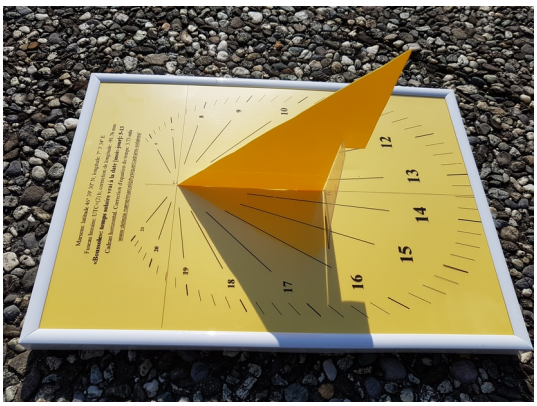
www.deleze.name/marcel/physique/cadrans-solaires/

Instructions de montage

du cadran solaire horizontal déplaçable en matières synthétiques



Description générale

On peut faire un cadran solaire horizontal déplaçable :

- avec des feuilles de plastique laminé (c'est le thème de ce document) ;
- avec du papier et du carton fin (lien vers cette variante).

Le cadran proposé ici consiste en une structure dans laquelle la couche imprimée peut être graduée de diverses manières :

- une graduation traditionnelle qui donne l'« heure du soleil moyen » du lieu ;
- une graduation moderne qui donne l'« heure légale » et qui peut se décliner en heure d'hiver et heure d'été ;
- une graduation en heures du soleil vrai du jour et qui sert à orienter la structure du cadran selon la direction sud-nord (dénommée « graduation boussole »).

Le montage s'effectue sans colle afin que les graduations, qui constituent la couche imprimée, soient interchangeables. La structure, enserrée dans un cadre photo, peut être placée à l'intérieur, à un endroit ensoleillé, par exemple dans un jardin d'hiver, sur un meuble qu'on ne déplace pratiquement jamais. Elle peut aussi être placée à l'extérieur, par exemple sur un balcon ou une terrasse. Comme elle est très facile à déplacer, elle peut vagabonder d'une place à une autre sur des positions définies par un marquage au sol. Le marquage au sol est réalisé par une ligne sud-nord, la méridienne.

Dans tous les cas, le sol (ou le meuble), doit être parfaitement horizontal, ce que l'on vérifiera au moyen d'un niveau à bulle dans deux directions perpendiculaires.

Matériel

- **Des feuilles A4 en papier** pour imprimer les gabarits de la structure.
- **4 transparents A4 pour rétroprojecteur, impression noir/blanc**. Ils serviront à imprimer les graduations « boussole », « heure solaire », « heure d'hiver » et « heure d'été ». Choisir des transparents adaptés à votre imprimante : laser ou jet d'encre.
- **3 feuilles de plastique laminé opaque, de couleur claire, pour constituer le style et la couche porteuse du style**
  Les dimensions doivent être égales ou supérieures à celles d'une feuille A4. Par exemple « EFCO 33 cm × 43 cm, jaune, d'une épaisseur de 0.4 mm » compte pour deux feuilles. Une feuille trop épaisse est difficile à couper et introduit une erreur dans l'ombre du style ; de plus, elle manque de la souplesse nécessaire pour introduire les crochets des tenons dans les mortaises. Trop fine, elle manque de la tenue nécessaire pour que le style se maintienne parfaitement plan. Une épaisseur de 0.6 mm est idéale ; elle ne doit pas être inférieure à 0.4 mm.

  La couleur claire sert de couleur de fond du cadran qui est imprimé en noir sur un transparent.
- pour constituer le contrefort du style : **une feuille de plastique laminé transparent d'une épaisseur d'environ 0.6 mm**. À défaut, on pourra couper dans une feuille plus fine deux rectangles à superposer et coller ensemble, par exemple « Glorex transparent 0.28 mm ». L'épaisseur est une grandeur critique. Trop épaisse, la feuille est difficile à couper. Trop fine, elle manque de la rigidité nécessaire pour tenir le style et résister au vent.
- Pour former le tapis : **une plaque de mousse caoutchouc d'une épaisseur de 4 à 5 mm** *ou deux plaques d'épaisseur 2 à 3 mm que l'on superposera, avec des scotchs, par exemple en superposant*
  - *deux « Crepla de Rayher 30 x 40 cm, épaisseur 2 mm » ou*
  - *une « Crepla de Rayher 30 x 40 cm, épaisseur 2 mm » et une « Crepla de Rayher 30 x 40 cm, épaisseur 3 mm ».*

  Comme l'étiquetage n'est pas fiable, il est prudent de mesurer l'épaisseur de l'assemblage. Astuce pour augmenter la précision de la mesure : empiler plusieurs plaques, puis diviser la mesure par le nombre de plaques.

  La fonction du tapis est d'offrir, dans son épaisseur, un logement pour les tenons du style et du contrefort. Si l'épaisseur est trop petite, les tenons seront trop fins et fragiles. Si l'épaisseur est trop grande, l'assemblage ne pourra pas trouver place dans le cadre photo.

  Les dimensions doivent simplement être plus grandes ou égales à celles du format A4.
- **Un cadre photo 21 cm × 30 cm**, par exemple « cadre synthétique Isostrade KR1 ». Seuls le cadre proprement dit et le fond arrière du cadre nous sont utiles. Il est nécessaire que le fond

arrière soit une plaque rigide. Le verre et le passe-partout sont à retirer, car ils ne seront pas utilisés.

- Le matériel nécessaire pour fixer le cadre au sol ou sur un meuble fixe. Prévoir **une fixation en plusieurs points** pour que le cadre reste bien horizontal et résiste au vent, mais qu'il reste néanmoins relativement facile à enlever pour changer la couche imprimée.

Matériel de travail

- Ordinateur et imprimante.
- Cutter, planche de découpe, règle. Lames de rechange pour le cutter.
- Du scotch, par exemple scotch de carrossier.
- De la colle pour matières synthétiques qui reste souple et transparente, par exemple *UHU max repair extreme transparent*.
- Un niveau à bulle.

Structure en plastique

- Ouvrir le programme en ligne Structure du cadran horizontal en plastique laminé
  https://www.deleze.name/marcel/physique/cadrans-solaires/horizontaux/construction/structure.html
  Le programme a été conçu pour couvrir les latitudes de 25° à 58° N.
  On peut trouver la latitude du lieu avec un ordinateur ou un smartphone (par exemple avec l'application *Google Earth*). Entrer les données.
- Cliquer sur le lien « Télécharger le PDF des gabarits de la structure ». Enregistrer le fichier sous le nom **struc.pdf**

Graduation « Traditionnel » : heure du soleil moyen

- Ouvrir le programme en ligne Cadran horizontal du temps solaire moyen du lieu
  https://www.deleze.name/marcel/physique/cadrans-solaires/horizontaux/moyen/index.html
  Entrer les données. On peut trouver la latitude du lieu avec un smartphone (par exemple avec l'application *Google Earth*).
- Cliquer sur le lien « Télécharger le PDF du cadran *Traditionnel* ». Enregistrer le fichier sous le nom **traditionnel.pdf**

Graduation « Moderne » : heure légale

- Ouvrir le programme en ligne Cadran horizontal du temps solaire moyen, gradué pour donner l'heure légale à un quart d'heure près
  https://www.deleze.name/marcel/physique/cadrans-solaires/horizontaux/moyen-legal/index.html
  Entrer les données. On peut trouver la latitude et la longitude du lieu avec un smartphone (par exemple avec l'application *Google Earth*). Choisir le fuseau horaire et indiquer s'il s'agit de l'heure d'hiver ou de l'heure d'été.

- Cliquer sur le lien « Télécharger le PDF du cadran *Moderne* ». Répéter deux fois l'opération :
  - Pour l'heure d'hiver, enregistrer le fichier sous le nom **moderne-hiver.pdf**
  - Pour l'heure d'été, enregistrer le fichier sous le nom **moderne-ete.pdf**

Graduation « Boussole » : cadran d'orientation

- Ouvrir le programme en ligne Cadran horizontal du temps solaire vrai du jour, gradué en heures légales afin d'orienter le cadran solaire
  https://www.deleze.name/marcel/physique/cadrans-solaires/horizontaux/orientation/index.php
  Entrer les données. On peut trouver la latitude et la longitude du lieu avec un smartphone (par exemple avec l'application *Google Earth*). Choisir le fuseau horaire et donner la date à laquelle le cadran sera orienté.
- Cliquer sur le lien « Télécharger le PDF du cadran d'orientation du jour ». Enregistrer le fichier sous le nom **boussole-mois-jour.pdf**

Impression des PDF

Toutes les impressions doivent être faites avec les mêmes options et les mêmes réglages de l'imprimante. Pour imprimer sur du format A4, choisir l'option «Taille réelle». Pour les autres formats, choisir l'option «Adapter à la page».

Les PDF suivants sont imprimés sur des feuilles de papier :

- **struc.pdf**
  - p. 1 : gabarit de la couche porteuse du style
  - p. 2 : gabarit du style et du contrefort
  - p. 3 : gabarit du tapis (en deux exemplaires si le tapis est formé de deux couches).

Les PDF suivants sont imprimés sur des transparents A4 noir/blanc pour rétroprojecteur :

- **boussole-mois-jour.pdf**
- **traditionnel.pdf**
- **moderne-hiver.pdf**, **moderne-ete.pdf** ou **moderne-an.pdf**

Mise au format du cadre

Les dimensions des feuilles imprimées doivent être ajustées au cadre photo. Pour ce faire, on utilise le fond du cadre comme gabarit et on coupe ce qui dépasse. Ces ajustements sont nécessaires afin que les feuilles enserrées dans le cadre restent bien planes.

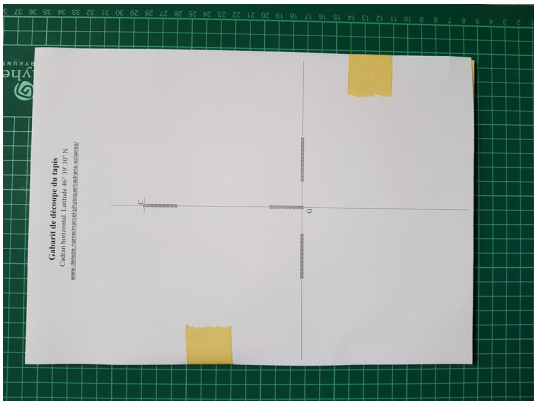
- Commençons par le tapis. La découpe peut se faire avec le cutter sur la planche de découpe (voir photo ci-dessous). Éviter de surdimensionner, car le tapis doit rester bien plat et ne pas gondoler.

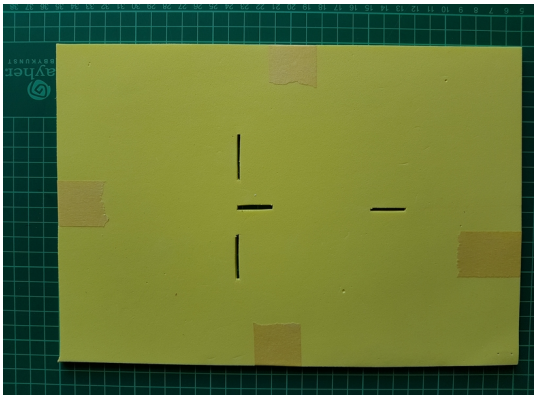
- Quatre transparents pour rétroprojecteur (graduations « boussole », « traditionnel », « moderne-hiver », « moderne-ete »). Sur la photo ci-contre, la feuille blanche sert uniquement à mieux voir la feuille transparente. Avec le matériel que j’ai utilisé, les trois transparents doivent être rétrécis de 2 mm du côté où la marge est la plus grande. La longueur convient.
- De la feuille de plastique opaque, extraire la « couche porteuse du style ». Réserver le reste pour y découper le style.

Découpages

Dans une coupe au cutter, le mouvement de la main pose avec plus de précision le point de départ que le point d’arrivée. C’est pourquoi il est recommandé, dans la coupe d’une pièce, d’exécuter chaque mouvement de l’intérieur vers l’extérieur.

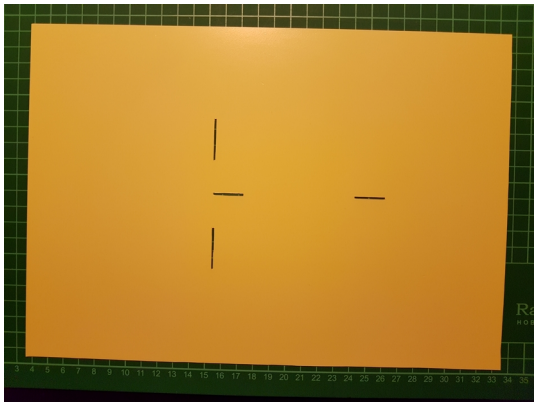
- Fixer le gabarit « **Tapis** » (struc.pdf, p. 3) dessus la plaque de mousse au moyen de deux scotchs (voir image de gauche ci-dessous). Sur la planche de découpe, découper la plaque de mousse avec le cutter et la règle : pour découper les quatre mortaises, on suivra les bords traitillés des rectangles grisés, en commençant par les petits côtés. Retourner la plaque de mousse, rectifier les ouvertures. Ôter le gabarit de papier (voir image de droite ci-dessous).



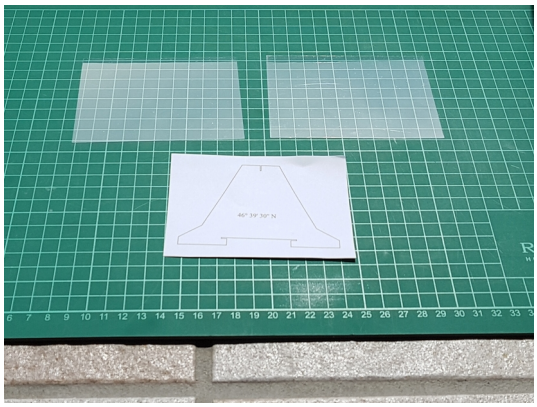


- Au moyen de deux scotchs, fixer le gabarit « **couche porteuse du style** » (struc.pdf, p. 1) dessus la feuille de plastique opaque adaptée au cadre. Comme cette feuille est plus difficile à couper, c’est peut-être le moment de placer une lame neuve dans le cutter. Sur la planche

de découpe, avec le cutter et la règle, découper les quatre mortaises (dont la fonction s'apparente à des boutonnières) désignées par des rectangles gris aux bords traitillés, en commençant par les petits côtés.
Retourner la feuille, rectifier les ouvertures, retirer le gabarit de papier (voir photo ci-dessous).

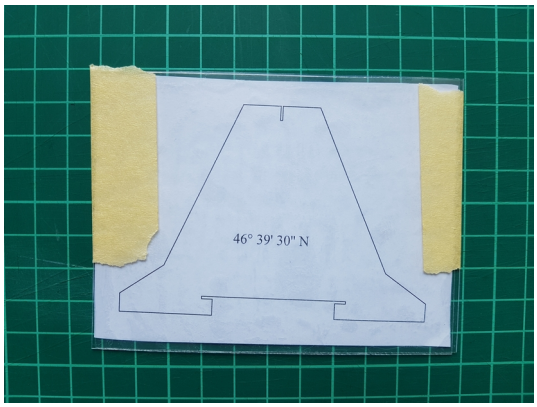


- Couper en deux la feuille « Style et contrefort » (struc.pdf, p. 2) le long de la ligne traitillée de manière à la diviser en deux gabarits distincts « Style » et « contrefort ».
- Pour le **contrefort** dans le cas où il faut superposer deux couches pour avoir l'épaisseur voulue :
  - Dans les programmes en ligne qui génèrent les gabarits et cadrans, pour l'épaisseur du contrefort, il faut entrer l'épaisseur des deux couches superposées, par exemple 0.56 pour une feuille d'épaisseur 0.28 mm.
  - Dans le gabarit de papier, découper un rectangle qui contient le contrefort.
  - Dans la feuille de plastique transparent, découper, avec le cutter, deux rectangles approximativement égaux au rectangle de papier (voir photo ci-dessous).

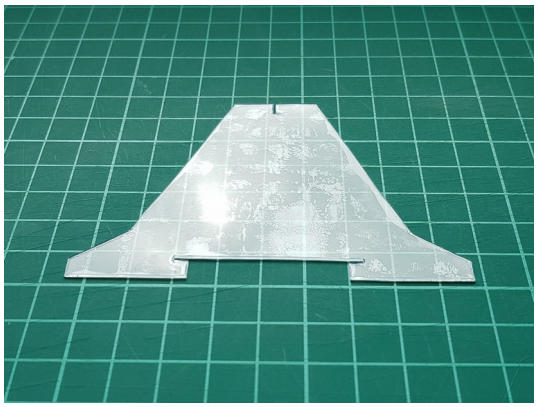


  - Coller les deux rectangles de plastique en les posant l'un sur l'autre avec de la colle pour matières synthétiques. Mettre sous presse et laisser sécher un jour.

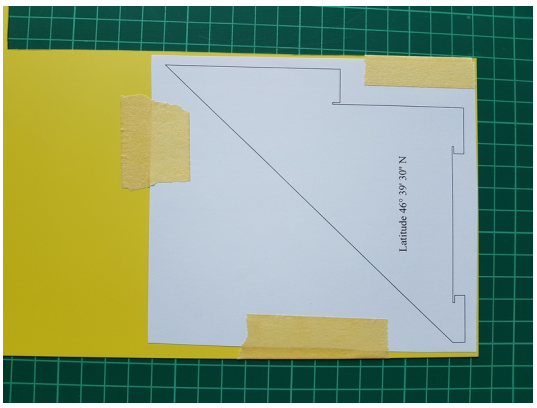
- Placer le gabarit de papier dessous le rectangle de plastique et le fixer avec du scotch (photo ci-dessous).

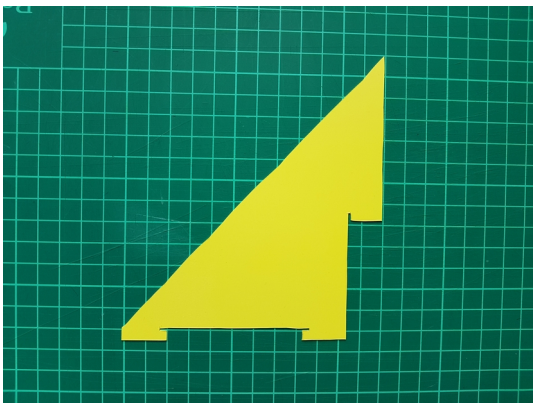


- Avec le cutter, sur un planche de découpe, couper le contrefort (voir photo ci-dessous).

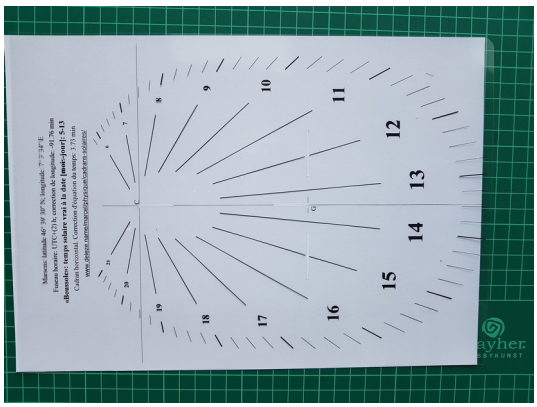


- Fixer le gabarit « **Style** » dessus la feuille de plastique opaque au moyen de deux scotchs. Découper le style, avec le cutter et la règle, sur la planche de découpe, en commençant par les côtés les plus courts. Il sera peut-être nécessaire de repasser plusieurs fois le cutter sur la même ligne. Vérifier si la lame a traversé la feuille en la retournant fréquemment. Retourner la feuille sur l'envers. Détacher le style. Rectifier les bords, en particulier les crochets des tenons (voir images ci-dessous).



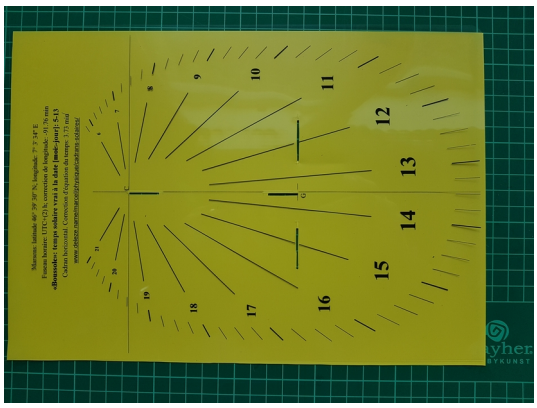


- Sur la planche de découpe, poser une feuille blanche, puis le transparent « **traditionnel : heure solaire** » adapté au cadre. La feuille de papier sert à rendre bien lisible le transparent imprimé. Dans le transparent imprimé, avec le cutter et la règle, découper la mortaise en T en suivant les lignes traitillées et en commençant par les côtés les plus courts.
  Retourner la feuille, rectifier les ouvertures, retirer le gabarit de papier.
- Procéder de même pour le transparent imprimé « **moderne-hiver** » adapté au cadre.
- Procéder de même pour le transparent imprimé « **moderne-ete** » adapté au cadre.
- Procéder de même pour le transparent imprimé « **boussole: heure du soleil vrai du jour** » adapté au cadre (voir photo ci-dessous).

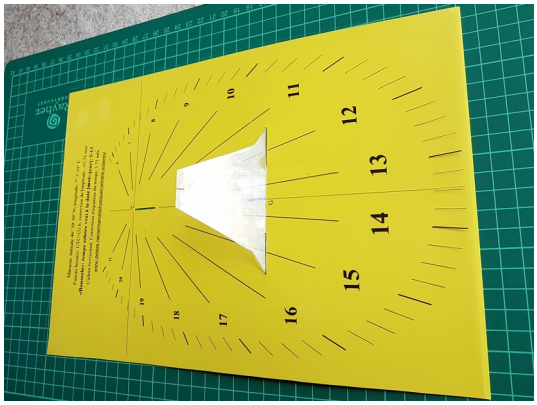


Assemblage

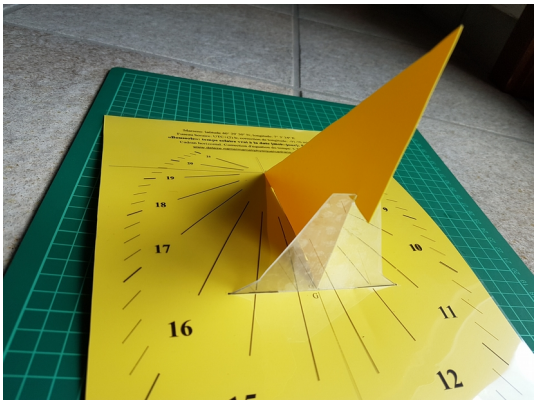
- Sur la couche porteuse du style, poser le transparent imprimé et aligner les mortaises.



- Insérer les tenons du contrefort dans les mortaises en traversant les deux couches (la couche imprimée et la couche porteuse du style). Pour ce faire, utiliser la souplesse des deux couches superposées.



- Sur la couche porteuse, insérer le style :
  - commencer par accrocher le tenon du style qui se trouve en bas, du côté du contrefort ;
  - en utilisant la souplesse des deux couches superposées, accrocher l'autre tenon (point C).
  - accrocher enfin le troisième tenon du style dans la fente supérieure du contrefort, en faisant appel la souplesse du contrefort (voir image ci-dessous).



- Insérer cet ensemble dans le cadre. Dans l'image ci-dessous, le cadre est posé entre deux chaises, le style en bas.

- On travaille sur l’arrière du cadre. Poser le tapis. Faire passer les tenons dans les mortaises (voir photo ci-dessous).

  - les graduations inutilisées sont mises en réserve dessous le tapis ;
  - vérifier que les tenons ne dépassent pas, car ils ne doivent pas s’appuyer sur le fond du cadre.
- Fixer le fond du cadre et retourner le cadre.

Lecture de l’heure

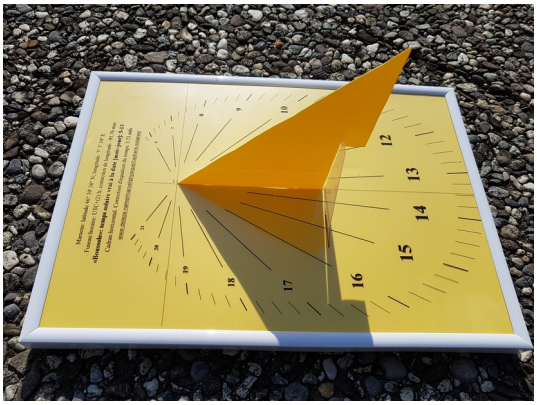
- D’une part, c’est l’ombre de l’arête oblique CS , dirigée vers le nord céleste, qui indique l’heure. L’heure se lit sur ce bord de l’ombre. Cette ligne sert à lire les heures lorsque le soleil est bas.
- D’autre part, observer l’ombre de l’extrémité supérieure du style. Lorsque le soleil est haut, ce point tombe dans le cadran et est à repérer.

Orientation et mise en place du cadre du cadran

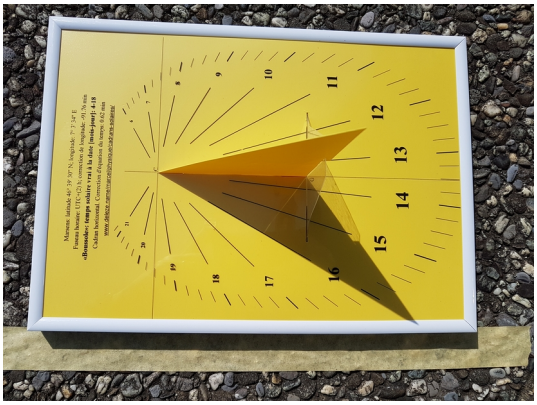
Dans l’orientation du cadre du cadran solaire selon la direction sud-nord, une imprécision d’un degré d’angle correspond à 4 minutes de temps. Une boussole ordinaire n’offre pas la précision suffisante. Voici une méthode pour surmonter cette difficulté :

- Mettez d’abord en place, dans le cadre, la graduation « boussole : temps solaire vrai légal ». Cette graduation donne l'heure légale pendant un jour. L’inconvénient de cette graduation est qu’elle n’est, en principe, valable que pour le jour donné. Les avantages de cette graduation sont qu’elle indique correctement l’heure légale et que le bord long du cadre donne précisément la direction sud-nord.
- Poser le cadre sur une surface plane et horizontale. Il est important de contrôler la parfaite horizontalité avec un niveau à bulle dans deux directions perpendiculaires. Le cas échéant, rétablir l’horizontalité du support.

- Avec la graduation « boussole : temps solaire vrai légal », il faut orienter le cadre de telle sorte que le cadran donne l'heure légale du lieu (donné par la montre). On obtient une meilleure précision lorsque le réglage se fait sur une graduation du cadran, c'est-à-dire quand la montre indique une heure entière, une demi-heure ou un quart d'heure.
  En laissant le cadran en place pendant un jour entier, vérifier que l'écart entre l'heure donnée par le cadran et l'heure légale ne dépasse pas quelques minutes : cette valeur représente la précision de votre cadran.



- Marquer la position du cadran par une ligne sur le sol : le côté long du cadre du cadran donne la direction sud-nord, ou méridienne.



- On peut alors changer de graduation, par exemple mette en place la graduation du temps solaire moyen. Après quoi il suffit d'orienter le cadre selon la ligne précédemment marquée sur le sol.

Précaution

Quand de forts vents sont annoncés, il faut mettre le cadran solaire à l'abri.

Marcel Délèze