

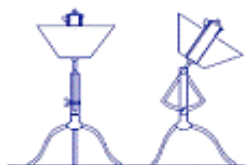
# Le four, pisteur de soleil

Copyright 1987, 1988, 1990, 1992, 1993 by  
C. Alan Nichols P.E., C.E.M.  
Tucson, Arizona  
All rights reserved



## 1. Introduction

L'invention de la cuisson solaire commença il y a 220 ans et fut utilisé par la Légion Etrangère en 1870. Tous les fours solaires fonctionnent sur le principe de concentration des rayons du soleil afin d'augmenter les températures de cuisson de l'eau et des aliments. La cuisson commence aux environs de 65° C bien que des températures de 120° C à 205° C soient préférables.



Le foyer des fours solaires de type réflecteur ouvert concentre les rayons du soleil sur les marmites ou les casseroles. Les fours solaires captent la chaleur de l'astre à l'intérieur de boîtes isolées et fermées par un couvercle transparent. Nombre de fours solaires sont en fait des variantes de la boîte à pain conçue par deux femmes de l'Arizona, Barbara Kerr et Sherry Cole.



Ces simples fours-mallettes créés en 1970 sont maintenant utilisés dans le monde entier pour pallier les manques de nourriture dans les pays en voie de développement. Dans des lieux comme l'Afrique orientale, les femmes indigènes parcourent de 30 à 50 km afin de ramener 2 jours de combustible pour cuisiner. Dans d'autres parties du monde, les taux de malnutrition de plus en plus élevés sont causés par le manque de combustible. Les aliments à base de graines ne peuvent être cuisinés sans combustible et l'eau infectée par des bactéries chroniques doit être chauffée avant d'être bue. La collecte continue de bois destiné à la cuisine en abattant les arbres conduit à l'érosion des collines et à la perte de la précieuse couche arable, réduisant ainsi leur capacité à faire pousser des aliments.

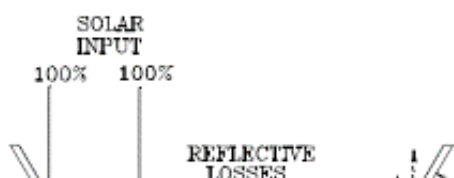


En Amérique nous nous sentons concernés par des choses telles que les frais d'exploitation, la pollution atmosphérique, les pluies acides et l'effet de serre. Il faut dire que la cuisson d'une casserole de haricots sur une plaque électrique prend une heure, usant un kilowatt. La centrale thermique qui a fourni l'électricité a consommé 500 grammes de charbon et dégagé 0,50 m<sup>3</sup> ou 900 grammes de CO<sub>2</sub>. Cette centrale a également consommé 2,65 litres d'eau de source et relâché un peu d'acide SO<sub>2</sub>. Supposons que vous fassiez la cuisine dehors. 2,5 kg de steaks sur un grill utiliseront 10 livres de charbon de bois et 140 grammes d'alcool à brûler. Ce feu produira approximativement 5 m<sup>3</sup> ou 15 livres de CO<sub>2</sub> et une indicible pollution de l'air. Et les feux de bois sont même pires.



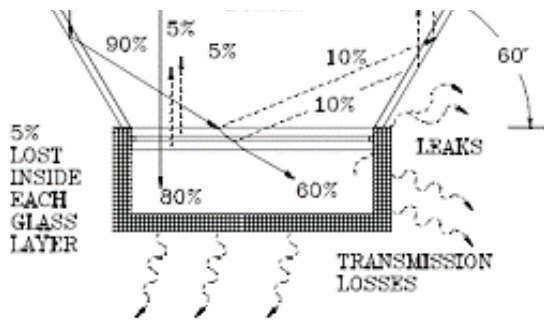
La cuisine domestique à en moyenne 100 heures par an consomme à peu près 1,175 Kilowatts/heure. A 10 cents le kilowatt, la facture annuelle s'élève à 117 dollars (environ 100 euros). En été, rajoutez la facture d'air conditionné, portant le total à 167 dollars (environ 141 euros) par an. En Arizona, la cuisine solaire peut remplacer 70% des dépenses de cuisson. Cela permettrait de sauver 838 kilos de charbon et 1,5 tonne de CO<sub>2</sub> généré par les centrales thermiques. En clair, la cuisine solaire est arrivée à maturité.

## 2. Comment fonctionne un four solaire



La température de cuisson d'un four solaire est atteinte quand le gain solaire égale les pertes de chaleur. Ainsi la température de cuisson d'un four est un juste équilibre entre le gain et les pertes de chaleur solaires. Les pertes de chaleur entrent dans cinq catégories :

1. Pertes de réflexion



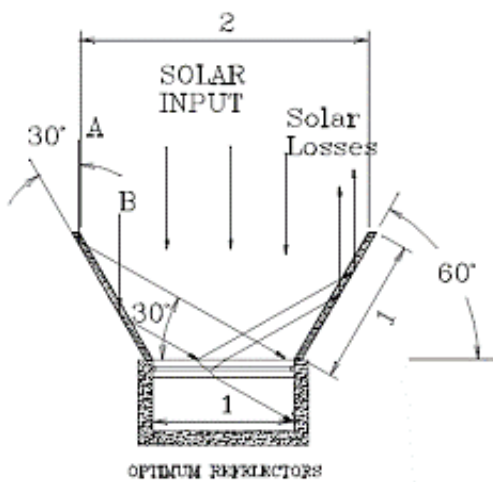
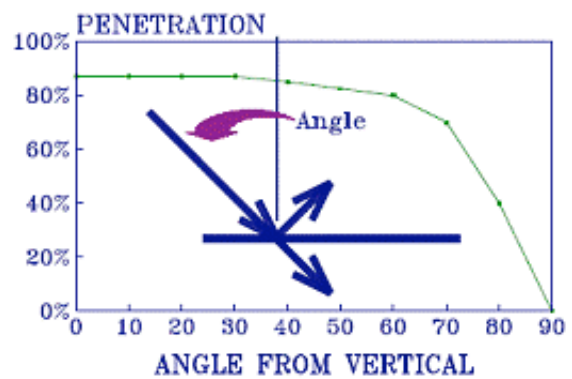
2. Pertes d'absorption
3. Pertes de transmission
4. Pertes d'écoulement
5. Pertes par les aliments (chaleur perdue à la cuisson)

Le gain solaire est un facteur de la surface totale exposée au soleil et à l'efficacité de sa collecte. Pour les réflecteurs cette propriété est acceptable mais pour le verre du couvercle, la lumière doit d'abord entrer dans la chambre de cuisson, ou alors les miroirs sont inopérants. Comme une pierre ricochant sur l'eau, le rayon rebondira sur la surface de la vitre sans la pénétrer si l'angle est trop superficiel.

Pour une bonne pénétration des miroirs ou des réflecteurs avec une bonne diffusion, un angle vertical d'environ 30° permet une utilisation optimale des matériaux. Pendant qu'il s'avère qu'un réflecteur égal à la largeur de la chambre de cuisson produit un effet optimal pour l'usage des matériaux. Avec un tel concours de circonstances, les réflecteurs peuvent être repliés sur la chambre de cuisson et rendre le four portatif !

La lumière frappant le bord éloigné du réflecteur devra entrer dans la chambre de cuisson au bord opposé du réflecteur pour être efficace. Chaque réflecteur étant égal à la largeur de la chambre de cuisson, un angle vertical de 30° (ou horizontal de 60°), permettra à toute la lumière frappant les réflecteurs d'entrer dans la chambre de cuisson. Grâce à cette géométrie vous pouvez encore plier les miroirs !

### LIGHT PENETRATION



Un four optimal pourra cuire tout ce que vous pourrez y mettre. Déplier les réflecteurs pour agrandir le collecteur produira plus de chaleur et permettra une cuisson plus rapide. Si vous agrandissez les réflecteurs, le four deviendra moins portatif. Doubler la longueur des réflecteurs augmente sa largeur seulement de 20% sinon l'angle sera trop raide. Un angle faiblement accentué des rayons sur les réflecteurs rend ceux-ci plus réfléchissants. La pénétration des rayons à travers le couvercle est légèrement meilleure lorsque l'angle est plus vertical.

Sur les cinq facteurs agissant sur la température de cuisson d'un four, trois d'entre eux génèrent une perte thermique. Les pertes transmises sont contrôlées par l'isolation. Les couvercles à double vitrage ont deux fois plus de valeur que les couvercles à simple vitrage. Les pertes d'énergie sont contrôlées par une construction bien hermétique. La chambre de cuisson devra être bien ajustée et protégée de l'humidité à l'intérieur.



La chaleur solaire est transférée dans les aliments par trois mécanismes. Premièrement, par les rayons solaires directs, la lumière frappant directement les aliments. C'est un peu comme un grill. Deuxièmement, par convection, par l'air chaud qui circule autour de la nourriture dans la chambre. Troisièmement, par conduction de la chaleur du plateau sur lequel reposent les aliments. Si le plateau est conçu dans un métal épais tel que l'acier ou l'aluminium, les rayons solaires chaufferont la plaque et conduiront la chaleur sous les aliments comme un fourneau. Les trois mécanismes réunis rendent le processus de cuisson des aliments vraiment efficace.



En somme, comme l'énergie solaire est transférée dans les aliments, la perte thermique fait chuter la température du four à 25° par rapport aux 50° initiaux. Cette perte est seulement temporaire. Quand la température des aliments approche celle du four, l'arôme emplit peu à peu l'air, c'est le nirvana.

### 3. Introduction au four solaire pisteur

Ce four-mallette a été labellisé high tech, pour sa capacité à suivre le soleil par ses propres moyens. Le concept décrit ici n'est pas celui d'un four portable. Les matériaux utilisés sont durables et indiqués pour une utilisation extérieure pendant de nombreuses années.

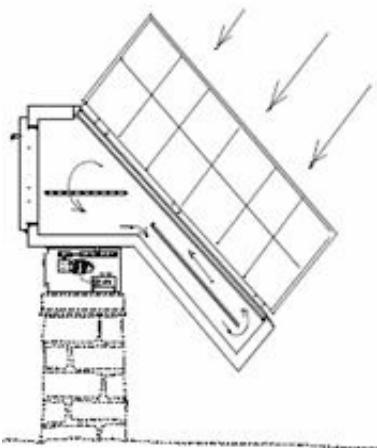
Les caractéristiques principales sont :

- Haut support pour un four à hauteur d'homme.
- Inclinaison fixe pour que le collecteur ne soit pas ajusté tout au long de l'année
- Utilisation de double vitrage et d'un collecteur à surface plane pour concentrer la chaleur du soleil dans la chambre de cuisson.
- Mouvement naturel de l'air augmentant la cuisson par convection et chauffant le plateau
- Rotation autour d'un axe fixe permettant de suivre la course du soleil durant la journée par des moyens manuels ou automatiques
- Capacité à recevoir une grande quantité d'aliments.

Plus le dispositif solaire est utilisé est grand, plus l'économie d'énergie est importante. Ainsi, le concept de ce four vise à un usage fréquent par ceux qui exigent le confort. Ce modèle ne requiert pas de surveillance pendant la journée lors de la cuisson d'un grand repas.

Ces instructions fourniront un sommaire basique des techniques de réalisation d'un four pisteur par vous-même.

### 4. Comment fonctionne le four



Comme pour tous les fours solaires, les miroirs intensifient les rayons solaires à travers un couvercle vitré, isolant la boîte avec une porte, pour poser ou sortir les aliments. Ce four est muni d'un collecteur plat intégré afin de concentrer la chaleur vers le bas et d'augmenter l'efficacité. Le revêtement plat est très efficace et diminue en outre la taille globale tout en offrant une plus grande chambre de cuisson. Les hautes températures nécessaires à la cuisson requièrent l'utilisation de miroirs.

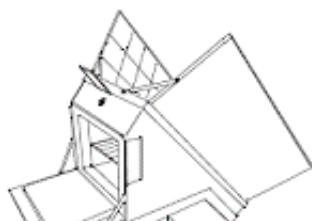
Le diagramme montre un exemple de circulation d'air chaud dans le four et la chambre de cuisson. Les miroirs peuvent être repliés pour faciliter le transport du four.

Le four monté est fixé sur un socle muni d'un roulement à billes. Cela permet de suivre le cours du soleil toute la journée. Le mécanisme pisteur utilise un tout petit peu d'énergie électrique permettant de faire fonctionner le four avec des petites piles et un chargeur de batterie. La porte du four est à la même hauteur et à la taille standard d'un four.

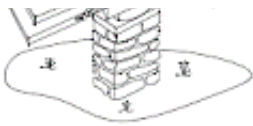
Ces dispositifs rendent la cuisson solaire aussi commune et facile que

celle dans votre propre cuisine.

### 5. La construction d'une coque



Il y a de nombreux moyens de construire une boîte ou une coque isolée. Mon premier four utilisait de la laine de roche de 2,5 cm d'épaisseur utilisée dans l'industrie de la climatisation.. En utilisant un cutter et un fer plat vous pouvez façonner une coque de n'importe quelle taille en utilisant de la bande à chaud trouvée dans le commerce. Pour obtenir la meilleure performance moyenne, toute l'année, positionnez l'angle de face sur votre latitude approximative plus dix degrés mesurés à partir de l'horizon (42 degrés à Tucson). Une fois la coque achevée, recouvrez-la d'une couche supplémentaire d'isolant. Cela



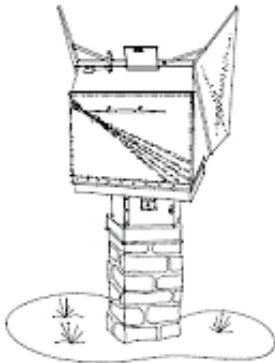
fera un total de 5 cm d'isolation, avec du brillant sur les deux faces.

Pour finir la coque, utilisez une feuille de métal mais la majeure partie du métal utilisé se compose de petites chutes de feuilles de métal. Un fois les ouvertures et les coins taillés, les grandes surfaces des côtés sont laissées

sans protection. Le four a été exposé aux intempéries pendant huit ans sans dommage (à part les pics-verts) ; Il est toutefois meilleur de recouvrir complètement les côtés avec du métal.

La porte est en métal, 2,5 cm d'épaisseur sur le panneau et 5 cm d'épaisseur sur l'ouverture. On a utilisé un cordon de silicone que l'on a aplati pour former un joint à peu près étanche à l'air. La porte est attachée avec une charnière de piano et un contrepoids, de telle sorte que la porte forme une tablette retenue, une fois ouverte.

## 6. Assemblage des vitres



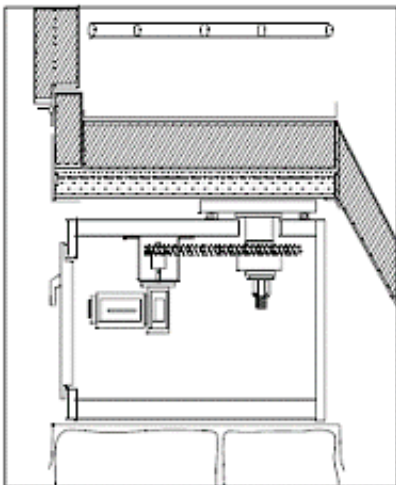
Le panneau à double vitrage est facile à réaliser en utilisant une vitre ordinaire et une entretoise. Faites couper par votre vitrier des bandes d'un centimètre de large de verre de 6mm et 2 vitres légèrement plus petites que votre ouverture. Utilisez ces bandes de verre et du silicone pour former tout autour un double vitrage avec un espace d'air de 6mm entre les deux vitres. Vous devez laisser un passage ou trou de drainage pour empêcher que la pression ne s'établisse dans l'espace vide. Le panneau de verre peut maintenant être scellé sur l'ouverture rendant le four étanche. Récemment j'ai ajouté une troisième couche de verre pour faire un couvercle à triple vitrage, la température de cuisson a augmenté de 4° C.

Des tuiles de miroir de 30cm sont collées en se chevauchant sur les bords plats du caisson. Les tuiles de miroir sont faites dans un verre plus mince et font de meilleurs réflecteurs. Les deux réflecteurs s'emboîteront alors ensemble une fois

fermés.

Ouverts, les miroirs doivent être positionnés à soixante degrés pour une meilleure performance. Les charnières d'une vieille table de pliage conviennent parfaitement pour tenir ouvert les miroirs et les relier plus tard si nécessaire.

## 7. Construction de la base



La base pourra être de forme cylindrique avec un côté plat pour la porte. Puisque le four est soutenu par la base, la matière employée devra être assez solide non seulement pour soutenir le poids du four mais également pour le maintenir les jours de grands vents. Le moteur est une partie fondamentale du concept. Un moteur de 12 ou 24 volts à transmission réversible, qui tourne de 1 à 5 R.p.m, est nécessaire. Pour ralentir un peu plus le taux de rotation du four, une chaîne et un pignon avec un rapport d'environ 3 à 1 semble très bien convenir pour une vitesse de rotation finale de 1 à 1/2 R.p.m. Le grand pignon devra être placé sur l'axe relié à la base du four par une courroie de machine à laver pour former un embrayage flottant afin de protéger l'entraînement du moteur et pour raisons de sécurité.

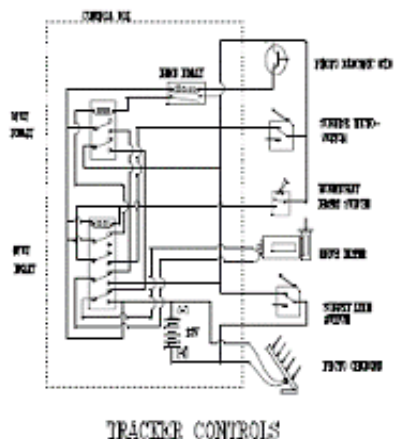
## 8. Les contrôles du pisteur

Le cœur du four solaire pisteur est son contrôleur électronique. Un contrôleur très simple construit à partir d'une photodiode (œil électronique) et des relais DC de 12 volts. Vous trouverez la plupart des pièces dans les magasins locaux de pièces de radio. Le chargeur de batterie de cellule photo-électrique qui convient bien est très mince, type *étui à lunettes*, produit 18 à 20 volts et mesure seulement 15 cm<sup>2</sup>. Les batteries sont des cellules rechargeables de série, type AA en nickel cadmium simple, qui produisent 12 à 15 volts de 50 à 80 milliampères

La photodiode (œil électrique) est un vrai phototransistor utilisant seulement les fils de l'émetteur et du collecteur lesquels gèrent l'électricité en présence de la lumière. Un simple cache assombriera l'œil

électrique une fois le four aligné sur le soleil ce qui causera l'arrêt du moteur. Au début, la photo diode photo est bien trop sensible. Pour ajuster sa sensibilité, on peut gratter le silicone noir sur sa surface puis l'enlever avec un cure-dent jusqu'à ce que la cellule réponde uniquement à la lumière directe du soleil. L'interrupteur de réinitialisation provoquera la marche arrière du moteur jusqu'à ce que l'interrupteur de lever de soleil soit activé. Le four est maintenant placé pour le jour suivant. Un cycle achevé de 12h met en marche le bouton de réinitialisation qui permet la synchronisation du four ; il renvoie le four à la position du lever de soleil quand c'est fait et fait même sonner un buzzer. Les pisteurs de fours solaires conventionnels sont disponibles et peuvent être adaptés pour l'usage de presque n'importe quel autre four solaire dédiés à la cuisine.

## 9.



Après l'expérience de l'ennui avec la commande du pisteur, j'ai démonté le contrôleur pour découvrir que le problème avait été seulement provoqué par une vis en métal qui avait traversé un des câbles. Quand j'ai remonté le contrôleur, j'ai trouvé qu'il fonctionnait aussi bien sans tous les dispositifs automatiques supplémentaires. Cette version simplifiée de contrôleur est maintenant en service et atteint l'objectif. Les coûts matériels se divisent à peu près également entre la coque, le verre et l'électronique. La somme totale s'élève approximativement à \$300. (environ 252 euros)

Le four solaire pisteur est une conception unique. Pour ce four, l'idée est apparue en 1985 après la démonstration annuelle de fours solaires à Tucson. Le concept a reçu le "Clifford C. Sawyer Achievement" pour l'accomplissement technologique individuel dans l'application des principes de technologie, Association d'ingénieurs conseils américains, 1993.

