

# Tutoriel du cadran solaire vertical, mural ou à orienter



## Première partie : Construction

### Matériel

- **Des feuilles de papier A4** pour imprimer les gabarits de la structure.
- **5 transparents A4 pour rétroprojecteur, impression noir/blanc.** Choisir des transparents adaptés à votre imprimante : laser ou jet d'encre. Ils serviront à imprimer
  - la graduation d'orientation « Horloge » (soleil vrai du jour) ; comme il faudra peut-être corriger l'orientation, prévoir deux transparents ;
  - les graduations « heure solaire », « heure d'hiver » et « heure d'été ».
- **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.

Une feuille est mise en réserve pour le cas où l'azimut doit être corrigé.

- 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 : **2 plaques de mousse caoutchouc d'une épaisseur de 4 à 5 mm** ou **4 plaques d'épaisseur 2 à 3 mm** que l'on superposera deux par deux, 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.

La deuxième plaque de mousse sera utilisée dans le cas où l'azimut doit être corrigé.

- **Un cadre photo 21 cm × 30 cm**, par exemple « cadre Isostrade ». 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. Choisir un cadre que l'on puisse fixer au mur en plusieurs points.

- Le matériel nécessaire pour fixer le cadre au mur. Prévoir **une fixation en plusieurs points** pour que le cadre reste bien vertical 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

Le programme a été conçu pour couvrir les latitudes de 32° à 65° N. On peut trouver la latitude du lieu avec un ordinateur ou un smartphone (par exemple avec l'application *Google Earth*).

Accéder au programme en ligne qui fournit les gabarits de découpe :

- **Pour le cadran à orienter:**  
[Structure du cadran solaire vertical](#)  
(il n'y a pas à se préoccuper de l'azimut qui est de 90°).
- **Pour le cadran mural :**  
Avant de commencer, déterminer l'[azimut de la paroi verticale](#).  
[Structure du cadran solaire vertical](#)  
(l'azimut de la façade est demandé).

Cliquer sur le bouton « Télécharger le PDF de 3 pages ». Enregistrer le fichier sous le nom **structure.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» ou « Échelle 100 % ». Pour les autres formats, choisir l'option «Adapter à la page».

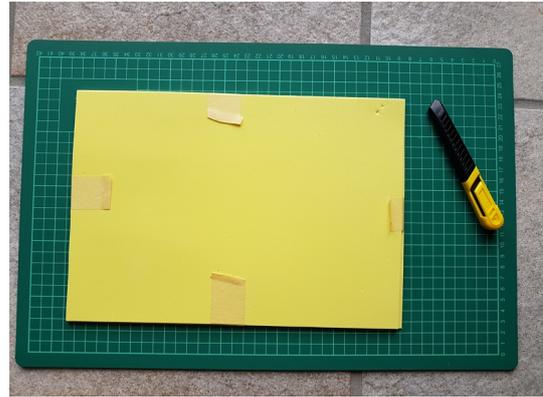
Le PDF **structure.pdf** est imprimé sur des feuilles de papier :

- p. 1 : gabarit de la couche porteuse du style
- p. 2 : gabarit du tapis.
- p. 3 : gabarits du style et du contrefort

## 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 les photos ci-dessous). Éviter de surdimensionner, car le tapis doit rester bien plat et ne pas gondoler.



- De la feuille de plastique opaque, extraire une feuille aux dimensions du cadre destinée à devenir la « couche porteuse du style » et réserver le reste pour y découper le style. Comme cette feuille est épaisse, c'est peut-être le moment de placer une lame neuve dans le cutter.

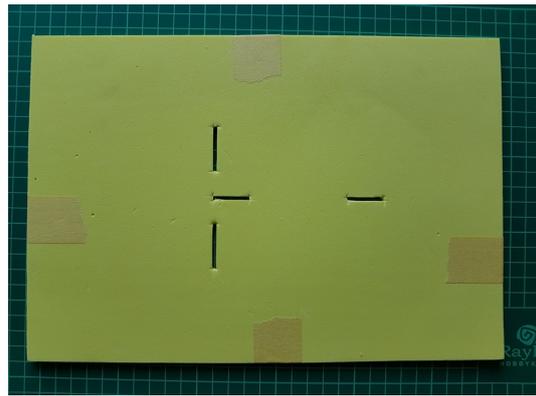
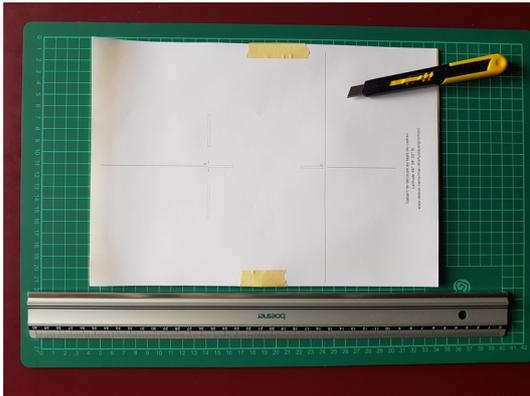


## Découpages

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** » (structure.pdf, p. 2) 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, en commençant par les petits côtés. Retourner la plaque de mousse, rectifier les ouvertures. Ôter le gabarit de papier.

Ci-dessous, images pour un cadran à orienter.

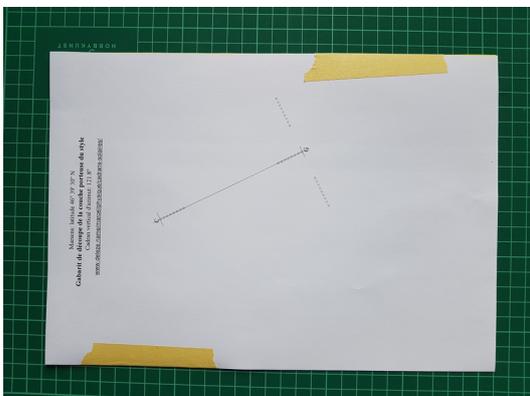


Ci-dessous, image pour un cadran mural.

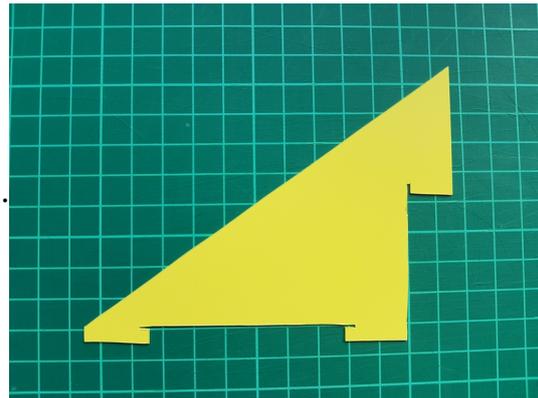
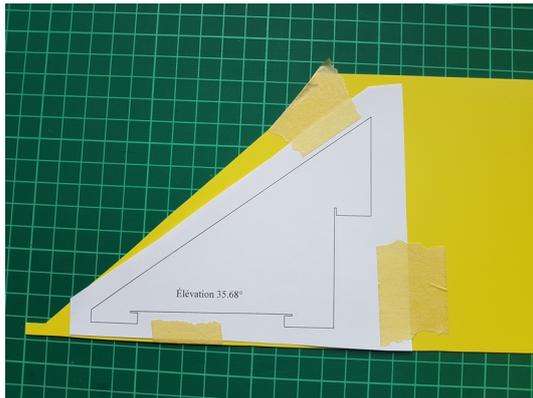


- Au moyen de deux scotchs, fixer le gabarit « **couche porteuse du style** » (structure.pdf, p. 1) dessus de la feuille de plastique opaque adaptée au cadre. Sur la planche de découpe, avec le cutter et la règle, découper les quatre mortaises désignées par des rectangles aux bords traitillés, en commençant par les petits côtés. 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.

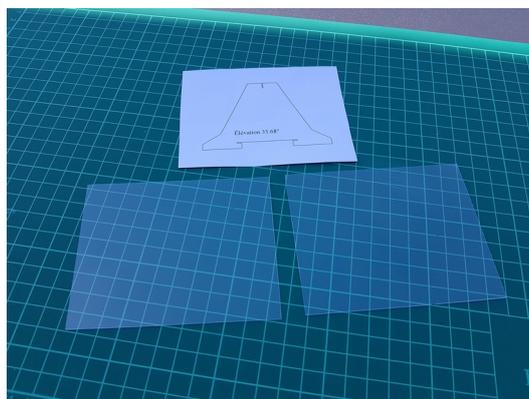
Retirer le gabarit de papier et rectifier les ouvertures (voir les images ci-dessous).



- Couper en deux le gabarit « Style et contrefort » (structure.pdf, p. 3) le long de la ligne traitillée de manière à la diviser en deux gabarits distincts « Style » et « contrefort ».
- Fixer le gabarit « **Style** » dessus la feuille de plastique opaque au moyen de deux scotchs (voir image de gauche ci-dessous). 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 l'image de droite ci-dessous).



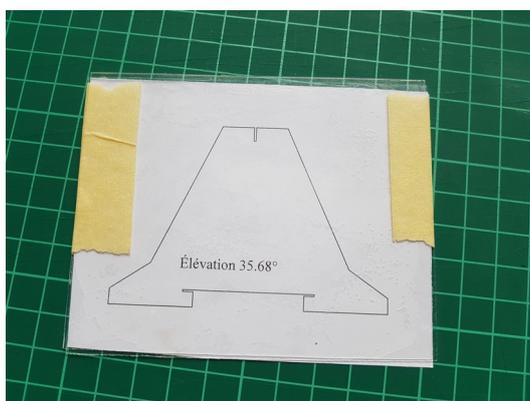
- Pour le **contrefort** dans le cas où il faut superposer deux couches pour avoir l'épaisseur voulue :
  - Dans les programmes en ligne qui génèrent les gabarits et cadrans, pour l'épaisseur du contrefort, il faut entrer l'épaisseur des deux couches superposées, par exemple 0.56 pour une feuille d'épaisseur 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).



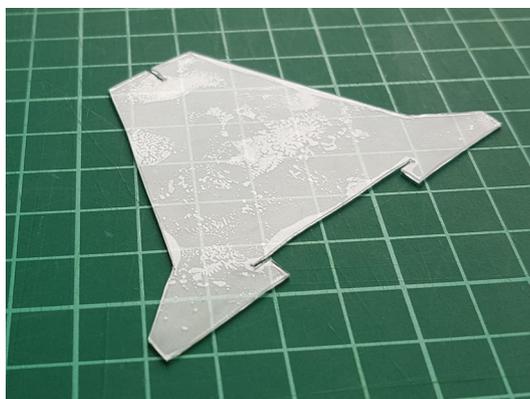
- Coller les deux rectangles de plastique en les posant l'un sur l'autre avec de la colle pour matières synthétiques. Mettre sous presse et laisser sécher un jour.



- 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).



## Deuxième partie : Orientation

**Pour le cadran à orienter :**

**« Plein sud », graduation pour déterminer l'axe Est-ouest**

- [Plein sud](#)

(il n'y a pas à se préoccuper de l'azimut qui est de 90°).

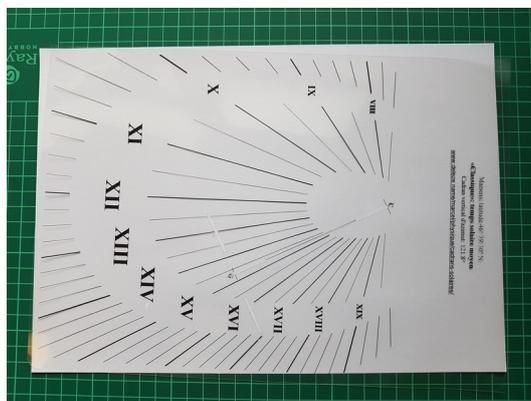
La date à donner est celle à laquelle on procédera à l'orientation du cadran.

Cliquer sur le bouton « Télécharger le PDF ». Enregistrer le fichier sous le nom **plein-sud-mois-jour.pdf**

- Le PDF est imprimé sur un transparent pour rétroprojecteur.
- Mettre transparent au format du cadre (le fond du cadre sert de gabarit).
- Sur la planche de découpe, poser le transparent « **Plein sud** ». Pour mieux voir ce qui est imprimé, intercaler une feuille de papier blanc entre le transparent et la planche de découpe. Avec le cutter, découper les quatre mortaises délimitées par des lignes traitillées.

## Pour le cadran mural : « Horloge », graduation de vérification

- [Horloge](#)  
(l'azimut de la façade est demandé).  
La date à donner est celle à laquelle on procédera à la vérification de l'azimut de la façade.  
Cliquer sur le bouton « Télécharger le PDF ». Enregistrer le fichier sous le nom **horloge-mois-jour.pdf**
- Imprimer sur un transparent A4 pour rétroprojecteur.
- Mettre le transparent au format du cadre (le fond du cadre sert de gabarit).
- Poser la feuille « Horloge » sur la planche de découpe. Pour mieux voir les lignes traitillées, intercaler une feuille de papier blanc entre le transparent et la planche de découpe. Avec le cutter, découper les quatre mortaises délimitées par des lignes traitillées (dans la photo ci-dessous, il s'agit du cadran « Classique », mais la procédure est la même) :



## Assemblage

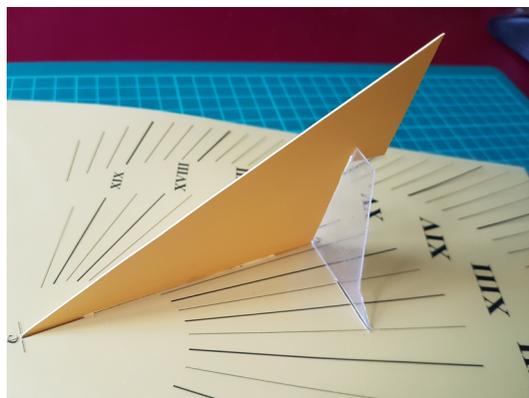
- Pour déterminer la face de la couche porteuse sur laquelle est fixé le style, observer le transparent imprimé. Sur la couche porteuse du style, poser le transparent imprimé et aligner les mortaises (voir photo ci-dessous) :



- 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 (voir la photo ci-dessous) :



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



- Insérer cet ensemble dans le cadre, le style en bas (on travaille sur l'arrière du cadre photo).

- Poser par dessus, successivement
  - le tapis ; faire passer les tenons dans les mortaises ; (dans l'image ci-dessous, le cadre est posé entre deux chaises)



- 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.



- sur la face avant du cadre, vérifier que la couche imprimée soit bien plane et qu'il n'y ait pas d'espace vide derrière elle.

## **Pour le cadran à orienter : orientation du cadran « Plein sud »**

Dans l'orientation du plan du cadran solaire selon la direction Est-ouest, une imprécision d'un degré d'angle correspond à 4 minutes de temps. Une boussole ordinaire n'offre pas la précision suffisante. Pour gagner en précision, nous allons comparer la position du soleil vrai avec l'heure donnée par la montre.

- Préparer la paroi en posant deux clous pour accrocher le cadre, en vérifiant l'horizontalité du cadre avec un niveau à bulle. Vérifier la verticalité de la paroi.
- Mettre en place, dans le cadre, la graduation « **Plein sud** ». 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. Puisque la validité de la graduation « Plein sud » a une durée limitée, la réalisation en papier exprime son caractère éphémère.
- Avec la graduation « Plein sud », il faut orienter la paroi 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. Après chaque mouvement de la paroi, vérifier les niveaux.
- 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 de la paroi par une ligne sur le sol qui indique la direction Est-ouest. Ce repère peut servir
  - à repositionner la paroi et
  - à mesurer l'azimut d'une façade proche.
- On peut ensuite changer la graduation, par exemple mettre en place « Classique » ou « Contemporain ».

## **Pour le cadran mural : vérification globale et correction de l'azimut**

### **Graduation « Horloge » pour le cadran mural**

Le cadran a été calculé pour l'azimut donné. Avant de mettre en service le cadran, une vérification s'impose.

- Préparer la paroi en posant deux clous pour accrocher le cadre, en vérifiant l'horizontalité du cadre avec un niveau à bulle.
- Mettre en place, dans le cadre, la graduation « **Horloge** ». 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. L'avantage de cette graduation est qu'elle indique correctement l'heure légale. Puisque la validité de la graduation « Horloge » a une durée limitée, la réalisation en papier exprime son caractère éphémère.

- La graduation « Horloge » donne l'heure légale du lieu (donné par la montre). La vérification est plus précise sur une graduation, c'est-à-dire quand le cadran 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.
- Si nécessaire, corriger l'azimut de la façade. Pour gagner en précision, nous allons comparer la position du soleil vrai avec l'heure donnée par la montre. Pour ce faire, des indications sont données pour corriger l'azimut :
  - [Correction de l'azimut et validation du cadran solaire vertical «Horloge»](#)
  - Avec la nouvelle valeur de l'azimut, **refaire entièrement la structure du cadran** (couche porteuse, tapis, style et contrefort) **ainsi que le cadran « Horloge »** pour une nouvelle date.
- Vérifier le nouveau cadran pendant un jour entier. Si l'azimut est correct, on peut mettre en fonction le cadran mural et changer la graduation.

## Troisième partie : Exploitation

Mettre en place la graduation voulue, par exemple « Classique » ou « Contemporain ».

Accéder au [programme en ligne qui fournit les graduations](#).

### Graduation « Classique » : temps du soleil moyen

- **Pour le cadran à orienter:**  
Classique  
(il n'y a pas à se préoccuper de l'azimut qui est de 90°).
- **Pour le cadran mural :**  
Classique  
(l'azimut de la façade est demandé).

Cliquer sur le bouton « Télécharger le PDF ». Enregistrer le fichier sous le nom **classique.pdf**

### Graduation « Contemporain » : heure légale

- **Pour le cadran à orienter:**  
Contemporain  
(il n'y a pas à se préoccuper de l'azimut qui est de 90°).
- **Pour le cadran mural :**  
Contemporain  
(l'azimut de la façade est demandé).

Cliquer sur le bouton « Télécharger le PDF ». Enregistrer le fichier sous le nom **contemporain-hiver.pdf** pour l'heure d'hiver.

Après avoir répété une deuxième fois toute l'opération pour l'heure d'été, enregistrer le fichier sous le nom **contemporain-ete.pdf**

Dans les régions où il n'y a pas de changement pour l'heure d'été, le fichier sera simplement dénommé **contemporain.pdf**

## Impression des PDF

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

- **classique.pdf**
- **contemporain-hiver.pdf, contemporain-ete.pdf ou contemporain.pdf**

Toutes les impressions doivent être faites avec les mêmes options et les mêmes réglages de l'imprimante. Pour le format A4, choisir l'option «Taille réelle» ou « Échelle 100 % ». Pour les autres formats, choisir l'option «Adapter à la page».

## Découpage des cadrans gradués

Mettre d'abord chaque transparent au format du cadre (le fond du cadre sert de gabarit). Pour mieux voir les lignes traitillées, intercaler une feuille de papier blanc entre le transparent et la planche de découpe. Avec le cutter, découper les quatre mortaises délimitées par les lignes traitillées.

Le transparent actif est placé sur la couche porteuse du style.

Les transparents inactifs sont placés en réserve entre le tapis et le fond du cadre.

## Lecture de l'heure

- Vérifier que la graduation soit bien plaquée contre le support de style.
- 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.
- Repérer d'autre part l'ombre de l'extrémité supérieure du style = (point S<sub>2</sub>), même lorsqu'elle tombe à l'extérieur du cadran.

## Précaution

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

*Marcel Délèze*