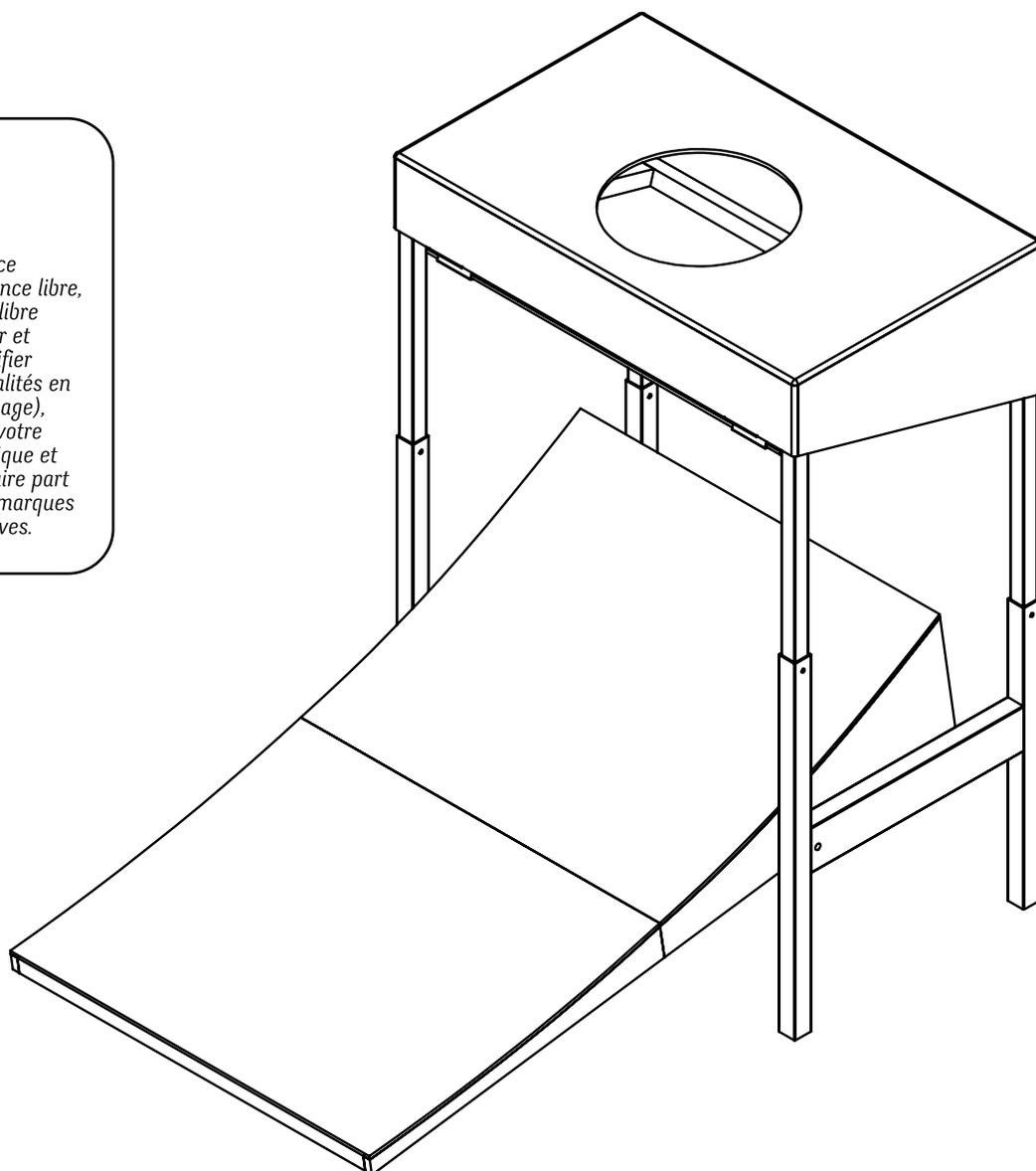




Art Libre
Copyright Attitude
<http://www.artlibre.org>

Cette notice est en licence libre, vous êtes libre de l'utiliser et de la modifier (voir modalités en dernière page), d'exercer votre esprit critique et de nous faire part de vos remarques constructives.



Le cuiseur solaire

TEMPS DE RÉALISATION

16 heures

COÛT INDICATIF

100 €

DIFFICULTÉ





Introduction

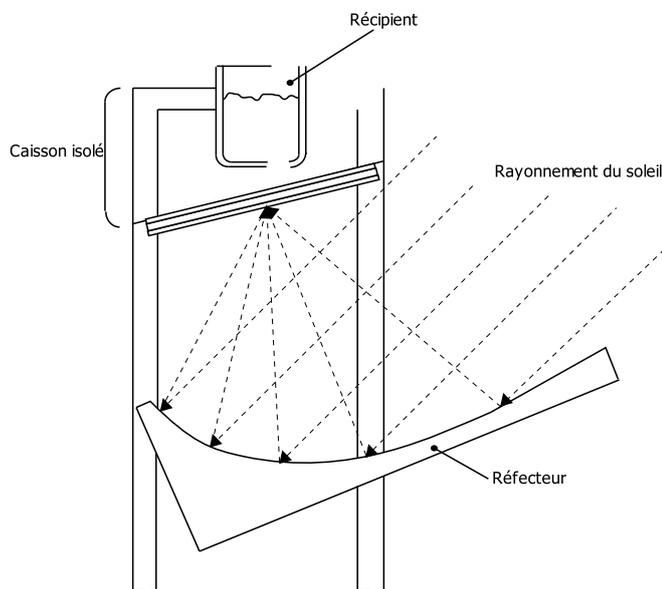
Nous allons ici réaliser un cuiseur solaire d'une puissance proche de 300 W, d'un encombrement faible et d'une utilisation aisée. Ce cuiseur est inspiré des cuiseurs solaires de type « Bernard ». Son utilisation est simple et ne demande pas une présence humaine permanente. De plus, ce type de cuiseur permet d'avoir accès au plat cuisiné lors de la cuisson. Celui-ci est conçu pour accueillir une cocote-minute de 4,5 litres.

Conception

👁 ANNEXE C

Comment ça marche ?

Lorsque l'on utilise ce cuiseur solaire, on fait intervenir deux phénomènes: l'effet de concentration du rayonnement solaire grâce à un réflecteur cylindro-parabolique et l'effet de serre grâce à un caisson isolé. Ce cuiseur est composé d'une table munie d'un évidement servant à accueillir le récipient ou absorbeur. Un réflecteur lumineux, situé en dessous de la table, renvoie les rayons du soleil sur le dessous du récipient. Le réflecteur est lié au pied de la table par deux axes permettant d'ajuster son orientation. La table est constituée d'un caisson isolé et de quatre pieds. Les pieds de la table sont rétractables et le réflecteur peut se replier, ce qui permet de diminuer l'encombrement lorsque le cuiseur est rangé. La conception de la structure du cuiseur est assez simple ; par contre, le choix des matériaux s'avère plus délicat. Il faudra apporter une attention particulière aux caractéristiques thermiques des matériaux : réflexion, absorption, isolation...



Choix des matériaux: des éléments clefs du cuiseur

Caractéristiques du réflecteur

Le réflecteur doit capter l'énergie solaire, la concentrer et la renvoyer sur l'absorbeur. Lors du choix du revêtement utilisé pour réfléchir le rayonnement solaire, on privilégiera des matériaux dont le coefficient de réflexion est élevé. N'ayant aucune information sur les caractéristiques des surfaces réfléchissantes suivantes, nous nous contenterons de les citer : miroir, plaque d'aluminium polie, papier d'aluminium ménager, film réfléchissant autocollant...

Caractéristiques de la « serre »

L'isolation du caisson permet d'éviter les déperditions de chaleur : par conduction grâce à la laine de roche et au liège, par rayonnement grâce aux couches successives de papier réfléchissant et par convection grâce au double vitrage. De plus, deux réflecteurs fixés à 45° renvoient le rayonnement du miroir parabolique sur le récipient.

Le choix d'un vitrage simple ou d'un vitrage double dépend de la température d'équilibre que l'on veut obtenir dans l'enceinte. La température de fonctionnement du cuiseur solaire étant d'une centaine de degrés, deux vitrages seront utilisés. La lame d'air (de 10 mm) laissée entre les deux vitrages permet de diminuer la conduction thermique de l'ensemble.

Caractéristiques du récipient absorbeur

Le récipient dédié à la cuisson des aliments constitue l'absorbeur : il doit en effet permettre de transformer le rayonnement solaire en chaleur. Cette transformation est réalisée grâce à un revêtement que l'on applique sur le dessous du récipient. Celui-ci doit absorber le maximum de rayonnement : il doit se comporter comme un corps noir. Plusieurs revêtements ont de telles caractéristiques : une couche de noir de fumée, une couche de peinture haute température 600°C noir mat, une couche d'un mélange composé de vernis antirouille, de white-spirit et de graphite. Le cuiseur étant dédié à un usage alimentaire, nous utiliserons le noir de fumée car c'est celui qui nous semble présenter le moins de dangers.

Matériel

- Tasseaux de bois 21 x 21 mm et 21 x 30 mm
- Contreplaqué ép. 5 mm
- Profilés aluminium sect. carrée 25 x 25 x 2 mm
- Plaques de liège ép. 10 mm
- Plaques de laine de roche ép. 35 mm
- Verre blanc à faible teneur en oxydes métalliques
- Film réfléchissant autocollant
- Tiges en acier Ø 5 mm
- Colle à tapisserie (celle-ci peut être confectionnée à base de farine et d'eau)
- Colle à bois polyuréthane
- Joint en mousse
- Visserie
- Peinture blanche
- Bouches-pores anti-UV
- Huile de lin

Outils

- Défonceuse avec fraise quart-de-rond rayon 5 mm
- Fraise à araser
- Fraise droite
- Perceuse Visseuse
- Scie circulaire sur rail
- Ponceuse

Réalisation

1. Table

1.1. Structure

👁 ANNEXES A ET B

La structure est constituée de quatre pieds reliés par huit traverses (annexe A). Pour la découpe et l'usinage des pièces, se reporter à l'annexe B. Les pieds de section carrée de 21 mm (pièces 6) sont usinés dans un bois dur, ici le hêtre, pour limiter l'usure par frottement, car ils vont coulisser dans les profilés en aluminium (pièces 4 et 5). Les traverses 1, 3, 7 et 8 sont ensuite réalisées dans un bois léger, comme le sapin par exemple. Le tout (1) est enfin assemblé par vis et colle à bois (2 et 3). La partie basse des pieds de la table est constituée de quatre morceaux de profilés en aluminium dans lesquels vont coulisser les pieds de la partie haute. Ces profilés sont reliés deux à deux par un morceau de bois dur (hêtre ; pièce 2) et deux vis. Comme le montrent le schéma (4) et la photo (5), il est nécessaire de réaliser deux trous de passage de vis sur un côté du profilé aluminium, pour pouvoir fixer les traverses 2. De plus, il faut réaliser un fraisage pour les têtes de vis à l'intérieur du profilé (avec le bout d'un gros foret), pour permettre aux poteaux en bois de coulisser librement.

Enfin, un trou est percé sur chaque pièce 2, à 1 cm du bord de la partie qui sera devant, pour permettre le pivotement du réflecteur parabolique (5).

1.2. Caisson

👁 ANNEXES C ET D

Sur cette structure, on colle ensuite des plaques de contreplaqué de 5 mm, pour constituer le caisson isolé où sera placé le récipient (annexe C). Celles-ci sont coupées aux dimensions données en annexe D, puis collées sur la structure. On commence par coller les deux pièces 4, puis les pièces 2 et 3, et pour finir, la 1 sur le dessus (6 et 7). Optionnellement et pour un aspect plus fini : après séchage, la plaque 1 du dessus (voire toutes les autres plaques) est arasée sur la structure en utilisant une défonceuse munie d'une fraise à araser, ou à l'aide d'une scie à araser (8). On l'aura pour ce faire prévue un peu plus grande.



Réalisation de la structure.



Réalisation de la structure.



Réalisation de la structure.

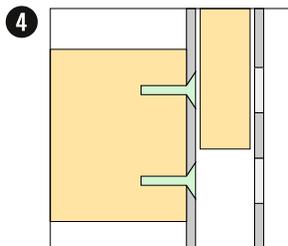


Schéma du montage par vis des profilés et de la traverse.



Vue de détail du montage des profilés et de la traverse.



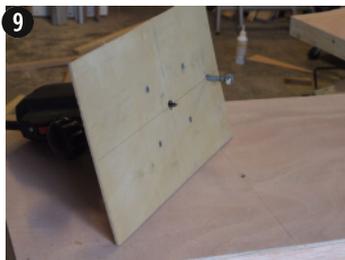
Habillage de la structure.



Habillage de la structure.



Opération d'arasage sur la plaque supérieure.



Réalisation de l'évidement circulaire pour la cocotte-minute.



Réalisation de l'évidement circulaire pour la cocotte-minute.



Réalisation de l'évidement circulaire pour la cocotte-minute.



Isolation de la structure (laine de roche, liège et papier réfléchissant).



Ajout des panneaux à 45°, avant l'évidement circulaire.



Le double vitrage et son système de fixation.

Une fois le caisson fini, tous les angles sont arrondis avec une fraise quart-de-rond de rayon 5 mm montée sur une défonceuse. Un évidement circulaire correspondant au diamètre de la cocotte-minute qui sera utilisée est pratiqué sur le dessus, à l'aide d'un guide d'usinage circulaire. Ce guide est constitué d'un morceau de contreplaqué vissé sur l'embase d'une défonceuse équipée d'une fraise droite. On fait plonger la fraise dans l'embase pour la percer et, à partir de ce trou, on trace le centre de l'axe de rotation permettant d'obtenir un évidement circulaire du diamètre de notre récipient (9). Enfin, un trou correspondant au centre de l'évidement est percé sur le dessus de la table. Le gabarit est boulonné sur la table en modérant le serrage pour permettre la rotation lors de l'usinage (10 et 11)

2. Serre isolée

2.1. Isolation

L'intérieur de la serre est recouvert de papier réfléchissant collé avec de la colle à tapisserie et jointé avec du scotch aluminium de 50 mm de largeur (12). Puis une épaisseur de liège de 10 mm est collée sur la plaque 1 percée circulairement, suivie d'une couche de papier réfléchissant. Les côtés intérieurs sont habillés de laine de roche de 35 mm d'épaisseur fixée à l'aide de scotch aluminium. Enfin, deux morceaux de laine de roche sont fixés à 45° de part et d'autre du trou destiné à accueillir le récipient. Ils sont recouverts d'une couche de liège ainsi que d'un papier réfléchissant (13).

2.2 Double vitrage

ANNEXE E

Un double vitrage est réalisé à l'aide de deux vitres de 4 mm d'épaisseur espacées par des baguettes de 6 mm en périphérie. Pour éviter la formation de buée à l'intérieur du double vitrage, une circulation d'air est rendue possible grâce à deux orifices percés dans les tasseaux à deux coins opposés. La fixation de ce double vitrage est réalisée à l'aide de brides vissées sur le caisson (14). Celles-ci sont formées à partir d'un profilé aluminium en « L » plié à 90° pour obtenir une forme en « Z », puis on perce deux trous de passage des vis. Une couche de mousse est intercalée lors du montage entre la bride et le double vitrage ainsi qu'entre le cadre et le double vitrage. L'isolation du couvercle de la cocotte-minute est réalisée avec une serviette éponge et une bassine retournée, par exemple.



Réalisation et assemblage des réflecteurs.



Réalisation et assemblage des réflecteurs.



Le cuiseur solaire assemblé avant les finitions.



Le cuiseur solaire assemblé avant les finitions.



La goupille de maintien en position haute de la table.

3. Réflecteur parabolique

ANNEXES F ET G

Le réflecteur cylindro-parabolique est composé de deux parties reliées par une charnière à piano. Chaque partie est composée d'une structure nervurée (pièces 1, 2 et 8, 10 de l'annexe F) sur laquelle on fixe une plaque de contreplaqué de 5 mm (plaques 5 et 6) avec de la colle et des vis (15 et 16). Pour le profil des nervures, se reporter à l'annexe G, afin de bien obtenir la forme parabolique nécessaire à la bonne concentration des rayons lumineux. Une rainure est effectuée dans une partie pour encastrer la charnière à piano. Lorsque les finitions ont été effectuées, un papier réfléchissant est collé sur la forme parabolique. L'ensemble est fixé à l'aide de deux boulons sur les traverses basses des pieds coulissants.

4. Finitions

Après ponçage et masticage éventuel, toutes les parties en bois sont recouvertes d'une couche primaire de « bouche-pores anti-UV », suivie de deux couches de peinture blanche « extérieure » appliquée au rouleau. Entre chaque couche, on poncera soigneusement le support pour obtenir un fini irréprochable. Seuls les pieds de la partie supérieure de la table ne sont pas peints, une couche d'huile de lin est appliquée pour faciliter le coulissement dans les profilés en aluminium. Le cuiseur est monté, puis on perce un trou de 6 mm de diamètre traversant les pieds inférieurs et supérieurs de manière à ce que le dessus de la table soit à 900 mm du sol en position ouverte. Quatre tiges en acier de 5 mm de diamètre servant de goupilles sont insérées dans ces trous pour maintenir cette position (19).

Utilisation

Préparation du récipient

Les aliments sont cuits dans une cocotte-minute de 4,5 litres. Les poignées ont été retirées pour permettre d'enfoncer le plus possible le plat dans la « serre ». La partie du récipient qui reçoit le rayonnement solaire a été noircie avec la fumée d'une bougie. Le couvercle muni de son joint et de sa soupape est utilisé pour réduire le temps de cuisson. Ce cuiseur ne peut accueillir que des récipients de 220 mm de diamètre maximum. Toutefois, il est possible d'y adapter des récipients de plus petit diamètre en réalisant des anneaux d'adaptation entre le cuiseur et le récipient.

Orientation du four

Pour orienter le four, on commence par aligner l'ombre du pied arrière avec l'ombre du pied avant en déplaçant l'ensemble du meuble déplié. Puis on oriente le faisceau lumineux à l'intérieur de la serre en faisant pivoter le miroir cylindro-parabolique autour de son axe de fixation.

Le temps de cuisson des aliments dépend de l'orientation du réflecteur. Si celui-ci est réorienté manuellement toutes les demi-heures, le rendement du cuiseur sera très bon. Par contre, si on ne peut pas le réorienter aussi fréquemment, la durée de la cuisson augmentera.

Le temps de cuisson dépend aussi de la quantité d'énergie reçue par le réflecteur, celle-ci étant fonction de la quantité d'atmosphère que le soleil doit traverser : plus la quantité d'atmosphère est faible, plus l'énergie reçue par mètre carré de surface est grande. Les régions situées près de l'équateur recevront donc plus de rayonnement solaire que celles situées près des pôles. De même, la quantité de rayonnement sera plus importante en été qu'en hiver.

Enfin, des aliments coupés en petits morceaux cuiront plus vite que si on les fait cuire entiers. Les aliments cuits au cuiseur solaire ne risquent pas de brûler et ont beaucoup plus de goût qu'avec un autre mode de cuisson plus rapide.



Avantages

- On ne risque pas de faire brûler les aliments.
- On utilise une énergie renouvelable.
- Compact en position repliée.



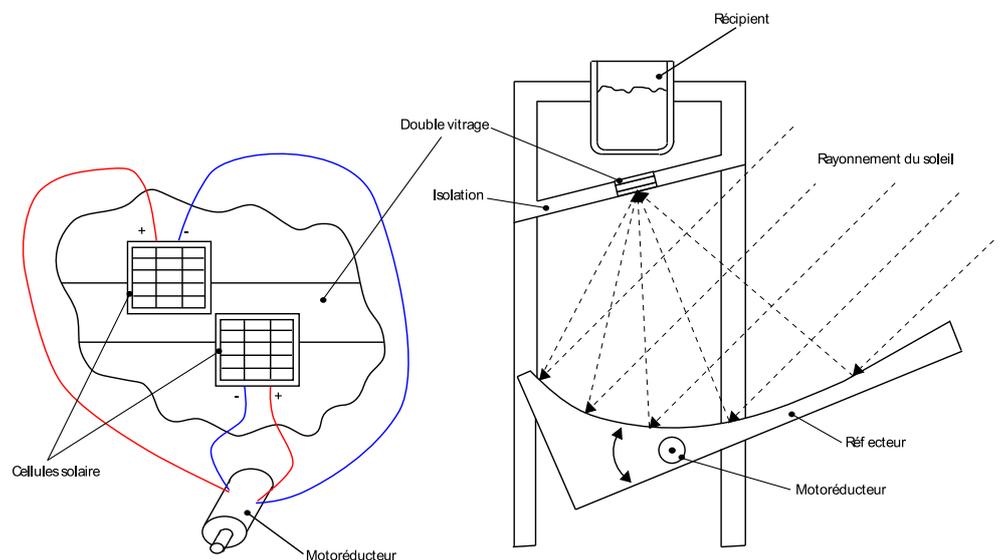
Inconvénients

- Manipulations pour le mettre en place pas toujours aisées.
- Relativement long à cuire.
- Dépendant du bon vouloir du soleil.



Optimisations possibles

- Nous envisageons une amélioration du dispositif permettant de réduire les pertes thermiques (par conduction à travers le double vitrage) et d'obtenir une orientation automatique du réflecteur. Ce dispositif consisterait à concentrer les rayons du soleil toujours au même endroit. La taille du double vitrage serait réduite à la largeur du rayonnement lumineux, soit quelques centimètres (5 cm). Le reste de la surface anciennement occupée par le double vitrage serait alors remplacé par une isolation en laine de roche permettant ainsi une diminution des déperditions thermiques par conduction. De ce fait, le rendement et la température de fonctionnement seraient augmentés.
- Un suivi de cible simple et robuste, basé sur les mêmes principes que l'appareil décrit dans la notice "pisteur solaire", réorienterait en permanence le réflecteur pour que les rayons du soleil soient concentrés sur la fente. Il faudrait cependant le réaliser pour attester de son bon fonctionnement et résoudre les éventuels problèmes techniques.



Ouvrages de référence

- Energie solaire, calculs et optimisation
Jacques BERNARD, Editions Ellipses, Collection Technosup, février 2007, 253 pages
- Physique des convertisseurs héliothermiques
Georges PERI, Paulin GALLET et François PAPINI, Editions Edisud, 1980, 197 pages

Cette notice est mise à disposition gratuitement par l'association

Entropie

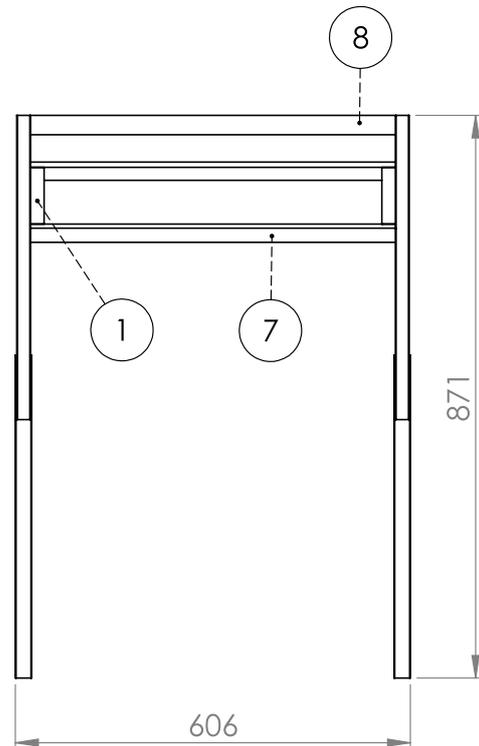
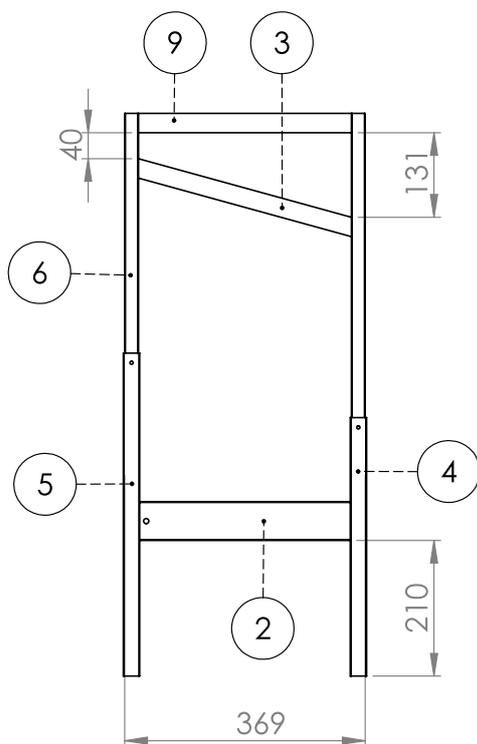
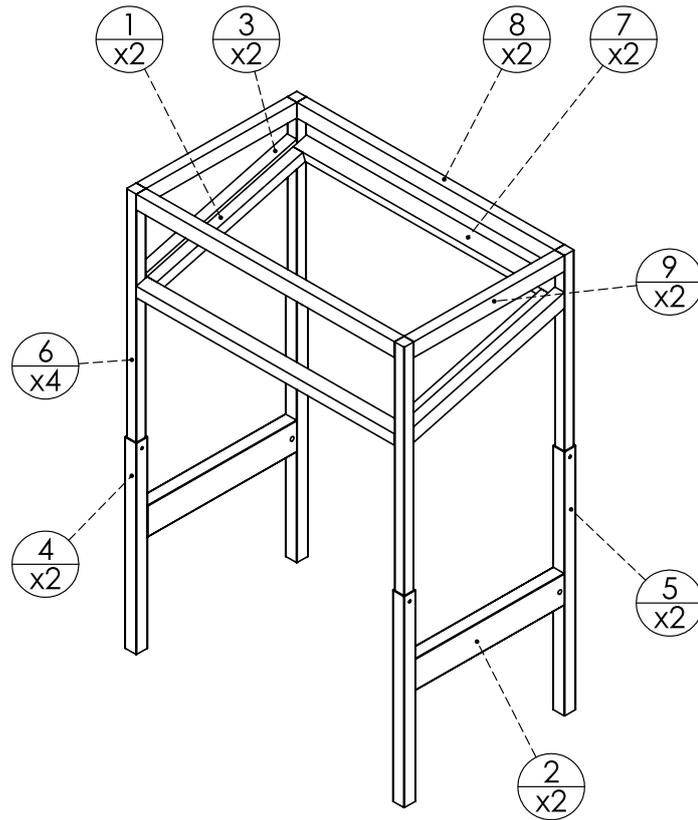
Nous vous incitons cependant, selon vos moyens, à *faire un don* à l'association pour que nous puissions continuer à vous faire part de nos recherches. Nous pensons que l'entraide et la collaboration doivent être les valeurs de la société de demain. Vous pouvez nous envoyer un chèque à l'ordre de l'association Entropie à l'adresse suivante : 5 rue Georges Jacquet 38000 Grenoble.



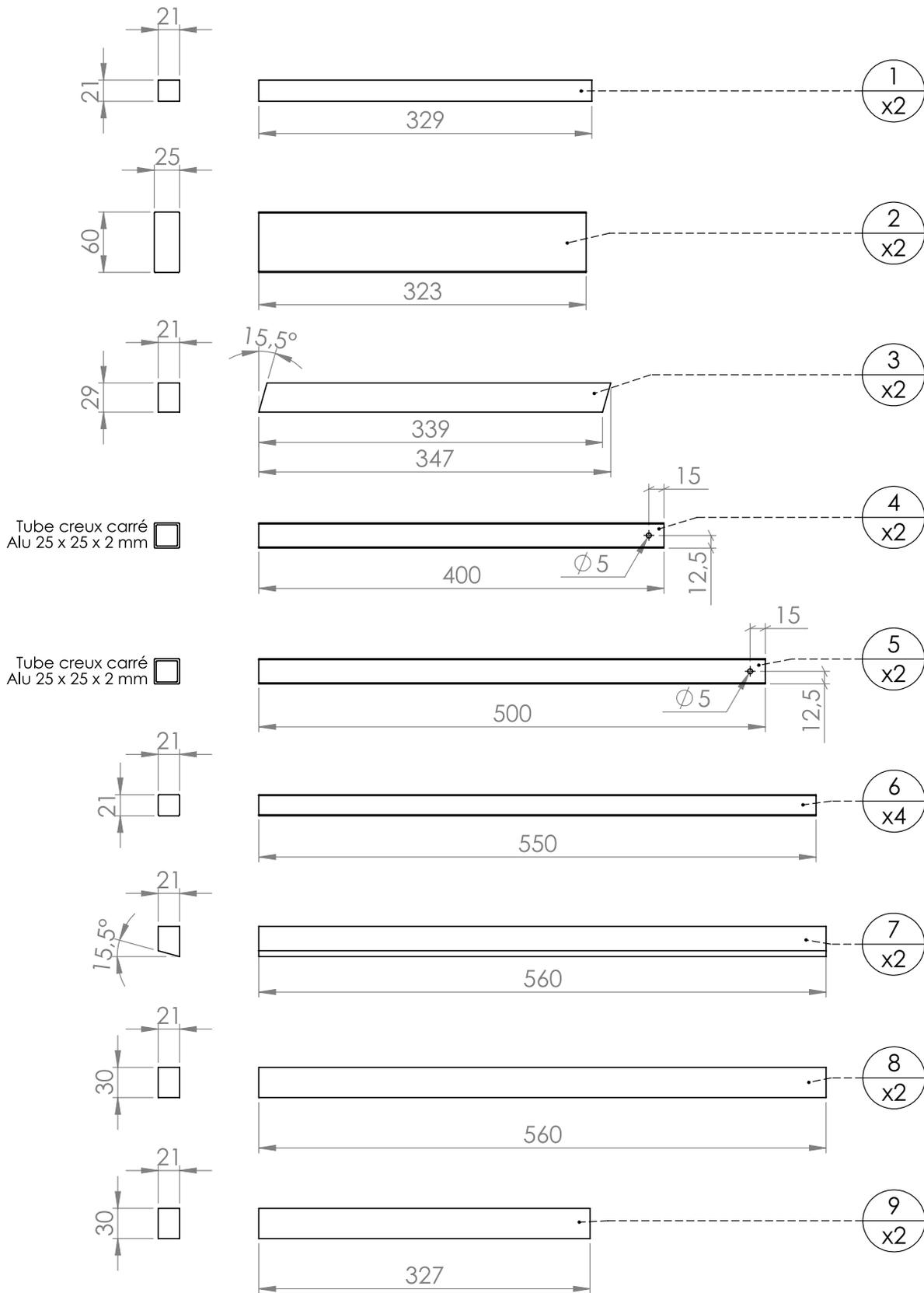
Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Art Libre. Vous êtes libre de la partager, reproduire, distribuer ; la remixer, l'adapter ; l'utiliser à des fins commerciales. Selon les conditions suivantes : l'attribution, vous devez attribuer l'œuvre de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous approuvent, vous ou votre utilisation de l'œuvre) ; le partage dans les mêmes conditions, si vous modifiez, transformez ou adaptez cette œuvre, vous n'avez le droit de distribuer votre création que sous une licence identique ou similaire à celle-ci.

*l'entraide
vaincra !*

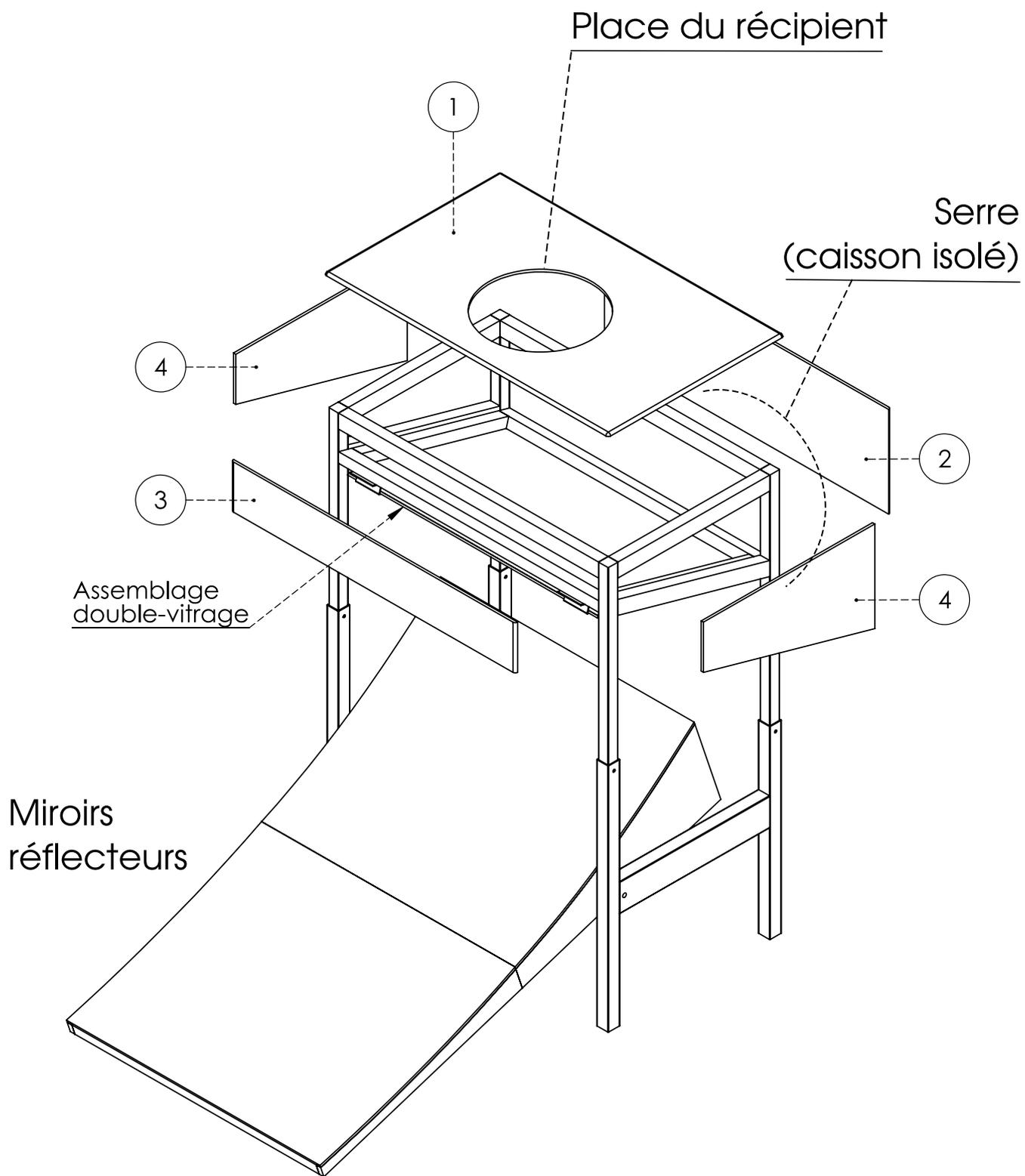
Association Entropie
Christophe André, Florianne Desnoyer, Thomas Bonnefoi,
Romain Bousson



ANNEXE A
Vue éclatée table

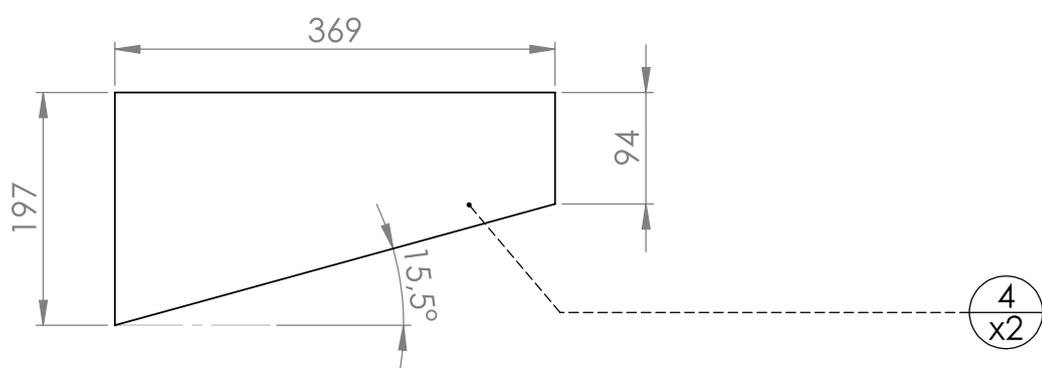
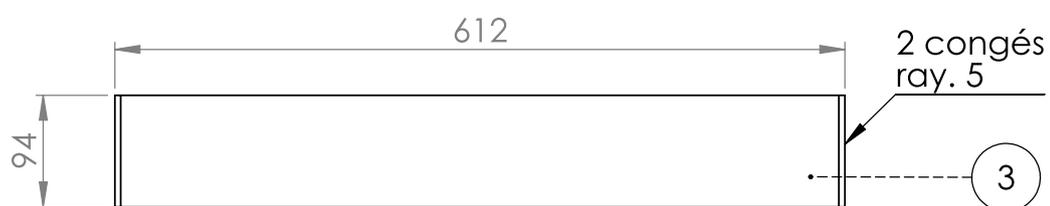
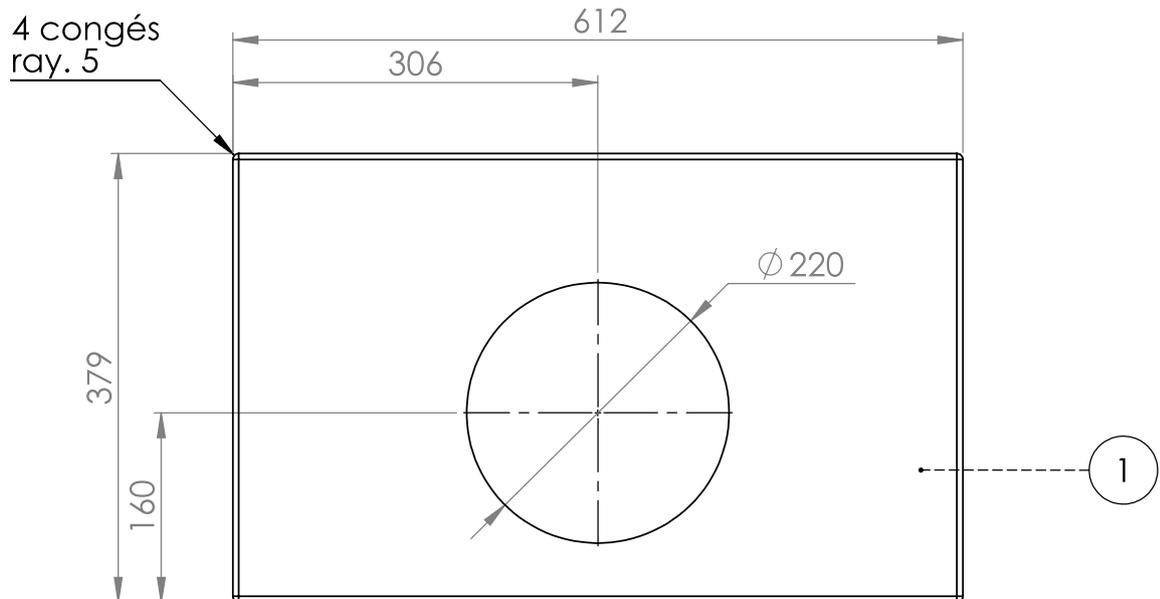


ANNEXE B
Fiche débit table



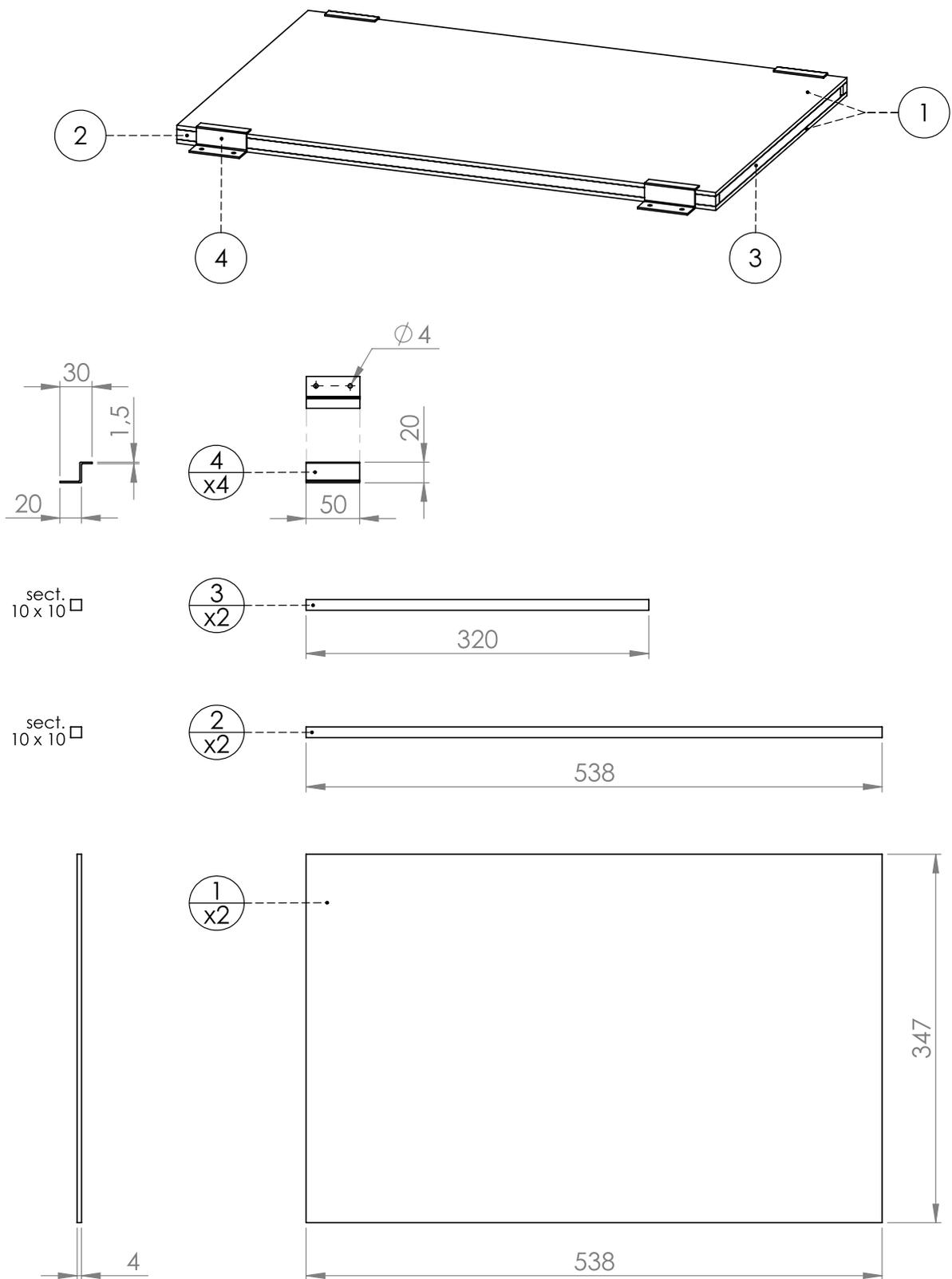
ANNEXE C

Vue éclatée habillage

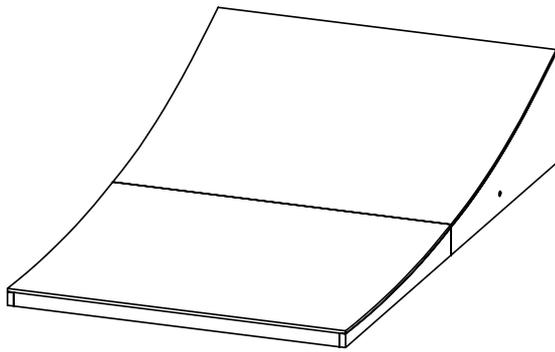


Contreplaqué ép. 5 mm

ANNEXE D
Fiche débit habillage



ANNEXE E
Fiche débit
double vitrage



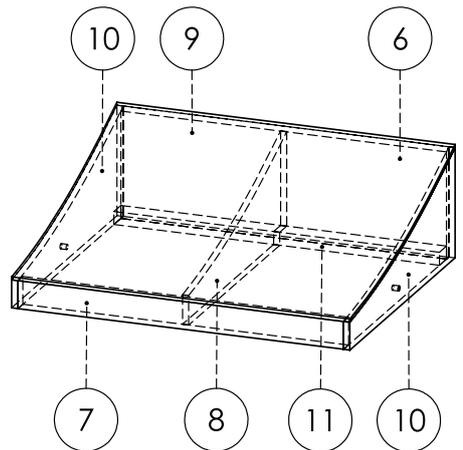
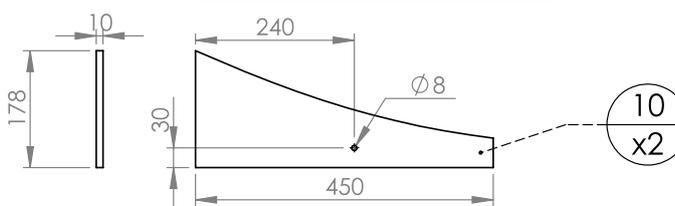
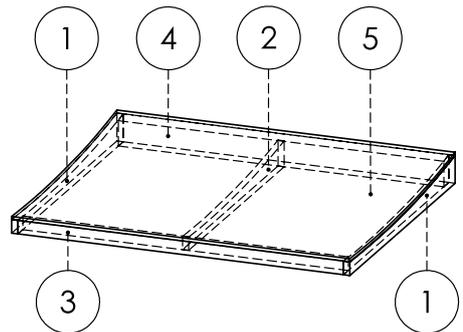
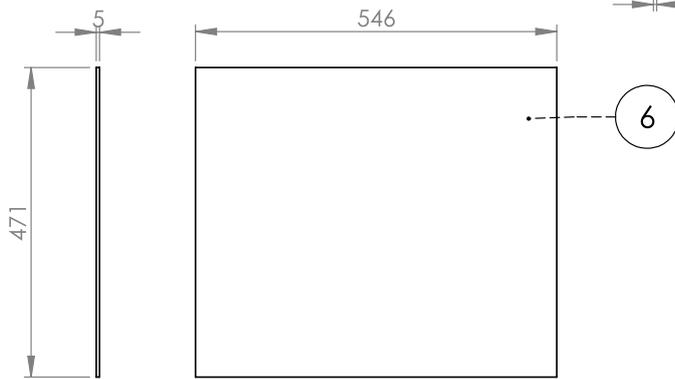
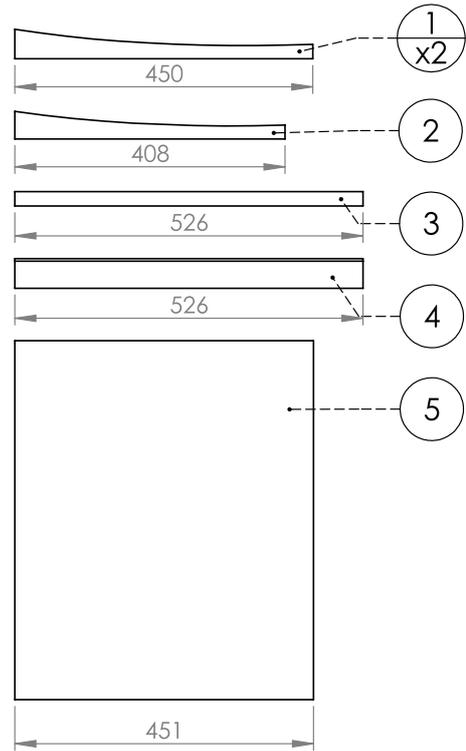
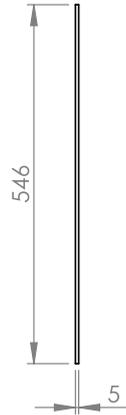
sect. :

45 x 10 □

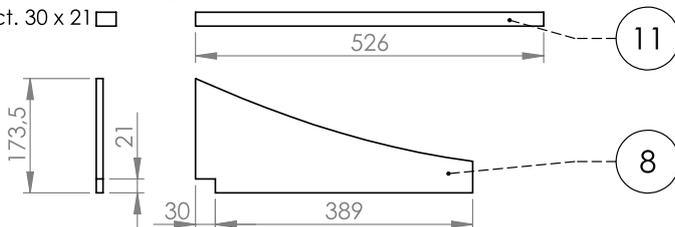
42 x 10 □

22 x 21 □

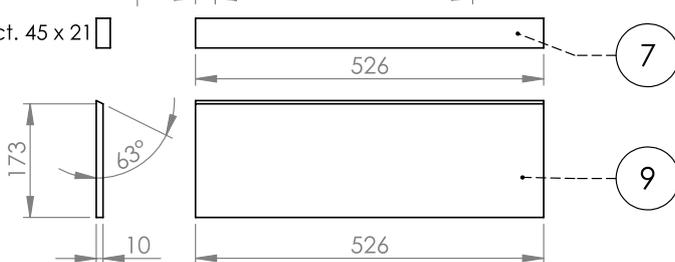
45 x 21 □



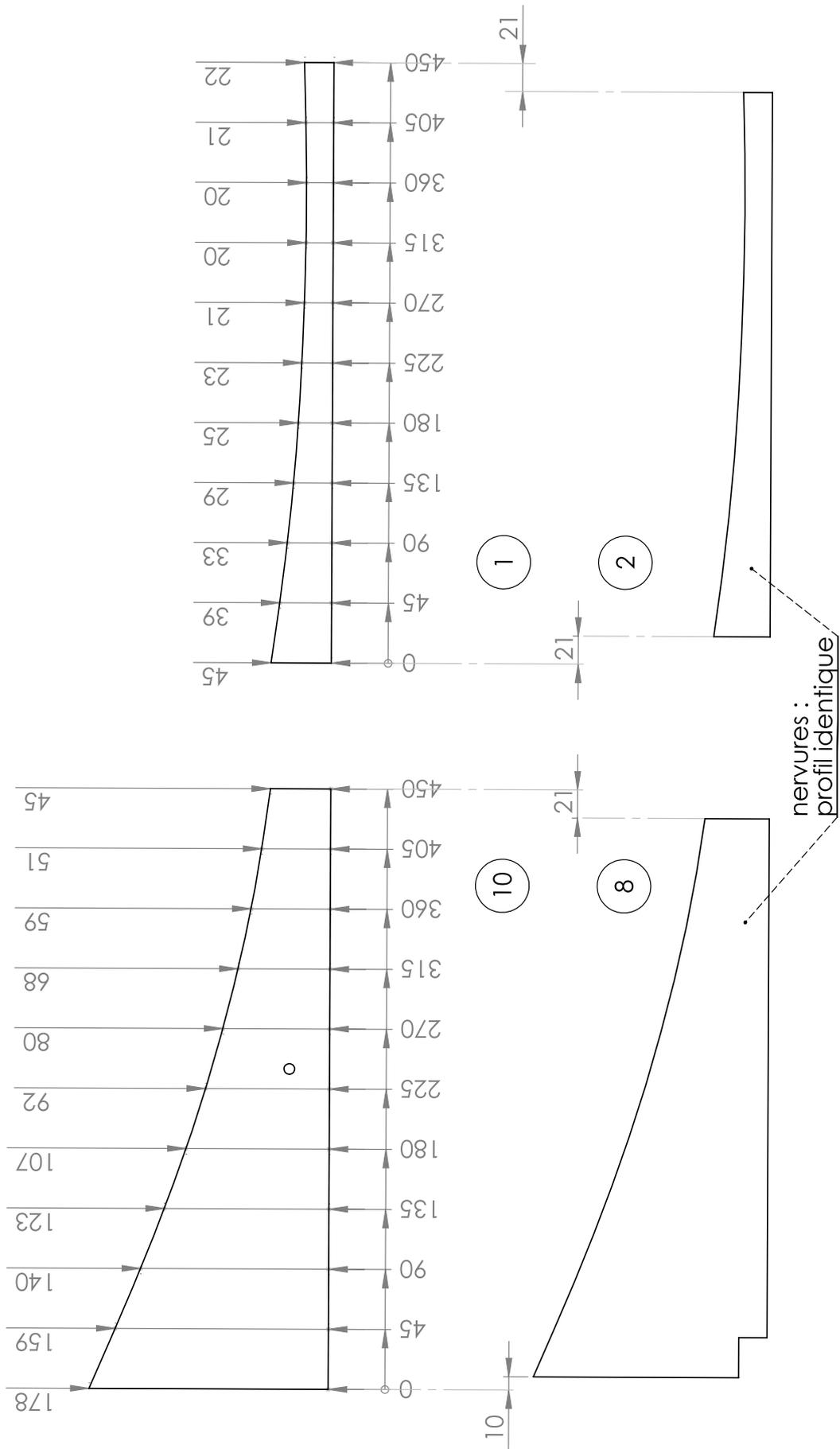
sect. 30 x 21 □



sect. 45 x 21 □



ANNEXE F
Fiche débit parabole



ANNEXE G
Paraboles