

# SolarOSE : concentrateur solaire thermique linéaire de fresnel

Concentrateur Solaire Thermique adapté entre 100°C et 250°C.

 Difficulté Difficile

 Durée 150 heure(s)

 Catégories Énergie, Machines & Outils

 Coût 2000 EUR (€)

## Sommaire

Introduction

Étape 1 - Sorties

Étape 2 - 1 -Champs de miroirs (2 jours)

Étape 3 - Etape 1 : Découper les tubes carrés

Étape 4 - Etape 2 : Pointer et percer les trous sur les tubes carrés support (30x40)

Étape 5 - Étape 3 : Pointer et percer les trous aux extrémités des tubes carres principaux:

Étape 6 - Étape 4 : Assembler les 4 tubes carrés:

Étape 7 - Étape 5 : Découper les supports des moteurs et des facettes:

Étape 8 - Étape 6 : Fixer les supports sur le cadre

Étape 9 - Étape 7 : Assembler les deux cadres

Étape 10 - 1.2 Facette miroir (2 jours)

Étape 11 - Étape 1 : Préparer les tubes carres'

Étape 12 - Étape 2 : Préparer les axes

Étape 13 - Étape 3 : Préparer les supports des axes'

Étape 14 - Étape 4 : Préparer les miroirs

Étape 15 - Étape 5 : Assembler les axes

Étape 16 - Étape 6 : Assembler les facettes (1/2)

Étape 17 - Étape 6 : Assembler les facettes (2/2)

Étape 18 - Étape 7 : Monter les facettes sur la structure support

Étape 19 - Améliorations possibles

Étape 20 - 2- Récepteur (2 jours)

Étape 21 - Étape 2 : Préparer les tubes carres inférieurs, les renforts, le tube carre transversal et le câble transversal.(1/2)

Étape 22 - Étape 2 : Préparer les tubes carres inférieurs, les renforts, le tube carre transversal et le câble transversal. (2/2)

Étape 23 - Étape 3 : Assemblage et montage de la structure

Étape 24 - 2.2 Squelette du récepteur (4h)

Étape 25 - Étape 2: Profils latéraux en L - 1h30

Étape 26 - Étape 3: Jonction de la poutre centrale et des profils lateraux en L - 1h

Étape 27 - Étape 4: cintre - 1h

Étape 28 - 2.3 Réflecteur CPC (3h)

Étape 29 - Étape 1 : Découpe d'une tôle miroir (15 min)  
Étape 30 - Étape 2 : trace des traits de pliage (30 min)  
Étape 31 - Étape 3 : Perçage (30 min)  
Étape 32 - Étape 4.1 : Pliage (1h) (1/2)  
Étape 33 - Étape 4.1 : Pliage (1h) (2/2)  
Étape 34 - Étape 4.2 : Courbure / Folding (1h)  
Étape 35 - 2.4 Tube chaudiere (absorbeur) et éléments du circuit hydraulique  
Étape 36 - Étape 2 : Éléments du circuit hydraulique  
Étape 37 - 2.5 Assemblage du récepteur (3h)  
Étape 38 - Étape 2 : Préparer le plat métallique de fixation latérale du réflecteur secondaire  
Étape 39 - Étape 3 : Fixer le réflecteur secondaire  
Étape 40 - Étape 4 : Placer le tube chaudière dans la cavité (ajuster sa position en hauteur et latéralement)  
Étape 41 - Étape 5 : Placer les capots réfléchissants aux extrémités de la cavité du récepteur (2/2)  
Étape 42 - Étape 5 : Placer les capots réfléchissants aux extrémités de la cavité du récepteur (1/2)  
Étape 43 - Étape 6 : Positionner les L et les jonctions  
Étape 44 - Étape 7 : Remplir le récepteur d'isolant tout autour de la cavité  
Étape 45 - Étape 8 : Intégrer le tuyau d'eau liquide  
Étape 46 - Étape 9 : Fermer avec le capot  
Étape 47 - Étape 10 : Ajouter la vitre (avec un joint en dessous et au-dessus)  
Étape 48 - Étape 11 : Positionner le récepteur sur sa structure.  
Étape 49 - Points à améliorer  
Étape 50 - 3- Systeme de suivi (2j)  
Commentaires

## Introduction

Guide de construction pas à pas du CONCENTRATEUR SOLAIRE THERMIQUE LINÉAIRE DE FRESNEL. Cette version est le démonstrateur conçu et construit par Open Source Ecologie. La réalisation finale a été propulsée par le fameux camp d'innovation POC21.

## Matériaux

### Steel:

- Tube 40×30 thickness:2 L1430 minimum length 1430 quantity:4 (Order : 1,5 x 6m)
- Tube 25×25 thickness:2 L2130 minimum length: 2130 quantity:4 (Order : 2x6m)
- Tube 30×30 thickness: 2 L2500 minimum length: 2500 quantity: 5 (Order: 2 x 6m)
- Tube 20×20 thickness: 2 L2200 quantity: 4 + L1000 quantity 2. minimum length: 2200 (Order: 2.5 x 6m)
- Tube\_50x50 ép.3 L3m minimum length: 3m quantity: 2 (Order : 1x6m)
- Jonc acier Ø8 quantity: 6M minimum length: 150mm (Order : 1x6m)
- Flat (15 to 20) x (2 to 2,5) L2,5m minimum length: 2,5m quantity: 2 (Order: 20,58×2,5 L6m)
- Flat (7 to 10) x (1 to 2) L2,5m minimum length: 2,5m quantity: 1
- Flat 20×3, L100mm quantity 2
- Flat 30×5, L2150mm quantity 1
- Profile. interior dimension : (20 à 35) x (30 à 50) L 2,2m

## Outils

Outils classiques d'un atelier métal et bois, dont:

- Scie
- Meuleuse
- Perceuse et jeu de forets pour le métal: 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 8mm, 10mm, 20mm.
- Forets bois: 4mm, 10mm.
- Papier bristol
- Cutter
- Instruments de mesure : mètre ruban supérieur à 3 m, réglet de 1 m, équerre et rapporteur
- 3 serre-joints
- scie plongeante

Plus:

- découpeuse/graveuse laser

quantity: 2; L 100, quantity 2. minimum length: 2,2m (Order: dim int 27 x 55,5 thickness: 3. dim ext 30 x 58,5)

- Stainless steel bar 8000 mm long, 8mm diameter

#### Aluminium:

- Square tube 2000m long, 20×40.
- 2000x 3000 (2000×2000 + 3 times 340 x 680 mm + 2 times 230 x 125mm + 2 times 50 x 50 mm) Mirror plate, anodized aluminum
- 0.2 mm thick Plate (printing offset plate) 700mm x 2100mm + 300x250mm

#### Screws:

- Screw M10 L80. Quantity: 2
- Screw M8 L100. Quantity: 12
- Screw M6 L70. Quantity: 32
- Screw M6 L60. Quantity: 40
- Screw M6 L70 quantity: 40
- Screw M6 L25. Quantity: 20
- Screws M5. Quantity :12
- Screw CHC (pan hex head) M4 L20 quantity: 50
- Screw M4 countersunk hex head. Minimum length: 10 quantity: 20
- Screw M3x16. Quantity : 80
- nut M8. Quantity : 42
- nut M6. Quantity :200
- nut M5. Quantity :12
- nut M4 quantity : 150. (60 in screws H M4 (thickness 3) + 50 in countersunk head screws M4 (thickness 3)
- Washers M3 quantity : 300. Ø9-Ø3,2-thickness:0.7
- Washers M4 quantity: 120. Ø12-Ø4,4-thickness:1
- Washers M6 quantity : 250. Øext 13.8 et 18
- threaded rod M8 quantity: 1000mm. minimum length: 400mm

#### Wood:

- Wood plate (for example laminated structural wood), minimum dimension: 810×500 (thickness:10) compatible with laser cut. Quantity: 2

#### Pipes:

- 1 brass tube with an exterior diameter of 55 mm and a length of 1900 mm
- 4.5 m copper pipes, minimum length 3m.

#### Other:

- Anti-rost painting
- sealant PVC alu special for glazing
- Height adjustable feet M8. Threading M8 L25 – total height 35mm quantity: 8
- Glass cover 1000x250x4 quantity:2
- 2000 mm length of a 2 mm diameter steel cable
- “element to adjust length of the cable” 1
- Glue
- Rockwool (or other fire resistant insulation material, 300°C) insulation 10 cm thick (600×1000) quantity 2.
- Cotton Insulation (for steam pipe) 10 cm thick, 600×1000, quantity 1.
- Aluminum adhesive tape (quote in text)
- Adhesive tape
- Auto-lubricating bushing. Quantity: 40

<https://github.com/osefrance/SolarConcentrator>

---

# Étape 1 - Sorties

**Sorties:** Le concentrateur de démonstration :

- \* champ de miroirs
- \* récepteur
- \* système électronique
- \* usage de démonstration

+ déchets et ressources restantes : restes de miroir, restes de métal (chutes d'acier, visserie, plomberie), restes de bois, restes d'isolant, restes de colle, restes de mastic.

## Étape 2 - 1 -Champs de miroirs (2 jours)

### 1.1 Structure support:

Temps: 1 jour La structure support est composée de deux cadres : répéter ou doubler les étapes 1 à 6, puis terminer l'assemblage par l'étape 7

## Étape 3 - Etape 1 : Découper les tubes carrés

**Materiel :** 2 tubes carrés principaux de 25×25 mm 2 tubes carrés support de 30×40 mm

**Outils:** Découpeuse/Scie à métaux, Lime/Meuleuse

**Comment :** Utiliser la meuleuse pour découper les 2 tubes carrés principaux sur 2130 mm et les 2 tubes carrés support sur 1430 mm.

## Étape 4 - Etape 2 : Pointer et percer les trous sur les tubes carrés support (30x40)

**Materiel :** 2 tubes carrés support de 30×40 mm sur 1430 mm

**Outils :** Perceuse papier bristol imprimante / découpeuse laser ruban adhésif

**Objectif:** Les deux tubes carrés de support des facettes de miroirs doivent être percés précisément de deux trous tous les 143 mm. La position de ces trous garantit le parallélisme des facettes entre elles. C'est important de travailler au millimètre pour que toutes les facettes réfléchissent la lumière sur une même ligne.

**Comment:** Imprimer le gabarit de poinçonnage sur du papier bristol en utilisant par exemple une découpeuse laser en mode découpeuse et traceur. Utiliser le plan disponible sur le fichier . Le gabarit est proposé en 2 parties, qu'il suffit d'assembler en joignant précisément les deux morceaux par simple contact. Positionner le gabarit sur le tube carré en veillant bien à ce que le papier soit d'aplomb sur les bords du tube et aux extrémités. Fixer le gabarit avec du ruban adhésif. Attention : si le tube carré est soudé par l'intérieur sur une face, il faut percer sur cette face. En effet, en perçant depuis la face opposée, le foret serait dévié à l'approche de la soudure. Poinçonner précisément l'emplacement des trous marqués sur le gabarit avec un pointeau et un marteau. Percer au foret de 6 mm, avec une perceuse à colonne. Utiliser un foret suffisamment long pour percer le tube carré de part en part. Attention, si le tube a une soudure sur une face intérieure, veiller à ne pas tomber sur la soudure à l'entame du deuxième trou.



## Étape 5 - Étape 3 : Pointer et percer les trous aux extrémités des tubes carrés principaux:

**Objectif:** Il s'agit de percer à chaque extrémité des 4 tubes, les deux de liaison qui assurent (dans une certaine mesure) le maintien de la forme carrée du cadre. Marquer en rayant les tubes, l'emplacement des trous comme l'indique le schéma : les 2 trous sont placés à 10 mm et 30 mm sur la largeur du tube de 40 mm et centrés à 12.5 mm sur la largeur du tube de 25 mm. De cette manière, les tubes sont fixés d'aplomb, à leur extrémité. Percer au foret de 6 mm, avec une perceuse à colonne. Utiliser un foret suffisamment long pour percer le tube carré de part en part (au moins 60mm pour percer les 2 tubes à la fois, en cas de rattrapage).



## Étape 6 - Étape 4 : Assembler les 4 tubes carrés:

Positionner les tubes carrés sur une table : les tubes de 25x25mm d'abord, puis par-dessus les tubes 30x40mm en appui sur la face de 40mm aux extrémités des tubes de 25x25mm. Les fixer à chaque angle avec une vis M6 de 60mm de long. Ajuster le positionnement des tubes en contrôlant l'angle droit avec une équerre. Si la deuxième vis ne rentre pas dans les deux tubes, ajuster l'alignement des trous en passant un coup de perceuse à main de part en part. Répéter l'opération aux quatre angles pour compléter la fixation.

## Étape 7 - Étape 5 : Découper les supports des moteurs et des facettes:

**Materiel:** Plaque de bois, découpeuse laser.  
Découper les pièces support des moteurs et des axes des facettes, en utilisant le fichier, à la découpeuse laser. Il faut 20 pièces supports de moteurs et 40 pièces support d'axe des facettes (un support à chaque extrémité de facette).



## Étape 8 - Étape 6 : Fixer les supports sur le cadre

Fixer avec 2 vis les supports des moteurs sur le tube, côté extérieur et les supports d'axe des facettes côté intérieur comme le montre le plan. Le moteur et l'axe viennent se fixer au-dessus du tube, donc leurs supports doivent dépasser vers le haut.

## Étape 9 - Étape 7 : Assembler les deux cadres

Après avoir construit les deux cadres comme indiqué aux étapes 1 à 6, il reste à assembler les deux cadres sur les tubes carrés de 50x50mm, découpés et percés aux emplacements adéquats, selon le plan technique.



## Étape 10 - 1.2 Facette miroir (2 jours)

**Matériel:** Tube carré/rectangulaire d'aluminium, Tige en Acier inox, Planche de bois, Miroir



---

## Étape 11 - Étape 1 : Préparer les tubes carres'

Découper les tubes d'aluminium de 40×20 mm à 2000 mm de longueur (ou les acheter directement à cette dimension). Percer un trou de 5 mm centré dans la largeur, à 100 mm de chaque extrémité. Tarauder ce trou pour des vis de 6 mm de diamètre (M6).

---

## Étape 12 - Étape 2 : Préparer les axes

Découper 40 tiges de 8mm de diamètre de 20 cm de longueur chacune. Créer un méplat à 147mm de l'extrémité de la tige qui sera placée à l'extérieur du tube aluminium.



---

## Étape 13 - Étape 3 : Préparer les supports des axes'

Dans une planche de bois de 100mm d'épaisseur, découper à l'imprimante laser 40 cales intérieures (coins arrondis) et 40 cales extérieures (coins droits) selon le fichier.

---

## Étape 14 - Étape 4 : Préparer les miroirs

Découper des bandes de tôle miroir de 2000 mm de longueur et 100 mm de largeur. On peut utiliser un cutter. Si la plaque de base n'est pas assez longue, on peut découper deux portions de 1000 mm de longueur pour couvrir chaque facette. Veiller à ne pas déformer le miroir, pour conserver une planéité parfaite des facettes : 0,1° de déformation génère 1 cm de décalage sur le récepteur.



## Étape 15 - Étape 5 : Assembler les axes

Pour chacune des 40 tiges axes : insérer une cale intérieure à l'extrémité intérieure de la tige (proche du méplat). Insérer une cale extérieure à l'autre extrémité et laisser dépasser 47 mm de tige. Poser l'axe et ses cales sur un support plan, avec l'axe en bas, de sorte à s'assurer que les cales sont parallèles entre elles. Dans cette même position, orienter le méplat vers le haut (photo). Fixer les cales avec un point de colle (araldite).



## Étape 16 - Étape 6 : Assembler les facettes (1/2)

Insérer les axes et leurs cales dans les tubes en aluminium. La tige axe doit être tangente à la face opposée au trou fileté. Ainsi, le méplat fait face à la vis. Fixer la vis dans le trou fileté jusqu'à appuyer l'axe au niveau du méplat. L'axe est alors maintenu en position dans la longueur et latéralement. Coller les bandes de miroirs sur les tubes en aluminium. Veiller à ce qu'ils soient bien centrés dans la largeur.



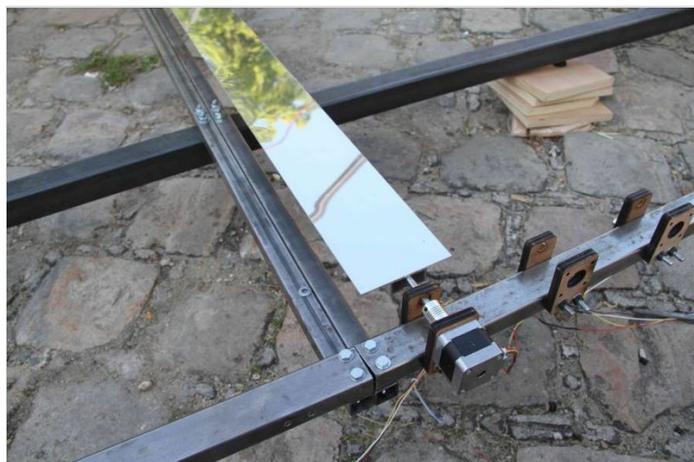
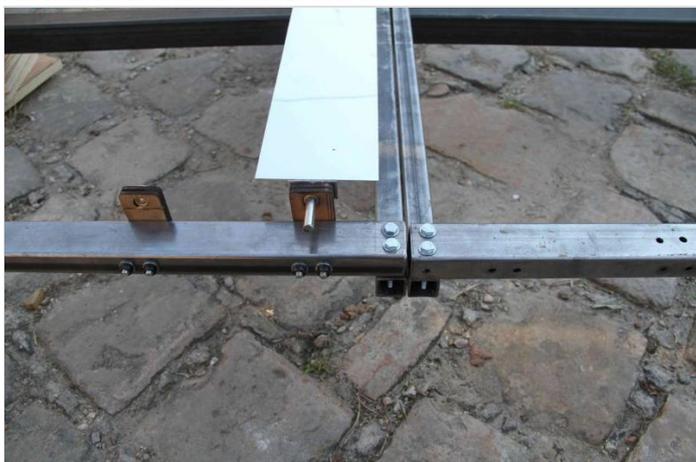
## Étape 17 - Étape 6 : Assembler les facettes (2/2)



---

## Étape 18 - Étape 7 : Monter les facettes sur la structure support

Assembler les facettes sur les cadres.





---

## Étape 19 - Améliorations possibles

### Améliorations possibles:

Ajouter un tube en diagonale de la structure carrée, pour éviter les mouvements de type parallélogramme déformable. La solution pour la facette avec tube carré en aluminium de 40x20mm, sur lequel est posé le miroir, est une amélioration. La première solution envisagée a été abandonnée : Solution avec demi-tube de PVC. (1-2h par 2 facettes ? ⇒ 10h. A optimiser) Découper 10 tubes PVC en deux dans la longueur (un gabarit peut aider à couper correctement le tube), formant ainsi 20 supports de miroirs. Découper 6 demi-disques en bois par facette, avec un trou pour positionner l'axe du moteur. L'axe est maintenu par 2 demi-disques à chaque extrémité. 2 demi-disques supplémentaires permettent de renforcer la structure et supportent les miroirs. Les bandes de 10cm de large de miroir sont collées sur la surface du demi-tube de PVC et s'appuie aussi sur les 6 demi-disques de bois. Le problème principal est la mauvaise résistance de la facette en torsion : l'ensemble de la lumière réfléchi ne serait pas collecté sur la même ligne, ce qui est réhibitoire pour de bonnes performances optiques...

---

## Étape 20 - 2- Récepteur (2 jours)

### 2.1 Structure support (1j)

#### Étape 1 : Préparer les tubes carrés du "tipi"

Découper 4 tubes carrés 30×30 sur 2300 mm (?) de longueur : une coupe droite + une coupe à 45°.

Percer selon le plan les trous pour l'assemblage des pieds du "tipi" (1 trou/tube carré), la fixation du récepteur (1 trou par tube carré), la fixation des tubes carrés inférieurs dans la longueur (2 trous par tube carré), la fixation du tube carré transversal (1 trou par tube carré). Vérifier la longueur totale du tube carré : la longueur qui importe pour le positionnement des trous est celle mesurée depuis la base du pied. Découper 4 plats de 30mm de large et 5mm d'épaisseur et 40mm (check) de long. Percer et tarauder les plats à 1 cm du bord pour fixer un pied réglable à vis de 8mm de diamètre. Souder les plats aux extrémités coupées à 45°. On obtient ainsi un pied horizontal réglable.



## Étape 21 - Étape 2 : Préparer les tubes carrés inférieurs, les renforts, le tube carre transversal et le câble transversal.(1/2)

Découper les tubes carrés inférieurs : 4 tubes carrés 20×20 sur 2200 mm (check) de longueur (Amélioration : ou un tube rectangulaire de 20×30 ou 20×40 ?). Souder 2 tubes carrés côte à côte pour former un tube rectangulaire. Les percer aux extrémités selon le plan. Découper les tubes carrés de renfort : 2 tubes carrés 20×20 sur 1000 mm de longueur avec un angle de 45° aux deux extrémités. Découper 2 plats de 20×3 sur 100 mm de longueur et 2 cornières 30×50 (profilé en L) sur 100 mm de longueur. Percer les 2 plats et les 2 cornières selon le plan. Souder les cornières et les plats selon le plan aux extrémités du tube carré de 100 mm. Les tubes carrés de renfort sont prêts. Bien veiller à obtenir un angle de 45° entre la surface extérieure du plat et le tube carré, ainsi qu'entre la surface extérieure de la cornière et le tube carré. Cela garanti l'angle droit entre le tube carré du "tipi" et le tube carré inférieure. Découper le tube carré transversal : un plat de 30×5 sur 2150 mm de longueur. Les percer aux extrémités selon le plan : les trous sont distants de 2120 mm (à 1500mm du trou d'assemblage du "tipi"). Découper le câble de 2mm de diamètre sur une longueur de 2000 mm environ. Ajuster sa longueur de manière à obtenir une longueur totale de 2120 mm entre les trous de fixation sur les tubes carrés du "tipi" : former une boucle à une extrémité et pincer à l'étau l'anneau de serrage sur le câble ; mesurer l'élément d'ajustage de la longueur en position ouverte (Lmax) et couper le câble à une longueur de (2120 - Lmax + 40 mm) de manière à former la boucle pour une longueur de câble finale (2120 - Lmax).



## Étape 22 - Étape 2 : Préparer les tubes carrés inférieurs, les renforts, le tube carre transversal et le câble transversal. (2/2)



---

## Étape 23 - Étape 3 : Assemblage et montage de la structure

Assembler à l'horizontale, les tubes carrés 2 à 2 pour former les deux supports en "tipi", à l'aide d'une vis de diamètre 10 mm. Visser les pieds réglables sur leur support, au bas des tubes carrés des "tipis". Fixer les tubes carrés inférieurs au pied des tubes carrés du tipi : cela fixe la distance entre les "tipis". Positionner les tubes carrés de renfort de 100 mm avec des serre-joints ou des pinces étaux selon le schéma. Vérifier que : (1) le tube carré du "tipi" et le tube carré inférieur forment un angle de 90°, (2) le plat et la cornière sont bien parallèles, respectivement au tube carré inférieur et au tube carré du "tipi". Percer le tube carré du tipi et le tube carré inférieur dans le prolongement du trou de l'élément de renfort (plat et cornière). Si le foret n'est pas assez long, percer d'abord le trou côté élément de renfort. Puis, marquer le point opposé au premier trou et percer le deuxième trou depuis l'autre côté du tube carré. A 2 personnes, lever la structure pour former les tipis. Une troisième personne positionne le tube carré transversale au nord, côté où il y a les renforts, en la fixant avec 2 vis. Ensuite, elle fixe le câble côté sud et ajuste sa longueur à 2120. La structure doit alors tenir en équilibre, mais c'est mieux si une personne continue de maintenir le "tipi" côté sud. Pendant ce temps, les deux autres personnes peuvent apporter le récepteur et le positionner sur le tipi. Il reste à passer les vis pour fixer le tube du récepteur (poutre centrale) aux tubes carrés du "tipi". Cette opération termine de rigidifier la structure.

---

## Étape 24 - 2.2 Squelette du récepteur (4h)

### 2.2 Squelette du récepteur

#### Étape 1: Poutre centrale - 30min

Découper un tube carré de 30x30mm de 2300mm de longueur. Percer les trous de fixation au "tipi". Percer et tarauder les trous de fixation de la jonction.



## Étape 25 - Étape 2: Profiles latéraux en L - 1h30

Découper deux profilés en L 30x60mm de 3mm d'épaisseur et 2100 mm (à vérifier) de longueur. Percer et tarauder les trous de fixation du capot extérieur (pour des vis de 4mm de diamètre). Percer les trous de fixation à la jonction (cf ci-dessous). Souder un plat à chaque extrémité du L (pour fixation sur le "tipi"...) (à valider, en coordination avec la longueur)



## Étape 26 - Étape 3: Jonction de la poutre centrale et des profiles lateraux en L - 1h

Découper, percer, souder selon le plan.



## Étape 27 - Étape 4: cintre - 1h

Imprimer les 10 cintres à la découpeuse laser, dans une planche (lamellé collé par exemple) de 10mm d'épaisseur. Découper 2 cintres pleins en tôle fine (au laser ou à la main), sans l'évidage pour le réflecteur secondaire, pour fermer le récepteur aux extrémités.



## Étape 28 - 2.3 Réflecteur CPC (3h)

### Objectif

Mettre en forme le réflecteur secondaire Concentrateur Parabolique Composé (CPC)

### Matériaux et Outillage

- Le squelette du CPC
- Tôle alu finition miroir de 0.5mm
- Cutter
- réglet de 1m et équerre métallique 3 grands serre-joints
- Perceuse et foret de 4mm
- 30 vis M4 et rondelles

## Étape 29 - Étape 1 : Découpe d'une tôle miroir (15 min)

Au cutter, découper un rectangle de 340 par 680 mm de la tôle miroir. Veillez à protéger la surface du miroir pendant l'opération et effectuer la découpe au dos. Il faut passer plusieurs fois au cutter pour entamer le métal puis il cède en le pliant successivement dans un sens puis dans l'autre.



## Étape 30 - Étape 2 : trace des traits de pliage (30 min)

Au cutter, tracer les traits de pliage selon le plan suivant. Il faut passer une fois au cutter pour marquer proprement le pliage mais ne pas fragiliser la structure du métal.



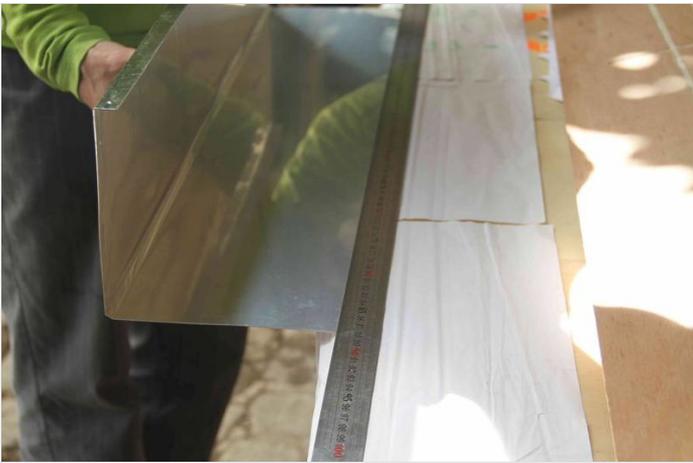
## Étape 31 - Étape 3 : Perçage (30 min)

Percer les trous de fixation du miroir selon le plan suivant. Les trous oblongs peuvent être percés en penchant la perceuse de chaque côté jusqu'à obtenir un trou de 7 mm de long (voir suggestions d'amélioration en fin de section Récepteur à ce sujet).

## Étape 32 - Étape 4.1 : Pliage (1h) (1/2)

Nous proposons ici une méthode simple en termes d'outillage. Une plieuse peut faire l'affaire si elle plie nettement le miroir. A la main, il est plus facile de travailler à deux personnes pour bien plier le miroir. On commence par un pli sur une ligne centrale. Choisir une table rigide, qui ne fléchit pas, avec un bord à angle droit net. Placer la tôle miroir face réfléchissante en bas, de manière à visualiser facilement les traits de pliage gravés sur la tôle. Plier selon le premier pli apparent (le deuxième pli central est caché sous la planche de maintien). Protéger le miroir avec une épaisseur de feuille de papier. Maintenir fermement la tôle miroir avec une planche fixée de chaque côté par un serre-joint. Choisir une planche bien rigide, avec un bord à angle droit net, de longueur supérieure à la tôle. Avec une autre planche au bord à angle droit net, de la longueur de la tôle, appuyer par-dessous pour imposer un pli de 20 à 30° à la tôle (environ la moitié de 45°). Bien s'assurer que la planche est contre le bord de la table. Couvrir la planche de papier, pour protéger la face réfléchissante du miroir. Bien appuyer de manière homogène sur toute la longueur de la tôle, pour avoir un pli régulier. Poursuivre avec la même méthode pour le deuxième pli central : il suffit de relâcher le maintien de la tôle et de la sortir de quelques millimètres pour faire apparaître la marque du deuxième pli. Refixer. Appuyer près du pli est d'autant plus important à cette étape. Le premier pli peut se renforcer, mais il faut imposer un angle au deuxième pli de 20 à 30°. L'angle total est alors de 45° environ. Appliquer deux fois la même méthode pour chacun des plis latéraux (un de part et d'autre): fixer la tôle fermement par la bande latérale de 20 mm. Cela permet d'avoir une meilleure prise sur la tôle à plier. Imposer un angle à 90° net. Bien appuyer contre la ligne de pliage.





---

### Étape 33 - Étape 4.1 : Pliage (1h) (2/2)





## Étape 34 - Étape 4.2 : Courbure / Folding (1h)

La tôle de 0.5 mm est assez rigide. Un préformage est nécessaire à maintenir le réflecteur dans la position imposée par les cintres. Nous proposons ici une méthode simple en termes d'outillage, qui donne un résultat correct mais nettement perfectible (toute suggestion d'amélioration est bienvenue). Il est plus facile de travailler à deux personnes pour bien courber le miroir sur toute sa longueur. Installer une planche rigide de 15 cm de large maximum, surélevée de 10cm par rapport à la table. Cela permet de mettre en forme une partie du réflecteur, sans être gêné par l'autre volute. Une première courbure est imposée par un tube de 10cm de diamètre : utiliser un tube d'évacuation en PVC par exemple. Placer la tôle face réfléchissante vers le haut. Aligner le premier pli central au bord de la planche de manière à laisser la deuxième volute libre vers l'avant. Protéger le réflecteur avec du papier. Fixer le tube au bord de la planche, le plus proche possible du centre du CPC. Veiller à ce que le tube soit parallèle à la tôle. Bien serrer avec les serre-joints (compatibles avec 25 cm de hauteur). Avec une planche peu large ou un tube carré métallique, relever la volute pincée sous le tube. Bien plaquer la tôle contre le tube sur toute sa longueur pour imposer une courbure régulière tout le long de la courbe. Insister sur la fin pour avoir une courbure jusqu'à la partie latérale du CPC.

Répéter l'opération sur l'autre volute.

Une deuxième courbure autour d'un tube de 4 cm est ensuite imposée à la partie centrale. Placer le tube de 4 cm de dans la même position que le tube de 10 cm. Attention à positionner le tube le plus proche possible du bord de la planche. La déformation du miroir sera ainsi donnée le plus proche possible du centre. Pour améliorer la courbure proche du centre, il est aussi possible de positionner le miroir dans l'autre sens. Le pincer en laissant environ 7 cm de miroir dépasser en mesurant depuis la pliure centrale. Ainsi, en relevant le miroir, on plaque la tôle sur le tube jusqu'au centre. En pratique, le résultat est un peu difficile à obtenir car on n'a pas de bras de levier. En effet, il faut faire attention à ne pas déformer la pliure, ce qui risquerait de la casser.

Répéter l'opération sur l'autre volute.

Félicitations : le réflecteur secondaire CPC est prêt à être monté.



# Étape 35 - 2.4 Tube chaudiere (absorbeur) et éléments du circuit hydraulique

## 2.4 Tube chaudiere (absorbeur) et éléments du circuit hydraulique

### Étape 1 : tube chaudière

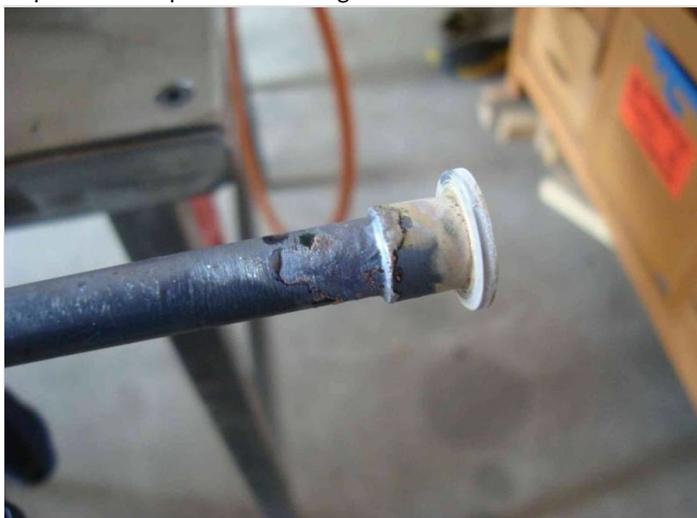
Couper un tube en laiton de 55mm de diamètre extérieur d'une longueur de 1900mm. Le tube est initialement brillant. Souder aux extrémités des raccords, selon le plan.

Une fois le tube soudé, il faut noircir sa surface extérieure, pour le rendre le plus absorbant possible. C'est très important pour que le plus d'énergie solaire soit absorbée sur le tube et chauffe l'eau à l'intérieur. Appliquer une solution oxydante adaptée au laiton (on en trouve facilement dans le commerce). Laisser sécher la solution oxydante quelques jours si possible. Enlever les traces de solution oxydante avec un papier humide. Ou bien, suivre les instructions d'utilisation de votre solution oxydante.



## Étape 36 - Étape 2 : Éléments du circuit hydraulique

Couper les tuyaux de cuivre : + 3 m de longueur pour l'alimentation en eau liquide. + 10 cm pour la connexion sud (eau liquide) + 10 cm pour la connexion nord (vapeur) Braser les connexions aux extrémités des tubes : voir schéma du circuit hydraulique. Les éléments complémentaires de plomberie dépendent de l'usage.



## Étape 37 - 2.5 Assemblage du récepteur (3h)

### 2.5 Assemblage du récepteur (3h)

#### Étape 1 : Placer les cintres sur le tube carré

Couper le tube carré à 2.2m de longueur. Placer les 10 cintres sur le tube carré, avec un espacement approximatif de 22 cm de distance.

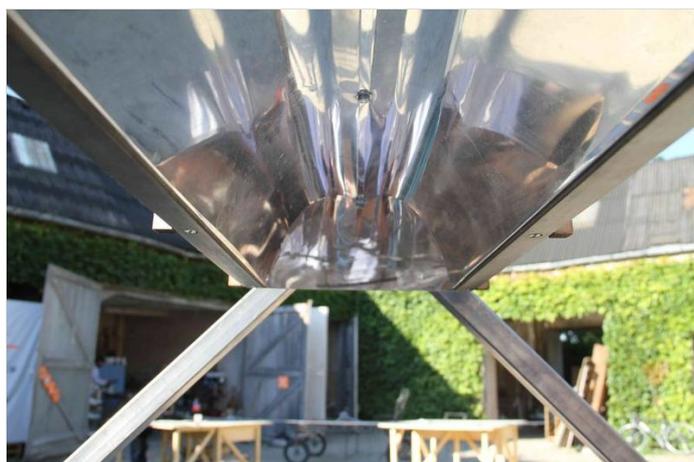


## Étape 38 - Étape 2 : Préparer le plat métallique de fixation latérale du réflecteur secondaire

Couper le plat à 2 m de longueur. Percer le plat selon le plan, diamètre 4 mm : 10 trous, 1cm du bord aux extrémités et distance équidistante entre, soit 22 cm. Fraiser l'entrée du trou avec une mèche de 8 mm. L'important est que la vis à tête plate affleure à la surface du plat (sans dépasser). C'est la position de ces trous qui donnent la rigidité au récepteur en imposant la distance exacte entre les cintres. Attention à bien percer les deux plats de manière identique, pour que les cintres soient bien perpendiculaires à l'axe du récepteur.

## Étape 39 - Étape 3 : Fixer le réflecteur secondaire

Placer les 3 portions de réflecteurs préformés dans leur emplacement, avec un chevauchement type tuiles de toiture « dessus-dessous ». Commencer par fixer entièrement un côté : placer le plat latéral sur un côté du réflecteur préformé. Placer les vis dans chaque trou, afin de fixer le tube carré. Pincer l'écrou pour visser sans abimer le cintre.



## Étape 40 - Étape 4 : Placer le tube chaudière dans la cavité (ajuster sa position en hauteur et latéralement)

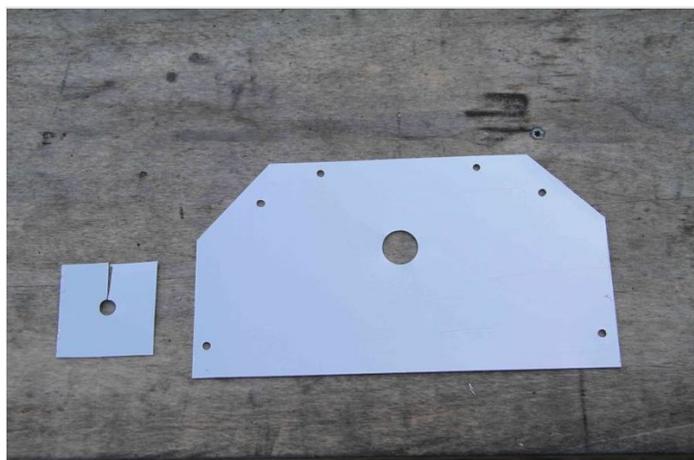
Préparer deux supports comme décrit ci-dessous : Entre deux tubes de 55mm de diamètre serrés dans un étau, plier en son milieu et en forme de U, une tige filetée de 32cm de longueur et 8mm de diamètre. Limer la partie intérieure du tube en U de manière à aplanir la surface de contact avec le tube chaudière. Préparer un plat métallique de 20mm par 90mm percer deux trous centrés de 8mm distants de 68mm. Préparer 2 plats de 120mm de longueur et 20mm de largeur, les mettre en forme à l'étau pour se fixer à la poutre centrale : 1 pli central à 90° + deux plis à 30mm de distance du centre à 45°. Percer les deux plats à 68mm de distance avec un diamètre 8mm. Percer le réflecteur secondaire à 520mm de chaque extrémité du récepteur, de manière symétrique par rapport à l'axe central. Insérer le U en tige filetée dans les trous. Insérer le plat sur la tige filetée, puis un écrou dans chacune des deux branches de tige filetée. Insérer la tige filetée en U dans les trous du réflecteur secondaire. Insérer deux écrous, insérer les deux plats de manière à pincer la poutre centrale du récepteur. Compléter avec deux écrous. Installer le tube chaudière comme suit : Positionner le récepteur à l'envers sur une table : réflecteur secondaire vers le haut. Glisser le tube dans les deux U. Vous pouvez retourner le récepteur, pour suspendre le tube et accéder plus facilement aux vis supérieures. Ajuster la position du tube, de manière à ce qu'il soit centré, horizontal et le plus proche possible du réflecteur secondaire sans le toucher (même les vis, pour éviter les ponts thermiques).



---

## Étape 41 - Étape 5 : Placer les capots réfléchissants aux extrémités de la cavité du récepteur (2/2)

Découper une tôle miroir comme sur le schéma (230mm x 125mm, moins des angles de 40mm de côté). Percer de 4 trous de 4mm de diamètre : en bas à 18mm du bord inférieur et 8 mm du bord latéral et en haut à 40mm du centre et 10mm du bord supérieur. Percer un trou de 20mm centré et à la hauteur de la sortie du tube chaudière : la hauteur de l'embout est différente à chaque extrémité (entre eau liquide et sortie vapeur). Nous suggérons de mesurer la position exacte en fonction de la position réelle de votre tube chaudière. Les vis inférieures s'insèrent en haut du trou pré-percé dans le cintre, où s'insère également la vis de soutien du réflecteur secondaire. Pour les vis supérieures, percer un trou à la perceuse, en face des trous de la tôle miroir. On peut étanchéifier la jonction du réflecteur secondaire avec le capot final avec du mastic résistant à la température (au moins 300°C). Amélioration : couper la tôle à 140mm au lieu de 125 et la plier à 90° vers l'extérieur, afin de mieux gérer la jonction à l'extrémité du champ de miroir. En ce sens, on pourrait d'ailleurs prévoir une vitre de 3cm plus longue afin de mieux fermer la cavité aux extrémités.



## Étape 42 - Étape 5 : Placer les capots réfléchissants aux extrémités de la cavité du récepteur (1/2)



## Étape 43 - Étape 6 : Positionner les L et les jonctions

Positionner les L de part et d'autre du récepteur. Fixer les jonctions à la poutre centrale avec deux vis de diamètre 5 et longueur 20mm. Visser les jonctions dans les L en partie inférieure et latérale. Si les jonctions sont trop petites, ajuster avec des rondelles. S'assurer notamment que la distance entre les L et le bas du réflecteur secondaire est supérieur à 5 mm en tout point : c'est la distance nécessaire pour assurer que la vitre de 4mm d'épaisseur ne sera pas comprimée, ce qui causerait une rupture.



---

## Étape 44 - Étape 7 : Remplir le récepteur d'isolant tout autour de la cavité

Dans une plaque de laine de roche (matériau alternatif : laine de bois, ouate de cellulose ? Coton trop sensible à la température) de 10cm d'épaisseur. Découper une bande de 570 mm de large et 9 fois 210mm de longueur. Entailler la bande d'isolant pour amincir sur les côtés et au centre, comme l'indique le schéma (3cm d'épaisseur au bord, coupe inclinée sur 12cm de large + coupe à 5cm de large et 5cm de profondeur de part et d'autre du centre). Faire une entaille à l'endroit du support du tube chaudière. Utiliser un masque et des gants pour éviter de respirer les fibres cancérogènes. Essayer de manipuler le matériau le moins possible et le plus délicatement possible pour limiter la poussière. Penser aux autres, si vous êtes entourés.



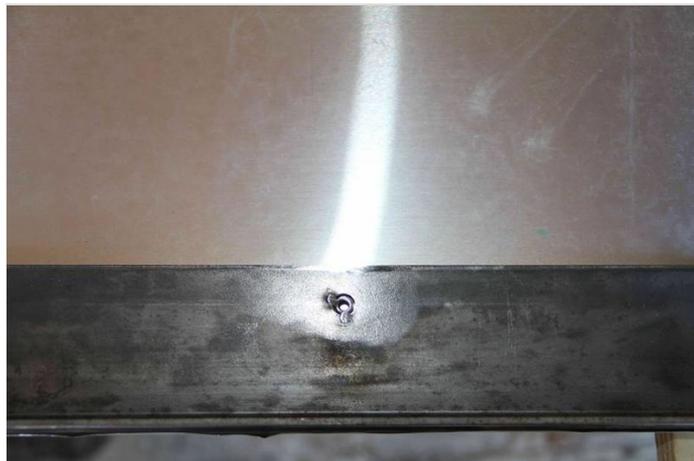
## Étape 45 - Étape 8 : Intégrer le tuyau d'eau liquide

Le tuyau d'alimentation en eau liquide court le long du récepteur comme le montre la photo. On peut faire les encoches nécessaires dans le cintre avec une perceuse (Amélioration : inclure les encoches dans le plan de découpe des cintres). S'assurer que les éléments de connexion au sud sont bien dimensionnés : les surfaces sont parallèles sans forcer. Cela contribuera à obtenir l'étanchéité de la connexion au sud. (Amélioration : rallonger le récepteur de manière à inclure les éléments de plomberie à l'intérieur du récepteur).



## Étape 46 - Étape 9 : Fermer avec le capot

On peut utiliser une tôle fine de 70cm de large et 2100mm de long, ou bien en plusieurs portions, avec un recouvrement. Percer le capot de manière à se fixer dans les trous du L. On peut faire confiance au plan, ou bien positionner sur une table, les L sur la tôle capot. Marquer l'emplacement des trous avec une pointe. Percer les trous d'un diamètre 4mm. Positionner la ou les tôles sur le récepteur. Visser de proche en proche en commençant d'un côté pour terminer de l'autre. Ajuster la position des trous dans la tôle capot pour la positionner correctement. Utiliser des rondelles avec les vis. Ajouter de l'isolant aux extrémités du récepteur. Fermer les capots aux extrémités : découper une tôle à la bonne forme en s'aidant d'un cintre ou du négatif d'un cintre. Ajouter une tôle horizontale, qui viendra de coincer entre les L, pour fermer le récepteur en partie inférieure, au-delà de la vitre.



## Étape 47 - Étape 10 : Ajouter la vitre (avec un joint en dessous et au-dessus)

Avant de placer la vitre, vérifier l'étanchéité des jonctions en sortie du tube chaudière. Mettre le tube sous pression avec une pompe à vélo. Chercher les trous avec de l'eau savonneuse. Placer le récepteur, avec le réflecteur secondaire vers le haut. Dévisser aux quatre coins les 2 vis de fixation des L aux jonctions. Poser les L sur la table, tout en laissant le capot attaché. Mettre un cordon de mastic vitrier (ou spécial haute température ?, de préférence blanc) sur tout le pourtour du réflecteur secondaire : latéralement sur le plat métallique fixant le CPC et sur les cintres et éventuellement aux extrémités, sans salir le réflecteur. Positionner la vitre sur le cordon de mastic, pour fermer la cavité du réflecteur secondaire. Ajouter un cordon de mastic sur les côté de la vitre et sur les bords de la vitre. Repositionner les L. Les visser. Retourner le récepteur en le suspendant par ses extrémités. Vérifier que la vitre est toujours centrée. Laisser sécher. (à valider. Alternative : Laisser sécher. Retourner ensuite...)

## Étape 48 - Étape 11 : Positionner le récepteur sur sa structure.

Porter le récepteur à deux personnes, par la poutre centrale. Le poser sur le tipi. Passer les vis. Elargir les trous ou utiliser des vis plus petites si besoin... (à améliorer à la conception/construction)



## Étape 49 - Points à améliorer

Pour percer les trous oblongs sans abimer le foret, percer deux trous en poinçonnant le centre des trous à une distance de 3 mm (le deuxième trou est souvent moins réussi, un petit limage peut améliorer le résultat) ou 4 mm (un petit limage est nécessaire pour enlever la matière entre les deux trous. Position des trous : peut-être percer les trous après avoir percé le plat ? Normalement, les trous oblongs donnent déjà une marge de ce point de vue. Le pliage du réflecteur secondaire est perfectible. La tôle miroir est difficile à mettre en forme, notamment dans sa partie centrale. Avec la méthode proposée, le miroir ne suit pas bien la forme du cintre dans sa partie centrale. Une idée est de travailler les deux volutes séparément pour donner plus facilement la courbure forte au centre. Le pli central serait alors formé après la courbure. Dans la méthode proposée, la courbure centrale étant difficile à obtenir, le pli central nécessaire est donc moins important. Nous proposons donc de donner un angle réduit par rapport à la forme théorique, d'où l'angle de 45°. En donnant l'angle théorique de 90°, le réflecteur risque de casser au montage à cause du dépliage subit pour s'ajuster au cintre. Le pliage à la plieuse à gouttière n'est pas satisfaisant d'après notre test : le pli n'est pas anguleux. Il a tendance à tordre le miroir dans un sens non désiré. Pour la courbure serrée, un tube de 5 cm (au lieu de 4 cm) pourrait également être testé : cela permettrait d'utiliser le tube récepteur. Position du tube carré : le placer à plat, au lieu de sur la pointe, permettrait de réduire la hauteur du CPC avec la même rigidité des cintres.

## Étape 50 - 3- Systeme de suivi (2j)

### 3.1 Circuit électronique : "Fritzing"

La partie électronique du système de suivi est documentée sur Fritzing. Les éléments clés du système sont :

- Moteurs
- Capteurs optiques
- Horloge carte SD
- Pilote moteur
- Extenseur série

### 3.2 Assemblage du système de suivi

- Circuit Mécanique
- Liaison directe des moteurs aux axes des facettes

### 3.3 Programmation

Le code logiciel est développé pour arduino. Il est disponible sur Github.