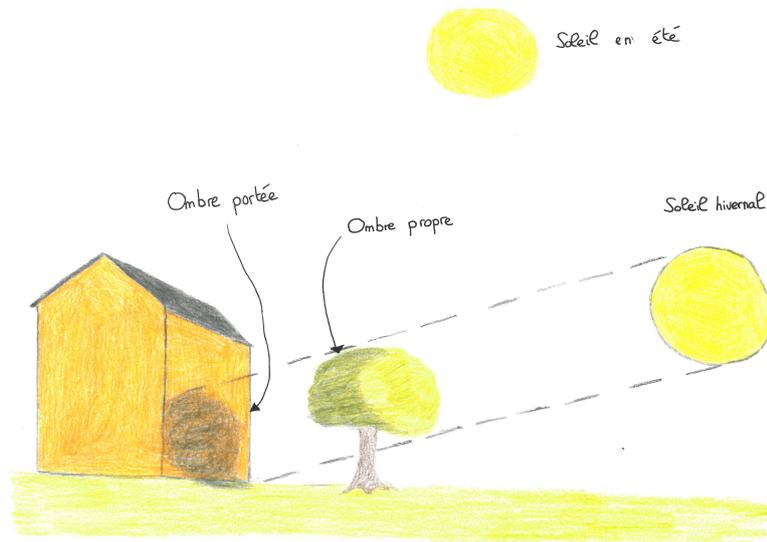


Etude et création d'un diagramme solaire

› Ombre propre et ombre portée

Il est courant d'observer des ombres portées (ou projetées), par exemple lorsque le soleil se retrouve caché derrière un clocher, une maison, un arbre, une haie, etc. Cette ombre est également appelée masque solaire.

Lors de l'aménagement d'un jardin, il est important de considérer les ombres portées afin de privilégier les essences adaptées. En effet, il arrive fréquemment que des zones ne « voient » pas le soleil avant la venue du printemps ou de l'été, alors que d'autres seront constamment baignées d'apports solaires.



› Les enjeux liés aux ombres portées

- Mieux connaître un site

L'étude des ombres portées permet d'évaluer l'ensoleillement d'un site au cours de la journée à n'importe quel moment de l'année. Il est important de prendre en compte l'inclinaison variable du soleil selon les saisons, par exemple aux solstices d'hivers et d'été le soleil effectue dans le ciel respectivement sa trajectoire la plus basse et la plus haute.

- Avoir un impact maîtrisé

La modification d'un lieu, avec par exemple l'ajout ou le retrait d'un arbre, peut entraîner une modification de l'ensoleillement du site. Il est important de réfléchir à l'impact qu'aura une modification en amont, afin d'éviter de créer une situation qui désavantagerait les plantations se trouvant en retrait.

- Valider des projets

Dans le but de déterminer les emplacements les mieux adaptés à l'implantation par exemple d'essences végétales ou d'une serre, il est nécessaire de penser à l'exposition au soleil au cours de la journée et donc aux éventuelles ombres portées sur une année

Réaliser une étude des ombres portées

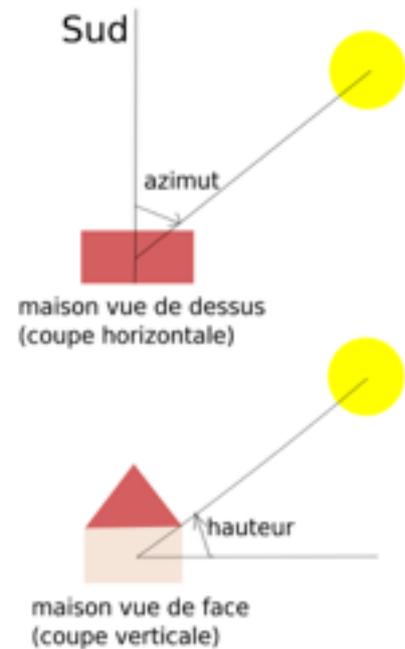
- Présentation du diagramme solaire

Un diagramme solaire représente pour une latitude donnée la course du soleil dans le ciel au cours d'une journée, et selon les différentes saisons. Les azimuts seront représentés en abscisse (données horizontales sur le graphique), et la hauteur angulaire du soleil en ordonnée (verticale).

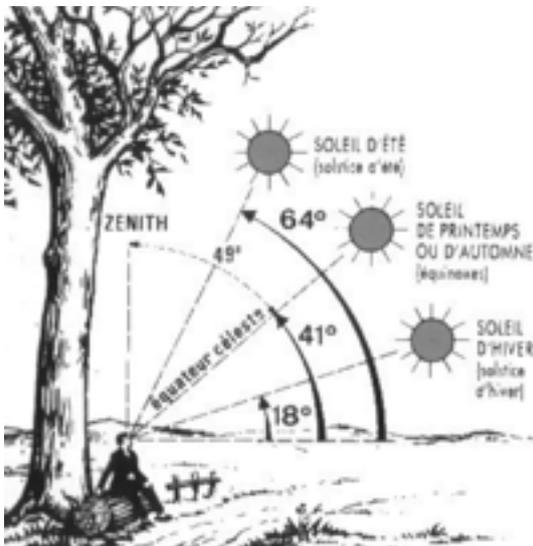
Azimut ($^{\circ}$): C'est l'angle qui sépare un axe de référence d'un autre axe. L'axe de référence choisi est souvent le nord ou le sud. Sur le diagramme solaire ci-dessous, l'axe de référence choisis est le nord. Au contraire, sur l'exemple à droite, l'axe de référence est le sud (+180 $^{\circ}$ de différence par rapport au nord). Les azimuts peuvent être mesurés à l'aide d'une boussole.

Hauteur angulaire du soleil ($^{\circ}$): C'est l'angle entre l'horizon et le soleil. Au solstice d'hivers, le soleil est à sa hauteur la plus basse (18 $^{\circ}$ pour la latitude 49 $^{\circ}$ N), et au solstice d'été, il est à sa hauteur la plus haute (64 $^{\circ}$ pour la latitude 49 $^{\circ}$ N).

Latitudes de la terre



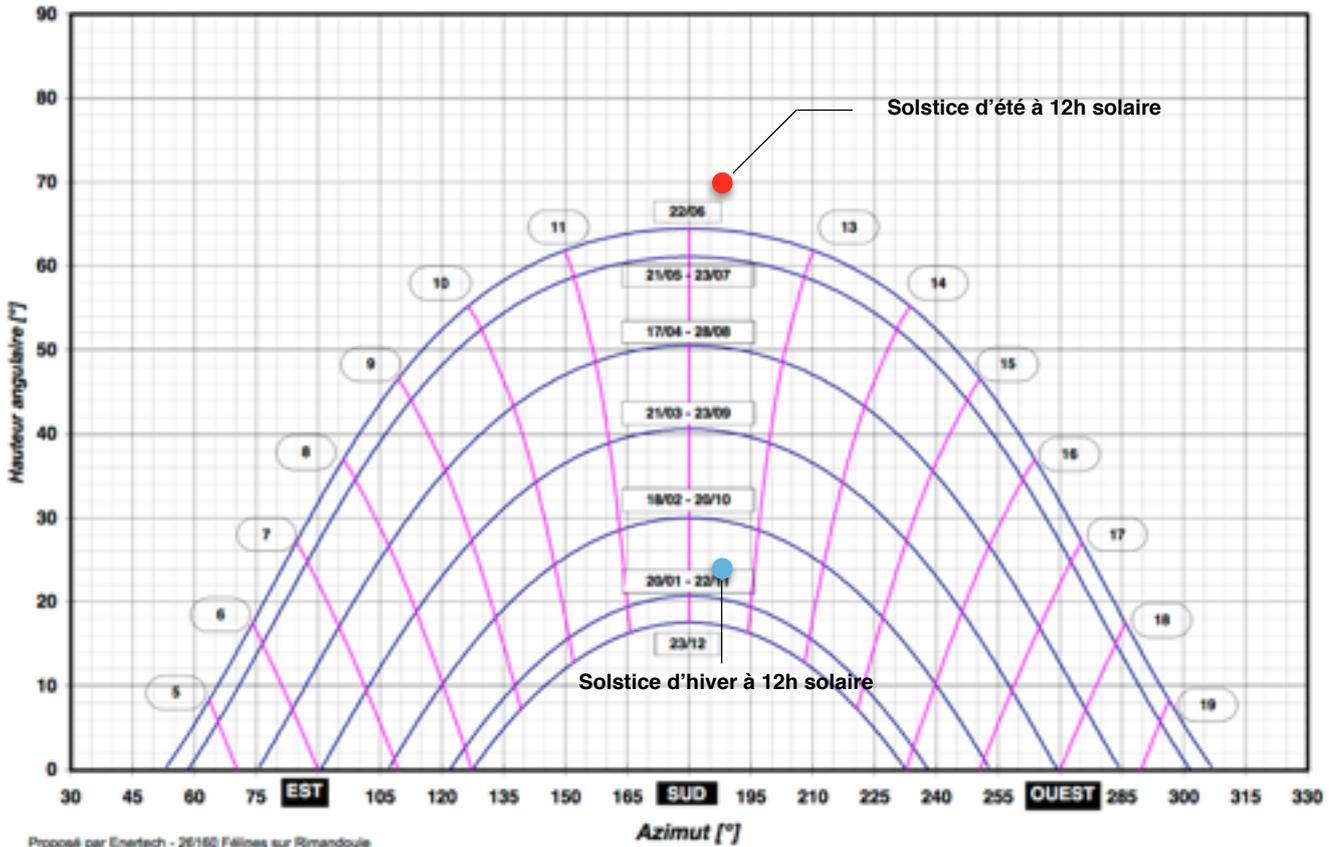
Azimut et hauteur pour déterminer la position du soleil.



Source:earthnet.com

› Saint-Lô se situe à la latitude 49°N, on a alors le diagramme solaire suivant :
 Les différentes courbes violettes représentent la trajectoire du soleil tout au long de l'année. On remarque

TRAJECTOIRES DU SOLEIL (Latitude = 49 °N)



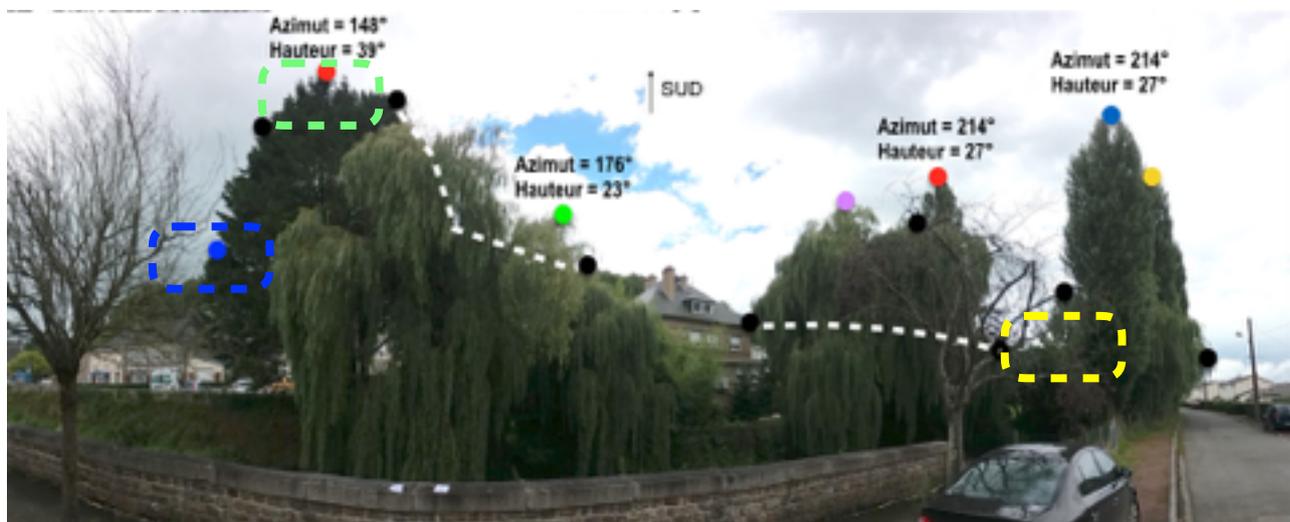
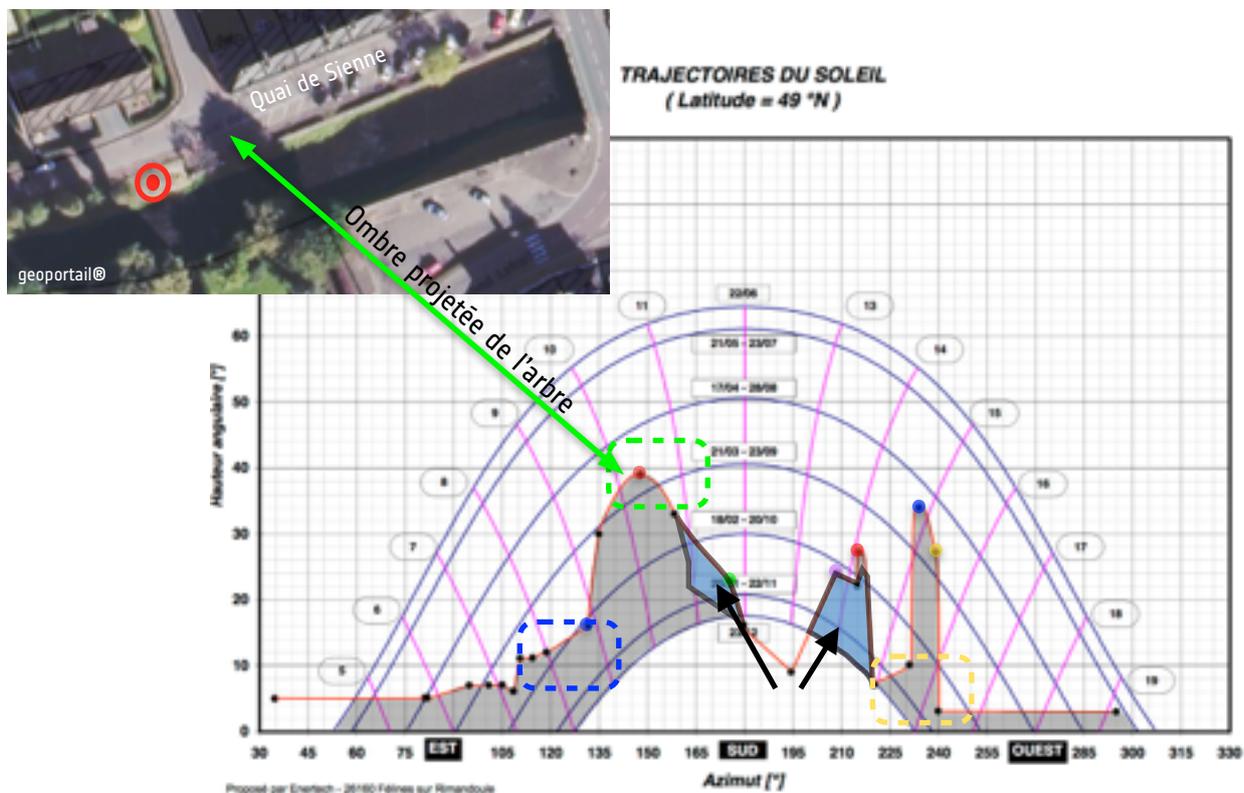
alors que la trajectoire du soleil est parabolique et que suivant la période, sa course sera très courte (9h d'ensoleillement) et rasante en hiver alors qu'au contraire, elle deviendra très longue en été (15h) et prendra de la hauteur.

Les traits roses représentent les heures solaires. Le temps solaire diffère du temps civil, car il est défini par la position du soleil dans le ciel. Par exemple, lorsque le soleil atteint son point culminant, il est alors 12 heures, heure solaire (attention donc à l'heure civile : -1h en hiver et +2h en été).

Il est possible d'obtenir les diagrammes solaire à différentes latitudes sur internet (voir bibliographie), afin de pouvoir pratiquer la même analyse à Nantes, Bordeaux, Toulouse, etc.

- Les masques solaires

Un masque solaire est la représentation de l'horizon sur le diagramme solaire, pour une position donnée. Voici un exemple de masque solaire effectué à Gavray en été :



Nota bene : les arbres à feuilles caduques sont considérés comme transparents ou à faible perturbation, lorsqu'ils ont perdu leurs feuilles.

La courbe rouge représente l'horizon composé de tout élément (relief, arbres, bâtiment, etc). Ce diagramme permet de déterminer toute l'année à quel moment de la journée le lieu considéré se retrouvera à l'ombre (zone grisée). On remarque à la lecture du diagramme, que l'arbre imposant se situant à gauche (qui est non-caduc) a un impact sur l'ensoleillement en matinée de septembre à mars. Cependant malgré une exposition arborée de grands sujets du Sud à l'Ouest, le recul naturel qu'impose la Sienne, permet à ce terre-plein de bénéficier d'apport solaire toute l'année. A noter que les saules et peupliers en partie Ouest étant caduques, n'auront donc aucune incidence hivernale.

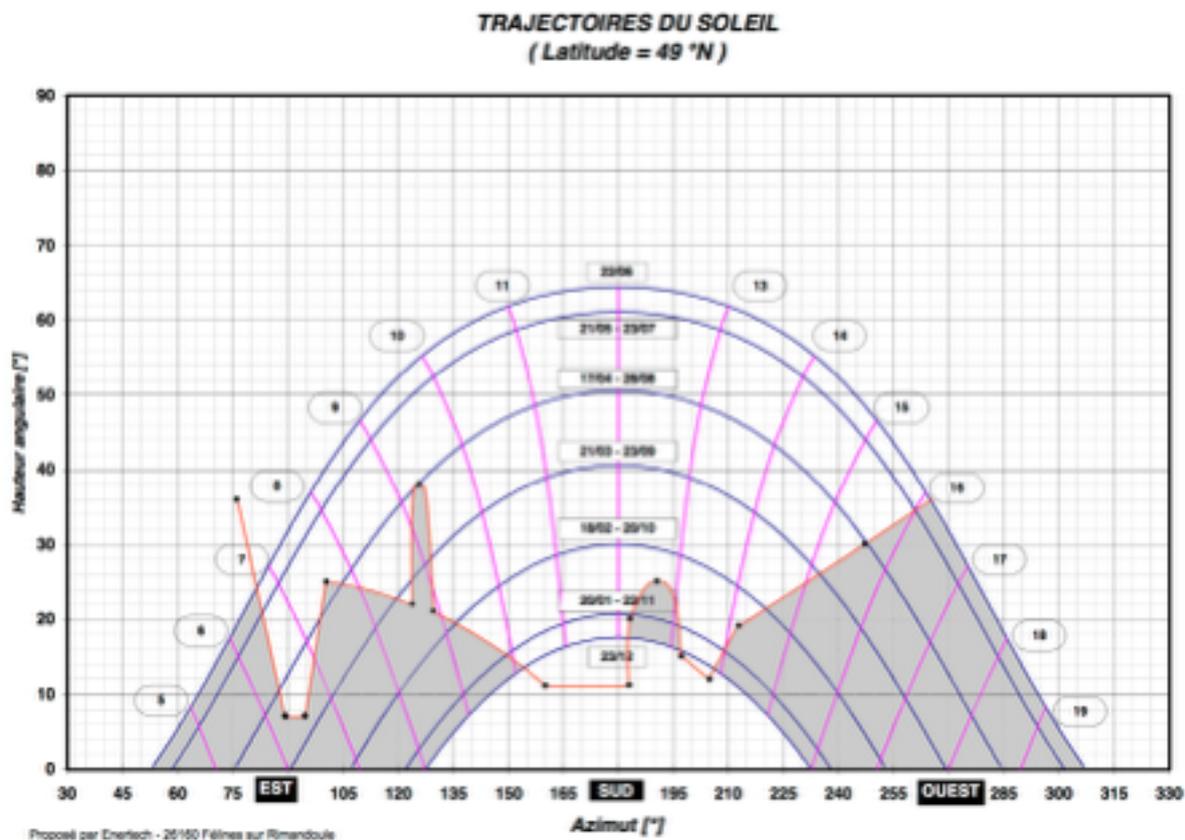
Le graphique a une allure rétrécie par rapport au paysage qui s'explique par les grandeurs angulaires qui composent l'abscisse, et non des longueurs. De plus, les arbres morts présents sur la photo sont considérés comme transparents, et sont donc exclus lors de la prise de mesure des masques.

Si une deuxième analyse avec un diagramme solaire, devait être faite à quelques mètres de celui ci, il serait possible d'observer un décalage de l'horizon notamment pour les éléments proches, et de nouveaux éléments pourraient également se rajouter. Ainsi, la zone de validité d'un masque solaire ne peut être que de quelques mètres seulement si la constitution de l'horizon est complexe.

La hauteur de prise de mesure présente un impact sur les données recueillies. Etre debout plutôt qu'assis créera fatalement une augmentation des hauteurs angulaires. Il est donc impératif de le prendre en considération

• La place Charles de Gaulle à Saint Lô

Voici un deuxième exemple de masque solaire, effectué sur la place Charles de Gaulle à Saint-Lô :



On remarque que cet endroit de la place reçoit quotidiennement du soleil, puisque de 10h à 14h, il n'y a aucun obstacle (l'arbre est caduque donc considéré comme transparent en hivers). La tour a un impact court dans le temps sur l'ensoleillement. Par contre, cet endroit de la place n'est pas ensoleillé en matinée et en soirée.

› Matériel nécessaire :

- Construction d'un masque solaire

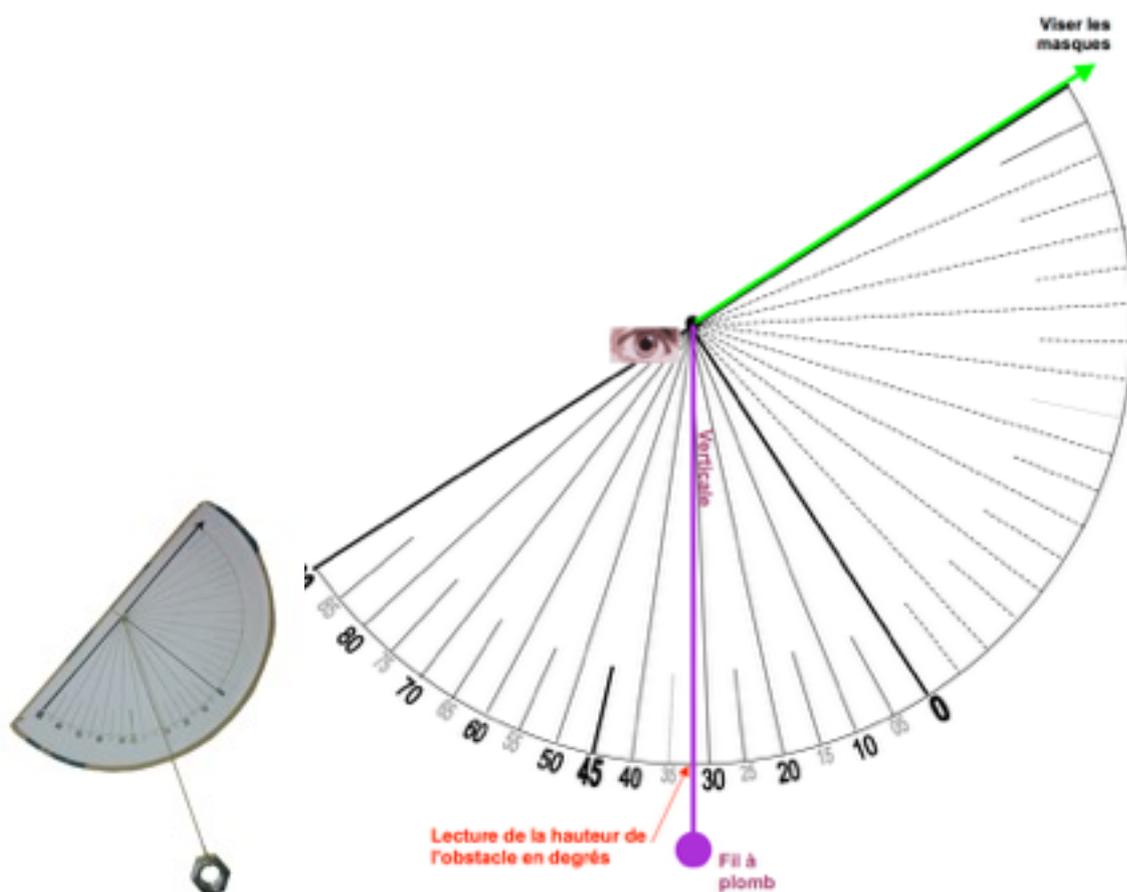
Pour construire un masque solaire, il faut :

- Un diagramme solaire de la bonne latitude
- Une boussole
- Un clinomètre (voir ci dessous le fonctionnement)

Le clinomètre

Cet appareil sert à mesurer la hauteur angulaire du soleil. C'est un objet qu'il est possible de fabriquer soit même à l'aide d'un carton, d'un fil lesté et d'une feuille imprimée (voir la bibliographie). Il existe également des clinomètres pour les professionnels, ou encore des applications mobiles qui peuvent servir de clinomètre.

Un clinomètre manuel fonctionne selon le principe ci-dessous:



Pour mesurer une hauteur angulaire, il suffit de viser le point souhaité, et de relever l'angle donné par l'axe verticale qui est donné par un fil à plomb.

Ici, l'angle est de 32°.

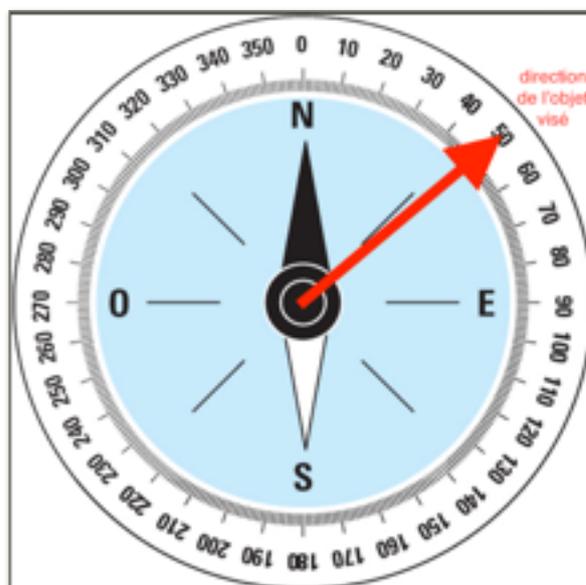
La boussole

Elle sert à se repérer, mais aussi à mesurer les azimuts. Beaucoup de smartphones peuvent servir de boussole, si ils sont équipés d'un capteur magnétique. Pour effectuer des mesures précises d'azimuts, il est préférable d'utiliser une boussole militaire.

Pour mesurer un azimut, il faut mettre la graduation 0 alignée avec l'axe de référence choisi (ici le nord), puis relever la valeur de la direction de l'objet visé.

Ici, l'azimut est de 50°.

Pour faire un masque solaire, les azimuts mesurés sont compris entre 90° et 270° si l'axe de référence choisi est au nord.



La boussole militaire :

D'un coût limité (une vingtaine d'euros), cet objet permet de relever les azimuts (fonction boussole) mais également de mesurer les hauteurs angulaires se permettant de se passer de l'utilisation du clinomètre.



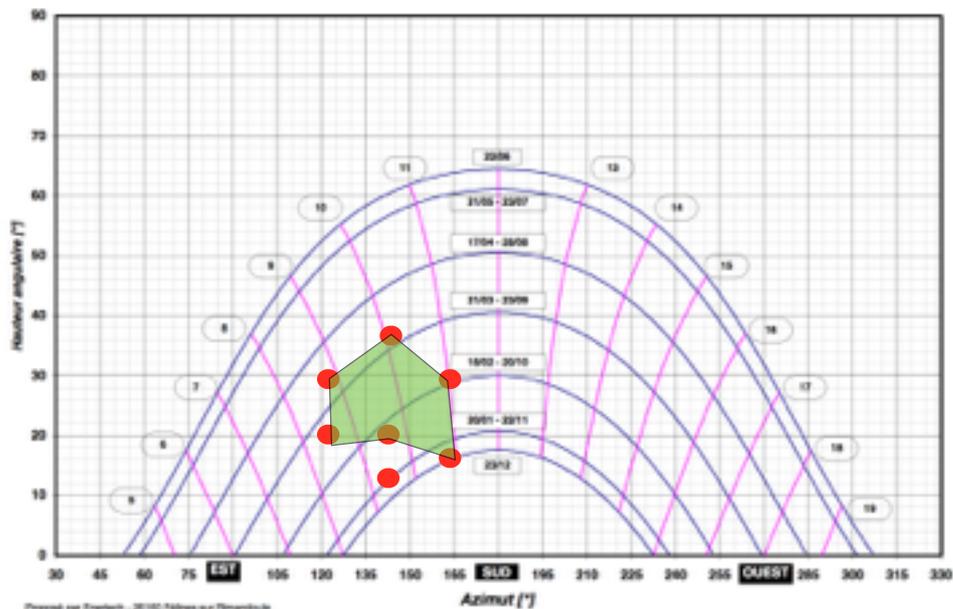
Construction

Pour réaliser le masque solaire complet, il faut effectuer une mesure de hauteur angulaire et d'azimut pour chaque changement de direction que forme l'horizon, comme l'illustre l'exemple ci-dessous :



- › Prendre un panoramique du lieu d'étude
- › Repérer le sud
- › Pivoter vers l'élément et relever son azimut
- › Relever sa hauteur angulaire avec le clinomètre
- › Si un élément marquant peut aider à l'étude (arbre caduque, cheminée, rue, etc.), ne pas hésiter à le marquer
- › Reporter les données sur le diagramme solaire
- › Analyser

Pour le relevé d'un point :



Autre exemple d'application

- La pergola

Le but de la pergola est de permettre aux rayons du soleil de chauffer durant les périodes froides, mais aussi de stopper les rayons du soleil en période chaude.

Le toit de la pergola est composé soit de plantes grimpantes, soit d'un matériau opaque, ce qui filtre les rayons du soleil en été lorsque le soleil est haut dans le ciel, pour créer un lieu à température agréable.

En période froide, le soleil a une inclinaison plus faible dans le ciel, ce qui permet aux rayons du soleil de passer sous la pergola. Egalement, comme en hivers certaines plantes perdent leur feuilles, le toit végétal de la pergola perd en opacité.

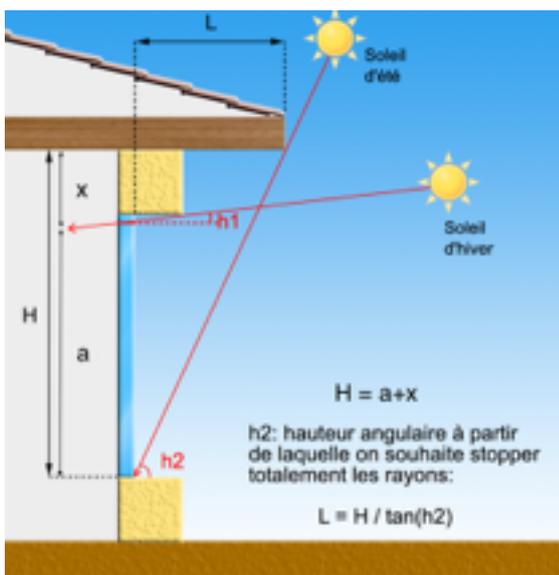
Pergola à toit végétal



Pergola à toit synthétique



Pour une pergola se situant devant une baie vitrée, il est possible de calculer la longueur de la pergola permettant de stopper ou non les rayons du soleil selon la saison :



On obtient par les formules trigonométriques :

$$x = \frac{a \cdot \frac{\tan(h1)}{\tan(h2)}}{1 - \frac{\tan(h1)}{\tan(h2)}}$$

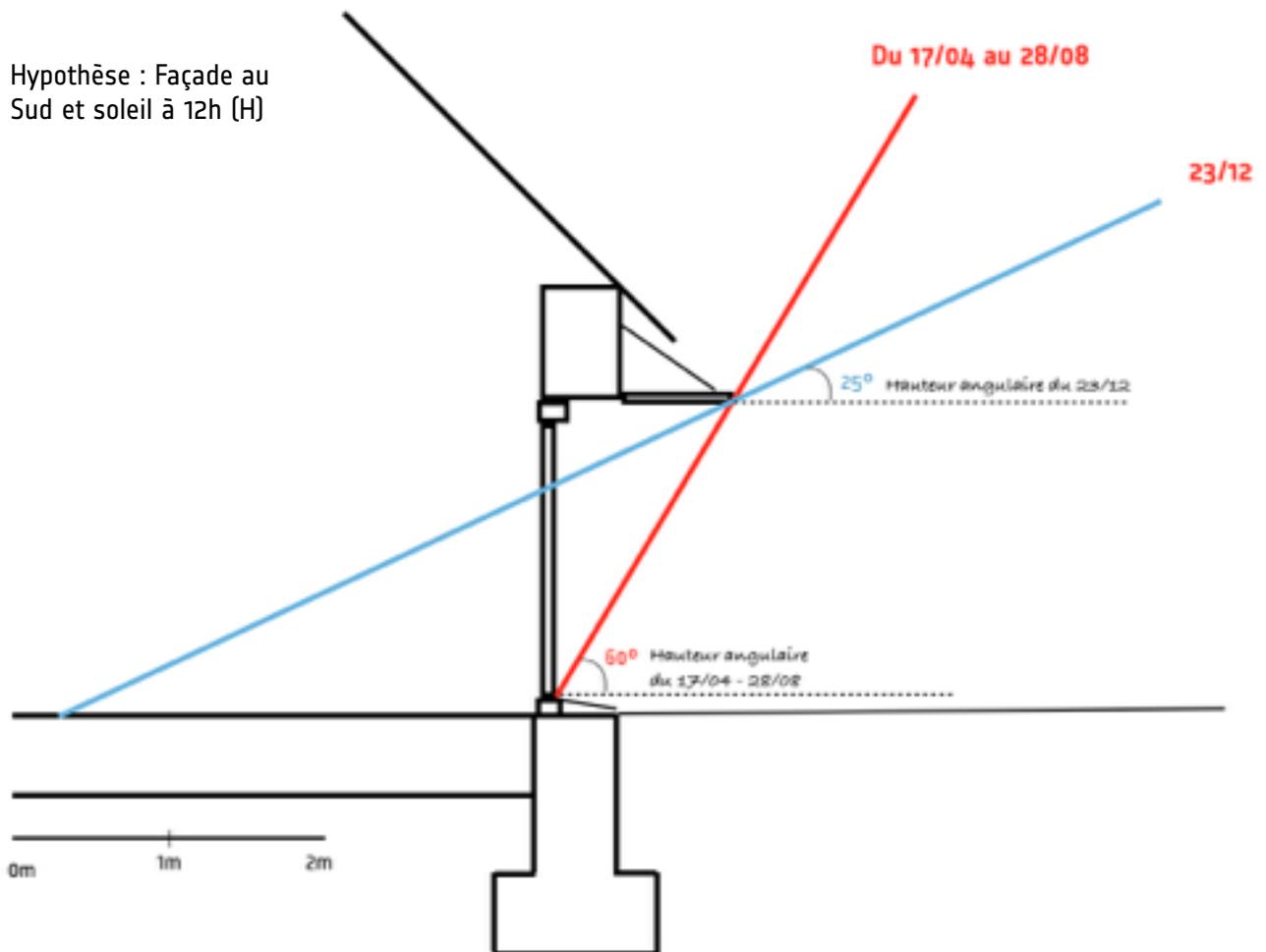
$$L = \frac{H}{\tan(h2)}$$

h_1 et h_2 correspondent aux hauteurs du soleil à partir desquelles on souhaite être exposé ou protégé du soleil, selon la saison. Pour déterminer ces hauteurs, on utilise le diagramme solaire.

Durant la période chaude (orange foncé), il est souhaitable que la baie vitrée ne reçoive pas de rayons du soleil, pour éviter une surchauffe de l'intérieur de la maison.

Au contraire, lors de la période froide (orange clair), la baie vitrée doit être éclairée par le soleil, pour permettre de réchauffer l'intérieur de la maison et donc faire des économies d'énergie.

On relève ainsi h_1 et h_2 , les hauteurs du soleil à midi qui délimitent les périodes froides et chaudes. On a $h_1 = 30^\circ$ et $h_2 = 50^\circ$.



› **Deuxième solution** : Au lieu de vouloir calculer les angles au risque de se perdre en chemin, il est tout à fait possible de dessiner les éléments de façade et de reporter les hauteurs angulaires limites prélevées sur le diagramme solaire de notre latitude. Vous aurez ainsi tous les éléments pour maîtriser la course solaire et gérer sa profondeur de pénétration dans la pièce.

Bibliographie

› Sites permettant d'obtenir les diagrammes solaires :

- <http://www.enertech.fr/pdf/50/trajec-toires-soleil.pdf>
- https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr

› Fiche technique pour la réalisation d'un masque solaire :

- http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/comment_faire_un_releve_de_masque.pdf

› Complément d'information :

- http://www.sigma-tec.fr/textes/texte_masque_ombres.html
- <http://www.leguideits.fr/guides-its/dossiers--fiches-techniques/dossiers--fiches-techniques-4/dossier-solaire-les-notions.pdf>