



Présentation :

Ce croquis animé est une version simplifiée de la sphère armillaire. Instrument ancien très connu, elle présente (même à l'heure actuelle) un grand intérêt pédagogique. Son principal inconvénient est de représenter la sphère céleste à l'intérieur de l'horizon. Ce qui n'est plus le cas avec la sphère annuelle. Mais bien que plus limitées, les possibilités de démonstration de cette dernière restent suffisamment semblables.

De quoi vous motiver pour faire tourner votre imprimante et jouer un peu avec une paire de ciseaux et de la colle.

Le réglage de la sphère annuelle s'effectue en positionnant l'index : LATITUDE (situé sur la même bande que la trajectoire apparente du Soleil au printemps et en automne) le long des graduations du demi-cercle collé sous l'horizon (figure 2).

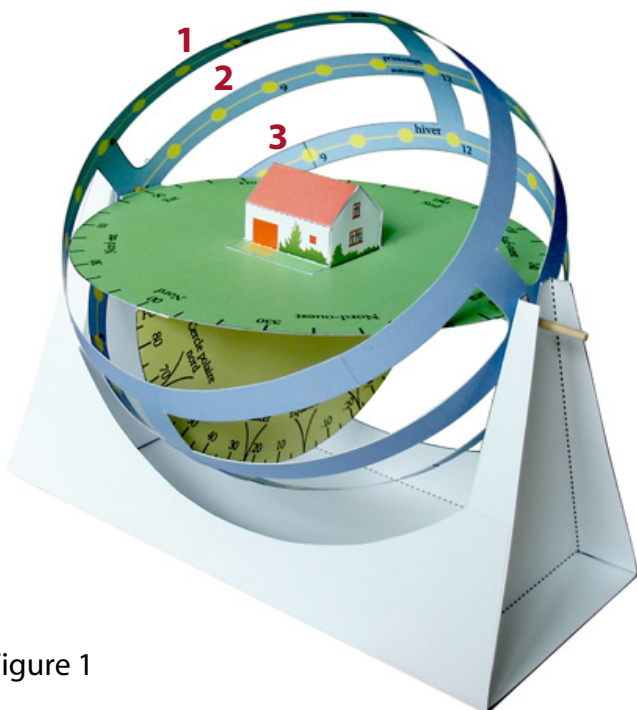


Figure 1

Du fait de la révolution de la Terre autour du Soleil, ce dernier semble « glisser » en une année le long de l'écliptique. Cela fait un déplacement apparent d'un tout petit peu moins d'un degré par jour (360° en 365.25 jours).

Ce mouvement apparent est, sur un jour, relativement minime. En première approximation, nous pouvons considérer que les trajectoires apparentes du Soleil d'un jour sur l'autre sont parallèles, bien que l'écliptique soit inclinée. (Ce sont les parallèles diurnes).

Ainsi (figure 1), nous remarquons trois bandes parallèles correspondant aux trajectoires apparentes du Soleil :

- En été : **1**.
- Au printemps et en automne : **2**.
- En hiver : **3**.

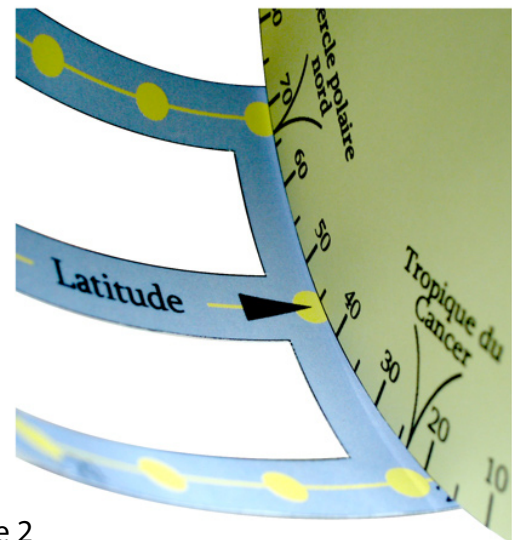


Figure 2

Ce demi-cercle possède une graduation des latitudes. Il suffit d'afficher celle d'un lieu considéré (de 0 à 90° pour l'hémisphère nord et de 0 à -90° pour l'hémisphère sud). Se trouvent aussi des lieux remarquables, équateur, pôles nord et sud, tropiques et cercles polaires.

Le disque horizon est très simple avec les principaux points cardinaux.

Arrangeons-nous pour toujours tenir l'ensemble avec l'horizon au-dessus et bien apparent.

En posant la sphère sur son support, le balourd est juste suffisant, pour maintenir l'horizon dans la meilleure position d'observation.

Cet assemblage n'est que démonstratif et n'a pas une précision astronomique. Mais en un clin d'oeil il permet de découvrir les mouvements apparents du Soleil pour n'importe quel lieu sur Terre.

**Nous contacter : www.couleurs-etoiles.com
Mail : m26@orange.fr Tél : 06 30 56 23 07**



Les principaux mouvements apparents annuels du Soleil en 9 manipulations.

Manipulation 1 :

Affichons la latitude de 45° . Observons bien au-dessus de l'horizon les trois principales trajectoires saisonnières du Soleil. Que rajouter d'autre ? Avec les graduations des bandes parallèles nous pouvons estimer les durées des journées. En maintenant le réglage sur 45° , on constate trois choses.

(1) Au printemps et en automne, la durée de la journée s'étale de 6h à 18h, soit 12h de Soleil.

(2) La trajectoire d'été est rallongée d'un peu plus de 1h30 le matin et le soir. La journée aura donc bien plus de 3 heures supplémentaires et sera nettement supérieure à 15h (le calcul donne 15h 26mn).

(3) Il est facile selon le même principe d'estimer que la journée d'hiver sera bien inférieure à 9h (8h 34mn).

Remarquons aussi que le Soleil ne se lève pas toujours à l'est.

Manipulation 2 :

Basculons de la latitude 90° à -90° ou vice et versa. Tout en effectuant le mouvement, observons bien la trajectoire printemps/automne. Nous constatons que, sauf aux pôles, où ces notions changent, la journée reste égale à 12h. Cette remarque à son importance. Partout sur Terre, (sauf aux pôles) au printemps ou en automne, le Soleil décrira une demi trajectoire au-dessus de l'horizon et l'autre en dessous. C'est ainsi que l'on définit ces deux jours d'équinoxes.

Par le passé où l'activité humaine s'effectuait principalement à la lumière solaire, l'unité de temps était la longueur de la journée. On divisait l'intervalle entre lever et coucher du Soleil en segments égaux. Les heures ainsi définies variaient au rythme des saisons. Cette échelle de temps est dite temporaire. Les heures nocturnes présentaient une variation annuelle symétrique. Aux équinoxes, les heures diurnes et nocturnes sont égales. On les appelait alors les heures équinoxiales.

En réalité, le crépuscule fait que ce n'est pas exactement à ce moment que la journée est égale à la nuit. Le crépuscule est la durée qui sépare le coucher du Soleil de la nuit noire. Le crépuscule inverse du matin est souvent appelé aube.

Dernier constat, les jours d'équinoxe (printemps et automne), partout sur Terre, sauf aux pôles, le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest.

Manipulation 3 :

Basculons à toutes latitudes comme dans la précédente manipulation. Intéressons-nous aux trajectoires apparentes été et hiver. A l'inverse de la trajectoire printemps/automne, leurs portions qui apparaissent au-dessus de l'horizon varient notablement en longueur selon la latitude. Pour préciser cela, positionnons l'index latitude sur l'équateur. Il apparaît que les portions de trajectoires au-dessus de l'horizon sont toutes trois égales. «Gagnons» en latitude en faisant coulisser l'index en direction du pôle. Plus l'éloignement à l'équateur augmente, plus les différences des durées des journées entre saisons s'amplifient. Arrive vite une limite où la trajectoire estivale du Soleil «sort» de l'horizon. Aux imprécisions près du montage, ce phénomène se produit sur le cercle polaire.

Manipulation 4 :

Partons de la latitude 50° ou 55° nord, et voyageons en direction du sud jusqu'à la latitude 35° par exemple. Sans forcément chercher à obtenir des durées précises, on constate qu'en été, la journée raccourcit quelque peu en progressant vers le sud.

Par contre le Soleil apparaît plus haut.

Manipulation 5 :

Retour sur l'équateur. Les trois trajectoires ont des longueurs qui apparaissent égales, que ce soit au-dessus ou au-dessous de l'horizon. Résultat, à toutes saisons, sur l'équateur, les journées sont d'égale durée. De plus, la différence saisonnière de hauteur du Soleil à midi, varie très peu. Elle oscille de part et d'autre du zénith local de $23,5^\circ$ soit l'angle d'inclinaison de l'axe Terrestre. Ces deux phénomènes font que les saisons ne sont pas marquées sur l'équateur.

Il suffit d'imaginer le mouvement du Soleil sur un jour pour comprendre que sur l'équateur, le Soleil se couche perpendiculairement à l'horizon. Ici le Soleil «plonge» sous l'horizon à la perpendiculaire, ainsi la nuit tombe-t-elle plus vite. Réglons-nous à présent à la latitude de 45° . Là le Soleil se couche en oblique par rapport à l'horizon, le crépuscule est plus long, la nuit tombe moins vite. Généralement on considère que le Soleil doit se trouver à -18° sous l'horizon pour que la nuit soit totale. Tant que le Soleil n'a pas atteint les -18° , une partie de l'atmosphère Terrestre est illuminée, c'est encore le crépuscule.



Manipulation 6 :

A partir de l'équateur progressons lentement vers le pôle. Souvenons-nous des remarques faites à propos de l'équateur. Plus nous allons vers le pôle plus elles s'avèrent inadaptées. En particulier les durées des journées d'hiver et d'été sont de plus en plus dissemblables. Les variations saisonnières de la hauteur du Soleil (à midi) prennent toute leur amplitude. Ce n'est plus $23,5^\circ$ de part et d'autre du zénith qu'il faut considérer, mais deux fois $23,5^\circ$ par rapport à l'horizon. Ainsi plus on s'éloigne de l'équateur, plus les saisons sont marquées. A l'extrême, lorsque l'on dépasse le cercle polaire, la trajectoire estivale du Soleil ne passe plus sous l'horizon, tandis que l'hivernale n'apparaît plus.

Autre remarque liée à la même manipulation : Sur l'équateur, les levers ou couchers du Soleil ne s'écartent pas plus des $23,5^\circ$ de part et d'autre de l'est ou de l'ouest. Plus on part vers le nord, plus l'amplitude par rapport aux deux points cardinaux augmente. A la limite du cercle polaire, tout l'horizon peut à un moment ou l'autre de l'année être occupé par un lever ou un coucher de Soleil.

Faisons un point.

Au cours des pérégrinations en latitude, nous avons rencontré quelques lieux géographiques particuliers.

1: L'équateur, sur lequel nous venons de noter un certain nombre de particularités.

2: Les tropiques, correspondent aux latitudes à partir desquelles le Soleil peut atteindre le zénith. Le zénith est le point imaginaire qui se trouve à l'aplomb d'un observateur. Il n'est pas rare d'entendre dire que midi est l'heure ou le Soleil est au zénith. Prenons alors le montage, et réglons-le à la latitude moyenne de la France. Imaginons-nous à la place d'un personnage au centre de l'horizon. Même en été, le Soleil ne parvient pas à notre verticale. Pour que cela se produise il faut se situer entre les deux tropiques. Au tropique du Cancer, le Soleil passe une fois l'an au zénith, le 21 juin. Au tropique du Capricorne, cela se produit le 21 décembre. Dans toute la bande intertropicale, le Soleil passe au zénith deux fois par an.

3: Les cercles polaires, correspondent à la latitude à partir de laquelle le Soleil peut occuper tout l'horizon. Nous allons observer cela dans un moment.

4: Les pôles, sont connus de tous. Nous allons bientôt observer ce qui s'y déroule. Notons que lorsque nous réglons la sphère annuelle à l'un ou l'autre pôle, les points cardinaux de l'horizon devraient s'effacer.

Imaginons-nous pile sur le pôle nord. Quelle que soit la direction dans laquelle nous tendons le bras, il désigne le sud.

- L'équateur correspond à la latitude 0° , parce qu'à l'origine les latitudes étaient déterminées par la hauteur apparente du pôle céleste nord, grâce à des étoiles proches de ce dernier, comme l'est actuellement l'étoile polaire.

- Les deux tropiques se situent à une latitude de $23,5^\circ$. C'est l'angle d'inclinaison de l'axe de la Terre. Le Soleil ne peut atteindre le zénith d'un lieu au-delà de cette latitude.

- Les deux cercles polaires se situent à une latitude de $66,5^\circ$ (en fait $90^\circ - 23,5^\circ$). A cette latitude et au-delà, le Soleil peut ne pas se lever ou ne pas se coucher sur un jour complet.

- Les deux pôles occupent les latitudes de 90° et -90° . Le pôle céleste nord à peu près matérialisé par l'étoile polaire, se trouve alors au zénith. Les observateurs de l'hémisphère sud ont plus de difficultés pour repérer visuellement le sud. Peu d'étoiles aisément identifiables se situent proche du pôle céleste sud.

La sphère annuelle est valable tant pour l'hémisphère nord que pour le sud. Pour plus de simplicité, les exemples et manipulations sont décrits pour l'hémisphère nord. Avec un soupçon d'habitude, il est aisé d'extrapoler et préparer par exemple un futur voyage.

Manipulation 7 :

Un réglage à la latitude de 45° montre l'amplitude des levers ou couchers du Soleil relativement à l'est et à l'ouest. Ce montage matérialise les principales trajectoires apparentes du Soleil aux quatre saisons. Pour toutes les dates intermédiaires, il aurait fallu inscrire un grand nombre de lignes parallèles. Elles n'ont pas été représentées pour améliorer la clarté de l'ensemble. Si on imagine toutes ces lignes, on peut se représenter le mouvement apparent de va et vient de part et d'autre de l'est.

En été le Soleil se lève proche du nord-est puis il s'approche de l'est qu'il franchit en automne. Passé l'automne, il se décale de plus en plus vers le sud-est jusque en hiver. A ce moment, il va rebrousser chemin pour repartir vers l'est qu'il franchit au printemps puis se dirige vers le nord-est d'où il rebroussera en été, et ainsi de suite. Aux époques où le Soleil «rebrousse chemin», pendant quelques jours, il semble se lever sur le même



point d'horizon. C'est le «Soleil arrêté» (sol-sistere), le solstice, aux dates des 21 juin et 21 décembre.

Aux solstices (aux époques où il semble rebrousser chemin sur l'horizon), le Soleil se situe sur les cercles tropiques et le terme tropique, du grec tropos, signifie demi-tour.

Manipulation 8 :

Réglons le montage sur le cercle polaire nord. Imaginons le mouvement apparent du Soleil le jour de l'été. Vers midi il se situe à 47° au-dessus de l'horizon sud. Dans le courant de l'après-midi il baisse très lentement et atteint l'horizon nord à minuit. C'est le fameux Soleil de minuit. Ce dernier par définition, n'est visible que sur le cercle polaire, le jour du solstice d'été (l'inverse pour l'hémisphère sud). Mais la réfraction atmosphérique fait qu'il peut être visible un petit peu plus au sud. Nous avons déjà fait les observations pour le printemps/automne. En hiver, le Soleil ne passe pas au-dessus de l'horizon. Une clarté de plusieurs heures subsiste toutefois, selon le principe du crépuscule, quand le Soleil s'élève à moins de 18° sous l'horizon.

Manipulation 9 :

Le dernier lieu à étudier est le pôle où nous constatons vite, que les trois trajectoires saisonnières sont parallèles à l'horizon. En été le Soleil semble faire le tour de l'horizon à une hauteur de $23,5^\circ$. Puis au cours des jours suivants, il descend lentement en spirale. En automne se produit un fabuleux coucher de Soleil. Il dure des heures, tout en courant sur l'horizon.

A partir de cette période, le Soleil n'apparaît plus de six mois. Mais attention pour que la nuit soit noire, il faut attendre quelques bonnes semaines. Le Soleil doit s'abaisser suffisamment sous l'horizon. Vient ensuite la période de nuit noire. Après avoir atteint la trajectoire d'hiver, le Soleil va sensiblement remonter en spirale. Quelques semaines avant le printemps, le crépuscule rend le ciel de plus en plus blafard. Au printemps, c'est enfin ce curieux lever qui prend son temps. Puis nous tournant autour, le Soleil gagne chaque jour un peu plus de hauteur. Il rejoint enfin sa trajectoire d'été. Si, au pôle, le Soleil reste apparent pendant six mois, en raison du crépuscule la nuit noire, elle, ne dure pas six mois (de mi-novembre à fin janvier pour le pôle nord).

Conseils de montage de la sphère annuelle.

Imprimez les planches situées sur les pages 6, 7, 8 et 9 sur du carton léger de minimum 200 gr.

La plupart des imprimantes supportent ce grammage. Sinon vous pouvez les imprimer dans de nombreux magasins proposant un service d'impression.

La page 10 vous permet par impression recto verso avec la page 6 d'améliorer l'esthétique de l'ensemble comme sur la figure 1.

Important : Imprimez **sans adaptation au format de la page** afin de conserver les proportions.

Important aussi : **Il est recommandé de pratiquer les perçages avant que le carton ne soit fragilisé par les découpes.** Ils sont au nombre de 5 et repérés par une petite croix (+) voir figures 3, 4 et 5. Leur diamètre est fonction de l'axe utilisé mais doit être le plus petit possible.

Pour l'axe, l'idéal est une corde à piano (ou toute autre tige comme par exemple de fines piques de brochettes). La longueur doit être d'au moins 16 cm.

Assemblage de la sphère.

Posez sur une table les 2 pièces bleues dans l'alignement l'une de l'autre, celle notée été, printemps/automne et hiver à gauche de celle notée latitude. Il suffit de mettre de la colle sur la partie grisée à côté de la graduation 15 sur la bande rectiligne. Assemblez ensuite les deux bandes rectilignes en veillant bien à leur prolongement (figure 3) avec l'aide d'une règle ou un bord de table.

Mettez ensuite de la colle, toujours sur la bande rectiligne, sur la partie grisée à côté du 3. Refermez le cercle avec les graduations à l'intérieur. Il reste huit points successifs grisés sur lesquels déposer de la colle puis assembler. Veillez ici qu'à «vue d'œil» ces assemblages soient bien dans la continuité de chaque bande. Toutes ces opérations bien exécutées doivent permettre de poser cette portion de sphère bien à plat sur une table sans qu'elle soit bancale.

Utilisez de préférence de la colle en bâton qui permet des petits réajustements avant le séchage complet. D'une manière générale mieux vaut ne pas se précipiter et attendre qu'un point de collage soit sec avant de passer au suivant. Pour gagner du temps, pendant les séchages successifs vous pouvez procéder aux opérations d'assemblage de l'horizon et du support.



Assemblage de l'horizon.

Prenez le demi-cercle, pliez coté graduations et à 90° les deux languettes d'extrémités. Pliez à 90° alternativement d'un coté et de l'autre les cinq autres languettes (figure 4). Mettez de la colle sur les surfaces supérieures des languettes. Positionnez l'ensemble sous le disque d'horizon (figure 5).

Attention : la mention «pôle sud» du demi disque doit se trouver du coté du sud de l'horizon. Veillez aussi à aligner au mieux ce demi disque entre les points sud et nord de l'horizon. Comme les graduations de l'horizon doivent être au-dessus, il faut viser un peu.

La petite maison s'assemble à la manière d'une boîte. Si le tout vous rebute, vous pouvez supprimer les deux façades latérales.

Assemblage du support.

Reprenez entre deux doigts toutes les pliures. Relevez à la verticale les deux pièces de forme triangulaire. Collez les quatre zones de la pièce horizontale qui vont maintenir les quatre rabats des deux pièces triangulaires verticales.

**Nous contacter : www.couleurs-etoiles.com
Mail : m26@orange.fr Tél : 06 30 56 23 07**

Montage final.

Comme vu plus haut, il existe cinq trous : deux sur la sphère proprement dite, trois sur l'ensemble horizon et graduation des latitudes. En jouant sur la souplesse du carton glissez la partie horizon dans la sphère.

Mettez bien l'est de l'horizon contre la graduation 6 de la sphère (l'ouest est alors face à la graduation 18). Positionnez les trous 18 et ouest en vis à vis puis commencez par glisser l'axe à l'intérieur (pour ne pas forcer il convient de le faire tourner sur lui-même). Dirigez la pointe de l'axe dans le trou au milieu du demi disque. Mettez en vis à vis les trous est et 6 et achevez le montage en y glissant l'axe. Laissez dépasser de chaque coté une longueur égale de l'axe puis posez l'ensemble sur son support.

Deux erreurs d'assemblage pourraient fausser les manipulations.

- (1) le demi disque collé sous l'horizon doit bien avoir l'inscription «pôle sud» du même coté que le sud de l'horizon. Si vous vous êtes trompés, vous pouvez avec un stylo inverser les graduations portées dessus.
- (2) l'est et l'ouest peuvent être inversés relativement aux graduations 6 et 18. Il suffit alors de refaire correctement le montage final.

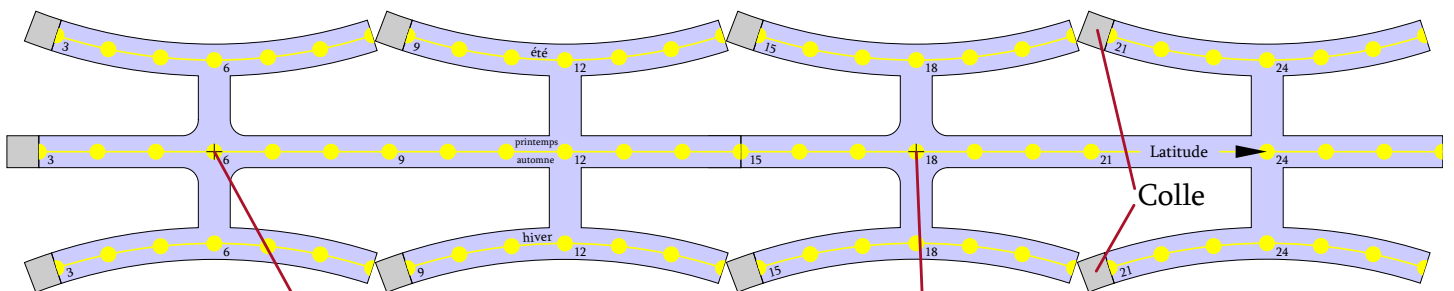


Figure 3

Trouer

Trouer

Trouer

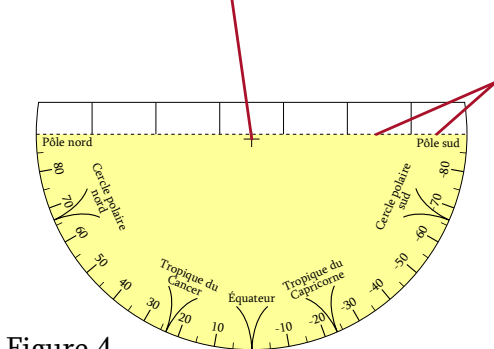


Figure 4

Plier alternativement à 90° de ce côté et de l'autre

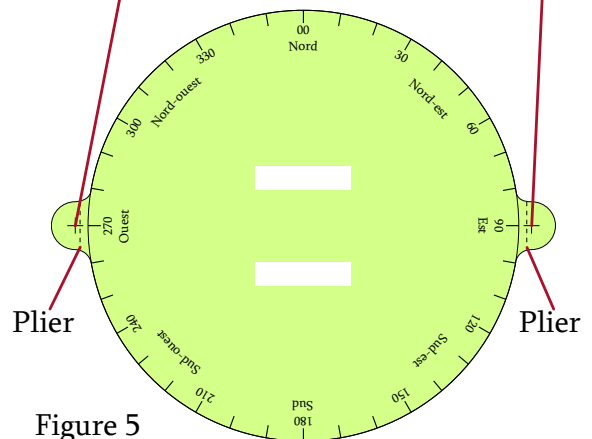


Figure 5

