cuiseur pour chauffer un récipient	FP1	FP11: Captage direct des rayons du soleil sur le cuiseur	Surface de captage suivant puissance calculée	F0	Possibilité d'avoir une surface en plusieurs parties	Calcul de l'énergie nécessaire pour le cuiseur
		FP121: Captage indirect des rayons du soleil sur récipient à l'aide de réflecteurs	Surface de captage suivant exposition récipient	F0		
		FP122: Diriger les rayons captés sur une focale à l'aide de Réflecteurs	Surface visé Récipient de 1 litre	F1		
		FP13: Energie solaire reçue	Conserver l'énergie solaire en isolant le récipient (effet de serre ou isolation)	F1	Double vitrage minimum	
			Augmenter la puissance solaire (revêtement sélectif)	F1		

ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU			
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange	
Manipuler un récipient sur un cuiseur solaire pour cuire des aliments	FP2	FP21: Récipient	Volume récipient de 1 litre	F0	1,5 à 2 kg avec cuiseur portable		
			Léger	F0			
			Compatible gaz	F0			
	FP21: Manipulation du récipient dans le cuiseur		Mise en place récipient sous focale				
			Mise en place récipient dans cuiseur				
			Récipient intégré au cuiseur				

ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU		
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange
Montage et démontage aisé du cuiseur	FC1	FC11: Montage et démontage simple du cuiseur	Après un ou deux montages plus besoin de notice (idem tente)			
			En 1 minute			
		FC12: Minimum d'outillage	1 clef maxi		Outil multi usage	
		FC13: Minimum de pieces	3 maxi		Sans le récipient	
		FC14: Robustesse après pliage	Voyage en soute d'avion			

ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU		
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange
Stabilité sur sol et au vent	FC2	FC 21: doit être de niveau sur tous les profil de sol	Compenser une pente de 10°	F1		
		FC 22: doit être de niveau sur tous les types de sol	Tenir sur le sable	F1		
		FC 23: Possibilité d'amarage en cas de vent ou de forte pente	Résistance à un vent de 20 Km/H	F1		

ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU		
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange
Avoir un design fonctionnel et esthétique	FC3	FC31: Ergonomie adapté aux fonctions énoncées précédemment				
		FC32: Design esthétique				

ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU		
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange
Orientation suivant la course du soleil	FC4	FC41: Pas de suivi	Focale linéaire			
			Calage (visé) facile			
		FC42: Suivi auto du soleil en toutes saisons et tous lieux sur un axe (horizontal ou vertical)	Précision relative suivant surface visé			
			Réglage sur la course du soleil facile			
			Léger			
			Simple		Sans électronique	

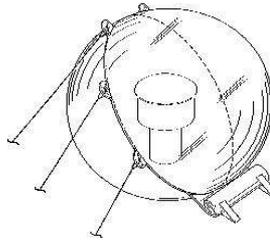
ENONCE DU BESOIN	FONCTIONS	CRITERE D'APPRECIATION DE LA FONCTION	NIVEAU DU CRITERE	FLEXIBILITE DU NIVEAU		
				Classe	Limites d'appréciation	Taux d'échange
Coût faible et mise en oeuvre simple	FC5	FC51: Prix de fabrication moyennement élevé	150 Francs suisse			
		FC52: Mise en œuvre simple	Peu d'usinage Pas d'injection plastique ou alu			
		FC53: Matériaux compatible avec petite série	Bois Profils alu / plastique Film plastique Pièces de quincaillerie Fibre de verre			

6. RECHERCHE DE LA CONCURRENCE

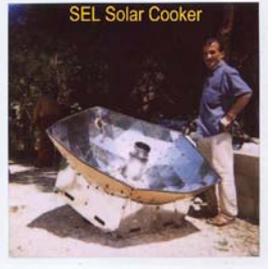
RECHERCHE DE LA CONCURRENCE

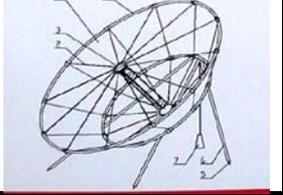
REF.	DESIGNATION	FOURNISSEUR	IMAGE
1	<p>PARABOLE</p> <p>K10 / K14 / SK14 Cuiseur parabolique de 1 à 1,4 m de diamètre Orientation manuel dans les deux axes Non démontable, transport peut aisé Montage en kit ou autoconstruction Cuisson dans une casserole adapté Stabilité correcte sur surface plane Fabrication industriel Pas de brevet Allemagne et France K10 à 97€ et K14 à 147€ (prix public)</p>	<p>CNCS EG SOLAR e.V SOLAIRE Solar Shop.net Bolivia inti</p>	
2	<p>PARABOLE PORTATIVE</p> <p>Parabole pour utilisation en milieu hostile Volume de cuisson limité Orientation manuel dans les deux sens Facilement transportable Montage/démontage sur place en 4 minutes Cuisson dans récipient spécifique avec isolation air Stabilité à surveiller Fabrication artisanal Brevet USA 495€ (Everest)</p>		
3	<p>CUISEUR PLIABLE</p> <p>Tous type de cuiseurs "panel" de roger bernard Volume de cuisson limité suivant taille cuiseur Orientation manuel dans les deux axes limité Facilement transportable Montage/démontage sur place Très faible coûts de production Cuisson dans récipient spécifique avec isolation air Marche seulement avec un ensoleillement idéal Stabilité correcte sur surface plane Fabrication artisanal ou commercial Pas de brevet Tous pays Cookit 25€ Hot pot €</p>		
4	<p>CONE PARABOLIQUE</p> <p>Parabole conique pour utilisation en milieu hostile Volume de cuisson faible Orientation manuel sur deux axes Facilement transportable Montage et démontage sur place facile Cuisson dans récipient spécifique avec isolation air Mauvaise stabilité au vent et sur terrain accidenté Fabrication artisanal Brevet USA Back pack cooker 44€</p>		

REF.	DESIGNATION	FOURNISSEUR	IMAGE
<p>CUISEUR AVEC REFLECTEUR REPLIABLE</p> <p>5</p>	<p>Cuiseur type "bouilloire" pour l'alimentation Volume de cuisson faible Orientation manuel sur deux axes Facilement transportable Montage et démontage sur place facile Cuisson dans récipient spécifique avec isolation air Bonne stabilité Fabrication artisanal Brevet USA €</p>		
<p>FOUR VALISE (boite)</p> <p>6</p>	<p>FOUR LIGHT / STANDARD / FAMILIALE Cuiseur four le plus répandu Tous volume de cuisson permis Orientation manuel dans les deux sens Facilement transportable en version light Montage en kit ou autoconstruction Cuisson dans une casserole adapté Très bonne stabilité Fabrication simple Pas de brevet Suisse-Australie-Inde-Allemagne Four light 186€, standard 199€ et famille 245€ Sos sport 100€</p>	<p>CNCS Solar Shop.net Soarzentrum Solénoïde De JURA Lazola-Initiative Bolivia inti</p>	
<p>FOUR VALISE AVEC REFLECTEUR</p> <p>7</p>	<p>Idem four valise avec large surface de reflecteur Cuiseur four + réflecteur Tous volume de cuisson suivant four Orientation manuel dans les deux sens Facilement transportable (attention au poids) Montage et démontage sur place facile € Cuisson dans une casserole Fabrication industriel Très bonne stabilité Brevet USA / Portugal Sun cook 255€ Sun oven1</p>	<p>SUN COOK SUN OVEN</p>	 
<p>ELECTRO- SOLAIRE</p> <p>8</p>	<p>Idem four valise avec appoint Cuiseur four + électrique Tous volume de cuisson suivant four Orientation manuel dans les deux sens Facilement transportable (attention au poids) Montage et démontage sur place facile Cuisson dans une casserole Très bonne stabilité Fabrication industriel Brevet Appoint électrique Inde €</p>	<p>NUTRENGUARD ROHITAS</p>	 

REF.	DESIGNATION	FOURNISSEUR	IMAGE
9	<p>SOLARCHEF</p> <p>Four boîte horizontal avec reflecteur vertical Cuiseur four + réflecteur Tous volume de cuisson suivant four Orientation manuel sur un axe Facilement transportable Montage et démontage sur place facile Cuisson dans une casserole ou four directement Bonne stabilité Fabrication industriel Brevet USA €</p>		
10	<p>BOUILLOIRE</p> <p>Bouilloire uniquement pour faire chauffer de l'eau Volume d'eau, 3 dL Orientation manuel sur deux axes Facilement transportable Montage et démontage sur place facile Cuisson dans récipient spécifique Couche selective sous vide Stabilité à revoir Fabrication industriel terminé Brevet Suisse 30€</p>	ATLANTIS	
11	<p>COOKSACK</p> <p>Cuiseur solaire sous enveloppe gonflable Volume de cuisson faible Orientation manuel sur deux axes Facilement transportable Montage et démontage peut aisé Cuisson dans récipient spécifique avec isolation air Stabilité médiocre face au vent Fabrication artisanal Brevet USA 60 €</p>	SOLTAC	 
12	<p>PARABOLE RECTANGULAIRE</p> <p>Cuiseur Roger BERNARD ou FRESNEL Volume de cuisson limité suivant taille cuiseur Orientation manuel dans les deux sens Facilement transportable Montage en autoconstruction ou non Faible coûts de construction Cuisson dans une casserole adapté Stabilité correcte sur surface plane Fabrication artisanal Pas de brevet Allemagne et France €</p>	FRESNEL Construisez votre cuisinière solaire Roger BERNARD	

REF.	DESIGNATION	FOURNISSEUR	IMAGE
PARABOLE SIMPLIFIE 13	Parabole de voyage Orientation manuel dans sur un axe Facilement transportable Montage en kit ou autoconstruction Faible coûts de construction Cuisson dans une casserole adapté Stabilité correcte sur surface plane Fabrication industriel Brevet ? USA Solar reflex 89€	SOLAR REFLEX	
PARABOLE PENDULAIRE 14	Parabole pendulaire Orientation manuel dans sur deux axes Transportable Montage en pieces détachées Faible coûts de correct Cuisson dans une casserole adapté Stabilité correcte sur surface plane Fabrication industriel Brevet France (bretagne) €	FRESNEL	
PARABOLE AUTO-ORIENTABLE 15	Parabole élliptique Forte puissance de cuisson Orientation automatique sur un axe Transport peut aisé Montage en pieces détachées Coûts de construction élevé Cuisson dans une casserole ou poêle Bonne stabilité sur surface plane Fabrication artisanal Brevet Allemangne 1000€	SCHEFFLER	
PARABOLE PAPILLON 16	Parabole repliable Forte puissance de cuisson Orientation manuel sur deux axes Transport facilité par le repliage Montage en pieces détachées Coûts de construction élevé Cuisson dans une casserole ou poêle Bonne stabilité sur surface plane Fabrication industriel en série limité Brevet Allemangne 598€	EG SOLAR	
REF.	DESIGNATION	FOURNISSEUR	IMAGE

<p>PARABOLE LINEAIRE</p> <p>17</p>	<p>Parabole solaire à focale linéaire Puissance de cuisson faible Orientation manuel sur un axe ou deux axes Transport facilité par le démontage Montage en pièces détachées et récupérées Coût faible Cuisson sur brochette ou récipient adapté Bonne stabilité sur surface plane Fabrication en auto-construction Pas de brevet USA, ... €</p>		
<p>CUISINIER SOLAIRE A VAPEUR</p> <p>18</p>	<p>Cuiseur solaire à vapeur (eau ou solvant) Bonne puissance de cuisson Orientation manuel sur un axe Transport facilité par le repliage et les roulettes Montage en pièces détachées Coûts de construction élevé Cuisson dans une casserole ou poêle Bonne stabilité sur surface plane Fabrication industriel (AEG) ou en auto-construction (Bernard) Brevet Allemagne et France €</p>	<p>AEG Roger BERNARD</p>	
<p>PANIER CUISEUR ISOLE</p> <p>19</p>	<p>Cuiseur solaire dans panier Isolation type marmite norvégienne Faible puissance de cuisson Orientation manuel sur un axe Transport facile (attention au poids) Montage avec pièces existantes Coûts de construction faible Cuisson dans une casserole Bonne stabilité sur surface plane Fabrication industriel ou en auto-construction Pas de brevet Inde €</p>		
<p>PARABOLE SEGMENTE</p> <p>20</p>	<p>Parabole segmentée Isolation de la casserole ? Forte puissance de cuisson Orientation manuel sur deux axes Transport peu aisé Pliable Coûts de construction moyenne Cuisson dans une casserole adaptée Bonne stabilité sur surface plane Fabrication industriel Brevet ? Angleterre</p>		
<p>REF.</p>	<p>DESIGNATION</p>	<p>FOURNISSEUR</p>	<p>IMAGE</p>

<p>PARABOLE PORTION DE CONE</p> <p>21</p>	<p>Parabole conique Bonne puissance de cuisson Orientation manuelle sur deux axes Transport aisé Montage en pièces détachées compliquée Coûts de construction élevé ? Cuisson dans une casserole adaptée ou brochette Bonne stabilité sur surface plane Fabrication artisanal (?) russe Brevet ? Russie 150€ env.</p>		 
<p>PARABOLE CASSEROLE SOUS VERRE</p> <p>22</p>	<p>Parabole polygone Bonne puissance de cuisson Orientation manuel sur deux axes Transport facilité par les roulettes Indémontable Coûts de construction élevé Cuisson récipient standard Bonne stabilité sur surface plane Fabrication industrielle Brevet USA 500€</p>	<p>SOLARCHEF (bis)</p>	 

7. ANALYSE DE LA CONCURRENCE

FP1: Capter les rayons du soleil avec un cuiseur solaire pour chauffer un récipient

SOLUTION	CONCURRENCE	MANIPULATION	ENCOMBREMENT	SECURITE	EVALUATION
Captage direct des rayons du soleil sur recipient	Cuiseur avec réflecteur repliable Four valise Four valise avec réflecteur Electro-solaire Solar chef Panier cuiseur isolé	Orientation moins précise que pour une parabole (-> plus facile)	Moyen, suivant le cuiseur	Bonne sécurité dûe au récipient dans volume de chauffe isolé	
Captage indirect des rayons sur le cuiseur	Parabole Parabole portative Cuiseur pliable Cône Parabole rectangulaire Parabole simplifier Parabole pendulaire Parabole auto-orientable Parabole papillon Parabole casserole sous verre Parabole linéaire Cuisiniere solaire à vapeur Parapluie Parabole portion de cone	Orientation réguliere du à la focale précise (20mm)	Important dû au réflecteur	Récipient chaud à porté de main Eblouissement	
Energie solaire reçu	Four valise Four valise avec réflecteur Electro-solaire Solar chef Bouilloire Parabole casserole sous verre Panier cuiseur isolé Parabole portative Cuiseur pliable Cone parabolique Cuiseur avec reflecteur repliable Cocksack Parabole casserole sous verre	Effet de serre sous vitrages Effet de serre sous cloche mobile souple ou rigide	Système lourd (poids du verre) et non repliable Pas de pieces supplémentaire Systeme leger et peut encombrer pour les cloches souple (sac plastique) Pieces supplémentaire non liées au cuiseur	Risque de casse du verre Pas de risque de brulure Pas de risque de casse si plastique Pas de risque de brulure	

FP2: Manipuler un récipient sur un cuiseur solaire pour cuire des aliments

SOLUTION	CONCURRENCE	MANIPULATION	AUTRES	SECURITE	EVALUATION
Mise en place récipient sous focale	Parabole Parabole portative cuiseur pliable Cone parabolique Cuiseur avec réflecteur repliable Cooksack Parabole rectangulaire Parabole simplifier Parabole pendulaire Parabole auto-orientable Parabole papillon Parapluie Parabole cass. sous verre Parabole portion de cone	Pose du récipient facile Surveillance de la cuisson aisée	Récipient à l'air libre, refroidissement avec vent Dès qu'il n'y a plus de soleil, le récipient se refroidit Pas de contrôle de température	Attention, risque de brûlure avec récipient chaud Eblouissement sauf pour la parabole papillon	
Mise en place récipient dans cuiseur	Four valise Four valise avec réflecteur Electro-solaire Solarchef Panier cuiseur isolé	Pose du récipient en deux opérations Surveillance cuisson peu aisée (refroidissement four lors de l'ouverture du couvercle)	Récipient isolé de l'air (dans cuiseur) Récipient au chaud jusqu'au soir Peut aussi servir de marmite norvégienne Contrôle de la température (thermomètre)	Pas de risque de brûlure avec récipient chaud	
Récipient intégré au cuiseur	Bouilloire Parabole casserole sous verre	Nettoyage peu aisée utile pour chauffer de l'eau	Attention au niveau du cuiseur (récipient penché) Récipient au chaud Contrôle de la température (thermomètre)	Pas de risque de brûlure avec récipient chaud Soupape de sécurité	

FC1: Montage et démontage aisé du cuiseur

SOLUTION	CONCURRENCE	MANIPULATION	ENCOMBREMENT	SECURITE	EVALUATION
Indémontable	Parabole	Aucune manipulation Aucune pieces détachés Pas de réglage du au montage	Encombrement maximum Poids maximum	Attention en manipulant le cuiseur par rapport au poids	
	Parabole cass. sous verre				
Démontable	Parabole portative	Plusieurs pieces détachées Remontage technique Réglage du au montage	Encombrement et poids acceptable	Risque de coupure avec les réflecteurs de la parabole Pincement possible	
	Parabole simplifier				
	Parabole pendulaire				
	Parabole linéaire Parabole portion de cone				
Pliable	Cone parabolique Cooksack Cuiseur pliable	Plusieurs pieces détachées Remontage très technique (coocksack) Réglage déliquat	Réduit Ultra léger	Stabilité du cuiseur avec un récipient chaud dessus	
	Parapluie				
Repliable	Cuiseur avec réflecteur repliable	Très peut de manipulation Aucune piece détaché	Encombrement correcte Poids correcte		
	Four valise				
	Four valise avec réflecteur				
	Electro-solaire				
	Solarchef				
	Bouilloire				
	Poissonniere				
	Parabole papillon				
	Cuisinier solaire à vapeur				
Panier cuiseur isolé					

FC2: Stabilité au sol et au vent

SOLUTION	CONCURRENCE	CRITERES	AUTRE	SECURITE	EVALUATION
Stabilité au sol sans réglage	Parabole Parabole portative Cuiseur avec réflecteur repliable Four valise Four valise avec réflecteur Electro-solaire Solarchef Parabole rectangulaire	Niveau de sol horizontale Pas de réglage possible Stable	Si le sol n'est pas horizontale, la cuisson ne sera pas uniforme		
Stabilité au sol avec réglage	Cuiseur pliable Cone parabolique Bouilloire Cooksack Parabole portion de cone	Tous niveau de sol Réglage possible mais pas toujours simple Peut stable		Attention au récipient chaud non stable (risque de brulures)	
Stabilité au vent	Cône Bouilloire Cooksack Parapluie	Médiocre Trops de prise au vent par rapport au poids du cuiseur		Rapport poids prise au vent dangereux lors de la cuisson avec "mistrale"	
	Parabole Parabole portative Cuiseur pliable Parabole portion de cone	insuffisante Trops de prise au vent par rapport au poids du cuiseur		Rapport poids prise au vent dangereux lors de la cuisson avec "mistrale" Attention au récipient chaud et au poids du cuiseur	
	Parabole rectangulaire Solarchef Electro-solaire Four valise avec réflecteur Four valise Cuiseur avec réflecteur repliable	Bonne résistance au vent Rapport prise au vent/poids correct			

FC4: Orientation suivant la course du soleil

SOLUTION	CONCURRENCE	MANIPULATION	ENCOMBREMENT	SECURITE	EVALUATION
Orientation manuel suivant un axe	Solar chef Cuiseur avec réflecteur repliable	Simple	Aucun	Excellente	
Orientation manuel suivant un axe cuiseur et un axe Réflecteur	Four valise Four valise avec réflecteur Electro-solaire Parabole portion de cone Parabole cass. sous verre	Simple Une visé	Mouvement du réflecteur	Correct	
Orientation manuel suivant deux axes	Parabole Parabole portative Cuiseur pliable Cone parabolique Bouilloire Cooksack Parabole rectangulaire	Technique Réglage et visé sur deux axes	Mouvement des réflecteurs	Risque de pincement	
Orientation automatique	Parabole auto-orientable	Calage difficile			

FC5: Coût faible et mise en œuvre simple

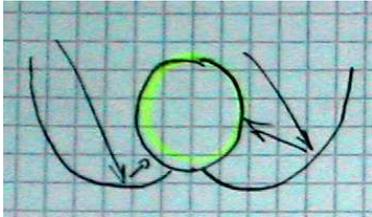
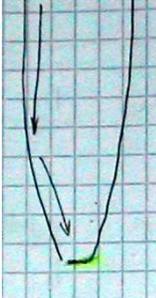
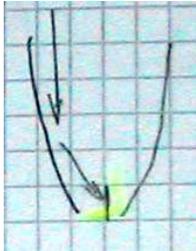
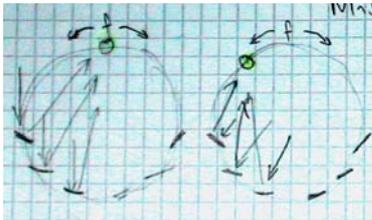
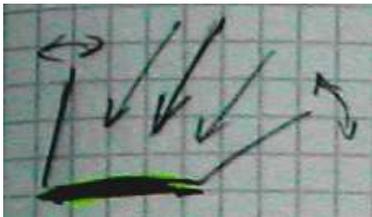
SOLUTION	CONCURRENCE	MONTAGE	PRODUCTION	SECURITE	EVALUATION
Système auto-construction	Cuiseur pliable Four valise Parabole rectangulaire Parapluie	Coût de montage faible Technique mise en œuvre simple	Mise en œuvre de pièces uniques ou petites séries Temps de construction important Coût de production important		
Système auto-montage	Four valise Parabole Parabole portative	Coût de construction moyen Technique mise en œuvre simple	Mise en œuvre de petites et moyennes séries Temps de construction moyen Coût de production important		
Système complet	Cône parabolique Cuiseur avec réflecteur repliable Four valise avec réflecteur Electro-solaire Solar chef Bouilloire Cooksack Parabole portion de cône Parabole cass. sous verre	Coût de construction important et technique Technique mise en œuvre industrielle	Mise en œuvre moyennes séries pour diminuer les coûts Coût de production important Temps de construction faible		

8. ETUDE DE LA FORME DU REFLECTEUR

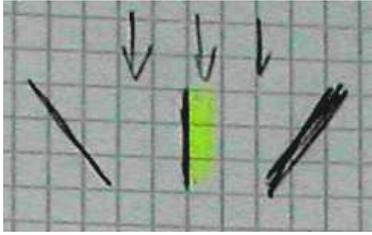
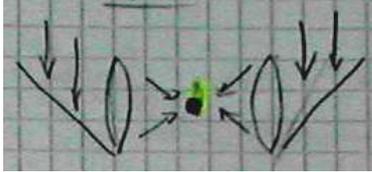
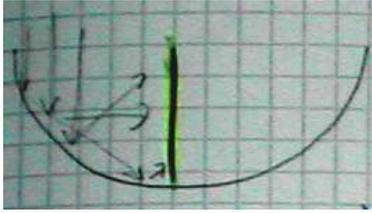
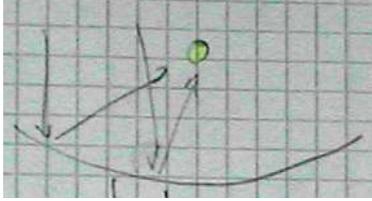
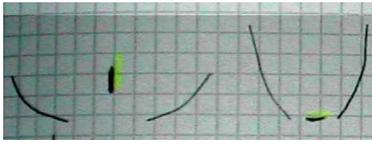
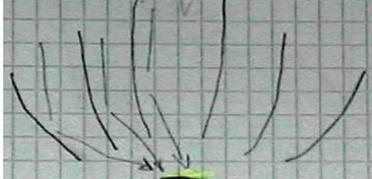
Etude de la forme du réflecteur :

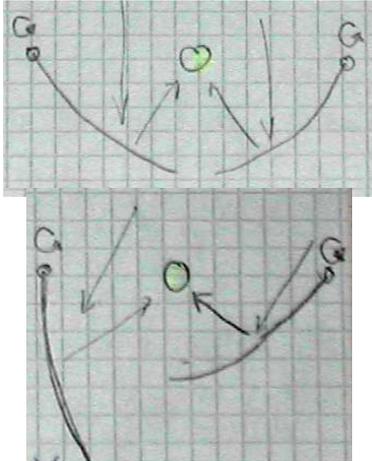
Les géométries connues:

(Selon le chapitre 'Mirror collector optics' d'un livre dont le titre n'est pas connu.)

<i>Nom</i>	<i>Esquisse</i>	<i>2D/ 3D'</i>	<i>Aventages</i>	<i>Desavantages</i>
Thrombe-Meinel		2D	Angle capté = 180°	Très faible concentration (facteur 2 env.)
Winston cusp		3D	Tolérance de l'angle capté	Beaucoup de surface de miroir par rapport à la section captée
Truncated Winston cusp		2D	Tolérance de l'angle capté, Récepteur bifacial	Beaucoup de surface de miroir par rapport à la section captée
Russel fresnel		2D	La focale se déplace par rapport à l'angle du soleil, les miroirs ne changent pas	Focale longue
Flat absorber with booster		2D	Géométrie simple	Faible concentration

¹ Les géométries en 3D peuvent être utilisé en 2D également.

<i>Nom</i>	<i>Esquisse</i>	<i>2D/ 3D</i>	<i>Aventages</i>	<i>Desavantages</i>
Conical mirror		3D	Plus simple que la parabole	Focalise sur une ligne, distribution d'énergie inégale
Conical mirror with lens		3D	Focalise sur un point au centre	Demande miroir et lentille, très peu de tolérance à l'angle capté
Hemispherical mirror		3D	Ligne focale se déplace selon l'angle du soleil, le miroir ne change pas	Focalise sur une ligne, distribution d'énergie inégale
Parabolic mirror		3D	Bon rapport entre surface miroir et surface captée, point focale	Forme complexe, très peu de tolérance à l'angle capté
Paraboloidal heliostat		2D	Forme plus simple que parabole	Beaucoup de miroirs séparés, perte de surface captée
Veinberg parabolas		3D	Certaine tolérance à l'angle capté	
Veinberg triple parabola		3D	Certaine tolérance à l'angle capté	

<i>Nom</i>	<i>Esquisse</i>	<i>2D/ 3D</i>	<i>Aventages</i>	<i>Desavantages</i>
Veinberg fixed mirror		2D	Focale relativement bonne si angle du soleil change	
Tabor circular cylinder		2D	S'adapte au structures gonflables	Facteur de concentration faible

Facteur de concentration

Le but est de concentrer $1/3$ de m^2 de lumière solaire sur un récipient de 1 à 1,2 litres. Une casserole de 1 litre (diamètre 16cm) à une section maximale de $200cm^2$. Un tube de 1,2 litres a une section latérale entre 200 et $250cm^2$ (diamètre entre 6cm et 8cm). Nous cherchons donc **un facteur de concentration entre 13 et 18**.

2D ou 3D ? En général, des capteurs en 2 dimensions arrivent à des concentration de 10 env., des géométries en 3 dimensions jusqu'à un facteur de 50. Ceci reflecte l'expérience technique et non des lois de physique !

Comparaison:

- Thermos 'Atlantis'. 2D = facteur 13
- Cuiseur thermos' (CNCS), 2D = facteur 6
- 'K10', 3D de précision moyenne = facteur 20 env
- 'Scheffler S140', 3D de bonne précision = facteur 40 env.

Notre concentration désirée demande soit une géométrie 2D de bonne précision ou une géométrie en 3D.

2D ou 3D ?

Aventages 2D:

- Techniquement plus simple à réaliser
- Peu sensible à la variation d'un des deux angles de illumination (soit à l'azimuth pour une focale horizontale, soit à la hauteur pour une focale verticale)

Desavantages 2D:

- Casserole allongée nécessaire
- Facteur de concentration limitée

Avantages 3D:

- Bons facteurs de concentration
- Casserole de forme classique
- 'Look' plus sophistiqué

Desavantages 3D:

- Il faut suivre les deux angles (azimuth, hauteur)
- Forme techniquement plus difficile à réaliser

Idée 2D x 2:

Un capteur 2D du type 'U' ou 'paraboloïde' est combiné avec un miroir plat qui crée une surface focale virtuelle deux fois plus grande que la surface focale réelle. Ceci double le facteur de concentration de la géométrie.

9. CHOIX POUR LES P1

Choix par rapport à l'analyse de la concurrence :

FP1 : La parabole est nécessaire pour la durée de cuisson requise. Une isolation de la casserole / serre peut être envisagée

FP2 : Selon le choix de l'intégration de l'effet de serre : Mise en place récipient sous focale ou dans cuiseur

FC1 : Idéalement pliable

FC2 : Stabilité au sol avec réglage

FC4 : Orientation automatique un axe ou aucune orientation pendant une heure

FC5 : Système vendu complet

Idées de la journée de 'brainstorming' du 22 juillet :

- La casserole est idéalement posée au sol ou sur un pied très bas
- La casserole peut avoir un paravent en polycarbonat
- Une casserole qui sert également d'assiette ? (= assez plat)
- Une casserole coupée en deux (assiette tandem) ?
- Isolation en Armaflex HT ?
- Estimation de la puissance et surface (perpendiculaire au soleil) nécessaires :
- Faire bouillir 1 litre en 45 minutes nécessite env. 133W
- A un rendement de 50%, nous avons besoin de 266W
- 266W à un ensoleillement de $700\text{W}/\text{m}^2 = 1/3$ de m^2 environ
- 2kg = 300g de casserole, 200g d'isolation, 700g de structure, 700g de réflecteur, 100g d'emballage de transport
- Structure gonflable pas envisagée
- Réflecteur en plastique métallisé = presque obligatoire (mais en 0,4mm aluminium év. possible ; $2/3\text{m}^2 = 700\text{g}$)

Choix pour les prototypes P1a et P1b:

- Selon le document 'étude.forme du réflecteur': un prototype en 3D et un prototype en 2Dx2

P1a: Ce prototype utilise une géométrie 'fresnel paraboloid alignée'; les miroir se trouvent au nord de la casserole et reflètent du haut en bas. Les éléments de miroir sont soit en film plastique tendu, soit en aluminium. Un miroir plat par terre crée une surface focale virtuelle deux fois plus grande que la casserole. La ligne focale est verticale, la casserole a la forme d'une 'gourde'. La casserole peut être entourée d'un para-vent et d'une isolation sur un angle d'env. 200° face sud.

P1b: Ce prototype utilise une géométrie 'section de parabole 3D'. Env. $1/2$ de la parabole 'classique' (centrée) est utilisé. Elle est coupé d'une manière à être posée sur deux points au sol. La casserole se trouve proche du sol, la parabole reflète du haut en bas.

10. Les prototypes P1

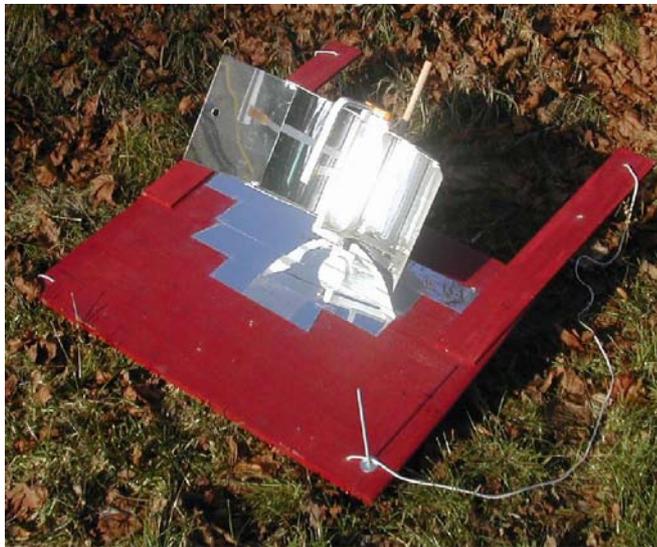
1. Introduction: Comme décrit dans le document 'Choix pour les P1', les deux voies suivantes ont été suivies:

P1a: Ce prototype utilise une géométrie 'fresnel linéaire'; les miroir se trouvent au nord de la casserole et reflètent du haut en bas. Les éléments de miroir sont soit en film plastique tendu, soit en aluminium. Un miroir plat par terre crée une surface focale virtuelle deux fois plus grande que la casserole. La ligne focale est verticale, la casserole a la forme d'une 'gourde'. La casserole peut être entourée d'un para-vent et d'une isolation sur un certain angle face sud.

P1b: Ce prototype utilise une géométrie 'section de parabole 3D'. Env. $\frac{1}{2}$ de la parabole 'classique' (centrée) est utilisé. Elle est coupé d'une manière à être posée sur deux points au sol. La casserole se trouve proche du sol, la parabole reflète du haut en bas.

2. Equipement de mesure

Le futur cuiseur sera utilisé sous différentes latitudes et à différentes saisons et heures de la journée. La hauteur du soleil variera entre quelques degrés et 90° par rapport au sol (définition: 0° = soleil à l'horizon, 90° = soleil au zénit). Son azimut changera au moins de 15° pendant la durée de cuisson. Pour pouvoir tester l'efficacité des réflecteurs et ensuite la puissance de cuisson, un 'simulateur de saisons' a été construit. Il s'agit d'une planche inclinable qui permet de simuler tous les angles d'illuminations (hauteur, azimut) en utilisant la lumière du soleil naturel. La qualité de la focale de presque tous les prototypes a ainsi été testé pour des hauteurs du soleil de 30° , 45° et 60° ainsi que des azumuts précises ou ± 20 , 30 ou 60 minutes.



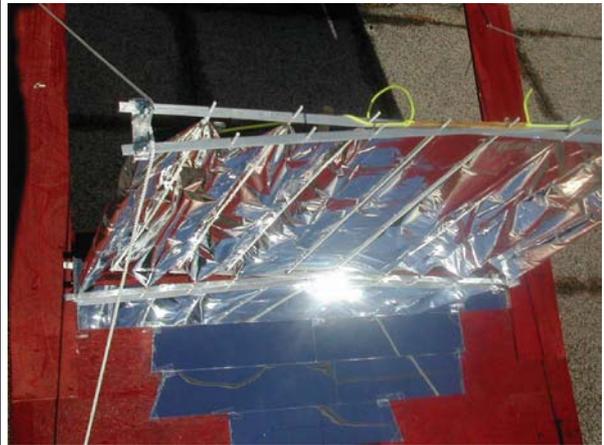
Un petit cuiseur commercial (thermos solaire) sur le 'simulateur de saisons'.

3. La première série de prototypes P1a

Prototype: P1a1

Nom de travail:'en ligne'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, non pliable, structure de deux croix de barres d'aluminium et des tiges en fibre de verre, un film plastique est 'tissé' entre les barres, (pour une casserole fine et haute).



Résultat des tests: La focale est très imprécise. Si on utilise un film plastique épais (5 mil), il ne forme pas de surface plane entre les barres. Si on utilise un film fin (couverture de sécurité de voitures), il reste froissé.

Prototype: P1a2

Nom de travail:'en ligne'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, non pliable, structure de deux croix de barres d'aluminium et des tiges en fibre de verre, des plaques en aluminium (48cm x 6cm) sont collées entre les barres, plaque de base horizontale en aluminium, (pour une casserole fine et haute).



Résultat des tests: Focale assez imprécise. Les 4 éléments extérieurs ne servent à rien; la distance entre la casserole et les miroirs est trop différente. Le miroir horizontal fonctionne bien. Le simulateur des saisons fonctionne bien.

Prototype: P1a3

Nom de travail:'en ligne II'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, non pliable, structure d'une barre d'aluminium et de tiges en fibre de verre, des bandes en plastique (58cm de haut) sont étiré entre les barres, angle de chaque miroir réglable indépendamment, plaque de base horizontale en aluminium, (pour une casserole fine et haute).



Résultat des tests: Problèmes de torsion: Le cadre entier se tord, les miroirs en plastique se tordent, ils sont difficile à garder sous tension. Trop de différences de distance 'miroir – casserole' entre les miroirs centraux et ceux de l'extérieur. Stabilité ok si bien tenu par des ficelles. Le réflecteur reste en verticale: bien pour un ensoleillement (hauteur) de 45°, passable pour 30° et 60°, très mal pour le soleil au zenit. Après 20 minutes sans réglage, la focale est +/- ok, après 40 minutes il reste 1/3 de la lumière, après 60 minutes quasiment rien.

Prototype: P1a4

Nom de travail:'en-angle I / sciseau'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, pliable par une structure 'sciseau' en aluminium, deux demi-réflecteurs à un angle de 60°env., tiges en fibre de verre, miroirs en aluminium (50cm x 7cm), angle de chaque miroir réglable indépendamment (freiné par un ressort), plaque de base horizontale en plastique, casserole fine et haute, thermomètre dans le bouchon. Surface aluminium de 0,38m², surface active 0,32m², poids du réflecteur = 1,12kg.



Résultat des tests: Réflecteur assez stable, avec des ficelles bonne stabilité au vent. Puissance mesuré en janvier 2005 = 77W, pertes de la casserole en janvier, sans paravent = 34W. Focale très précise entre 30° et 60° (azimut). Après 60 minutes sans correction des réglages, encore 50% de la lumière tombe sur la casserole.

4. La première série de prototypes P1b

Le prototype P1b a été construit utilisant des éléments d'un cuiseur commercial K10.

Prototype: P1b

Nom de travail:'coquille'

Déscriptif: Réflecteur = section d'une parabole, diamètre extérieur 99cm, diamètre du trou intérieur 37cm, casserole 'standard' quasiment par terre (sur un support bas), angle variable en 'roulant' la 'coquille' en avant ou en arrière, arc extérieur en fibre de verre, non pliable.



Résultat des tests: Difficile de garder la forme stable. La parabole se déforme sous son propre poids (structure en fibre de verre). 1/3 de la lumière arrive à l'extérieur de la focale. Adaptation aux différentes angles (hauteurs) du soleil ok.

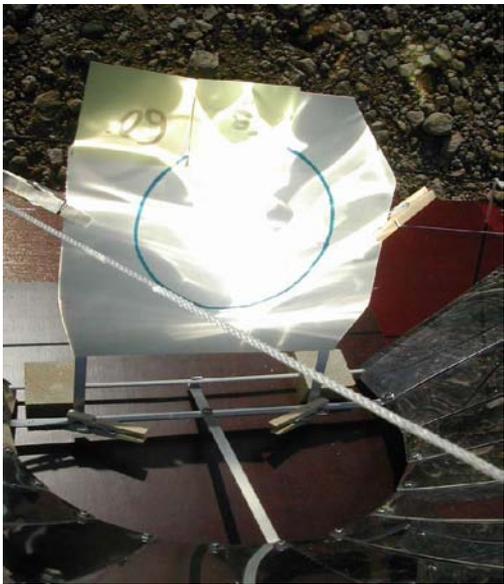
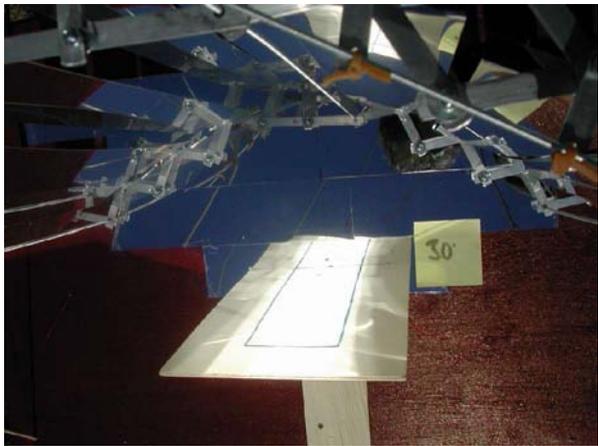
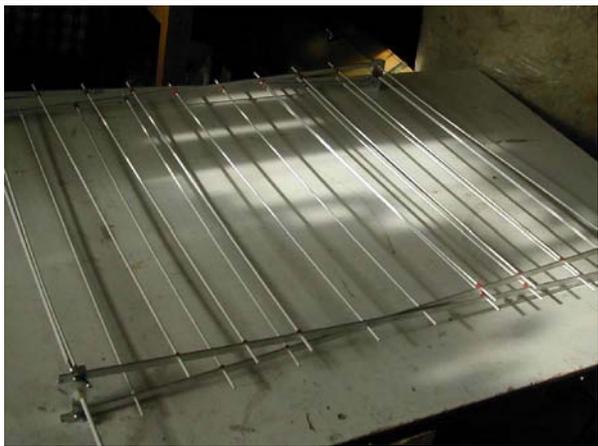
5. Analyses pour la suite du projet

Le prototype b est difficile à rendre pliable. Une solution pour replier les miroirs a été trouvée, mais les éléments qui gardent la stabilité (le grand rayon !) sont difficile à rendre pliable **et** stable. Nous avons décidé de poursuivre les études du prototypes a et de garder les idées du prototype b pour un éventuel modèle un peu plus lourd qui ne sera pas destiné au voyages.

Améliorations possibles du prototype a:

- Rendre les miroirs plus large (il y a de la lumière qui passe entre les miroirs)
- Le même 'sciseau' peut être plus longue en l'étirant plus, ceci permet des miroirs plus larges.
- Utiliser des barres d'aluminium d'une largeur de 8mm au lieu de 10mm (réduction de la taille en état plié) ?
- Travailler avec une géométrie 3D pour pouvoir utiliser une casserole de forme normale au lieu de la casserole fine et haute ?
- Il faut des pieds télescopiques pour pouvoir pencher le réflecteur en arrière pour des angles d'illuminations 'tropicaux'.

6. Photos diverses de cette phase



CENTRE NEUCHATELOIS DE CUISINE SOLAIRE
ALTERNATIVE SOLAIRE



CUISEUR SOLAIRE
ULTRA LIGHT



11. Les prototypes P2

1. Introduction: Après avoir testé les prototypes P1, la variante 'a' (miroirs fresnel linéaires) a été retenue pour la suite. Les changements par rapport au premier prototype comme décrit dans le chapitre 5 du document 'P1':

- Rendre les miroirs plus large (il y a de la lumière qui passe entre les miroirs)
- Le même 'sciseau' peut être plus longue en l'étirant plus, ceci permet des miroirs plus larges.
- Utiliser des barres d'aluminium d'une largeur de 8mm au lieu de 10mm (réduction de la taille en état plié) ?
- Travailler avec une géométrie 3D pour pouvoir utiliser une casserole de forme normale au lieu de la casserole fine et haute ?
- Il faut des pieds télescopiques pour pouvoir pencher le réflecteur en arrière pour des angles d'illuminations 'tropicaux'.

2. Quel diamètre de casserole, quelle déformation du miroir ?

Un volume d'un litre peut avoir un diamètre de 8cm et une hauteur de 24cm, un diamètre de 10cm et une hauteur de 13cm ou un diamètre de 12cm et une hauteur de 9cm, p.ex. Notre choix était de chercher une casserole diamètre 12cm et de focaliser le lumière le mieux possible sur une cible de 12cm x 12cm¹. Une étude des déformations des miroirs (vertical, horizontal, deux ou trois éléments plats avec un angle entre eux, ..) nous a fait choisir des miroirs d'une largeur maximale égale au diamètre de la casserole (i.e. 12cm) et d'une déformation en rapprochant le haut et le bas de chaque miroir.

3. Etude des casseroles de camping du commerce

Une petite étude a été fait pour connaître les casseroles du marché qui correspondent plus ou moins aux dimensions désirées. Plusieurs models d'un diamètre entre 12 et 16cm ont été trouvés, le poids sans couvercle est d'entre 120g et 300g, le prix au magasin entre 3 Euro (casserole chinoise en inox, magasin chinois en Espagne) et 43 CHF (magasin spécialisé de camping).

Pour les tests, une casserole en aluminium et deux casseroles en inox d'un diamètre de 12cm ont été utilisées. Sur une des casseroles, une bande de cuivre avec un revêtement sélectif a été collée (avec une colle thermique au silicium). Les résultats de cette casserole n'ont pas été concluants.

¹ Grâce au 'tapis' (miroir horizontal), les miroirs doivent focaliser sur une cible virtuelle de 24cm x 12cm.



5 casseroles 'standard' et le récipient haut et mince des prototypes P1a.

4. Les prototypes P2

Prototype: P2.1

Nom de travail: 'grille-nain'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, pliable par une structure 'sciseau' en aluminium, deux demi-réflecteurs à un angle de 60° env., tiges en fibre de verre, 10 miroirs en aluminium (58cm x 10cm), courbés, angle de chaque miroir réglable indépendamment (freiné par un ressort), plaque de base horizontale en plastique, casserole standard diamètre 12cm.



Résultat des tests: La focale est très précise pour les miroirs 4,5,6 et 7. Les miroirs 1 et 10 ne servent à rien, les miroirs 2,3,8 et 9 sont difficile à focaliser. Puissance mesuré maximale de 85W².

Ces premier tests on montré que la distance miroir-casserole était trop différente selon la position du miroir (centré ou extérieur). Il fallait trouver des moyens de focaliser les miroirs *extérieurs* également. En général, il fallait pencher les miroirs extérieurs en arrière. **La structure 'sciseau' nous permet une certaine déformation**, en jouant sur les longueurs des 'bras' et sur l'angle entre les deux 'bras', indépendamment pour le haut et pour le bas. Une autre liberté est la forme du 'tapis' réfléchissant. Une dernière option: rallonger les tiges en fibre de verre extérieurs.

² Toutes les mesures de puissance ne sont qu'indicatives et elles ne sont pas comparables entre elles. Elles ont été faites sous des conditions réelles durant des saisons différentes.

Une longue série de tests (sur le 'simulateur des saisons') a montré qu'il est idéal de:

- garder la longueur des 'bras' du bas ainsi que l'angle entre ces deux 'bras' stable
- varier la longueur des 'bras' du haut ainsi que l'angle entre ces deux 'bras' selon la hauteur du soleil
- tirer les bouts extérieurs du 'tapis' vers le haut
- rallonger les tiges extérieures de quelques cm pour une hauteur du soleil 'tropicale' (hauteur > 60°).

Prototype: P2.2

Nom de travail: 'grille-nain déformable'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, pliable par une structure 'sciseau' en aluminium, deux demi-réflecteurs à un angle de 60° env., tiges en fibre de verre, 10 miroirs en aluminium (58cm x 10cm), courbés, angle de chaque miroir réglable indépendamment (freiné par un ressort), plaque de base horizontale en plastique tiré vers le haut aux extrémités, longueur et angle entre 'bras' supérieures réglable, casserole standard diamètre 12cm, paravent en polycarbonat diamètre 15cm.
Poids: réflecteur = 1350g, casserole, paravent, tapis = 530g.



Résultat des tests: La focale est très précise pour les miroirs 2-9, les miroirs 1 et 10 sont difficile à focaliser. Puissance mesuré maximale de 102W. Tests de cuisson concluants.

Pour la suite, nous avons décidé de tester un modèle plus haut, mais moins large (sans les miroirs 1 et 10).

Protoype: P2.3

Nom de travail:'extra-haut'

Déscriptif: Réflecteur fresnel, pliable par une structure 'sciseau' en aluminium, deux demi-réflecteurs à un angle de 60°env., tiges en fibre de verre, 8 miroirs en aluminium (74cm x 10/11cm), courbés, angle de chaque miroir réglable indépendemment (freiné par un ressort), plaque de base horizontale en plastique tiré vers le haut aux extrémités, longueur et angle entre 'bras' supérieures réglable, casserole standard diamètre 12cm, paravent en polycarbonat diamètre 15cm.



Résultat des tests: La focale est très précise. Puissance mesuré maximale de 86W. Tests de cuisson concluants. Le cache en polycarbonat peut se déformer dû à la forte chaleur.

5. Le contenu du 'paquet cuiseur'

Les expériences ont montré que nous n'avons pas seulement besoin d'un réflecteur et d'une casserole, mais le cuisueur complet doit contenir les éléments suivants:

- Le réflecteur pliable
- La casserole
- Deux fisselles de stabilisation avec languettes en tissu (pour sol dur)
- 2 ou 4 sardines (pour sol mou)
- le 'tapis' en plastique réfléchissant, pliable, avec 3 pinces pour l'attacher au réflecteur
- Le paravent en polycarbonat
- un disque en liège sous la casserole
- év. deux 'pattes' en tissu
- év. deux plaques en liège de protection pendant le transport
- év. un petit appareil pour mesurer la hauteur du soleil³
- deux sacs de transport

Dans le cas des prototypes P2, tous ces éléments ensembles ne pèsent pas plus que 2 kg.

Le stockage se fait facilement en deux sacs: un long pour le réflecteur, un deuxième de la taille du paravent qui contient les autres éléments.

6. Tests de cuisson

Au Brésil, le prototype P1a4 a été utilisé pour faire bouillir de l'eau. Ceci fonctionnait bien pendant l'après-midi, mais mal autour de midi, dû au soleil qui se trouvait quasiment au zenith. Ce prototype n'a pas été conçu pour être penché en arrière.

³ Cet appareil pourrait indiquer la hauteur du soleil par l'ombre d'une pointe. Il y aura trois classes de hauteur distinguées par des couleurs, p.ex. Les réglages à faire sur le réflecteur seront marqués par les mêmes couleurs.

En Espagne – dans des conditions météorologiques très favorables – le prototype P2.2 a préparé du riz avec des légumes, du riz avec une tomate farcie et un petit pain !

En Suisse, avec le soleil de fin d'été, le prototype P2.3 a servi à faire de la polenta, des céréales, des haricots, un biscuit, etc. Les tests ont été concluants, même si la durée prévue d'une heure était souvent dépassée (le riz complet, p.ex., demande une cuisson longue). En règle générale, il est conseillé de reorienter les miroirs toutes les 30 minutes. La position du cuiseur complet n'a pas besoin d'être réglée.



7. Tests de voyage et de montage / démontage

Les prototypes ont été utilisés pendant deux voyages, le premier au Brésil, le deuxième en Espagne et en Italie. Ils ont fait 5 trajets en avion (bagage à main) avec autant de contrôles aux rayons X. Le réflecteur a plusieurs fois incité l'intérêt des surveillants, mais il a toujours été accepté pour la cabine. Les cuiseurs ont également fait un bon nombre de trajets en bus et en train sans dégâts (seulement le sac en tissu trop fin s'est usé).

Le montage et démontage s'est fait quelques dizaines de fois sur des sols très variés. Le montage sur sol mou est plus facile (avec des sardines). Sur un sol dur, il faut trouver soit de grosses pierres, soit des bouteilles en PET remplies d'eau pour stabiliser la position. La

stabilité au vent est bonne si les ficelles sont bien ancrées. Le montage dure 2-3 minutes env.,
le démontage un peu moins de temps.

Un voyageur a demandé de prendre un cuiseur au Ladakh, mais il malheureusement renoncé
en dernière minute.

8. Photos diverses de cette phase



CENTRE NEUCHATELOIS DE CUISINE SOLAIRE
ALTERNATIVE SOLAIRE



CUISEUR SOLAIRE
ULTRA LIGHT



The ultralight solar cooker for travellers : 2kg including the cooking pot

La cocina solar ultraligera para viajeros: 2 kg con recipiente para cocinar

Dr. Michael Götz, ULOG Suisse, Rue Matile 71, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland,
info@cuisinesolaire.com, www.cuisinesolaire.com

Many solar cookers are adapted to stationary use or are adapted to car travellers. The goal of this project is the development of an ultralight solar cooker for backpackers and cycle travellers. Market, patents and mirror geometries were studied before a series of prototypes were constructed and tested. The latest model fulfils the weight goal of 2kg with the cooking pot, but lacks power w.r.to the technical goals.

1. Motivation

Backpackers, cycle tourists and travellers hardly find solar cookers appropriate to their needs (while many cookers are suitable for car travellers). Box cookers are heavy and rather slow for travellers, parabolic cookers too bulky and heavy. There are a few lightweight cookers on the market, but they disappoint from the point of view of the convenience of use.

The aim of this project was therefore to develop an ultralight solar cooker which is easy to set up, easy to unfold, faster than a box cooker and which 'looks good'.

2. Technical goals

The following technical goals were defined (among others):

Boiling time for 1 litre of water:	45 minutes	Easy set up, easy unfolding in max. 1 minute	
Cooking time for a meal for 2 persons:	1 hour	Stable w.r.to wind	
Weight with cooking pot:	2 kg	Robustness:	allows transport on a backpack and by airplane
Folded size:	max length 45cm		

3. The study

3a) Market study: 22 types of 'transportable' solar cookers have been identified studying the internet and our archives.

3b) Patent study: The 254 patents of the 'solar cooker' section of the European patent database have been checked and the most interesting examined in order to find existing solutions for the different functions of the cooker.

3c) Study of mirror geometries: 14 potentially interesting 2 or 3-dimensional geometries have been identified.

Two geometries were chosen for the first prototypes: a 'vertical linear Fresnel mirror' (with an additional horizontal mirror to optically double the height of the cooking pot) and a 'section of a parabola'. One criteria for the choice of a geometry was the idea to keep the cooking pot at or near the ground to avoid a heavy stand for the pot.

4. Prototype and testing equipment

A large number of prototypes have been built and tested. A 'seasons simulator' has been created in order to test the optical quality of the focus for different illumination angles (sun at 30°, 45° and 60° inclination; azimuth oriented to the sun or +/- 30 or 60 minutes): a platform which can be oriented in order to find the desired illumination angles (inclination, azimuth) between platform and sun (see figure 2).

Of the two first prototypes, the 'section of a parabola' was abandoned, as we could not find a simple folding mechanism. We continued the way of the linear Fresnel geometry - combined with a 'scissor' structure for the frame as a simple folding mechanism. Figures 3 to 6 show details of the development. The initial 2-dimensional structure was changed to 3-dimensional and bent, a polycarbonate windshield has been added and the dimensions of the upper and lower scissor were optimised. The horizontal mirror was changed from flat to bent as well.

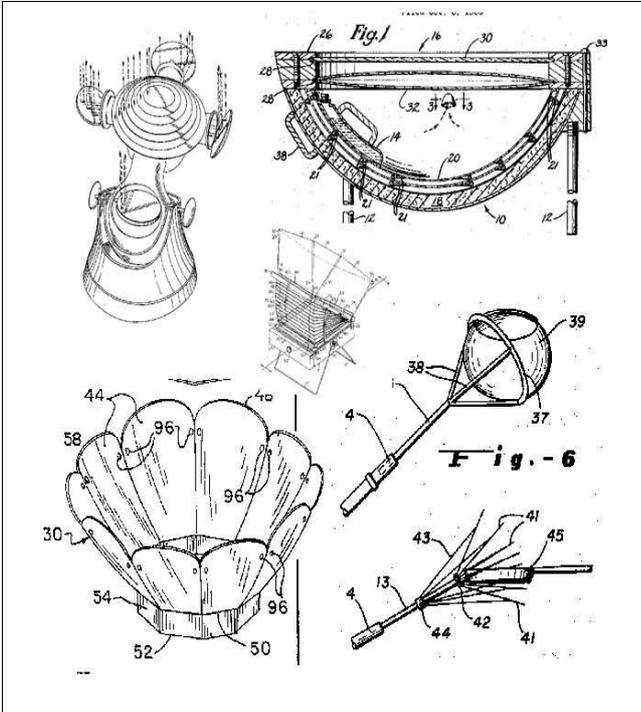


Figure 1. Drawings from different solar cooker patents.

Figure 2. A first Fresnel' prototype on the 'seasons simulator'



Figure 3. A foldable 2-dimensional fresnel cooker is being tested in Brazil.

Figure 4. The following model works with a 3-dimensional fresnel geometry.



Figure 5. The 'scissor' mechanism allows for an easy folding of the cooker.



Figure 6. A polycarbonate windshield protects the cooking vessel.

5. State of the project and future

The prototype being tested in April and Mai 2005 fulfils the weight goal with a total weight of 2kg including cooking pot, windshield and transportation bag.

Its (measured) maximum power is 100W, lower than the aimed 130W. Under many illumination angles, the outermost mirrors do not reflect to the cooking pot. A further prototype will therefore be higher and less wide. More technical means to enhance power have to be tested: using a cooking pot with a low emissivity coating, using a windshield with an antireflective coating and insulation below the cooking pot.

Only very few actual *travelling* tests have been done so far. Further tests in real travelling conditions are foreseen before a first small series of cookers can be fabricated.

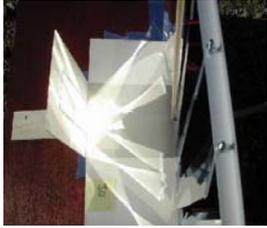
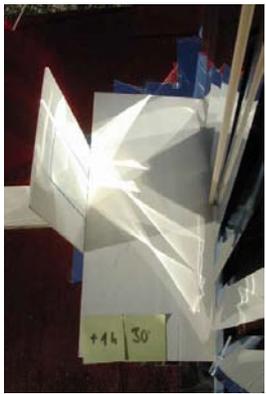
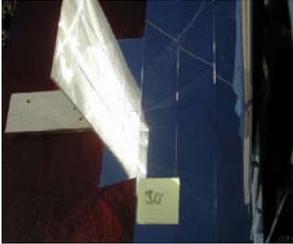
The author would like to thank the Swiss energy department for the funding of the project (grant number 100666 / 151010) and Cyril Goujon for his collaboration.

Annexe 2 : Exemples de mesure

1. Exemple de tests de qualité de focale avec le 'simulateur de saisons':

Ces exemples montrent des mesures faites le 6 décembre 2004 avec le prototype P1a3. La première ligne montre une hauteur de soleil de 30°, la deuxième ligne une hauteur de 60°. La casserole est remplacée par une cible en bois, une ligne bleue indique la taille de la casserole (haute et fine dans ce cas).

Les deux colonnes de gauche montrent la focale sans miroir horizontal ('tapis'), les deux colonnes de droite la même situation avec le miroir horizontal. Chaque fois, la qualité de focale est montrée d'abord pour un réflecteur bien réglé et ensuite pour le même réglage une heure plus tard.

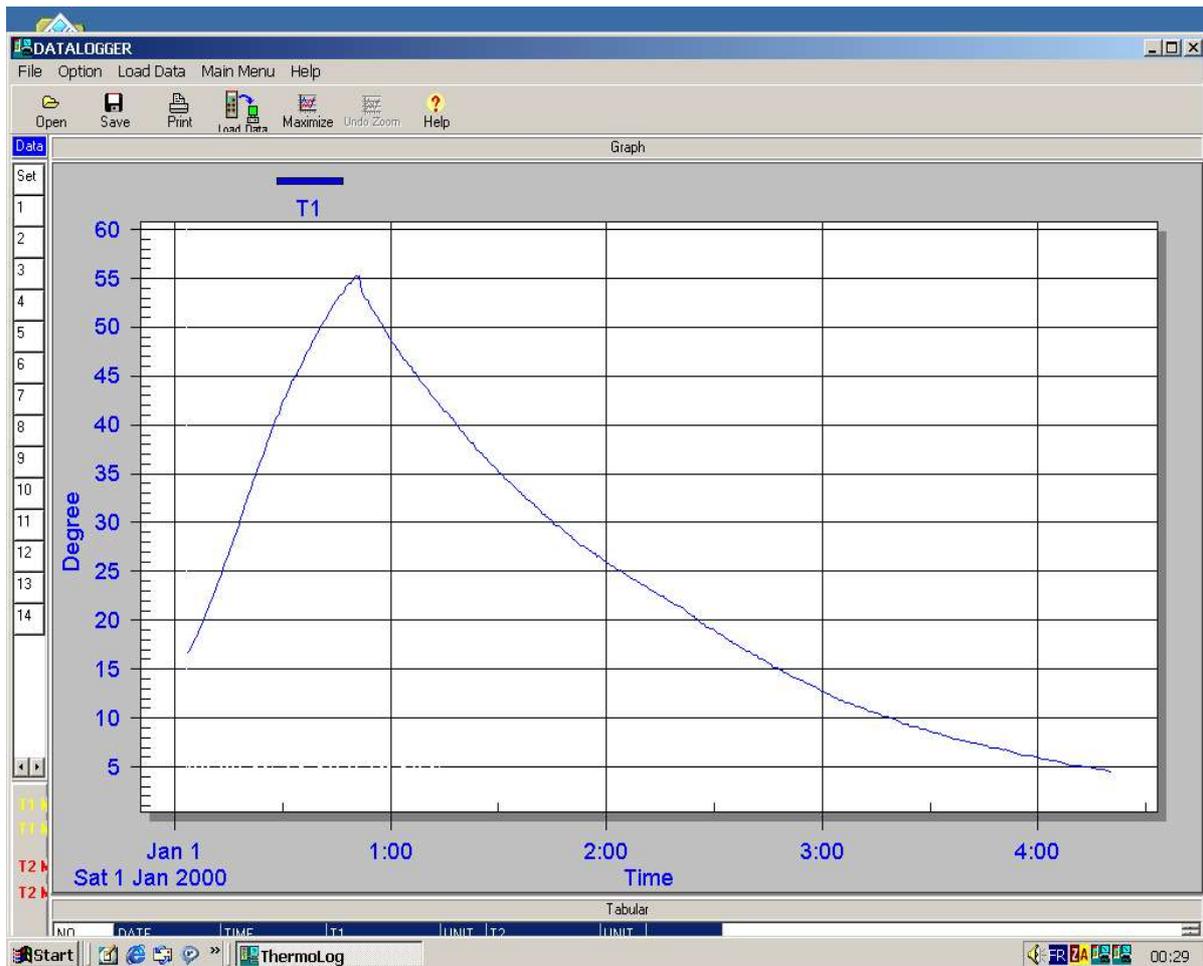
	<i>focalisé</i>	<i>60 min plus tard</i>	<i>focalisé</i>	<i>60 min plus tard</i>
30°				
60°				



2. Exemple de mesures de puissance:

Cette mesure a été faite le 5 janvier 2005 à Neuchâtel. Un litre d'eau a été chauffé avec le prototype P1a4 en utilisant une casserole haute et fine **sans** paravent. La température extérieure a été 10°C. Un ensoleillement de 45° (hauteur du soleil) a été simulé. A une température de 55°C¹, le réflecteur a été tourné à l'ombre pour mesurer les pertes de la casserole.

Dans cette mesure, la puissance de chauffe réelle de l'eau (autour de 40°C) est de **77W**, les pertes (autour de 40°) ont une puissance de **-34W**.



¹ Ceci est une exception. Les autres mesures vont jusqu'à l'ébullition de l'eau.