



Fiche d'activités scientifiques et techniques



Scouts et laïques
www.eedf.fr

Fabrication d'un cadran solaire horizontal

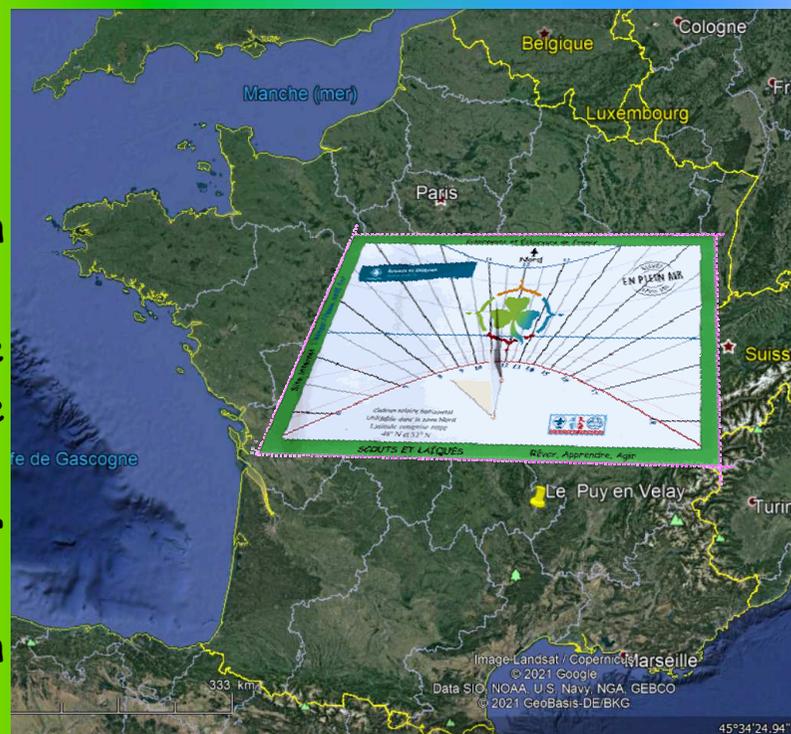
Branches : Lutins, Louveteaux, Éclés

Utilisations possibles :

- Activité de « temps calme » lors d'un WE, d'un camp ou d'une activité de centre aéré.
- Contenu d'un atelier lors d'une animation dans le cadre d'une activité de recrutement, d'une journée des associations, d'une Fête de la Science, etc.

Coût : de l'ordre de 10 à 15 centimes d'euro par exemplaire.

Suites possibles : étude et réalisation d'un cadran solaire monumental, autres cadrans...





Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage des Conditions Initiales à l'Identique 2.0 France

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>



ÉCLAIREUSES ♦ ÉCLAIREURS
DE FRANCE

Vous êtes libres :



de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public



de modifier cette création

Selon les conditions suivantes :



Paternité. Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).



Pas d'Utilisation Commerciale. Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.



Partage des Conditions Initiales à l'Identique. Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.



C'est par l'éducation, par l'accès à la culture et entre autres à la culture scientifique, que nous donnerons aux enfants d'aujourd'hui, les citoyens de demain, les moyens de se forger leur propre opinion sans se laisser manipuler par les extrémistes de tout poil.

La laïcité n'est pas une opinion ...

... c'est la liberté d'en avoir une.



ÉCLAIREUSES + ÉCLAIREURS
DE FRANCE

Et si l'on fabriquait un Cadran Solaire ?

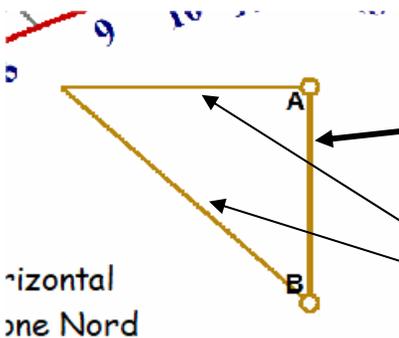
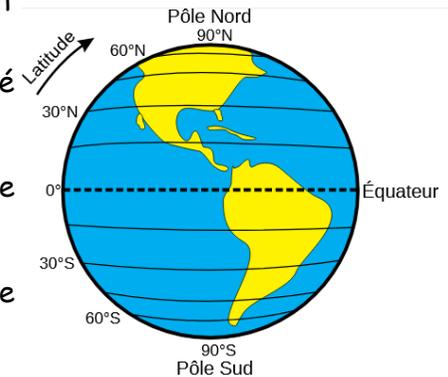
Voir « Pistes », page 53

Les lignes d'un cadran solaire doivent être calculées et dessinées en fonction de la latitude de l'endroit où l'on souhaite l'installer.

Cependant, un cadran solaire de petite taille dessiné pour une latitude donnée peut encore être utilisé sans problème dans une bande de terrain de deux ou trois degrés centrée sur la latitude de calcul.

C'est ce que propose ce dossier en divisant la France métropolitaine en trois bandes de trois degrés de large du nord au sud.

Choisissez l'un des cadrans qui correspond à votre localisation (voir page 5) et imprimez-le si possible sur bristol, papier à dessin ou papier photo ou sur papier « normal » que vous collerez sur un carton fin.



A l'aide d'une règle et d'un stylo bille, marquez le trait AB en vue du pliage.

A l'aide de la règle et d'un cutter, découpez le long des deux autres traits du gnomon.

Nota : si ce découpage peut être fait par un.e adolescent.e (sous la surveillance attentive des animateurs), il ne semble pas judicieux de laisser les moins de 11 ans utiliser cet outil qui peut être dangereux. Dans ce cas, c'est aux animateurs de l'activité de faire ce travail.

Si vous avez choisi un cadran avec en illustration centrale un.e scientifique ayant marqué l'histoire de son temps, vous pouvez utiliser le cadre coloré pour y placer une maxime ou tout autre texte de votre choix.

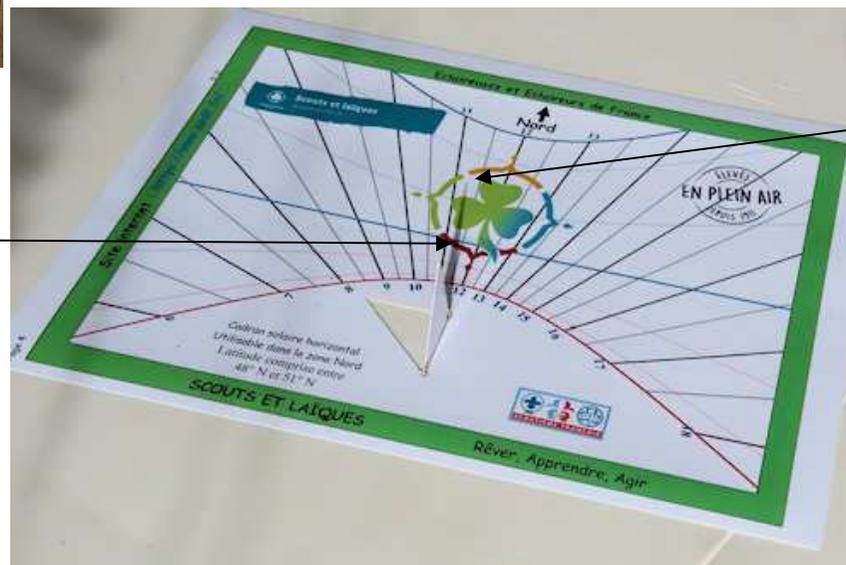




Pliez le gnomon à angle droit, posez votre cadran bien à plat, au soleil et orientez le vers le Nord en vous servant d'une boussole.



L'ombre du gnomon vous indique l'heure solaire.



La pointe de cette ombre vous donne une indication de la date : le jour du solstice d'hiver (21 ou 22 décembre suivant les années) elle suivra la ligne bleu foncé, aux équinoxes de printemps (20 ou 21 mars) ou d'automne (22 ou 23 septembre) elle suivra la ligne bleu clair et au solstice d'été (20 ou 21 juin) elle se situera sur la ligne rouge.

Les cadrans solaires de ce dossier ont été obtenus à l'aide du remarquable logiciel « Shadows » en version gratuite, que vous pouvez télécharger à cette adresse : <https://www.shadowspro.com/>

Pour aller plus loin, pour savoir comment passer de l'heure solaire indiquée par ce cadran à l'heure légale (celle de votre montre) ou pour fabriquer d'autres cadrans, vous pouvez télécharger le dossier « Cadrans Solaires » à l'adresse suivante : https://www.science-ecole.fr/Ecole2/Doc_Ecole/Cadsol.pdf

Et pourquoi pas prévoir de fabriquer un cadran monumental pour la suite des activités ? Voir page 12.

Latitude 51° N

Zone Nord

Latitude
comprise entre
48° N et 51° N



Latitude 48° N

Zone Centre

Latitude
comprise entre
45° N et 48° N



Latitude 45° N

Zone Sud

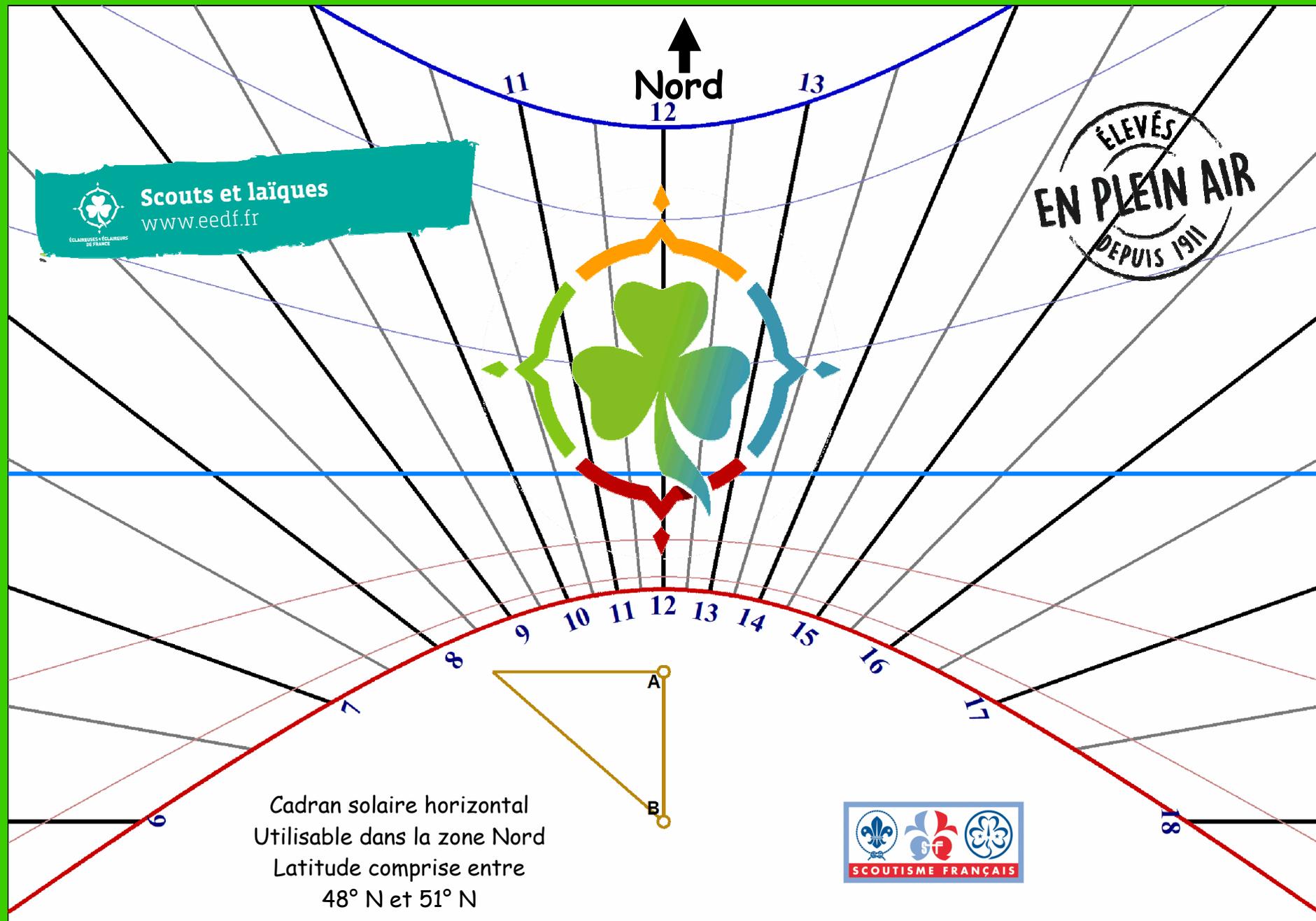
Latitude
comprise entre
42° N et 45° N



Latitude 42° N

Éclaireuses et Éclaireurs de France

Site internet : <https://www.eedf.fr/>

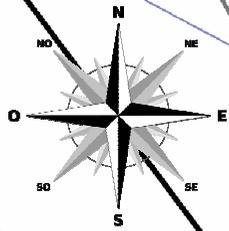


Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Nord
Latitude comprise entre
48° N et 51° N



SCOUTS ET LAÏQUES

Rêver, Apprendre, Agir



Nord
12

11

13

8

9

10

11

12

13

14

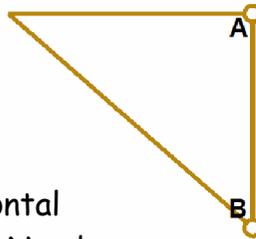
15

16

17

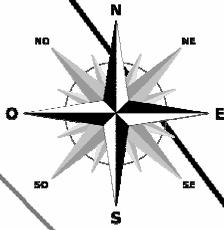
18

Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Nord
Latitude comprise entre
 48° N et 51° N



Hypatie d'Alexandrie

Née entre 355 et 370 à Alexandrie (Égypte)
Assassinée en 415 à Alexandrie.
Femme de lettres et de sciences, elle est à la tête de l'école néoplatonicienne d'Alexandrie, au sein de laquelle elle enseigne la philosophie et l'astronomie. C'est la première mathématicienne dont la vie est bien documentée.



Nord
12



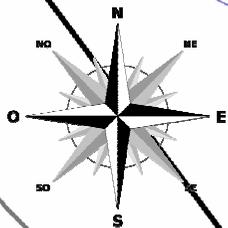
عبد الله محمد بن موسى الخوارزمي

11 10 11 12 13 14 15 16 17

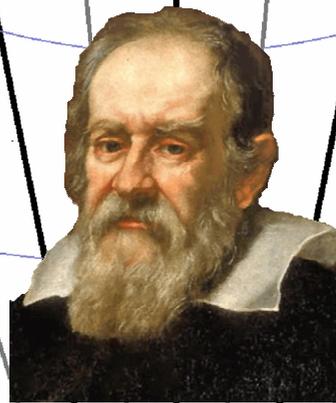
Al-Khwârizmî

Né vers 780, probablement à Khiva (Ouzbékistan), mort vers 850 à Bagdad, est un mathématicien, géographe, astrologue et astronome perse. Ses écrits ont permis l'introduction de l'algèbre en Europe. Son nom latinisé est à l'origine du mot algorithme.

Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Nord
Latitude comprise entre
48° N et 51° N

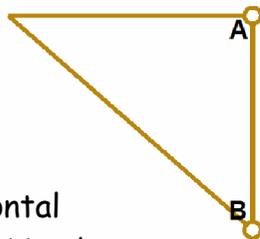


Nord
↑

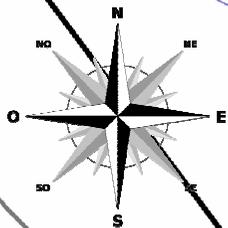


Galileo Galilei

Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Nord
Latitude comprise entre
 48° N et 51° N



Galileo Galilei dit Galilée
Né à Pise en 1564 et mort à Arcetri
près de Florence le 8 janvier 1642,
mathématicien, géomètre, physicien et
astronome italien. Il est considéré
depuis 1680 comme le fondateur de la
physique.

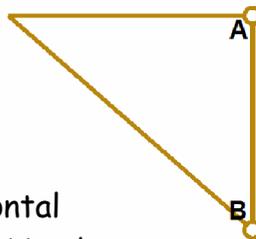


Nord
12



Émilie du Châtelet

Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Nord
Latitude comprise entre
48° N et 51° N

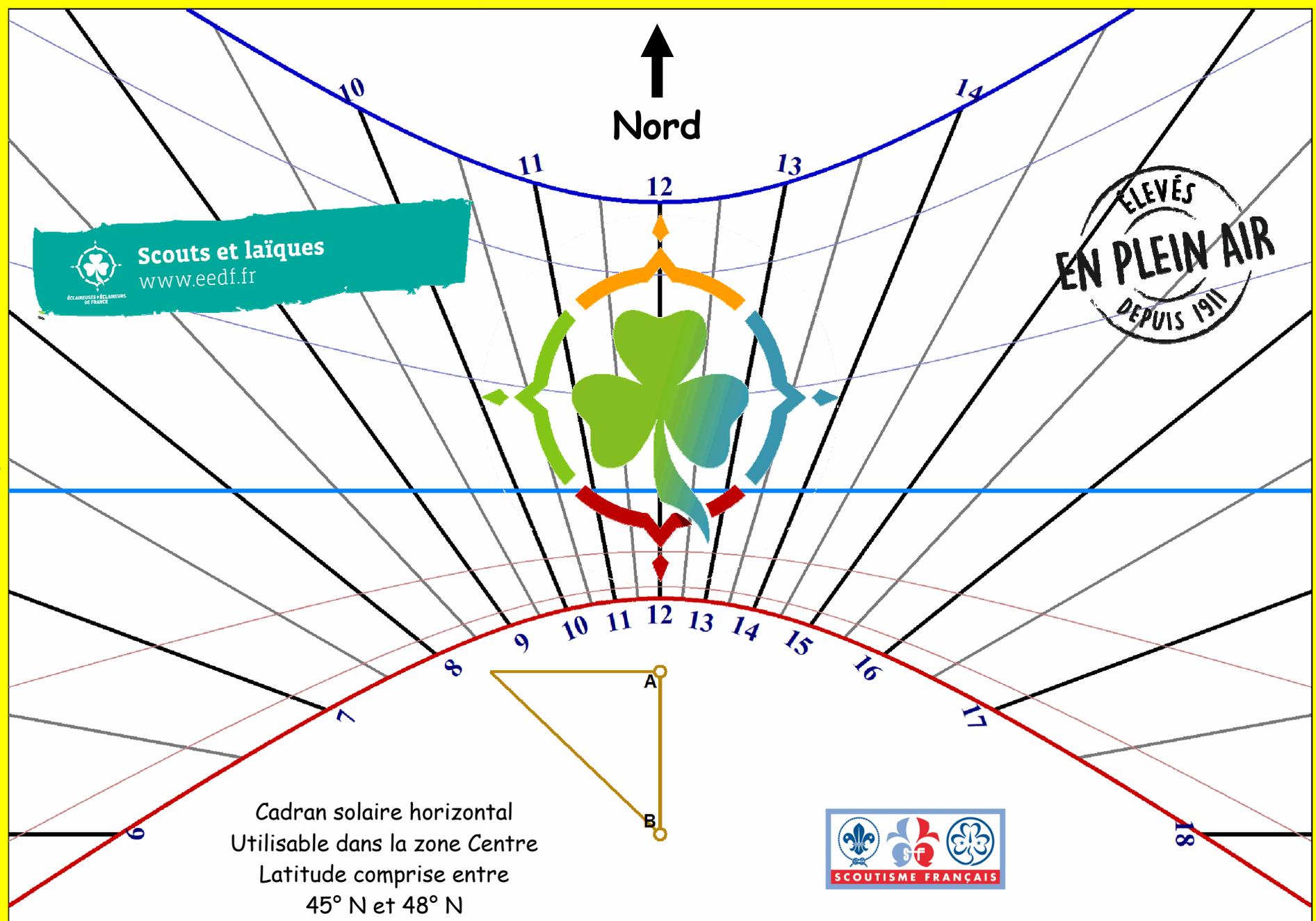


Émilie du Châtelet

(Émilie de Breteuil, marquise du Châtelet,)
née le 17 décembre 1706 à Paris et
morte le 10 septembre 1749 à Lunéville.
Femme de lettres, mathématicienne et
physicienne française, amie de Voltaire,
elle traduit les « Principia Mathematica »
de Newton.

Éclaireuses et Éclaireurs de France

Site internet : <https://www.eedf.fr/>

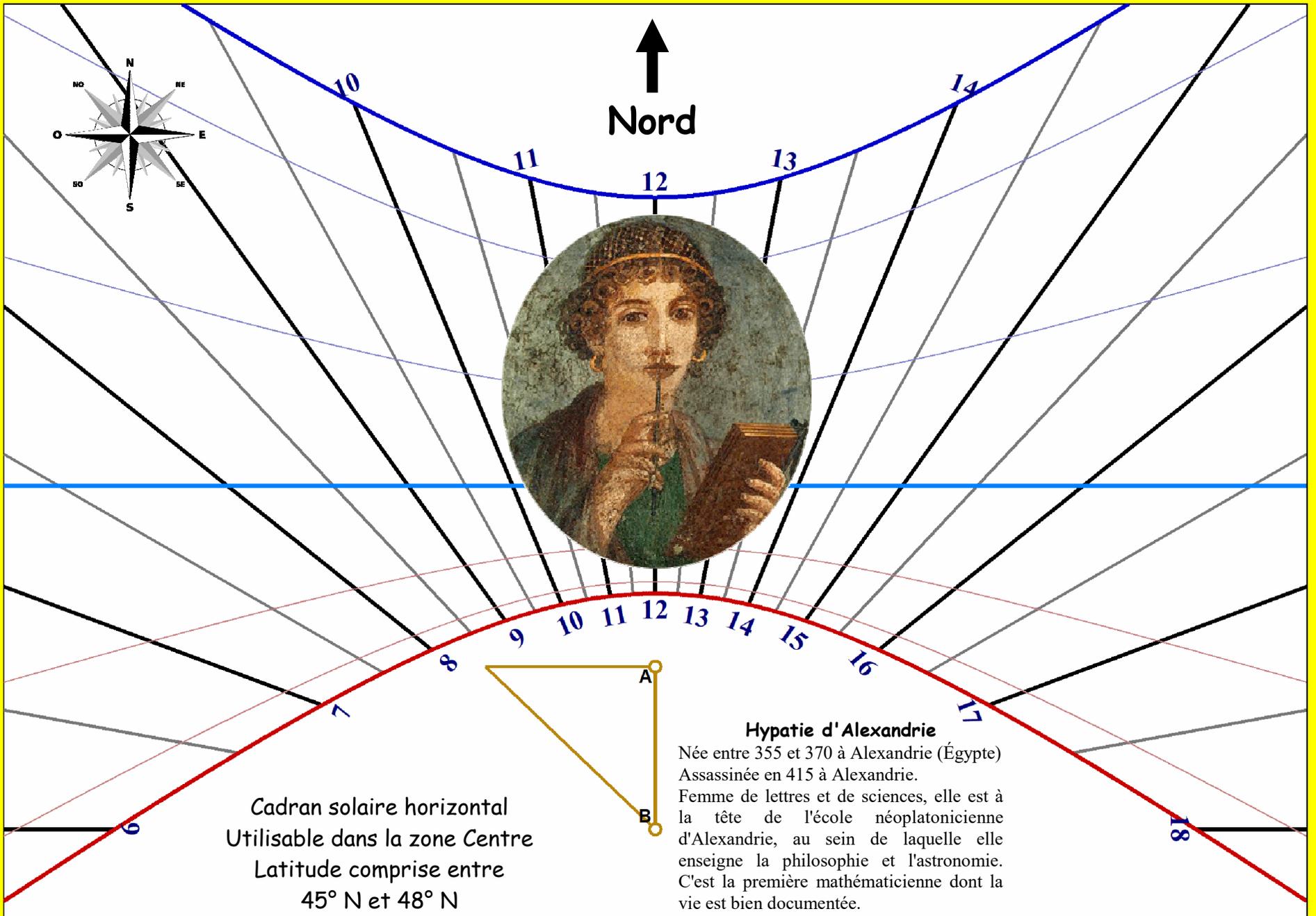


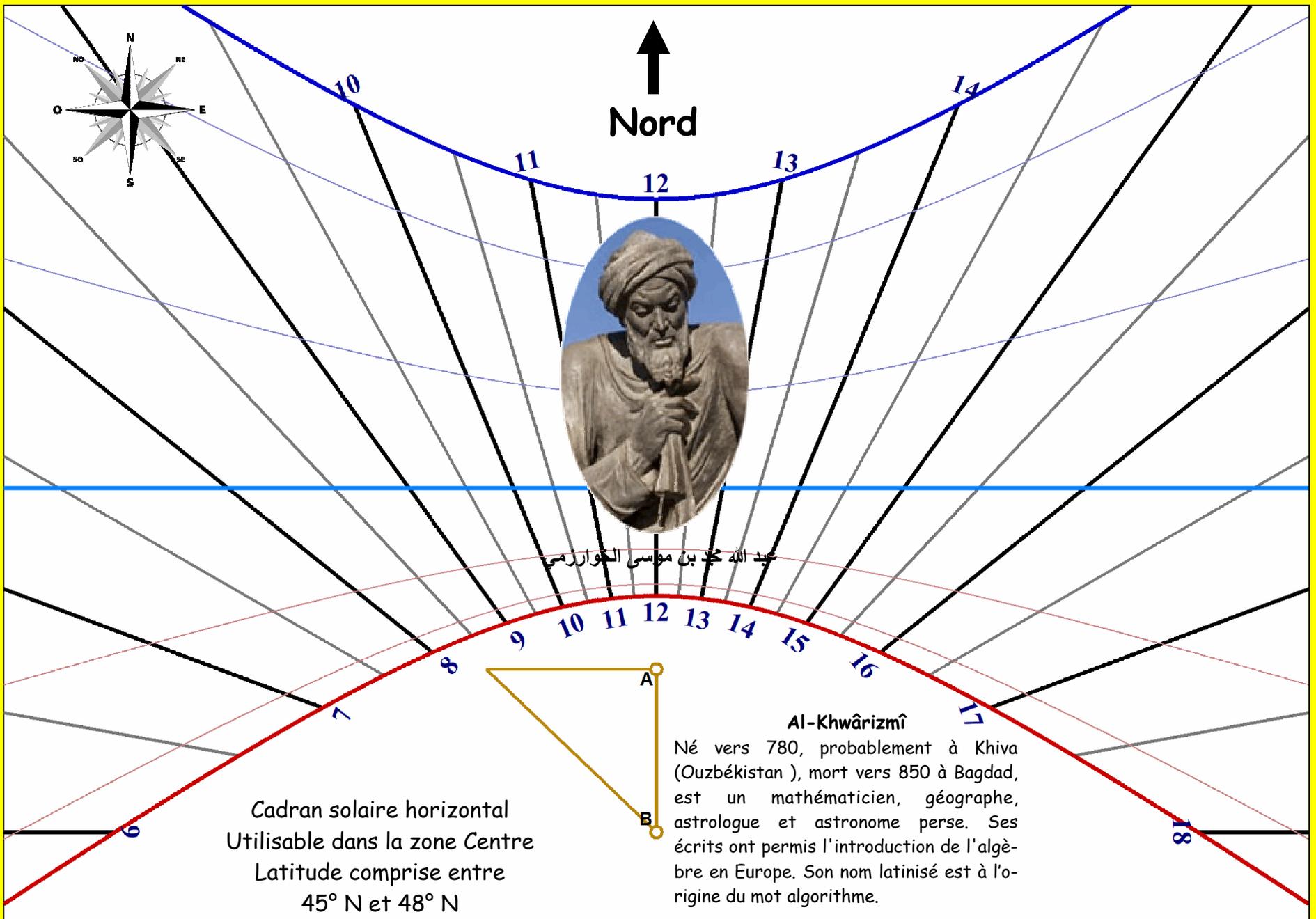
Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Centre
Latitude comprise entre
45° N et 48° N

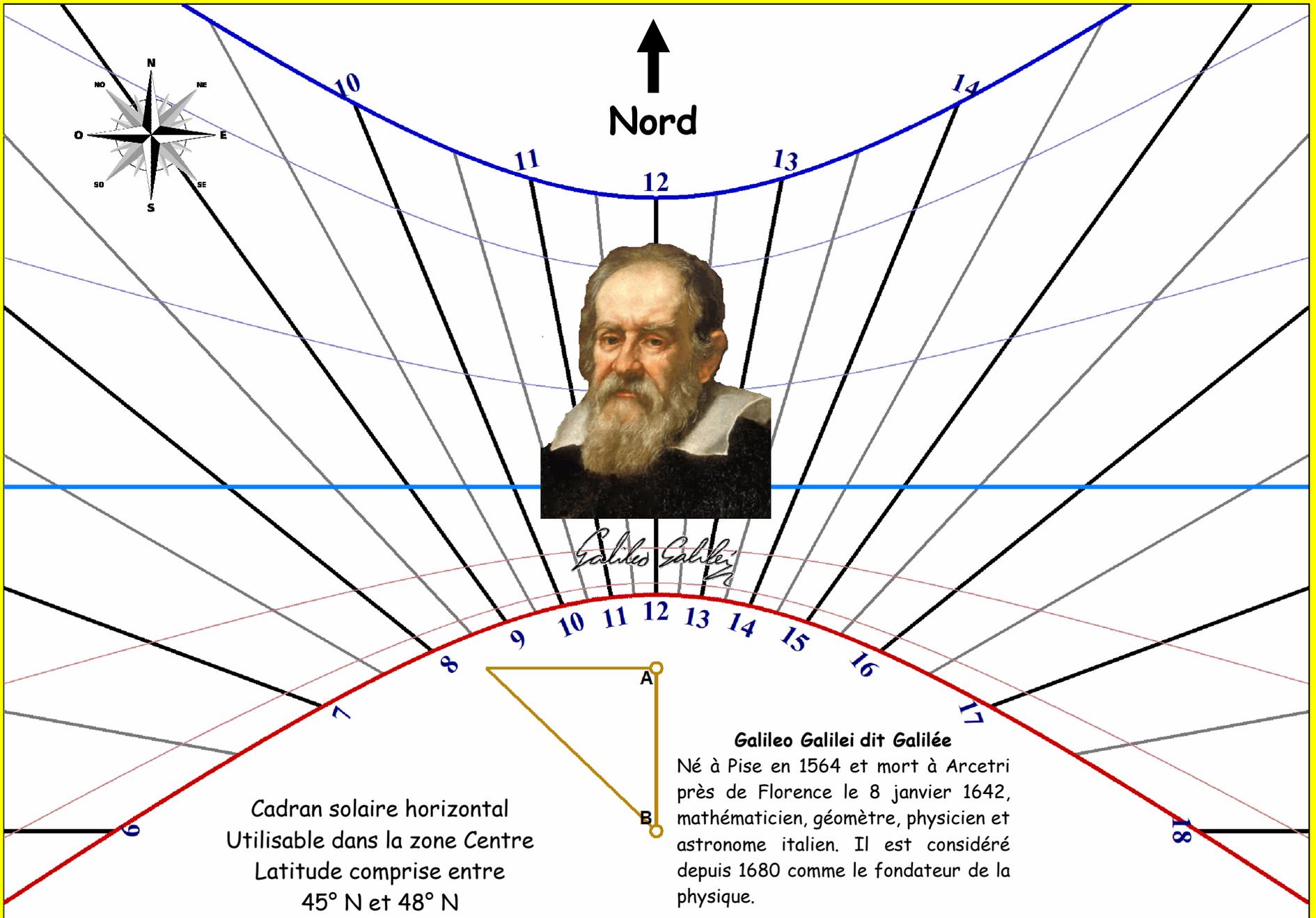


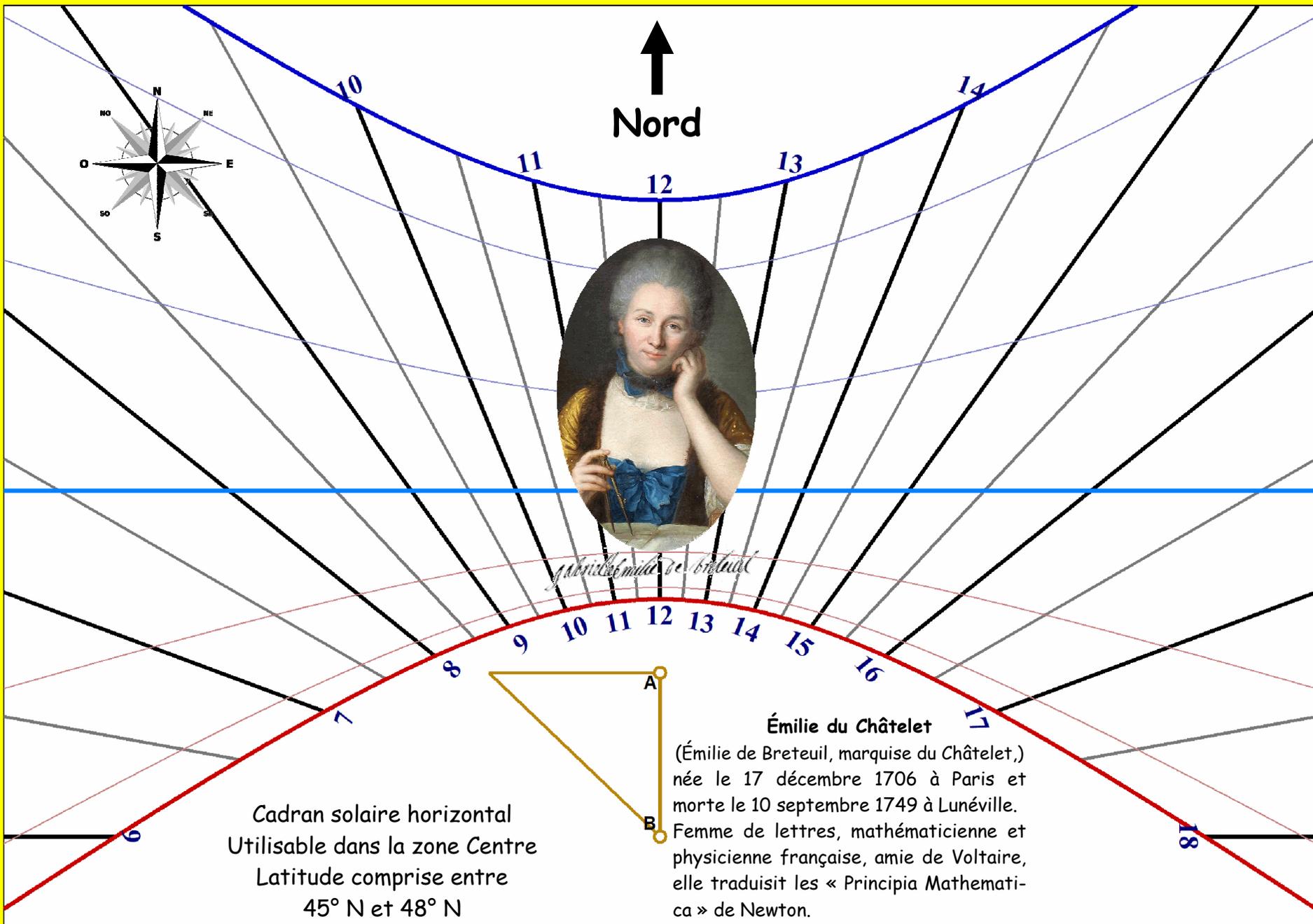
SCOUTS ET LAÏQUES

Rêver, Apprendre, Agir



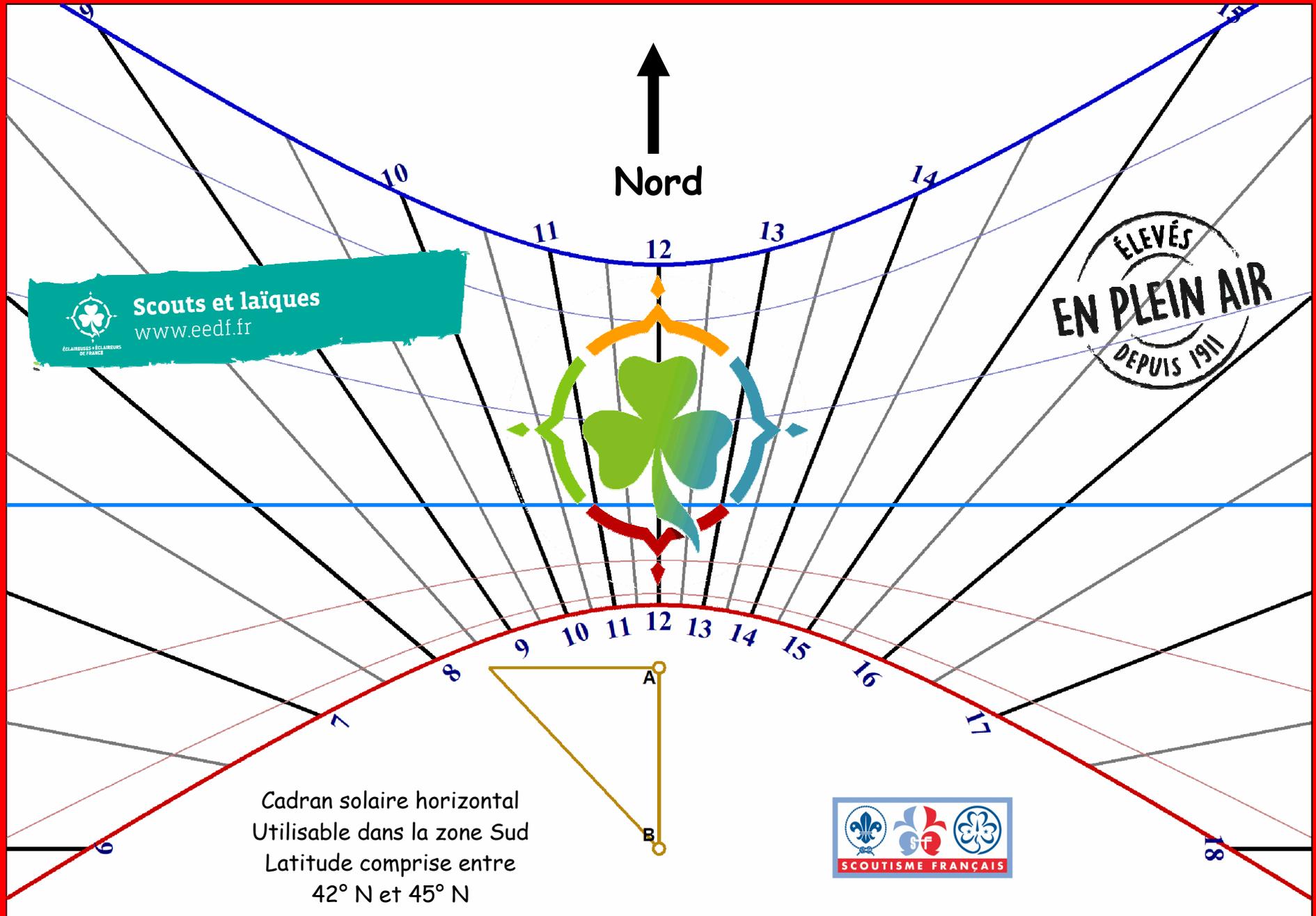






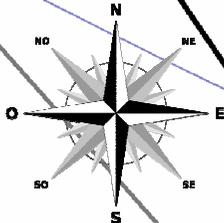
Éclaireuses et Éclaireurs de France

Site internet : <https://www.eedf.fr/>



SCOUTS ET LAÏQUES

Rêver, Apprendre, Agir



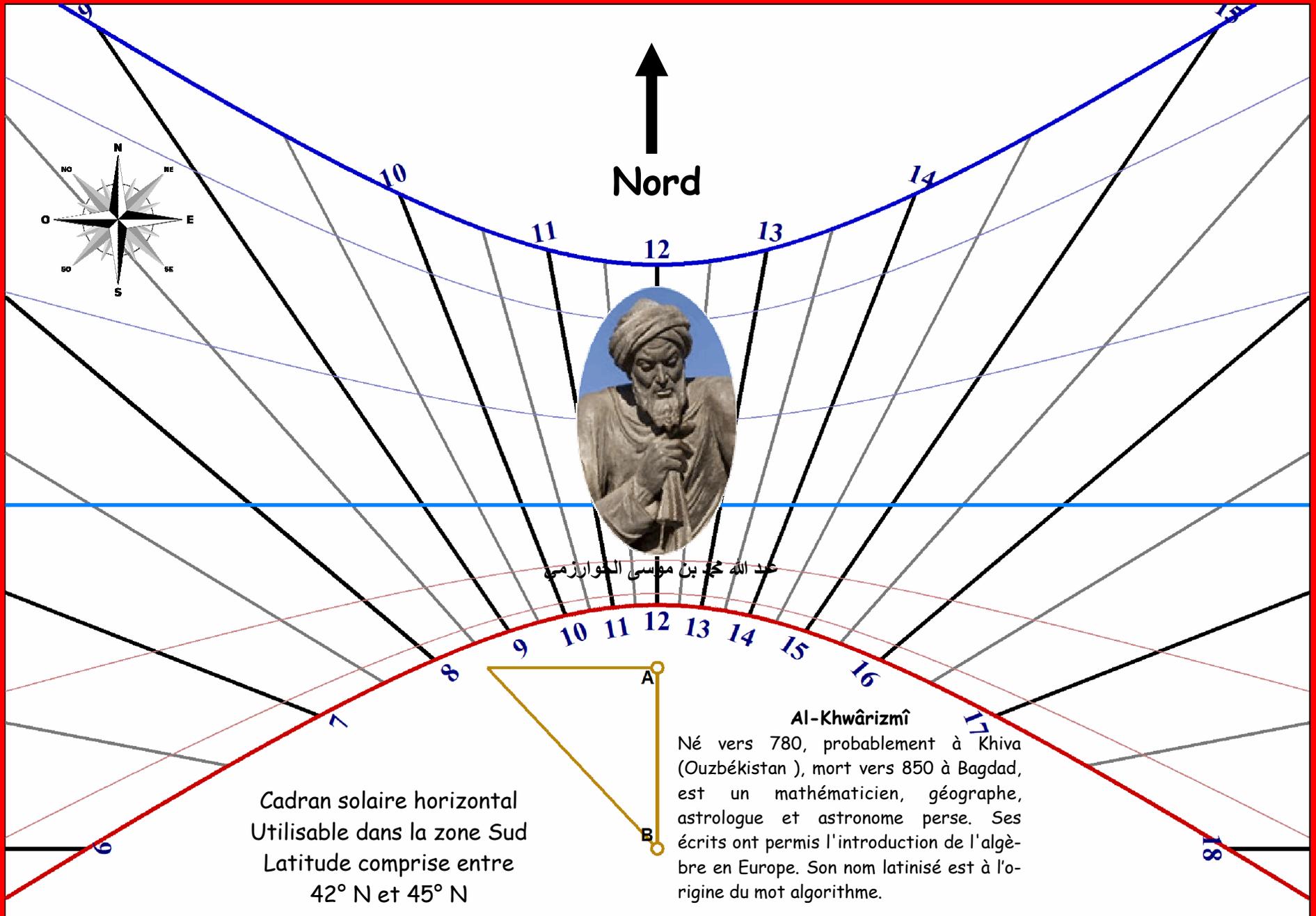
Nord
↑



Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Sud
Latitude comprise entre
 42° N et 45° N

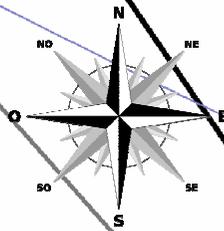
Hypatie d'Alexandrie

Née entre 355 et 370 à Alexandrie (Égypte)
Assassinée en 415 à Alexandrie.
Femme de lettres et de sciences, elle est à la tête de l'école néoplatonicienne d'Alexandrie, au sein de laquelle elle enseigne la philosophie et l'astronomie. C'est la première mathématicienne dont la vie est bien documentée.



Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Sud
Latitude comprise entre
42° N et 45° N

Al-Khwârizmî
Né vers 780, probablement à Khiva
(Ouzbékistan), mort vers 850 à Bagdad,
est un mathématicien, géographe,
astrologue et astronome perse. Ses
écrits ont permis l'introduction de l'algè-
bre en Europe. Son nom latinisé est à l'o-
rigine du mot algorithme.

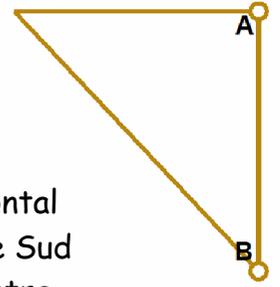


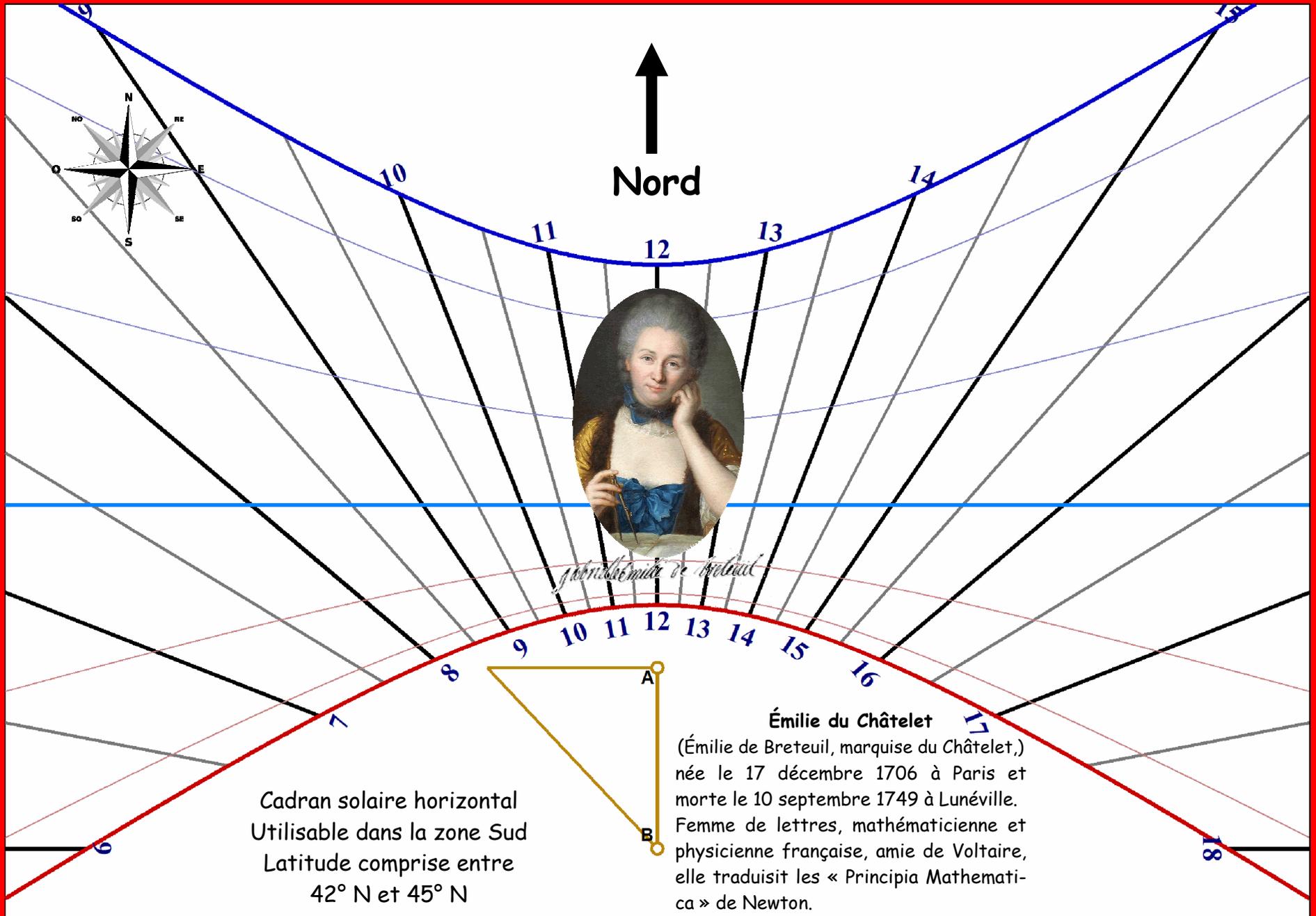
Nord
↑



Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Sud
Latitude comprise entre
42° N et 45° N

Galileo Galilei dit Galilée
Né à Pise en 1564 et mort à Arcetri
près de Florence le 8 janvier 1642,
mathématicien, géomètre, physicien et
astronome italien. Il est considéré
depuis 1680 comme le fondateur de la
physique.





Cadran solaire horizontal
Utilisable dans la zone Sud
Latitude comprise entre
42° N et 45° N

Émilie du Châtelet
(Émilie de Breteuil, marquise du Châtelet,) née le 17 décembre 1706 à Paris et morte le 10 septembre 1749 à Lunéville. Femme de lettres, mathématicienne et physicienne française, amie de Voltaire, elle traduisit les « Principia Mathematica » de Newton.

Et après ?

Les pages de l'animateur

Chaque enfant ou ado de votre équipe a fabriqué « son » cadran solaire. Quelle(s) suite(s) possible(s) ?

Tout d'abord, apprendre à l'utiliser, donc à l'orienter correctement. Pour cela, il faut utiliser une boussole, et c'est peut-être l'occasion d'introduire cet instrument que bien des enfants n'ont jamais vu et d'apprendre à s'en servir.

Il faut par exemple savoir qu'il faut vérifier qu'il n'y a pas, dans l'environnement de la boussole, d'éléments en acier ou d'aimants. Vous pouvez facilement montrer ce qui se passe alors en prenant une boussole en main, loin de tout élément perturbateur pour mettre en évidence la direction du Sud, puis poser la boussole sur une table à piètement métallique (acier) ou en approcher un petit aimant. Effet garanti !

Même si aujourd'hui (2021) la déclinaison magnétique (écart entre le Nord géographique et la direction de l'aiguille de la boussole) est très faible en métropole (entre 0° et 2° suivant la localisation), mais pas, par exemple, à La Réunion (19°), il n'est peut-être pas inutile de montrer comment faire la correction (voir « Pistes » page 86).

Pour connaître cette déclinaison magnétique pour un lieu et une date donnée, vous pouvez consulter le site :

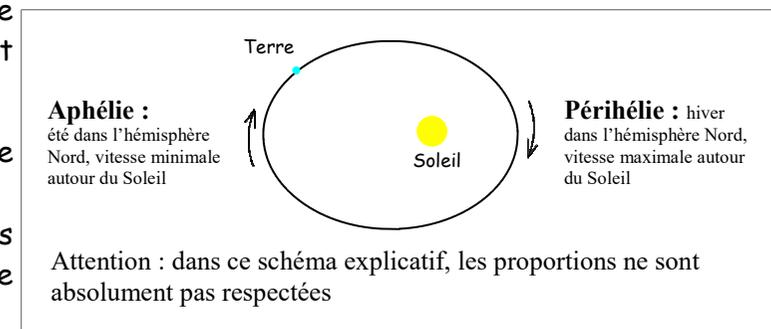
<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#declination>

Ensuite, bien indiquer que le cadran solaire donne l'heure solaire.

Avec des petits (moins de 11 ans), on indiquera qu'il y a une différence qui dépend en grande partie du décalage légal heure d'hiver/heure d'été et de « l'équation du temps » qui traduit le fait que la Terre « ne tourne pas rond » autour du Soleil, mais parcourt une trajectoire elliptique et donc ne va pas à la même vitesse suivant la date.

Au passage, pour les grands, cela correspond à la Loi des aires, alias deuxième loi de Kepler.

Pour aller plus loin, il faut connaître cette « Équation du temps » qui est le plus souvent donnée sous forme graphique et que vous pouvez récupérer par exemple



avec le logiciel Shadowspro (voir page 24 cette équation pour 2020). Par exemple, pour le 21 mars (premier point bleu clair), il faudra ajouter 7 minutes à l'heure du cadran et le 21 décembre (dernier point bleu foncé), il faudra en soustraire 2 minutes. Grossièrement, l'heure « légale », c'est-à-dire l'heure indiquée par votre montre est égale à l'heure solaire indiquée par le cadran solaire + l'équation du temps + 1 heure en été ou 2 heures en hiver.

Si l'on veut une meilleure approximation, il faut alors ajouter la correction de longitude

Exemple : Orléans, longitude 1° 54' E. Il faut d'abord transformer les degrés, minutes, secondes en degrés décimaux :

1° 54' E, soit $1 + 54/60 = 1 + 0,9 = 1,9^\circ$ E

La Terre tourne de 1 tour (360°) en 24 heures, soit de 15° en 1 heure; 15° en 60 minutes, soit 4 minutes par degré.

La correction de longitude (en minutes) à appliquer est donc :

$1,9 \times 4 = 7,6$ minutes à enlever pour une longitude Est, à ajouter pour une longitude Ouest (par rapport au méridien de Greenwich).

Deuxième exemple : Île d'Ouessant, 5° Ouest

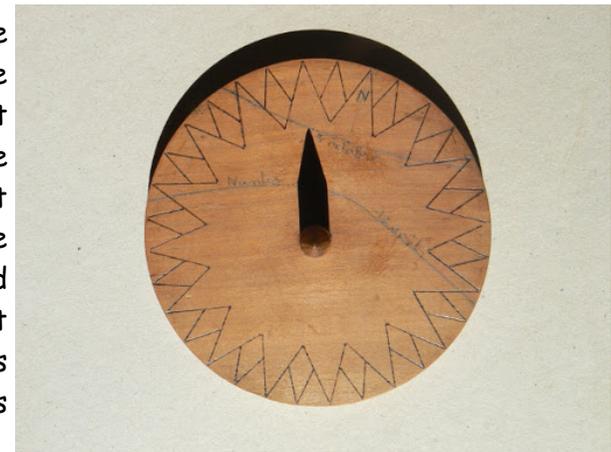
La correction de longitude est de $5 \times 4 = 20$ minutes (à ajouter)

Bien évidemment, ces subtilités ne sont pas obligatoirement indispensables !



Compas solaire britannique

Sauf, bien sûr, si l'on veut connaître avec précision la correspondance entre l'heure solaire et l'heure légale. Cela peut être par exemple utile si l'on utilise le cadran solaire « à l'envers » : Si l'on connaît l'heure légale (votre montre) et le décalage précis entre heure légale et heure solaire, on peut calculer cette dernière. En orientant ensuite le cadran solaire pour que l'ombre du gnomon soit sur cette heure (solaire), la ligne « 12 » du cadran vous indiquera le Nord (géographique) et pourra valablement remplacer une boussole. C'est avec des dispositifs de ce genre, déjà en fonction chez les Vikings donc bien avant le GPS, que l'on a pu s'orienter dans des zones comportant par exemple de fortes irrégularités magnétiques.



Compas solaire viking (reproduction)

Pour voir et éventuellement construire d'autres types de cadrans solaires, allez voir :

https://www.science-ecole.fr/Ecole2/Doc_Ecole/Cadsol.pdf

Pour ce qui est des cadrans solaires proposés à la réalisation individuelle, les personnages utilisés pour illustrer ces cadrans (hors cadrans EEDF) ont été choisis à partir de plusieurs critères :

- issus de différentes époques, de différents pays.
- égalité femmes - hommes

Bien évidemment, cela peut amener à réfléchir à l'histoire des sciences, à la place (trop souvent ignorée) des femmes dans cette histoire, par exemple au cours d'une veillée...

... à chacun de voir comment, après avoir un peu fouillé le sujet, il ou elle peut prendre en compte cette composante éducative en direction des enfants et adolescents qui nous sont confiés.

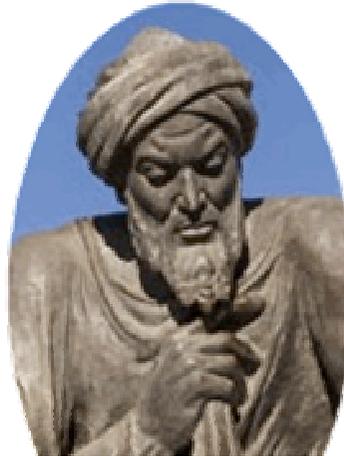


Hypatie d'Alexandrie

Née entre 355 et 370 à Alexandrie (Égypte)

Assassinée en 415 à Alexandrie.

Femme de lettres et de sciences, elle est à la tête de l'école néoplatonicienne d'Alexandrie, au sein de laquelle elle enseigne la philosophie et l'astronomie. C'est la première mathématicienne dont la vie est bien documentée.



Al-Khwârizmî

Né vers 780, probablement à Khiva (Ouzbékistan), mort vers 850 à Bagdad, est un mathématicien, géographe, astrologue et astronome perse. Ses écrits ont permis l'introduction de l'algèbre en Europe. Son nom latinisé est à l'origine du mot algorithme.



Galileo Galilei dit Galilée

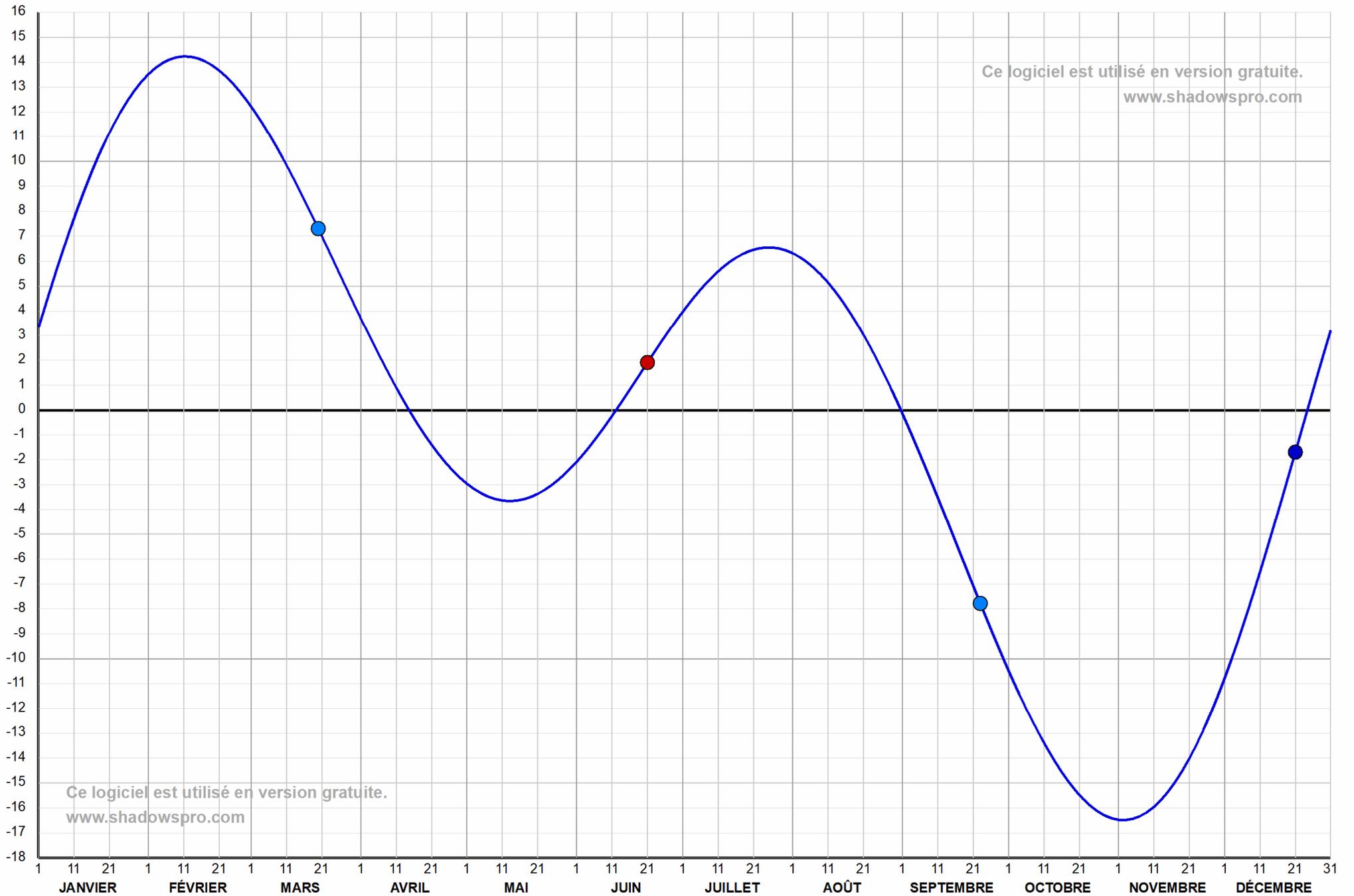
Né à Pise en 1564 et mort à Arcetri près de Florence le 8 janvier 1642, mathématicien, géomètre, physicien et astronome italien. Il est considéré depuis 1680 comme le fondateur de la physique.



Émilie du Châtelet

(Émilie de Breteuil, marquise du Châtelet,) née le 17 décembre 1706 à Paris et morte le 10 septembre 1749 à Lunéville. Femme de lettres, mathématicienne et physicienne française, amie de Voltaire, elle traduisit les « Principia Mathematica » de Newton.

GRAPHE DE L'ÉQUATION DU TEMPS (2020)
Temps en minutes à ajouter au Temps Solaire pour obtenir le Temps Moyen



Autre possibilité : un cadran monumental

Après avoir fabriqué un petit cadran solaire et avoir appris à l'utiliser, on peut imaginer de réaliser un cadran monumental par exemple sur un lieu de camp ou en proposer la réalisation dans un lieu public de la commune qui héberge ce camp ou le centre de loisirs.

Sur le lieu de camp, cadran éphémère qui sera démonté en fin de camp :
les techniques de froissartage sont utilisables.

Lieu de camp ou lieu public, construction pérenne :

Il faut en premier obtenir l'autorisation du gestionnaire du lieu de camp ou du maire de la commune en cas d'implantation sur un lieu public.

Il faut ensuite étudier la réalisation pour qu'elle ne présente pas de dangers et pour qu'elle s'intègre harmonieusement dans l'environnement. On doit même tout faire pour que cela soit beau !

Dangers potentiels : le gnomon étant pointu, il ne faut pas qu'on puisse en percuter l'extrémité. Donc soit le cadran est dans un lieu non accessible (fermé par exemple par des barrières) soit l'extrémité du gnomon se trouve à une altitude supérieure à celle de la tête des passants.

Les plots horaires peuvent être des marques peintes sur le sol, des carreaux de céramique de couleur incrustés dans le sol, des plots servant de sièges comme sur la photo ci-contre ou tout autre dispositif non dangereux que vous pourrez imaginer.

On peut aussi penser à la réalisation, à l'intérieur d'un massif floral, avec la complicité amicale des techniciens des espaces verts de la commune.



La seule limite est votre imagination !

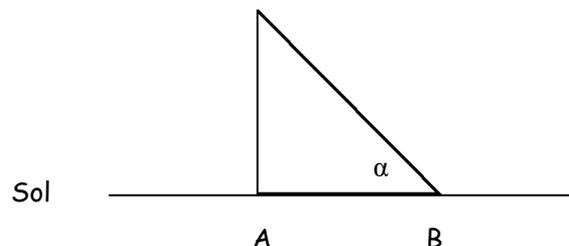
Préparation du tracé pour un cadran horizontal

A l'aide du logiciel Shadowpro (<https://www.shadowspro.com/>), imprimez un cadran horizontal pour le lieu prévu pour l'implantation en ne gardant que les lignes des heures. Toutes ces lignes convergent au point B du cadran.

A l'aide d'un rapporteur centré sur le point B, mesurez les angles que font ces lignes avec la ligne Nord-Sud (ligne 12 heures). Notez les résultats.

Exemple : Saint Jean de Maurienne :
Latitude $45^{\circ} 17' 00''$ N, Longitude $6^{\circ} 21' 00''$ E

| | |
|----------------|----------------|
| Lignes 11h 13h | $11,5^{\circ}$ |
| Lignes 10h 14h | $22,5^{\circ}$ |
| Lignes 9h 15h | 36° |
| Lignes 8h 16h | 51° |
| Lignes 7h 17h | 70° |
| Lignes 6h 18h | 90° |



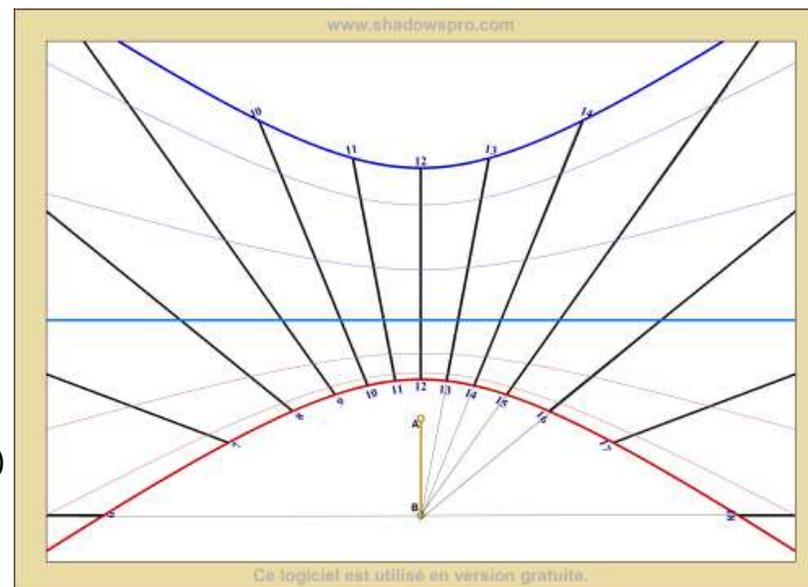
L'angle α que fera le gnomon avec l'horizontale est égal à la latitude (ici 45°)

Réalisation

Sur le terrain choisi, déterminez l'emplacement du point B. En vous servant d'un rapporteur et de ficelle fine, marquez les emplacements des plots horaires, par exemple en cercle autour de B pour un cadran semi-circulaire (voir exemple page précédente).

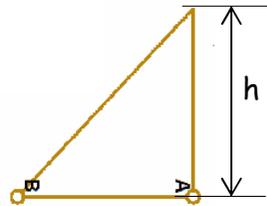
Installez le gnomon en réglant son inclinaison (tige dépassant du sol d'au moins 2,8 m si l'on veut que l'extrémité culmine à 2 m au dessus du sol et ne présente donc pas de danger). Pour une tige de cette longueur, et pour que la valeur de l'angle soit stable, l'installation d'une ou mieux deux jambes de force est recommandée. La fixation de l'ensemble se fera par exemple en coulant des plots de béton au pied des tiges du gnomon et des jambes de force, par enfoncement de ces tiges à profondeur suffisante si l'on ne veut pas utiliser de béton.

Placez les plots horaires, le cadran est techniquement terminé, il ne reste plus qu'à le décorer.



La technique décrite à la page précédente fonctionne bien pour la lecture des heures, mais ne permet pas de tracer les lignes correspondant aux saisons (voir page 4), sauf à fabriquer un cadran gigantesque. Par exemple, dans la bande centrale de l'hexagone, pour que le gnomon fasse deux mètres de haut, il faudrait que le cadran mesure 16 x 11,4 mètres !

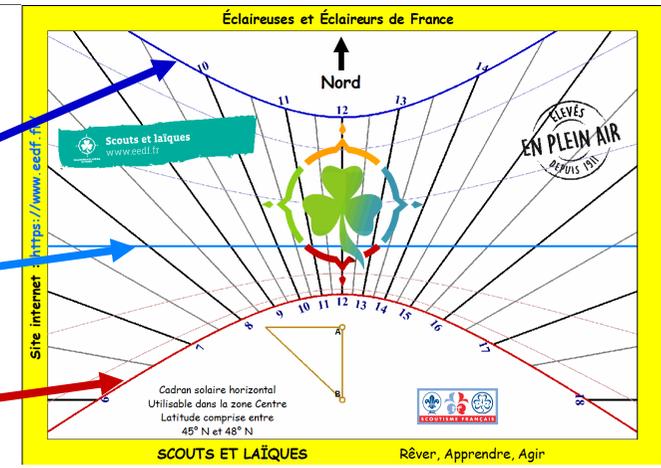
Si vous ne disposez pas d'autant d'espace, on peut contourner cette difficulté en remplaçant le gnomon par deux fils croisés. Ces deux fils doivent se croiser à la verticale du point A et à une altitude égale à la hauteur du gnomon.



On peut alors reporter au sol les lignes des saisons (les deux lignes des solstices et la ligne des équinoxes). C'est l'ombre du croisement de ces deux fils qui indiquera l'heure et la date (approximative).

Au cours de la journée, l'ombre de la pointe du gnomon suivra :

- la ligne bleu foncé le jour du Solstice d'hiver
- la ligne bleue les jours des l'Équinoxes de printemps et d'automne
- la ligne rouge le jour du Solstice d'été



On peut aussi utiliser une rondelle inclinée fixée au dessus du point A. C'est alors la tache de lumière au centre de l'ombre de la rondelle qui indiquera l'heure et la date (approximative),





Cadran solaire de la Maison du Parc de Vallouise
Parc National des Écrins

Photo A. ROBERT