

Re-mesurons notre Terre

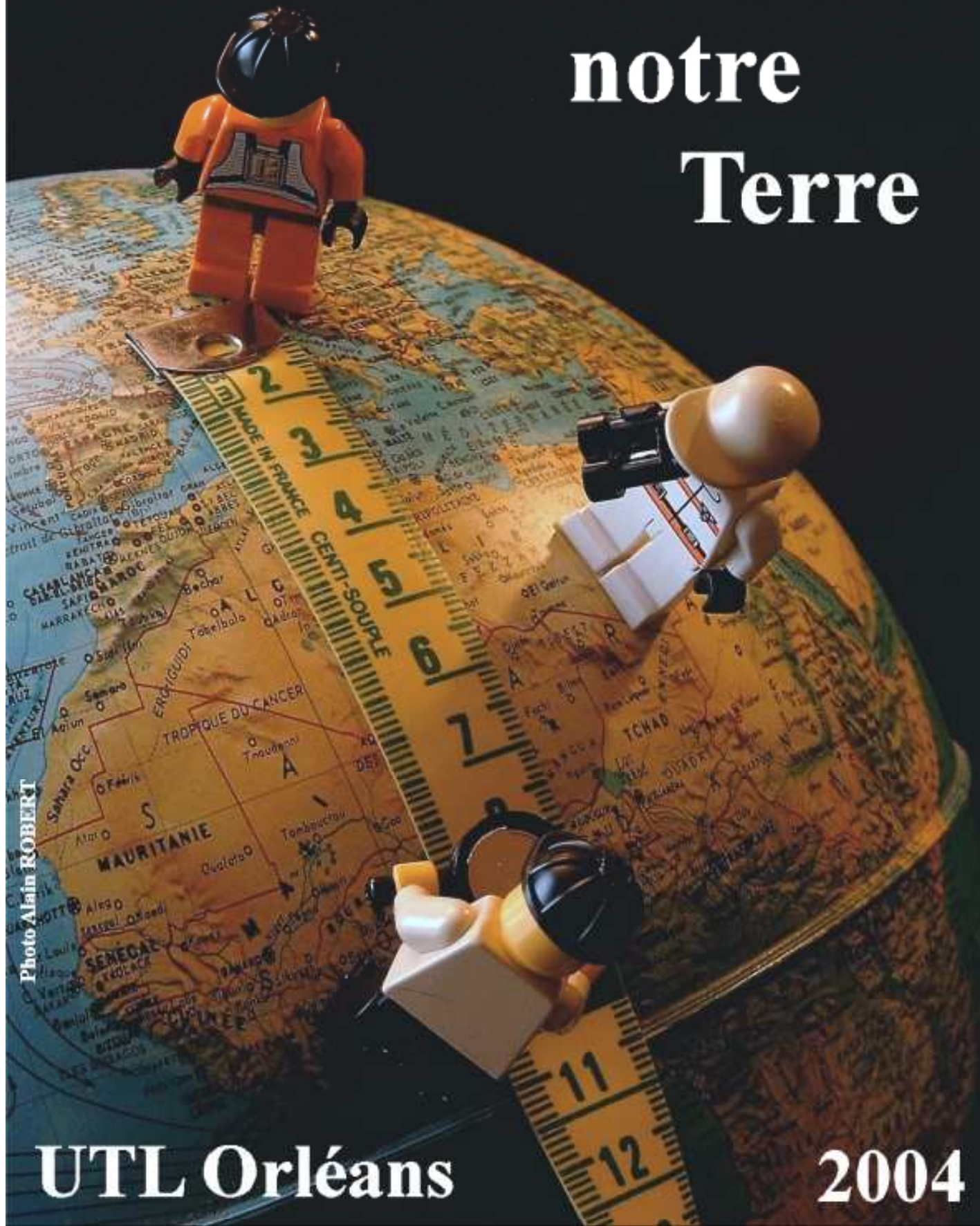


Photo Alain ROBERT

UTL Orléans

2004

Sommaire

Editorial	page 4
Construction de matériel pédagogique	
Maquette Terre – Lune	page 7
Astronomie (maquette du système solaire)	page 8
Cadran solaire	page 24
Mesure de la hauteur du Soleil sur l'horizon	
<u>Mesures directes :</u>	
Mesure au 1/2 degré : rapporteur et fil à plomb	page 29
Mesure au 1/10ème de degré : chambre noire, réticule et fil à plomb	page 34
Réalisation d'un pied support pour les appareils de mesure directe	page 44
<u>Mesures indirectes :</u>	
Traçé de la méridienne, mesures indirectes au 1/10ème de degré (mesure de la tangente)	page 46
Exemples de progression pédagogique	
En école élémentaire	page 50
Au collège	page 54

Editorial

Le présent CD-ROM, conçu et réalisé par Alain ROBERT, professeur de Sciences Physiques au collège Montabuzard d'Ingré (Loiret), constitue, à la fois, le « mode d'emploi » et la présentation de la « Malette pédagogique » qu'il a puissamment contribué à élaborer dans le cadre du projet intergénérationnel proposé, durant l'année 2003-2004, par le « Groupe intergénération » de l'Université du Temps Libre d'Orléans (U.T.L.O.)

Cette mallette est l'un des aboutissements de la remarquable synergie issue de la rencontre de talents, d'inventivité, de compétences et de complémentarités diverses apportés par les enseignant(e)s en activité et les retraité(e)s de tous horizons professionnels de l'U.T.L.O., toutes et tous engagé(e)s dans cette action.

Le « groupe pionnier » de pilotage a fonctionné d'une manière tout à fait exemplaire, s'agissant du climat de liberté et d'accueil des idées des un(e)s et des autres, de la cohésion et du profond désintéressement de chacun(e). Faisant œuvre de transmetteur d'idées, d'énergie, il est aussi exemple de fonctionnement pédagogique d'école pour ce qui est du travail en commun des « enseignants », mais aussi du travail avec les enfants et adolescents.

Il a ainsi contribué à l'obtention, par l'école élémentaire de Patay (professeur : Didier CHAMPION), le collège d'Ingré (professeur : Alain ROBERT), le collège de Togo au Mali (professeur : François DIARRA, directeur : Edmond DEMBELE qui doivent, ainsi que leurs élèves, être particulièrement félicités et remerciés pour leur remarquable partenariat) de premiers résultats tout à fait satisfaisants et probants quant à la faisabilité du projet émanant du « Groupe Intergénération » de l'U.T.L.O.



La force acquise de l'élan créée par le groupe de pilotage initial doit s'amplifier par la collaboration de nouveaux établissements-partenaires, et le « Groupe Eratosthène », comme on l'appelle au sein de l'U.T.L.O., doit s'enrichir de talents nouveaux par l'accueil d'autres enseignant(e)s en activité et retraité(e)s de tous horizons professionnels désirant s'investir dans ce travail à la fois exigeant et gratifiant.

H. OSTROWETSKY

L'idée :

Des adultes retraités (Université du Temps Libre), des enfants (école élémentaire) ou adolescents (collège) et leurs enseignants refont la célèbre "manip" d'Eratosthène pour évaluer la circonférence terrestre. Les membres de l'UTL proposent leur savoir-faire, le matériel expérimental sous forme de "kit" à construire (la malette décrite dans ce CD-ROM), des adresses de partenaires et leur disponibilité.

Au delà des objectifs scientifiques, d'histoire des sciences et de géographie, cette opération met en oeuvre une collaboration inter-génération profitable à tous.

Les participants de la phase expérimentale :

Mesdames BARBIER, CATEL, DABAUVALLE, MEDIONI

Messieurs BERTIN, BEYLER, CHAMPION, COUDERT, DUMET, GOURGOUSSE, GOURSAUD, GROS, JEROME, JOURDAIN, OSTROWETSKY, PARZYSZ, PROU, ROBERT, TAURIAC, WEIL.



**CONSTRUCTION
de
MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE
Extraits du CD-ROM :**

**Documentation pour
l'enseignant**

Maquette Terre - Lune

Astronomie (maquette du système solaire)

Cadran solaire

Mesure de la hauteur du Soleil sur l'horizon

Documents disponibles parmi beaucoup d'autres sur le site de Sciences Physiques de l'académie d'Orléans-Tours :

<http://www.ac-orleans-tours.fr/physique/default.htm>

Maquette Terre - Lune

Terre

Lune sur un tasseau un petit globe



En plaçant cette maquette dans le faisceau du projecteur diapo, vous pourrez montrer les éclipses de Lune ou de Soleil; dans ce dernier cas, votre maquette respectant les proportions réelles, l'ombre portée de la Lune ne couvrira qu'une petite partie du globe terrestre, comme lors d'une éclipse réelle. Vous pourrez faire découvrir aux élèves qu'une éclipse de lune a lieu une nuit de pleine lune, mais pas toutes les nuits de pleine lune...



Astronomie

Une imprimante, quelques transparents...

Extrait du fichier compressé PHY54 ("Boite à outils" pour l'enseignement des Sciences Physiques au cycle central des collèges), vous trouverez sur le CD un document à récupérer sous WORD pour imprimer une maquette du système solaire au 1/4 250 000 000 : [**SYSSOL.DOC**](#)

Maquette du Système solaire

échelle :

1

4 250 000 000

Ce document vous permettra de réaliser une maquette du système solaire dans laquelle les planètes et les distances entre planètes sont **à la même échelle**.

Objectif :

Permettre aux élèves de se rendre compte des distances entre objets du système solaire

Données :

Base de calcul : la Terre est représentée par une sphère de 3 mm de diamètre

Objet	Distance réelle au soleil (UA)	Distance à la maquette du soleil (m)	Diamètre équatorial réel (km)	Diamètre sur la maquette (mm)	Période de révolution
Soleil	-	-	1390000	327	-
Mercure	0.39	13.72	4880	1.15	88 j
Vénus	0.72	25.33	12100	2.85	224.7 j
Terre	1	35.19	12756	3	365.24 j
Mars	1.52	53.48	6794	1.6	687 j
Jupiter	5.2	182.95	143200	33.7	11.86 ans
Saturne	9.54	335.65	120000	28.2	29.46 ans
Uranus	19.18	674.82	52290	12.3	84 ans
Neptune	30.06	1057.6	50450	11.9	165 ans
Pluton	39.44	1387.6	2250	0.53	248 ans
	distances à la Terre			Autour de la Terre	
Lune	0.00257	0.090	3472	0.82	29 j 12 h 44 min (1)

1 UA = 149 597 870 km
(1) lunaison
Prochaine étoile :
Alpha Centauri 4,2 AL 2228 km

UTILISATION

Préparation :

Imprimez ce document à l'aide d'une imprimante couleur, placez les fiches correspondant aux objets célestes dans des pochettes de protection.

Procurez-vous un décimètre (matériel d'EPS), ou réalisez un système de mesure des distances (0 - 100 m) en plaçant des repères visuels sur une cordelette.

Pistes d'utilisation :

- interne :

Utilisez un couloir d'au moins 55 m de long pour placer les panneaux représentant le soleil et les planètes intérieures aux distances indiquées dans le tableau de la page précédente. Après le panneau "Mars", placez les autres panneaux avec indication des distances correspondantes. Si votre établissement n'offre pas de couloir suffisamment long, réalisez la maquette dans la cour.

- externe :

Avec la complicité de la municipalité, sélectionnez une rue ou avenue à peu près rectiligne, d'au moins 1400 m et rebaptisez-la (provisoirement) "Avenue du Système Solaire".

Réalisez avec vos élèves et les collègues intéressés un panneau de présentation générale de la maquette (à placer près du panneau "Soleil") et des panneaux photographiques sur chaque planète en utilisant -par exemple- un CD-ROM d'astronomie.

Après arpentage de l'avenue choisie, placez les différents panneaux aux distances convenables. On pourra aussi, avec l'aide d'un collègue géographe relever l'orientation de l'avenue et calculer en quel endroit du globe il faudrait placer le panneau "Proxima Centauri". Rien n'empêchera de contacter alors un établissement scolaire de la ville la plus proche de ce point (avec l'aide des collègues linguistes) pour entamer une correspondance entre classes...



Soleil

Diamètre :

1 391 000 km

Température :

5750°C (surface)

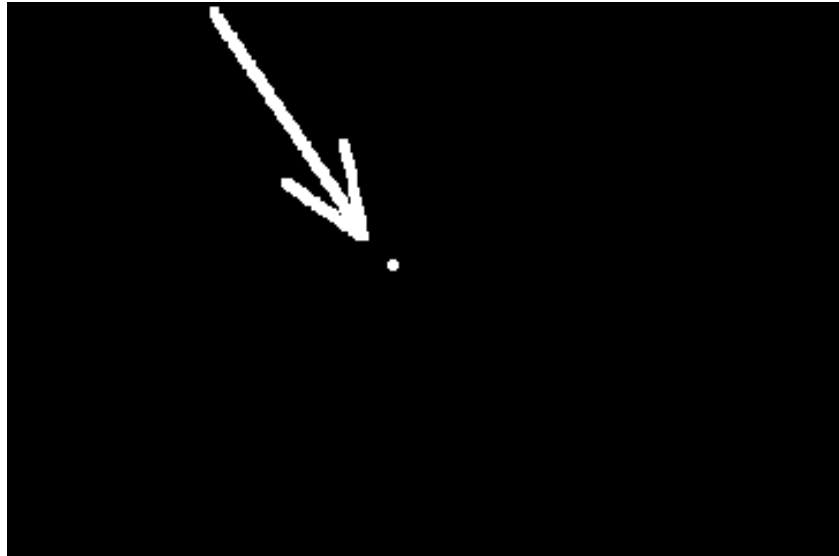
15 000 000°C (centre)

Période de rotation :

25 jours (à l'équateur)

34 jours (aux pôles)

Mercur



Diamètre : 4878 km

**Distance moyenne au Soleil :
58 000 000 km**

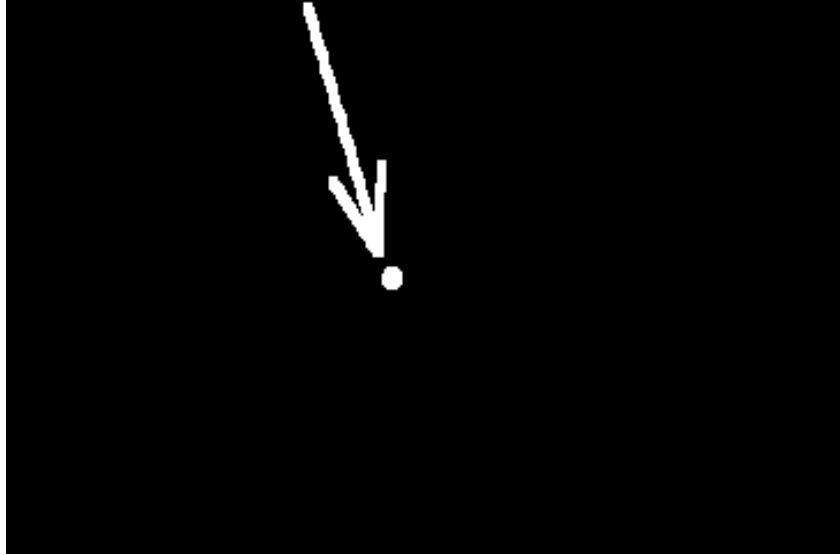
**Révolution autour du Soleil en :
87,97 jours terrestres**

Températures :

Min : - 170 °C (côté "nuit")

Max : + 400 °C (côté "jour")

Venus



Diamètre : 12 100 km

**Distance moyenne au Soleil :
108 000 000 km**

**Révolution autour du Soleil en :
224,7 jours**

**Température :
Environ 460 °C**

Terre Lune



TERRE

Diamètre :

Equateur : 12 756 km

Pôles : 12 713 km

Distance moyenne au Soleil :

149 600 000 km

Révolution autour du Soleil en :

365,256 jours

Températures :

Min : - 89,9 °C (Antarctique, 1958)

Max : + 58 °C (Libye, 1922)

Terre Lune



LUNE

Diamètre : 3 476 km

**Distance moyenne à la Terre :
384 400 km**

Révolution autour de la Terre :

**Sidérale : 27 jours 7 h 43 min 11 s
(par rapport aux étoiles)**

Synodique : 29 j 12 h 44 min 3 s

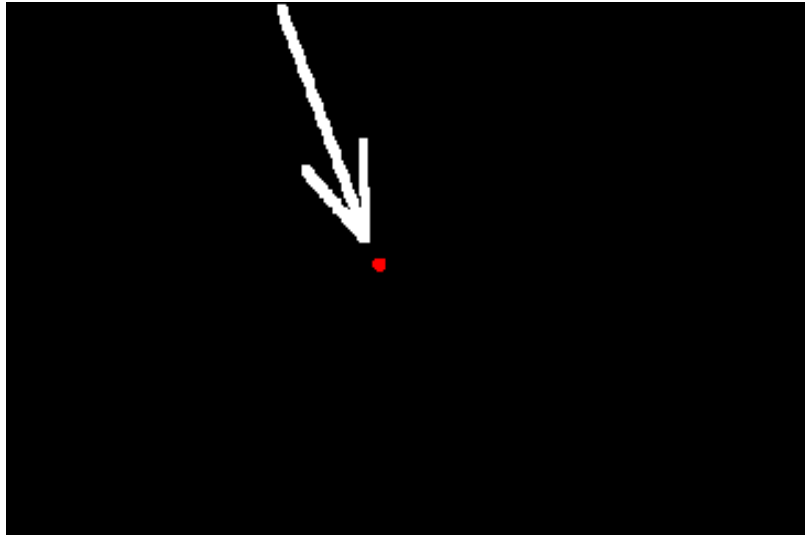
**(par rapport au Soleil = durée d'une
lunaison)**

Températures :

Min : - 180 °C (nuit)

Max : + 120 °C (jour)

Mars



Diamètre :

Equateur : 6796 km

Pôles : 6760 km

Distance moyenne au Soleil :

227 940 000 km

Révolution autour du Soleil en :

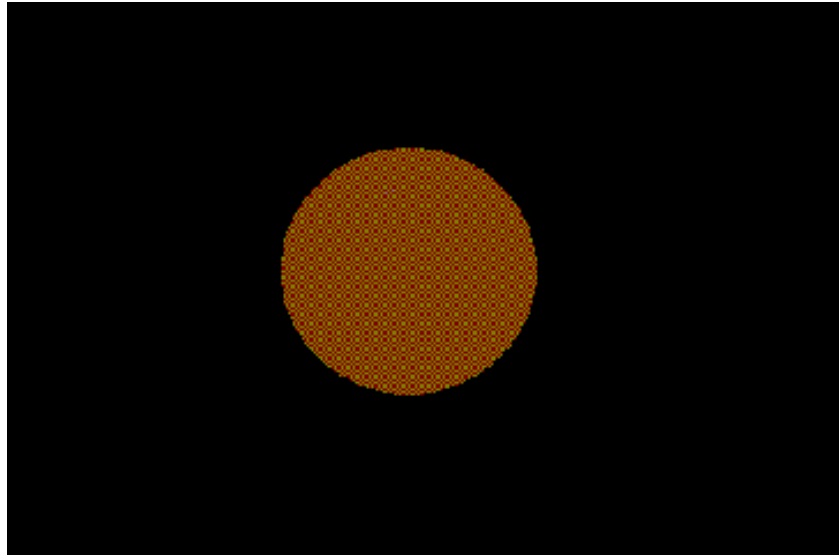
686,98 jours terrestres

Températures :

Min : -143 °C (pôle Sud, hiver)

Max : + 22 °C (équateur, à midi)

Jupiter



Diamètre :

Equateur : 142 796 km

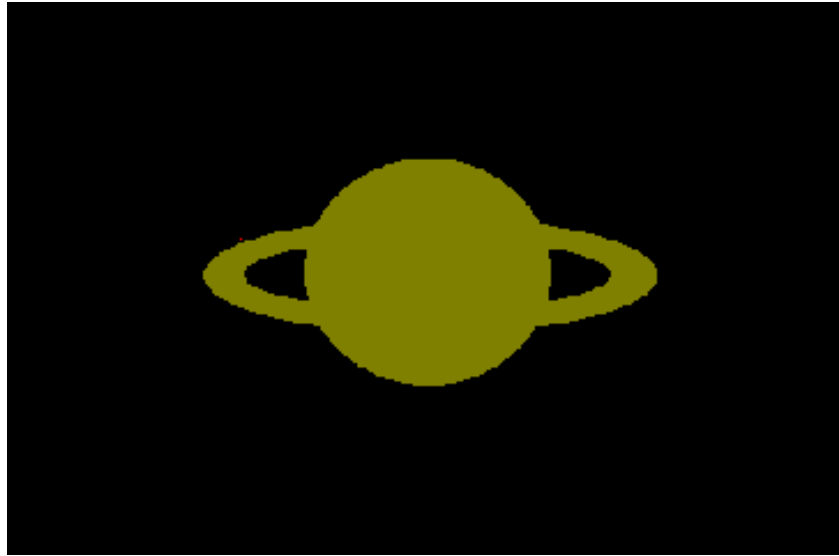
Pôles : 133 540 km

**Distance moyenne au Soleil :
778 300 000 km**

**Révolution autour du Soleil en :
11 ans 314,8 jours terrestres**

Température : environ -145 °C

Saturne



Diamètre :

Equateur : 120 660 km

Pôles : 108 000 km

Distance moyenne au Soleil :

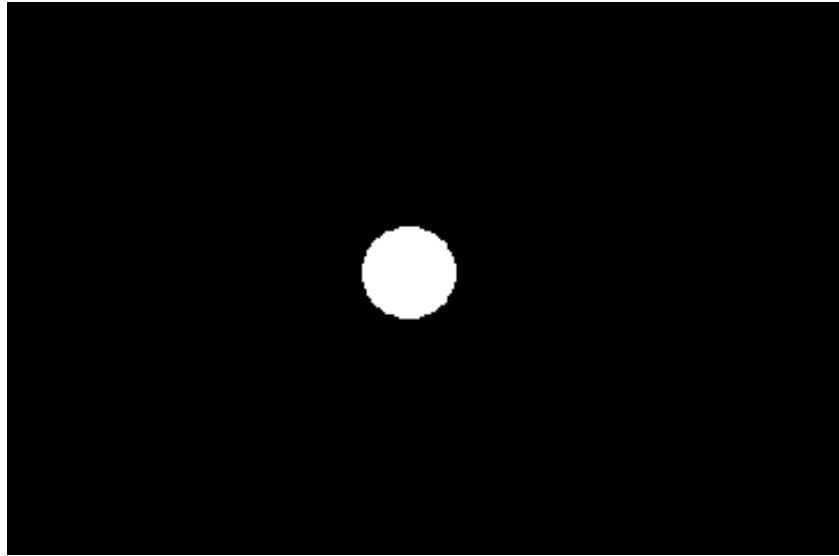
1 429 400 000 km

Révolution autour du Soleil en :

29 ans 167 jours terrestres

Température de surface : - 160 °C

Uranus



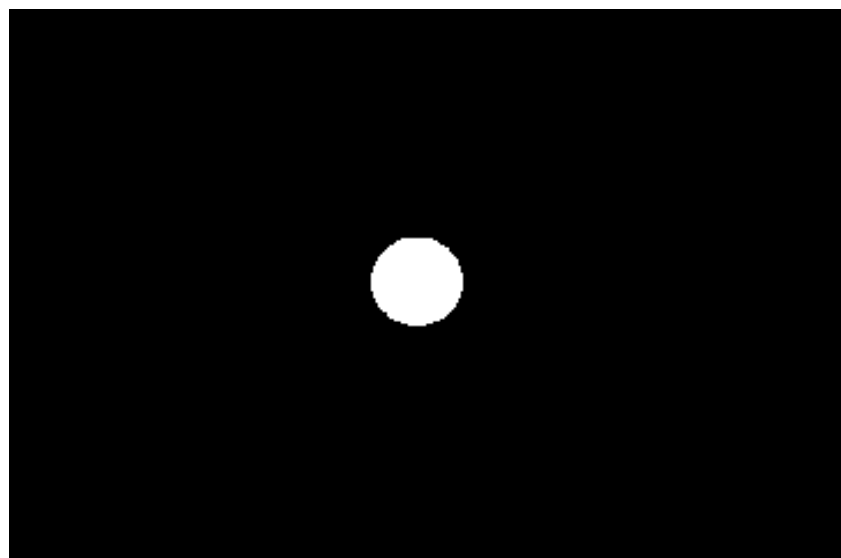
Diamètre : 50 800 km

**Distance moyenne au Soleil :
2 875 000 000 km**

**Révolution autour du Soleil en :
84 ans 7,4 jours terrestres**

Température de surface : - 200 °C

Neptune



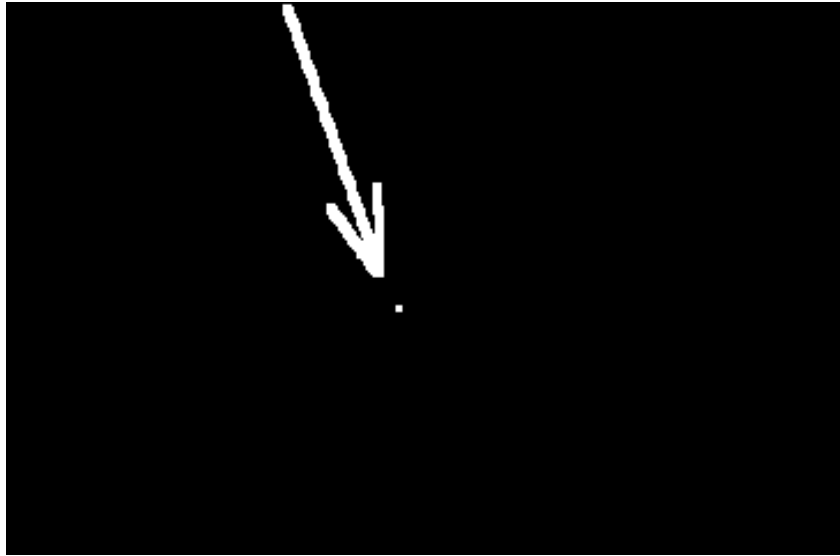
Diamètre : 48 600 km

**Distance moyenne au Soleil :
4 504 000 000 km**

**Révolution autour du Soleil en :
164 ans 280 jours terrestres**

Température de surface : - 220 °C

Pluton



Diamètre : environ 3000 km

**Distance moyenne au Soleil :
5 900 000 000 km**

**Révolution autour du Soleil en :
248 ans 249 jours terrestres**

Température de surface : - 220 °C

**Prochaine
étoile :
Alpha Centauri**



**Distance au Soleil :
4,2 Années lumière
environ 40 000 000 000 000 km**

Vous pouvez aussi réaliser des séries de transparents rétroprojectables (Pochette R19 et R25 réalisées par l'équipe "Audio-Visuel" de l'IREM d'Orléans en explorant les sous répertoires R19 et R25 dans le répertoire IREMOR du CD. Lisez en premier les fichiers :

R19 : [ASTRO_1.DOC](#) et [ASTRO_2.DOC](#)

R25 : [CARTCIEL.DOC](#)

Vous pouvez aussi recopier ces répertoires sur votre disque dur en exécutant les deux fichiers compressés auto-exécutables ci-dessous dans le répertoire de votre choix .

[R19.exe](#) [R25.exe](#)

Contenu :

R19 Astronomie 1 et rétroprojection

- **document destiné aux professeurs des écoles et collèges et aux clubs d'astronomie**
- Disquette compressée de 6 MOctets. Fichiers textes lisibles sous **Word** (2 ou 6) ou **Works3** (sous windows)
 - **sujet :**
- **Mouvements Soleil-Terre-Lune, saisons, phases de la Lune et éclipses.**
 - **contenu :**
- fichiers textes : commentaires pédagogiques, patron d'une maquette Soleil-Terre-lune, suggestions de calculs planétaires, fiches d'exercices-élèves,
- fichiers pour traçage ou impression couleur de **transparents évolutifs rétroprojectables** associés aux exercices-élèves,
- **diaporama** des phases de la Lune et des éclipses

R25 Carte du ciel rétroprojectable

- **document destiné aux professeurs des écoles et collèges et aux clubs d'astronomie**
- Disquette compressée de 6 MOctets. Fichiers textes lisibles sous **Word** (2 ou 6) ou **Works3** (sous windows)
 - **sujet :**
- **Carte du ciel rétroprojectable (4 volets) et carte sur papier à construire.**

Cadran solaire

FICHE TECHNIQUE : CADRAN SOLAIRE

Programme : Construire et utiliser un cadran solaire

Idée : Faire réaliser par chaque élève un cadran solaire horizontal

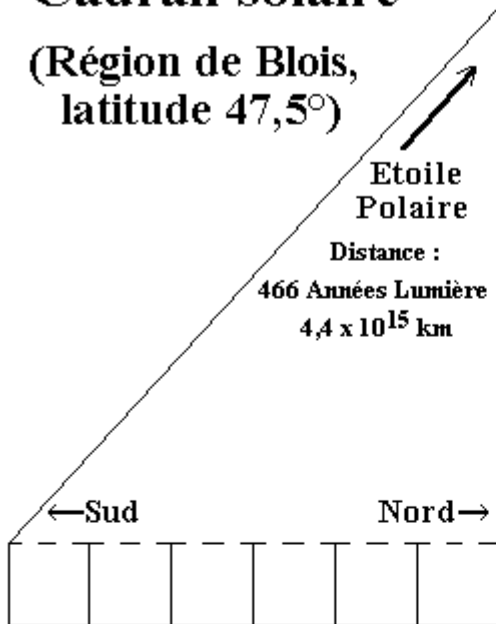
Matériel de base : carton, colle, photocopie

Réalisation :

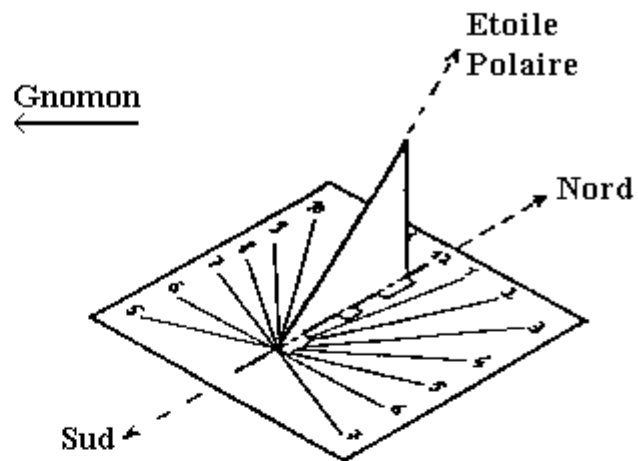
Sous un logiciel de dessin, récupérez sur le CD le fichier [CADSOL.BMP](#) (image ci-dessous)

Cadran solaire

(Région de Blois,
latitude $47,5^\circ$)

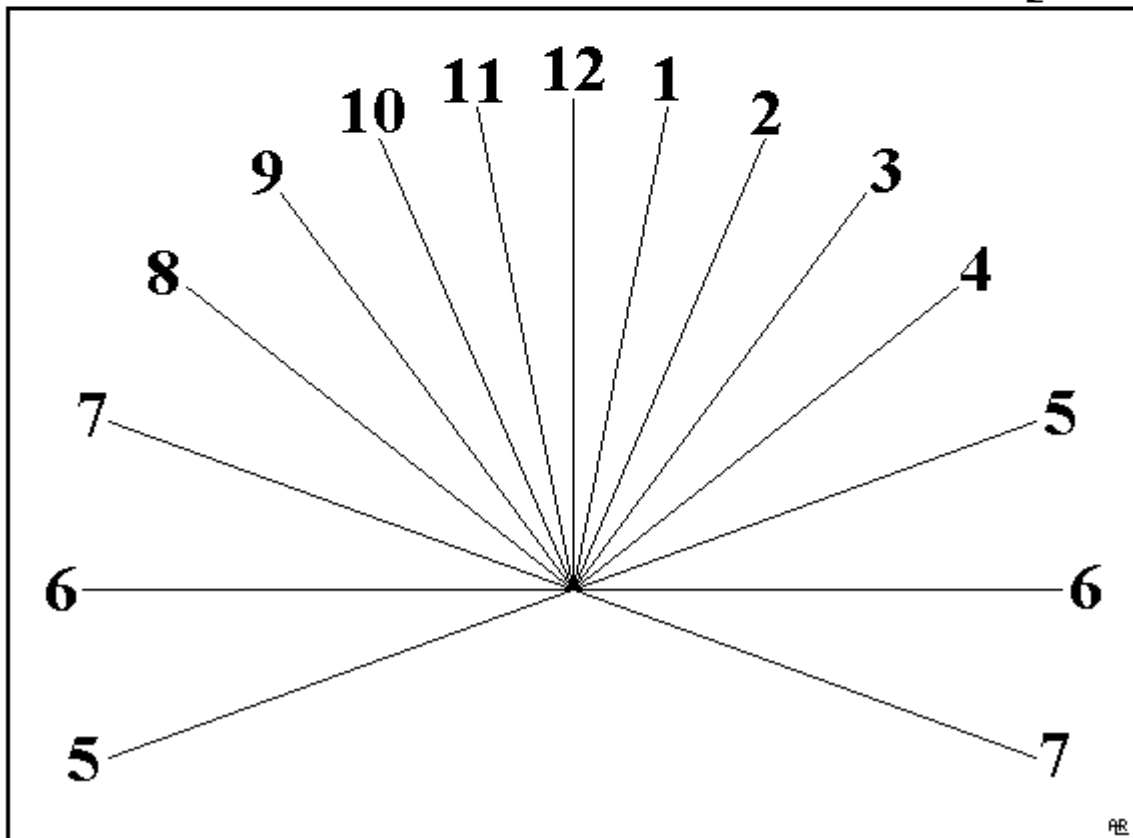


Découpez le cadran et collez-le sur une plaque de bois.
Placez le gnomon, découpé suivant le patron ci-contre
dans une feuille de métal mince ou de plastique.



Vernissez le cadran solaire et orientez-le comme
indiqué par le dessin ci-dessus.

Cadran



Imprimez-le dans le format qui vous convient (A4 ou A5). Si vous habitez dans une zone compatible avec ce cadran (latitude $47,5^\circ$ à $1,5^\circ$ près, soit toute la région Centre et au delà), vous pouvez dupliquer ce document et le distribuer à vos élèves pour réalisation à la maison.

Vous pouvez aussi imprimer ce fichier en plus grand pour réaliser (sur bois ou sur métal) un cadran solaire de dimensions plus larges. Si vous souhaitez réaliser un cadran solaire monumental (cours du collège), le programme CADSOL (en version [.EXE](#) autoéxecutable ou en version [.BAS](#) lisible en QUICKBASIC) vous calculera les angles pour tracer les divisions horaires.

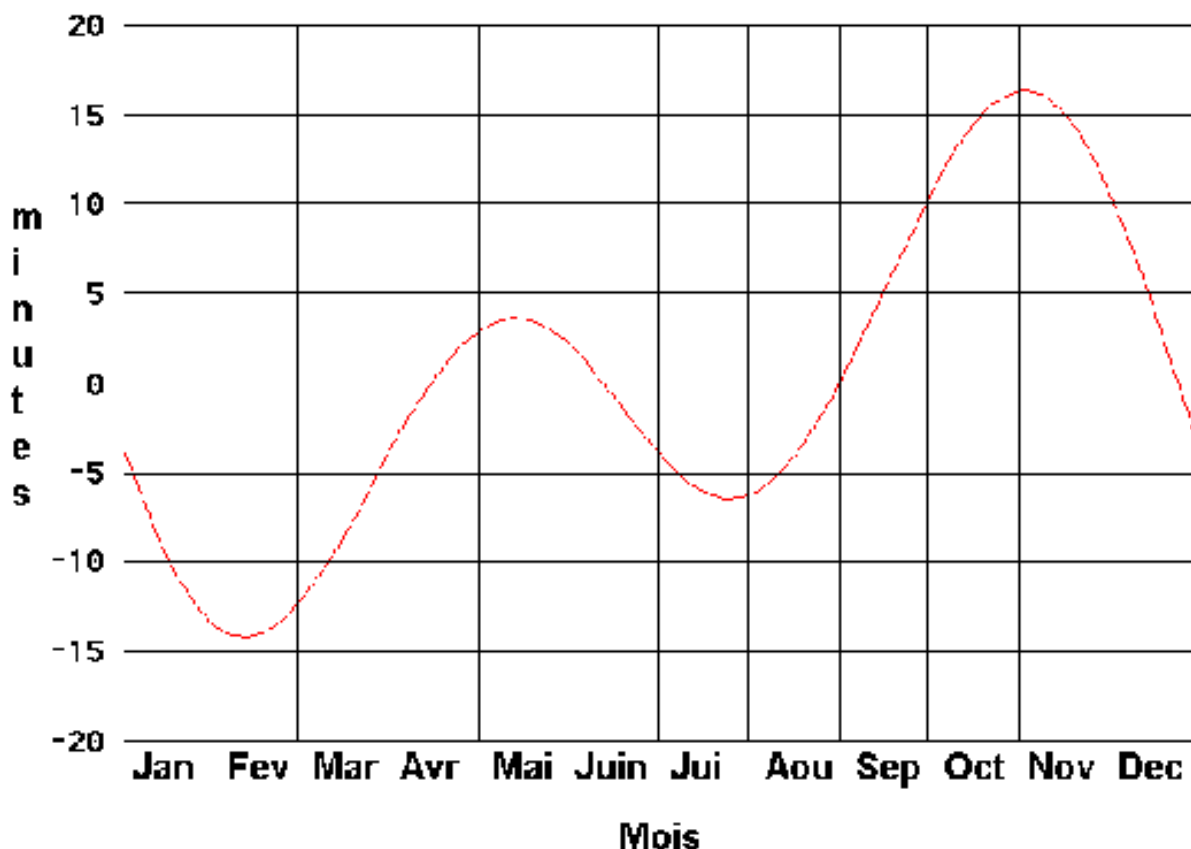
Nota : vous pouvez exécuter directement le programme [CADSOL.EXE](#) (choisir "Exécuter ce programme à partir de son emplacement actuel" dans la boîte de dialogue).

Utilisation :

Après avoir correctement orienté le cadran solaire, faites la lecture de l'heure.

Corrigez de l'équation du temps, du décalage horaire et vous obtiendrez l'heure légale.

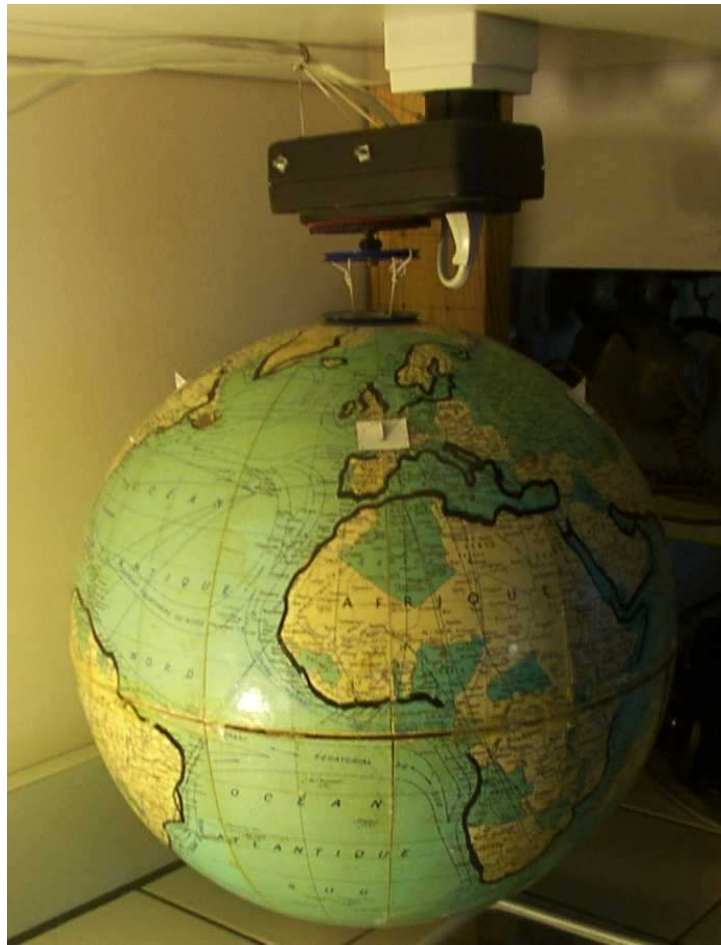
Equation du temps



Compléments :

Vous pouvez, sous votre logiciel de dessin, imprimer le fichier CADSOL.BMP à une toute petite échelle afin de réaliser des cadrans solaires miniature (2 cm de côté par exemple) que vous collerez sur un globe terrestre (4 cadrans placés sur le même parallèle suffisent). En éclairant ce globe à l'aide d'une lampe de bureau convenablement placée, vous pourrez montrer le sens de rotation de la Terre, la durée du jour suivant les saisons, le parallélisme des gnomons avec l'axe des pôles et faire découvrir la position du gnomon pour un cadran solaire au pôle (vertical) ou à l'équateur (horizontal, N/S).

Il est possible de motoriser le globe en le suspendant (attention au sens de rotation) à une horloge de programmation électromécanique. L'horloge peut commander l'allumage de la lampe aux heures d'ouverture du collège et l'ensemble peut être placé dans le hall pour être visible de tous.



Mesures de la hauteur du Soleil

Mesure de la hauteur du Soleil au 1/2 degré

FICHE TECHNIQUE :

REALISER UN APPAREIL DE MESURE DE LA HAUTEUR DU SOLEIL

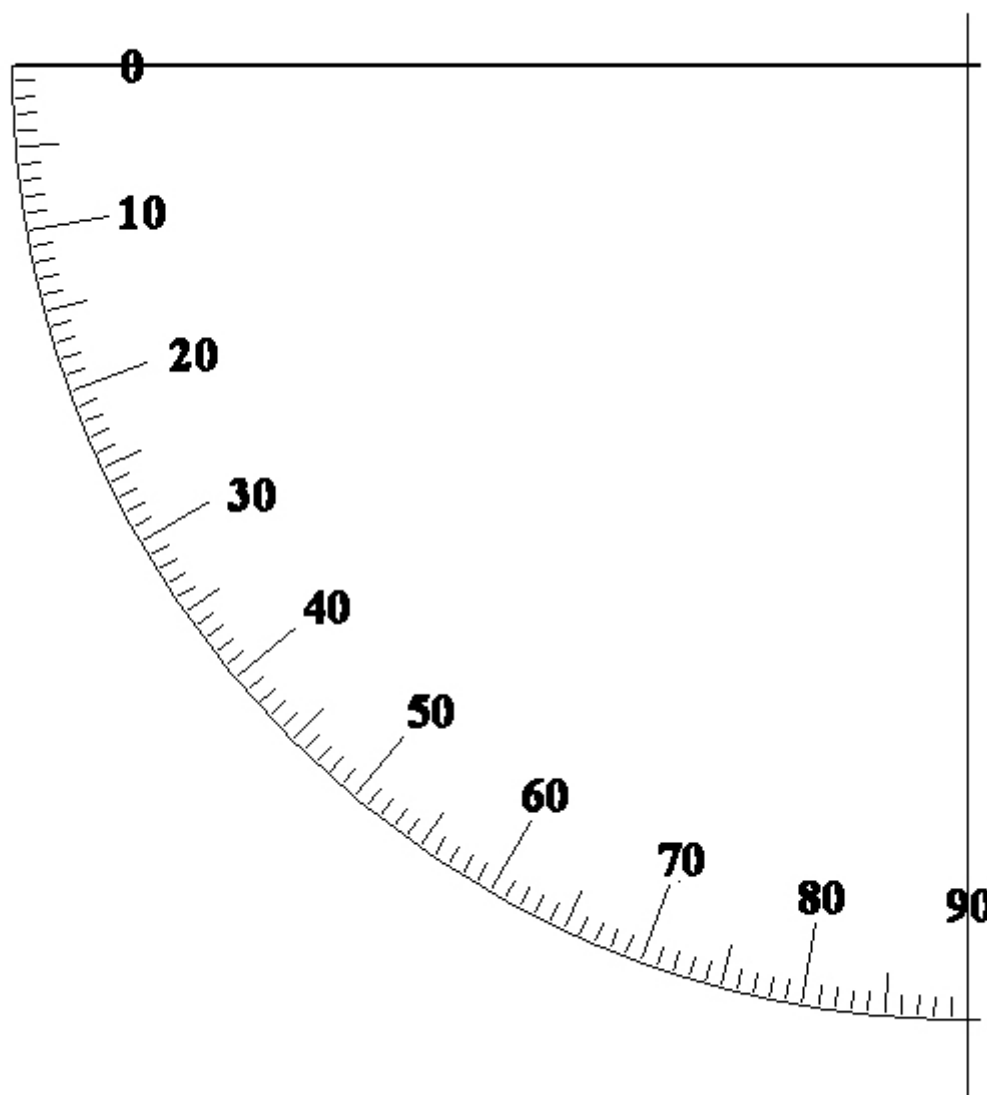
Programme : Construire et utiliser un appareil de mesure de la hauteur du soleil sur l'horizon

Idée : Faire réaliser cet appareil par les élèves, puis l'utiliser pour suivre le soleil au cours de la journée, de l'année ou pour mesurer la circonférence terrestre

Matériel de base : plaque de carton, bois ou métal, tube métallique, vis, colle, photocopie.

Réalisation :

Sous un logiciel de dessin, récupérez sur le CD le fichier [rap_90.jpg](#) (image ci-dessous)



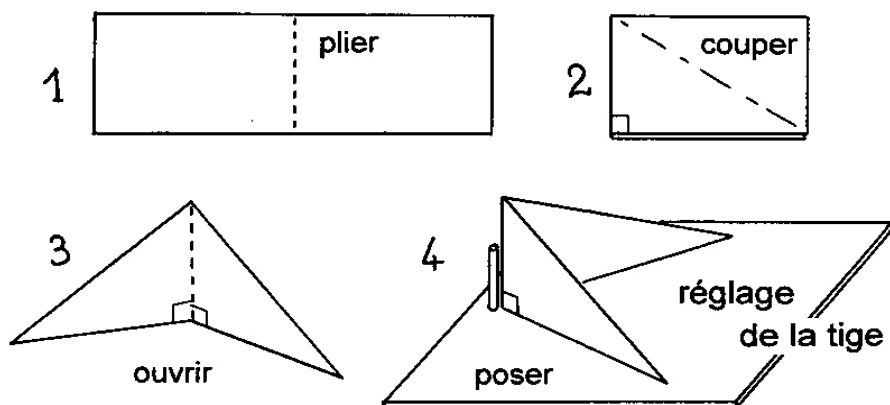
Imprimez-le dans le format qui vous convient (A4 ou A5). Si vous le pouvez, imprimez-le directement sur du papier adhésif.

Vous pouvez aussi imprimer ce fichier en plus grand pour réaliser (sur bois ou sur métal) un appareil de dimensions plus larges.

Collez ce dessin sur une plaquette de carton rigide, de bois (contre plaqué 8 mm par exemple), sur une plaque de bakélite ou d'epoxy cuivrée (matériel pour circuits imprimés).

Au centre du rapporteur, fixez perpendiculairement à la plaque une tige de quelques centimètres (aiguille, corde à piano, etc.). Recourbez l'extrémité de la tige ou collez-y une perle afin que cet objet ne soit pas agressif. Accrochez-y un fil à plomb (fil à coudre de couleur foncée et plomb de pêche par exemple)

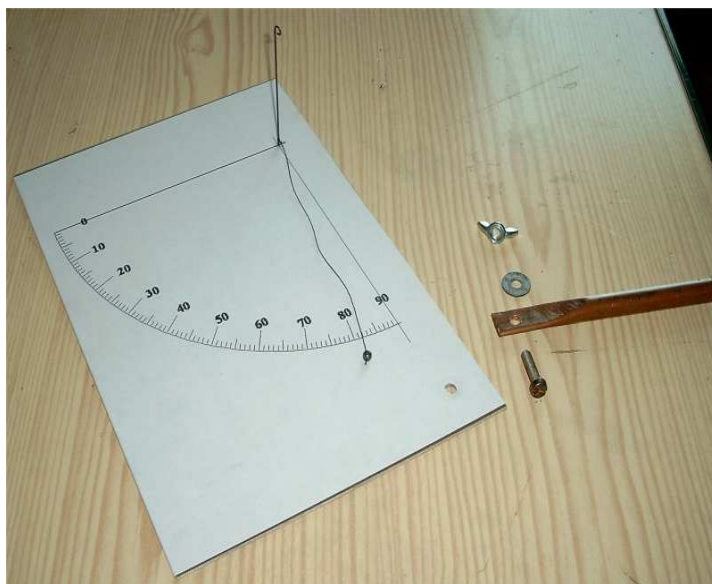
Pour régler la perpendicularité de la tige par rapport à la plaque, vous pouvez utiliser la méthode décrite dans le livre "Mesurer la Terre est un jeu d'enfant" :



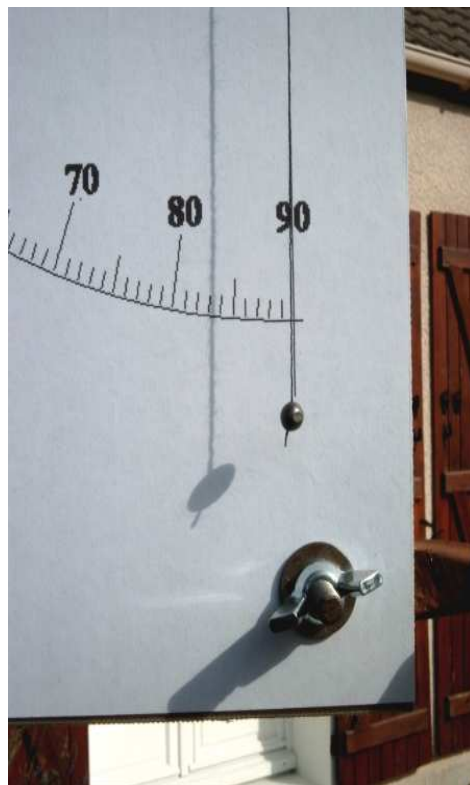
(opération à refaire avant toute mesure)

En bas de la plaque, percez un trou de 6 mm de diamètre.

Récupérez une chute de tube de cuivre de 10 à 15 cm de longueur. Applatissez une extrémité et percez y un trou de 6 mm de diamètre.



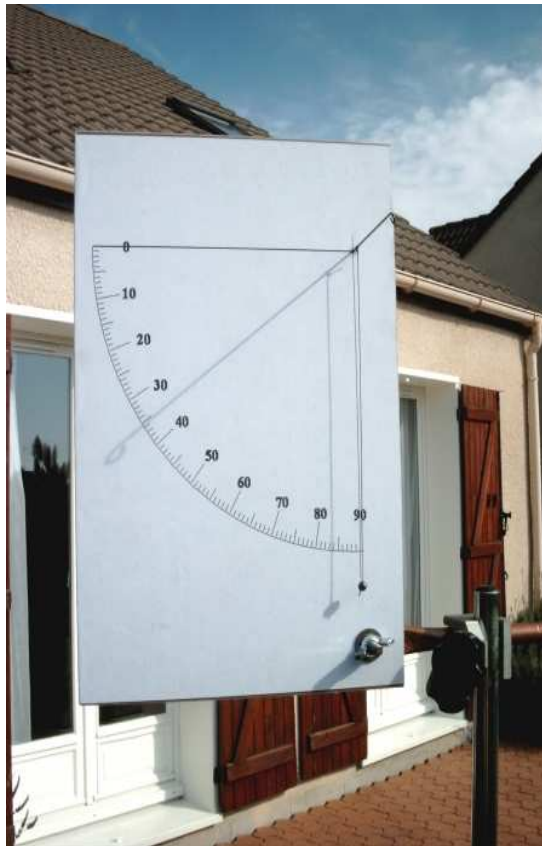
Fixez ce tube sur la plaque à l'aide d'une vis "métal" de 5 mm de diamètre et d'un écrou papillon :



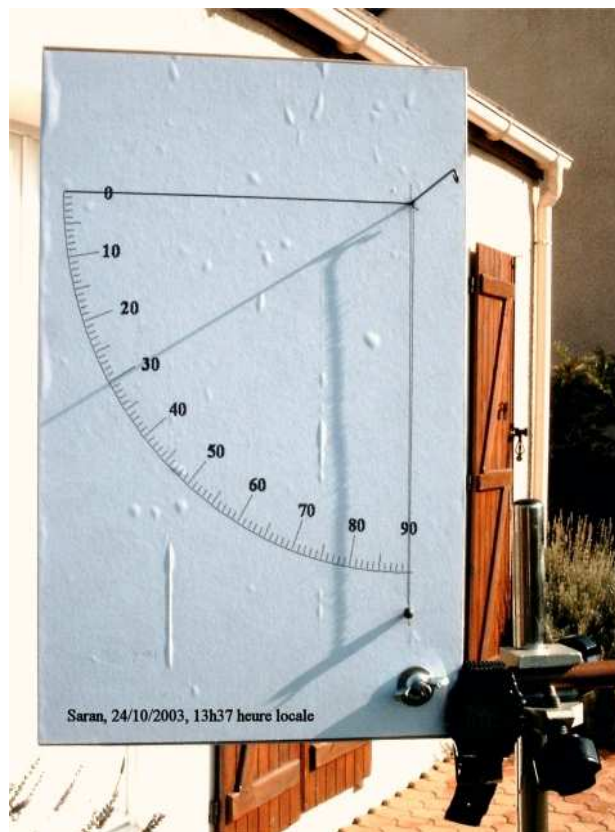
Utilisation :

Fixez, à l'aide d'une noix de fixation, l'appareil sur un support de Physique (ou tout autre support stable), placez-le en extérieur au soleil de telle sorte que l'ombre de la tige soit visible sur le rapporteur.

Vérifiez la perpendicularité de la tige par rapport à la plaque (voir plus haut), orientez le rapporteur pour que le fil à plomb soit parallèle à la plaque et coïncide avec la graduation "90" (réglage de la verticalité)



Pour minimiser les erreurs dues à la non perpendicularité éventuelle de la tige par rapport à la plaque, orientez celle-ci de telle sorte que l'ombre de la tige soit la plus longue possible (Soleil presque dans le plan de la plaque).



La hauteur du Soleil sur l'horizon est directement lisible sur l'appareil

Pour vérifier vos mesures il est possible de consulter le site Internet du Bureau des Longitudes :

<http://www.bdl.fr/cgi-bin/levcou.cgi>

Exemple :

Vous pouvez calculer les levers, les passages au méridien et les

Choisissez une ville dans la liste suivante :

Département : LOIRET

- OUTARVILLE
- OUZOUEUR-SUR-LOIRE
- PATAY
- PITHIVIERS
- PUISEAUX
- SANDILLON
- SARAN**
- ST-AY
- ST-DENIS-DE-L'HOTEL
- ST-DENIS-EN-VAL

Calcul Departements

Longitude: 1 d 52 ' 0 " E
Latitude: 47 d 57 ' 0 " N

Corps concerné : SOLEIL

ATTENTION LES RESULTATS SONT EN UTC.
A partir de 1976, pour avoir les résultats en heure légale de la France métropolitaine, ajouter 1h en période d'hiver et 2h en période d'été.

Seuls, les levers et couchers visibles sont calculés

Date UTC			Lever		Az	Passage au Meridien		Coucher					
An	M	J	h	m	s	d	h	m	s				
2003	10	24	6	25	44	286.80	11	36	47	30.35	16	47	7
2003	10	24	-	-	-	-	23	36	43	-53.92	-	-	-

L'origine de azimuts est le Sud: azimut des astronomes

Pistes pédagogiques :

Suivre la trajectoire du Soleil au cours de la journée

Comparer la hauteur du Soleil lors du passage au méridien à différents moments de l'année

Mesurer, en association avec un autre établissement scolaire, la circonférence terrestre en s'inspirant de la méthode d'Eratosthène.

Toutes ces pistes pédagogiques sont décrites dans le livre "Mesurer la Terre est un jeu d'enfant" (Fondation des Treilles, Editions Le Pommier)

D'autres renseignements sont disponibles sur internet :

Les mesures à la mode d'Eratosthène :

<http://www.educnet.education.fr/phy/interpc/eratos.htm>

La main à la pâte :

<http://www.inrp.fr/lamap/accueil.html>

Mesure de la hauteur du Soleil au 1/10 degré

FICHE TECHNIQUE :

REALISER UN APPAREIL DE MESURE DIRECTE DE LA HAUTEUR DU SOLEIL



Programme : Construire et utiliser un appareil de mesure de la hauteur du soleil sur l'horizon donnant le 1/10ème de degré par lecture directe.

Principe : chambre noire avec réticule, lecture directe sur rapporteur au 1/10ème de degré.




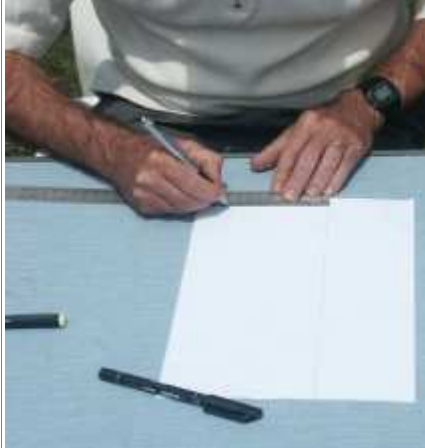





Idée : Faire réaliser cet appareil par les élèves, puis l'utiliser pour suivre le soleil au cours de la journée, de l'année ou pour mesurer la circonférence terrestre

Matériel de base : plaque de contreplaqué, tube PVC, vis, colle, photocopie.

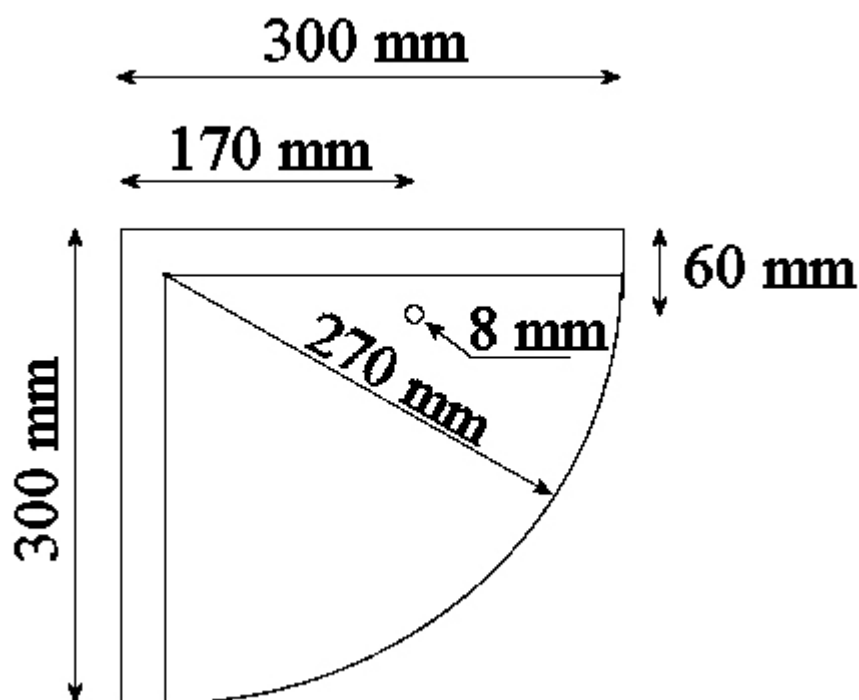
Réalisation :

Dans un tube de PVC de 40 ou 50 mm de diamètre (tube utilisé en plomberie pour les évacuations d'eau usée), découpez deux morceaux de longueur 200 mm et 600 mm.

Sur le tube de 600 mm tracez, à l'aide d'un feutre indélébile, 4 génératrices régulièrement espacées (si la couleur du tube ne permet pas de réaliser un tracé bien visible, collez deux bandes d'adhésif blanc à proximité des extrémités du tube).

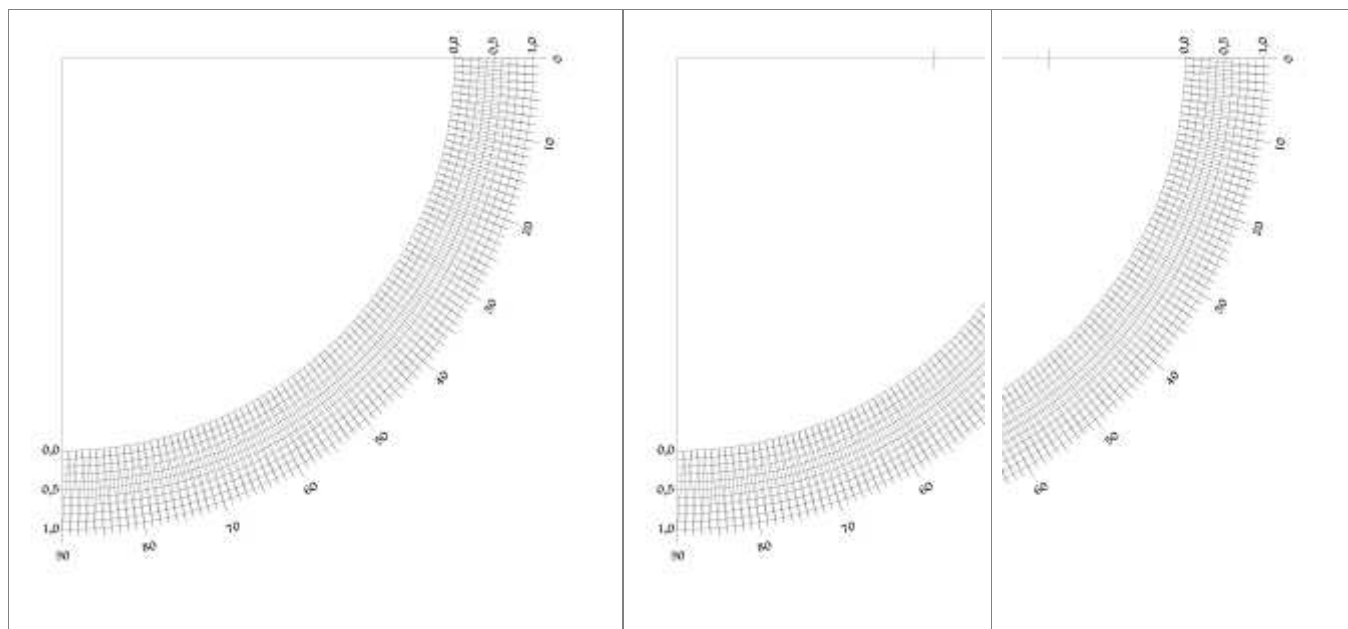
		
<p>Placez une feuille A4 autour du tube</p>	<p>Marquez sur la feuille des repères correspondants à la circonférence du tube</p>	<p>Tracez la ligne joignant ces repères</p>
		
<p>Divisez en 4 la bande ainsi délimitée</p>	<p>Tracez les lignes de séparation des 4 bandes</p>	<p>Remplacez la feuille sur le tube</p>
		
<p>Marquez sur le tube les repères correspondants aux 4 bandes</p>	<p>Enlevez la feuille</p>	<p>Tracez sur le tube, à l'aide d'un feutre fin indélébile, les 4 génératrices</p>

Dans une plaque de contreplaqué de 15 mm d'épaisseur, découpez et percez la pièce ci-dessous :



Agrandissez l'entrée du trou de 8 mm de diamètre pour pouvoir y introduire la tête d'une vis de 8 mm de diamètre et de 80 mm de long (la tête de vis ne doit pas dépasser de la surface de la plaque).

Copiez sur le CD le fichier [cadre.jpg](#) et imprimez-le en format A3. Si votre imprimante se limite au format A4, copiez les fichiers [cadre1.jpg](#) et [cadre2.jpg](#), imprimez-les et raccordez-les pour obtenir le cadran.



Plastifiez le cadran (plastique adhésif) et collez-le sur la plaque de contreplaqué (après avoir mis la vis en place) en vérifiant que le centre du rapporteur se trouve au bon endroit (à 30 mm des bords). Au centre du rapporteur percez un trou d'1 mm de diamètre (pour passer le fil à plomb N° 2).



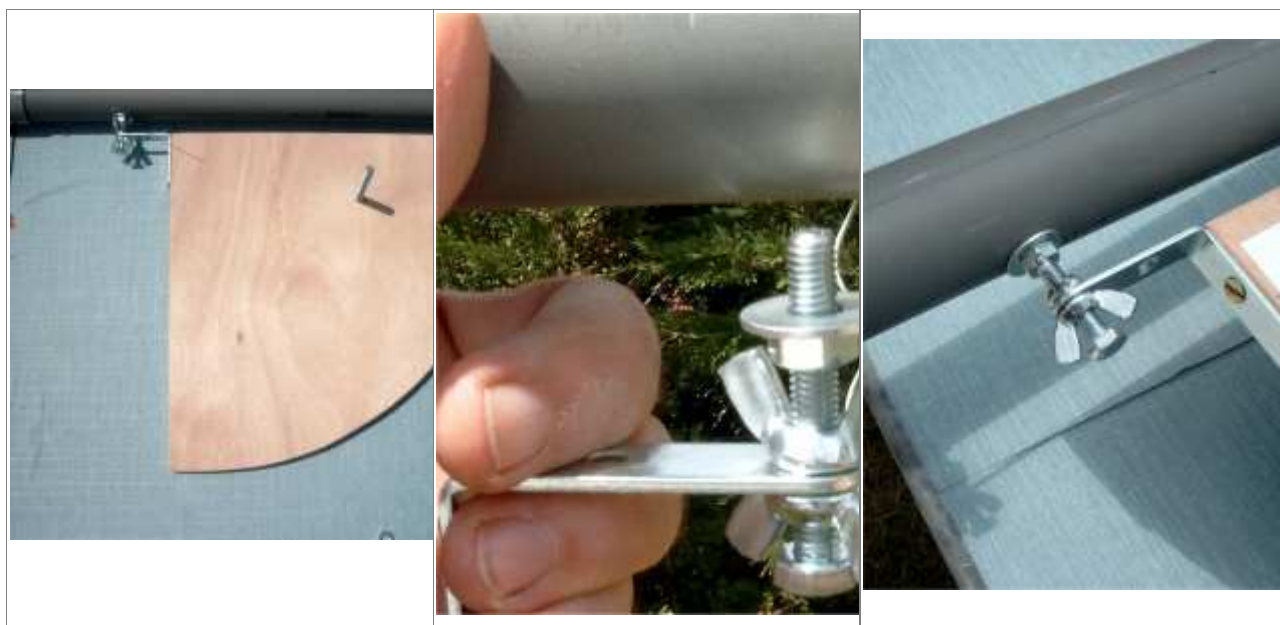
Dans un tasseau carré de côté 40 mm, découpez un morceau d'environ 300 mm de long. Percez-y 2 trous de 8 mm de diamètre, l'un (traversant) à 50 mm d'une extrémité, l'autre d'environ 80 mm de profondeur au milieu de l'autre extrémité. Fixez le tasseau sur l'envers du rapporteur.

Nota : le deuxième trou peut faire 8, 10 ou 12 mm de diamètre en fonction du système adopté pour le pied (voir la réalisation du pied)



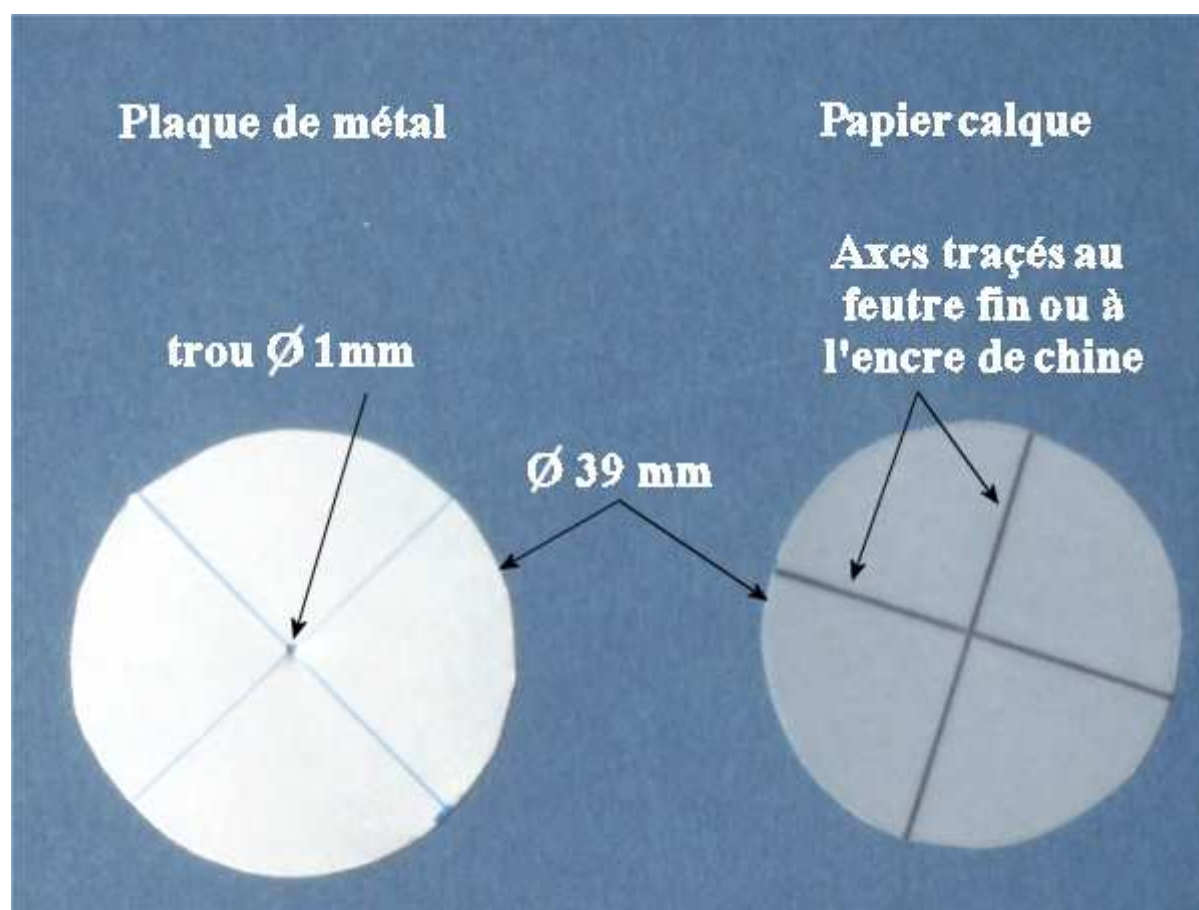
De chaque côté du rapporteur, fixez une équerre de chaise à l'aide de vis à bois, percez le tube de PVC de 600 mm de long pour pouvoir y fixer l'autre branche des équerres (trous d'environ 6 mm de diamètre). Installez les vis avec les écrous à ailettes, l'écrou normal et une rondelle (voir photo) puis fixez le tube sur les équerres.

Astuce : pour placer le dernier écrou à l'intérieur du tube, fixez-le sur la clef à l'aide de ruban adhésif (voir photos).





Préparez deux disques de 39 ou 49 mm de diamètre suivant le diamètre de votre tube (40 ou 50 mm), l'un en métal fin (récupéré par exemple sur le flan d'une canette de boisson en aluminium) percé en son centre d'un trou d'1 mm de diamètre, l'autre en papier calque sur lequel vous tracerez deux diamètres perpendiculaires.



Percez l'un des manchons de 2 trous d'1 mm de diamètre, fixez-y un fil d'environ 800 mm de long terminé par un objet dense (fil à plomb N° 1), placez le manchon sur le tube, côté centre du rapporteur en intercalant entre le tube et le manchon la plaque de métal. Le départ du fil à plomb N° 1 doit être aligné avec l'extrémité d'une des génératrices tracée sur le tube.



Installez le fil à plomb N° 2 sur le rapporteur :



Accrochage du fil



trou $\varnothing = 1 \text{ mm}$

Fil à plomb 2

Réglage :

Introduisez une tige d'acier de 8, 10 ou 12 mm de diamètre dans le tasseau (en fonction diamètre du trou que vous avez percé), fixez cette dernière sur un support de physique ou sur tout autre pied stable, orientez l'appareil pour que le fil à plomb N°1 coïncide avec la génératrice tracée sur le tube, puis en vous servant des écrous à ailettes, modifiez la position du tube pour que le fil à plomb N° 2 soit sur la graduation 90°



Sur la deuxième extrémité du tube, placez le papier calque, le deuxième manchon et le tube de 200 mm de long



Votre appareil est terminé :



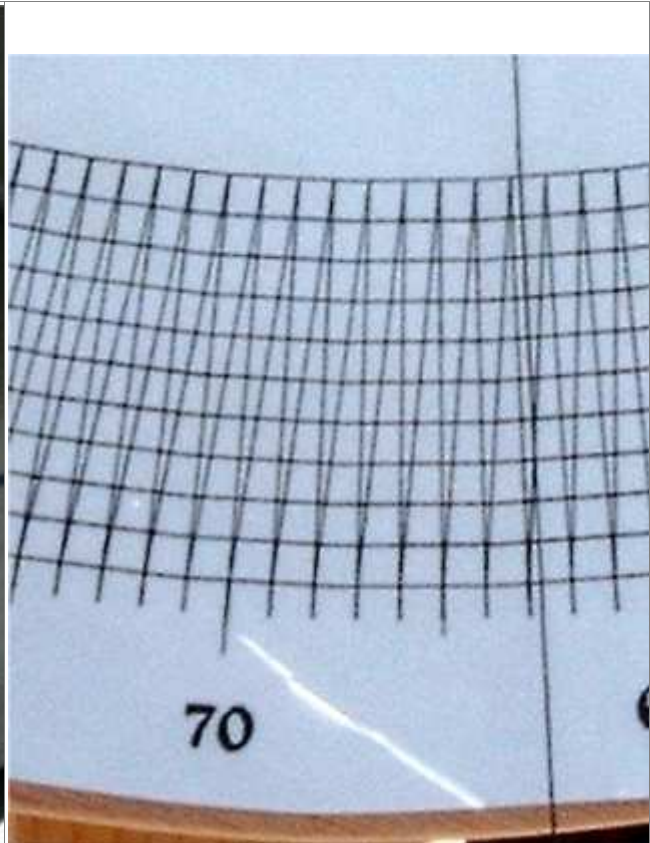
Utilisation :

Placez l'appareil sur son support, orientez le tube vers le soleil.

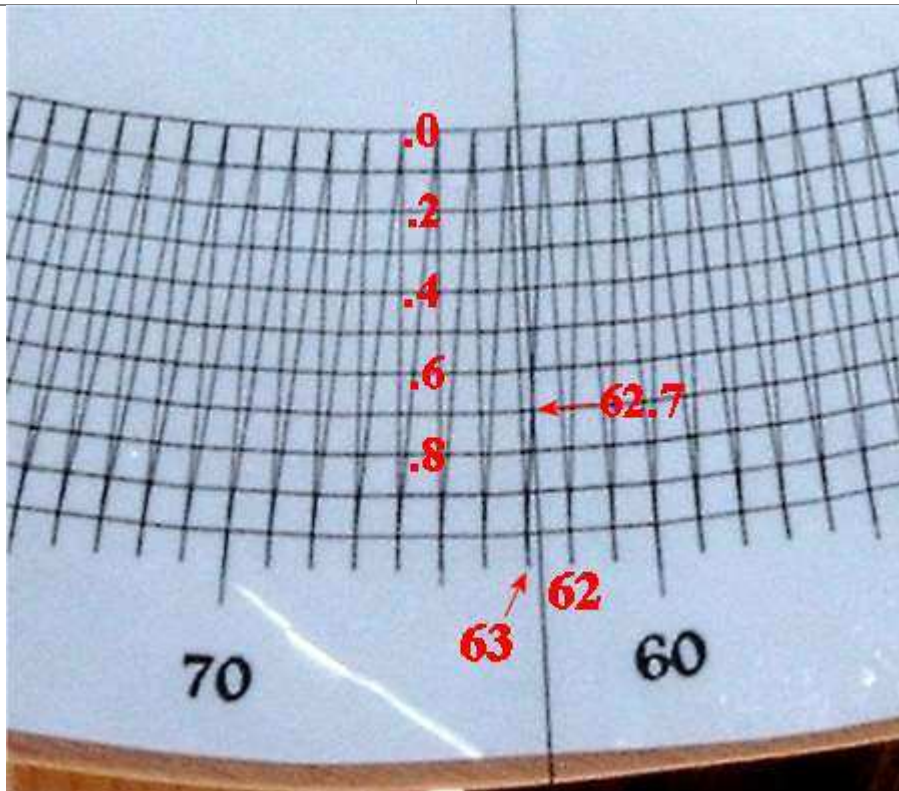
En regardant dans le tube de 200 mm, vous verrez l'image du soleil. Affinez la position du tube en centrant cette image sur le réticule, puis lisez la hauteur angulaire du soleil sur le rapporteur :



Orientez le tube pour centrer l'image du soleil sur le réticule



Mesure à Ingré le 23/05/2004 à midi solaire :
62,7°



Pistes pédagogiques :

Suivre la trajectoire du Soleil au cours de la journée

Comparer la hauteur du Soleil lors du passage au méridien à différents moments de l'année

Mesurer, en association avec un autre établissement scolaire, la circonférence terrestre en s'inspirant de la méthode d'Eratosthène.

Toutes ces pistes pédagogiques sont décrites dans le livre "Mesurer la Terre est un jeu d'enfant" (Fondation des Treilles, Editions Le Pommier)

D'autres renseignements sont disponibles sur internet :

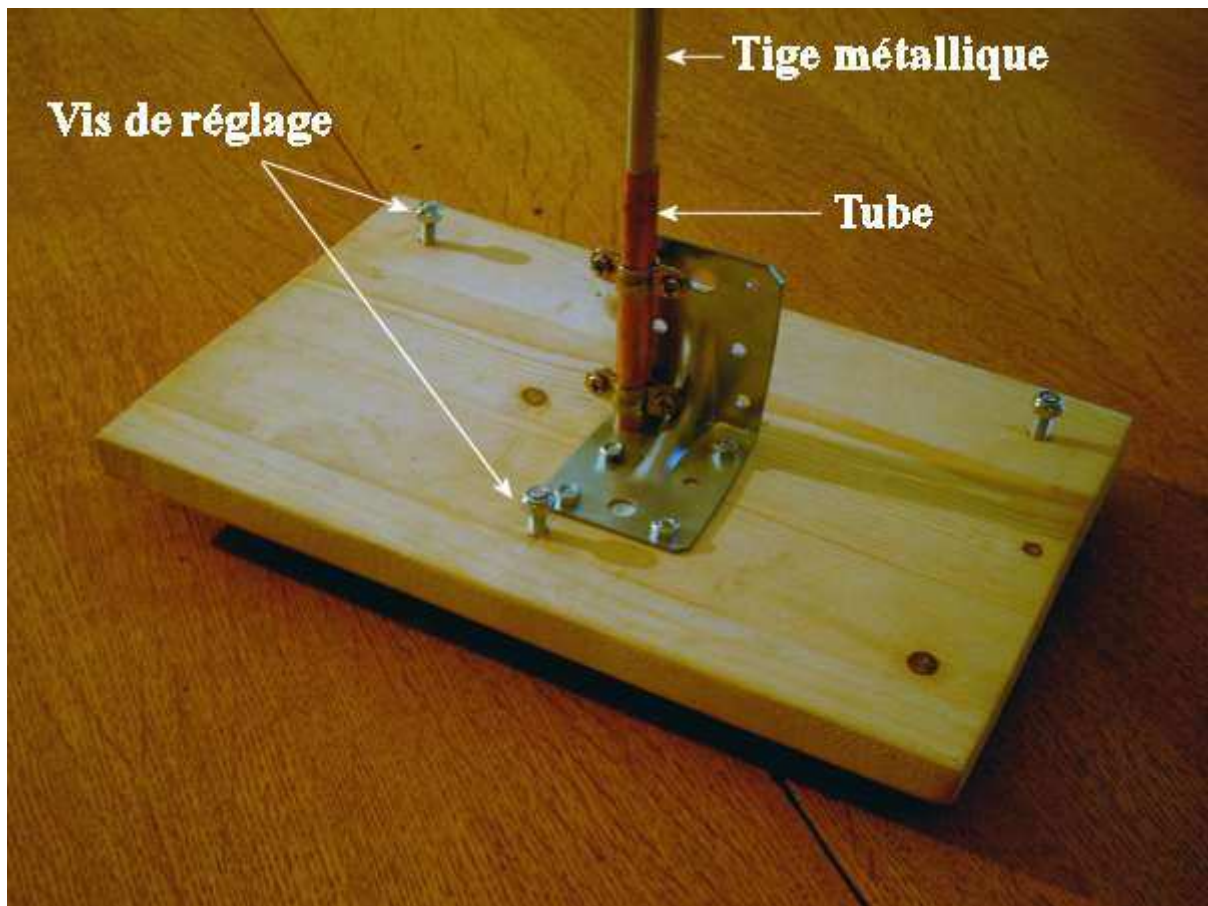
Les mesures à la mode d'Eratosthène :

<http://www.educnet.education.fr/phy/interpc/eratos.htm>

La main à la pâte :

<http://www.inrp.fr/lamap/accueil.html>

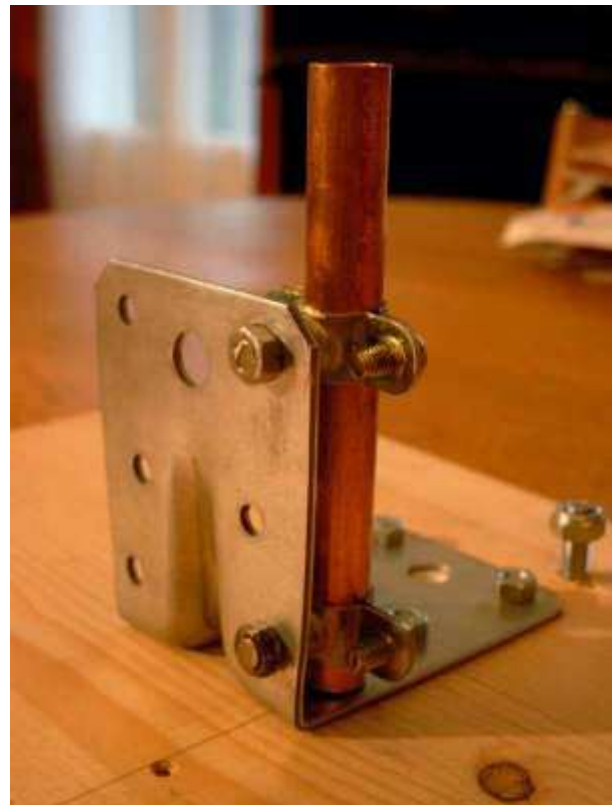
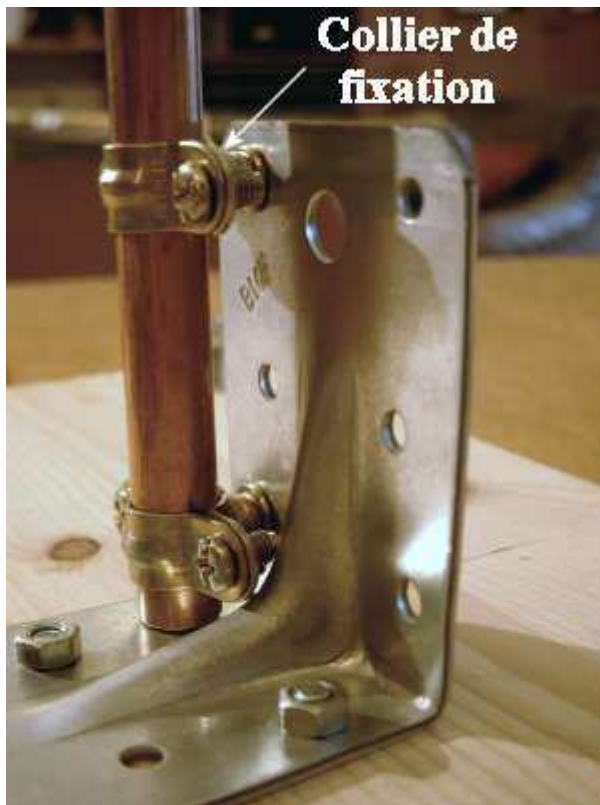
Réalisation d'un pied support pour les appareils de mesure directe



Sur une équerre métallique, fixez à l'aide de colliers un morceau de tube de cuivre de diamètre extérieur 10 mm et d'environ 100 mm de long.

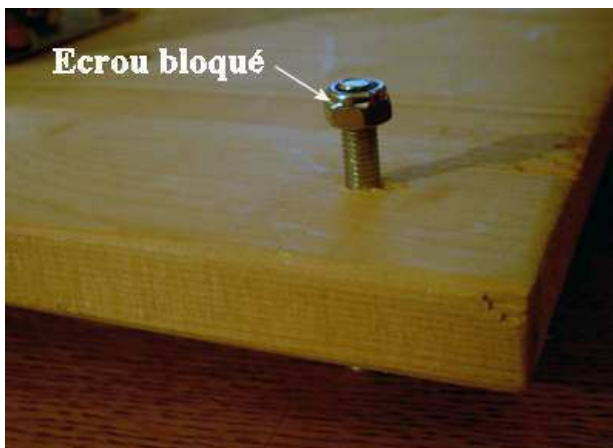
Dans ce tube viendra s'insérer une tige métallique de diamètre 8 mm.

Nota : si vous ne trouvez pas de tige métallique rentrant à frottement doux dans le tube de cuivre, vous pouvez fixer directement sur l'équerre une tige de 10 ou 12 mm de diamètre. Il faudra alors modifier le diamètre de perçage de la pièce de bois recevant cette tige sur l'appareil de mesure et prendre éventuellement (tige de 12 mm) des colliers adaptés à ce diamètre.



Fixez l'équerre sur une planchette de bois d'environ 200 x 300 mm

Pour pouvoir régler l'horizontalité du support, vous pouvez lui adjoindre 3 pieds réglables réalisés avec 3 vis à métaux (boulons "poéliers") de 50 mm de long et de 5 mm de diamètre :



Vue de dessus



Vue de dessous

Utilisation :

Placez le pied sur une table.

Insérez la barre métallique supportant l'appareil de mesure au 1/10ème de degré dans le tube de cuivre

Vérifiez à l'aide d'un niveau à bulle et corrigez si besoin l'horizontalité du support ou mieux la verticalité de la barre en vous servant des trois vis des pieds réglables.

Utilisez l'appareil.

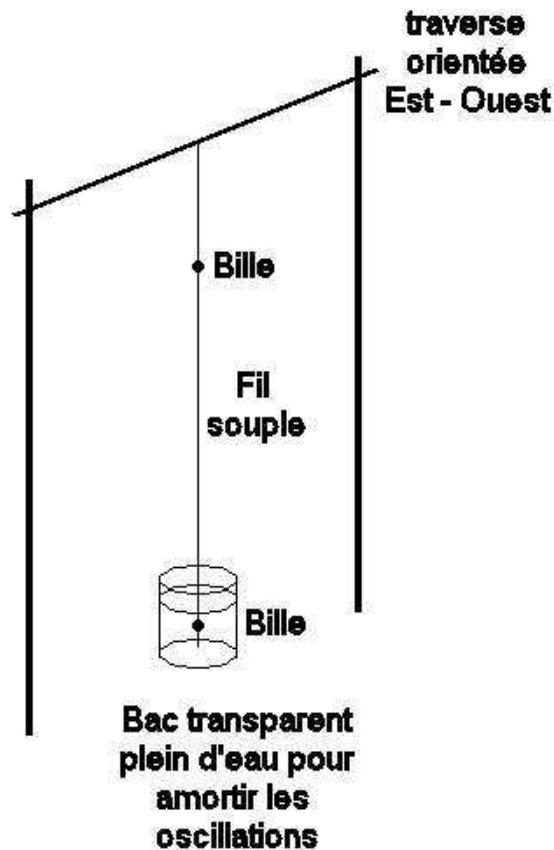
Mesure de la hauteur du Soleil

FICHE TECHNIQUE :

Traçé de la méridienne, mesures indirectes au 1/10ème de degré (mesure de la tangente)

Sur un support orienté approximativement Est - Ouest, fixez un fil à plomb d'au moins 1 m de long, muni, à environ 10 cm du haut d'une petite bille dont l'ombre portée au sol servira à tracer la méridienne et à faire les mesures de tangente.

Au sol, à l'aplomb du fil, plantez un clou qui servira de repère fixe. Pour amortir les oscillations du fil à plomb, on peut placer au sol un récipient transparent (pour voir le clou), rempli d'eau et dans lequel plonge l'extrémité du fil à plomb.



Un jour ensoleillé, marquez au sol les emplacements successifs de l'ombre de la bille supérieure durant environ 4 heures (de 10 à 14 h, heure solaire).

Sol le plus horizontal possible

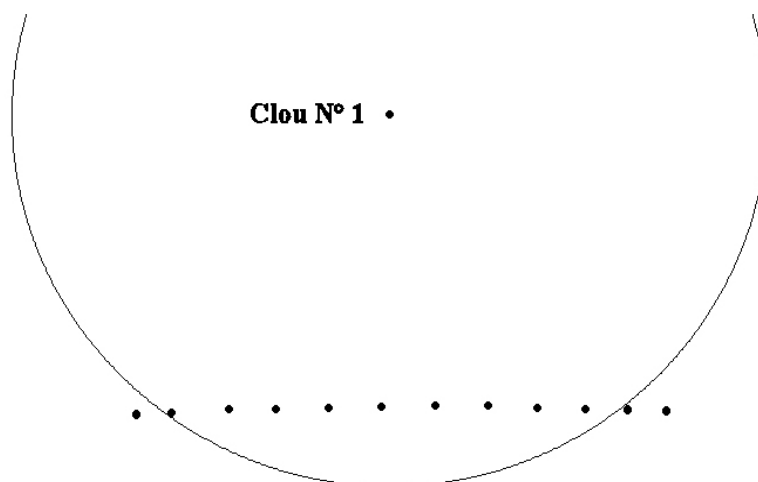
Clou N° 1 •

Fil à plomb
environ 1 m
de haut

• • • • • • • • • • • • • •

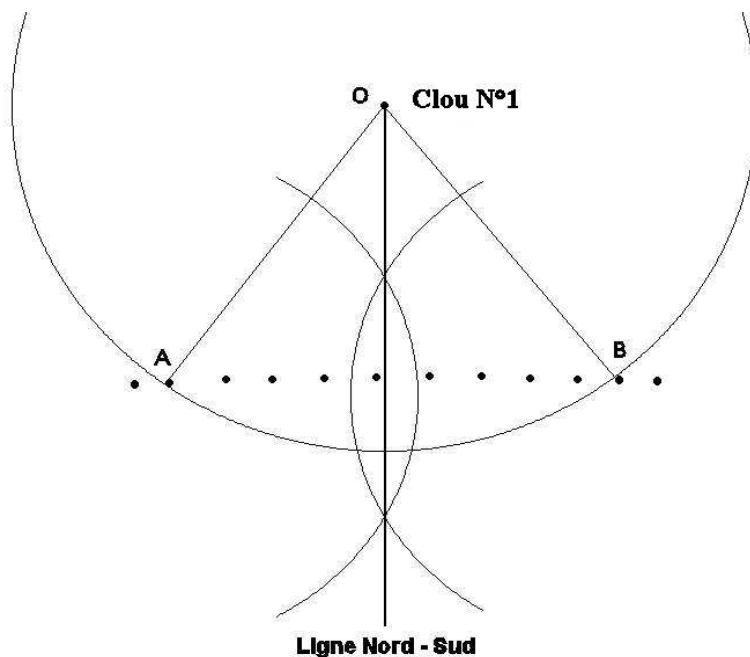
Positions au sol de l'ombre de la bille supérieure
marquées tous les 1/4 d'heure autour du midi
solaire, durant environ 4 h
(de 10 h à 14 h solaires par exemple)

Traçé de la méridienne : avec une ficelle et une craie, faites le tracé ci-dessous :

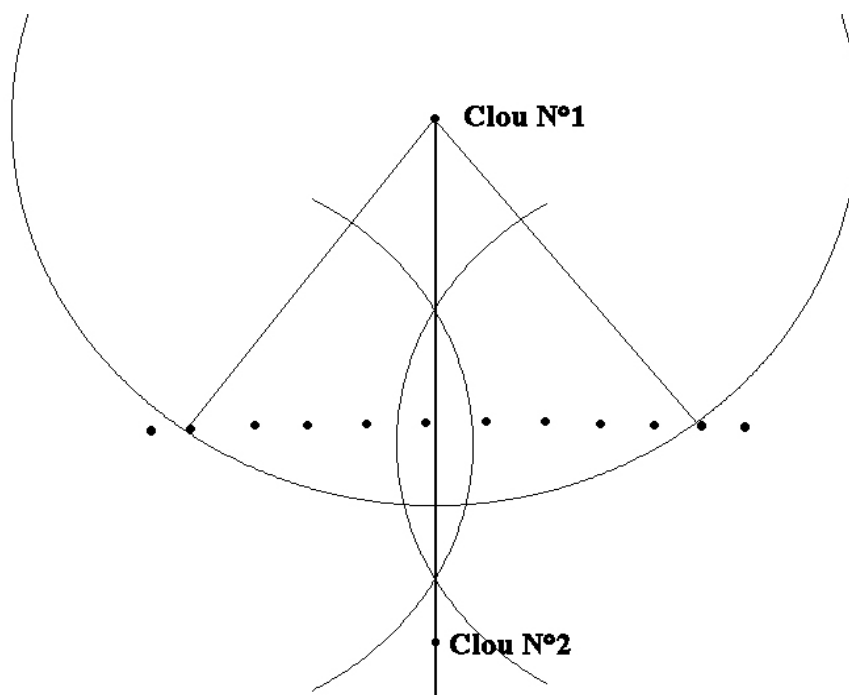


En prenant le clou N°1 comme centre, tracer au sol un cercle
qui coupe la ligne correspondant aux différentes positions
de l'ombre de la bille.
Ce cercle coupe la ligne en A et B

Avec le même matériel, tracez deux arcs de cercle de même rayon centrés en A et B. Tracez ensuite la ligne qui joint les intersections de ces deux axes : c'est la méridienne du lieu.



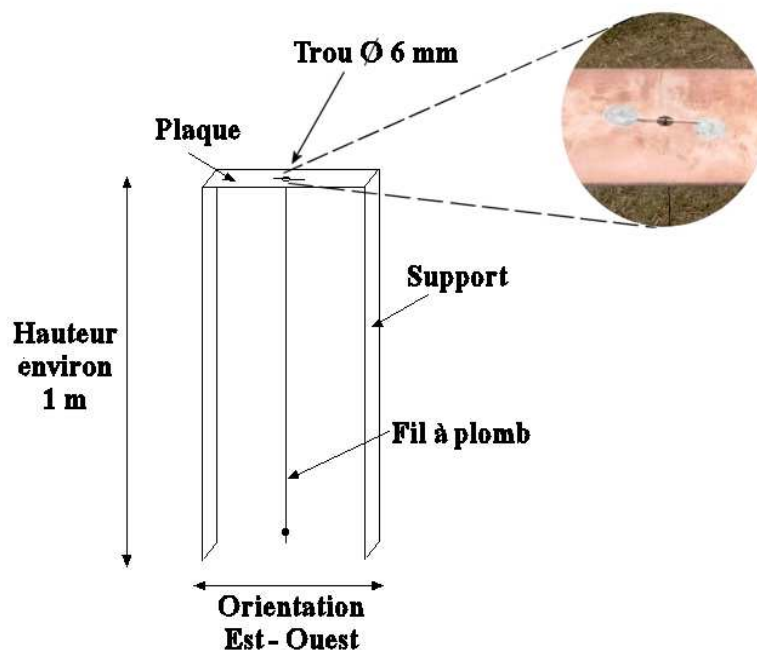
Pour pouvoir retrouver cette ligne par la suite, plantez un deuxième clou sur la méridienne.



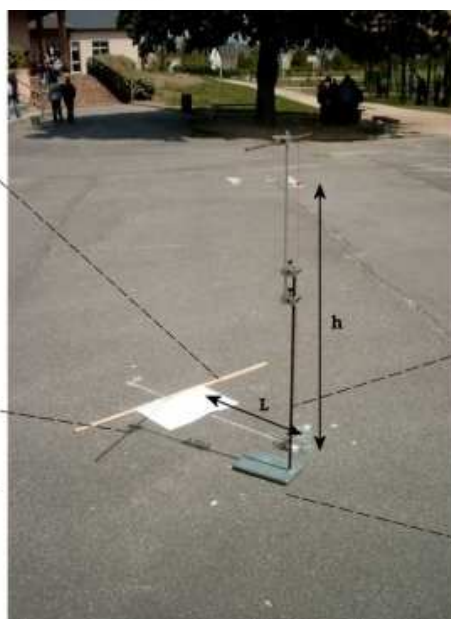
Utilisations :

Jour après jour, lorsque l'ombre de la bille passera sur la ligne méridienne, il sera midi solaire. On pourra alors mesurer la hauteur angulaire du soleil par mesure directe (voir fiches précédentes) et/ou mesurer la longueur L de l'ombre et la hauteur h de la bille au dessus du sol.

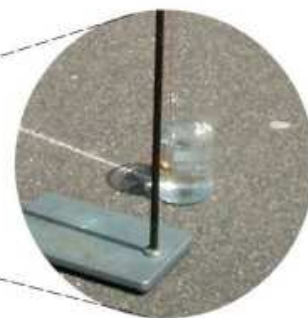
Le rapport h/L est égal à la tangente de la hauteur angulaire du soleil.



L'ombre de la bille passera sur la ligne méridienne à midi (solaire).
Il suffira alors de mesurer la longueur L de l'ombre et la hauteur h de la bille par rapport au sol.
Tangente (α) = h / L



Pour amortir les oscillations, l'extrémité du fil à plomb plonge dans un récipient transparent (pour pouvoir placer le fil à plomb à la verticale du 1er clou visualisant la méridienne).



Variante : Dans la zone inter-tropicale, ou dans les régions proches, l'ombre de la traverse supérieure risque de se confondre avec l'ombre de la bille (hauteur angulaire du soleil proche de 90°). Dans ce cas, il sera préférable d'utiliser le dispositif ci-dessous :

Deux piquets verticaux orientés Est - Ouest portent une plaque de métal fin percée d'un trou de 6 mm de diamètre. Un fil à plomb fin est fixé au centre du trou sur une tige fine (corde à piano) soudée à la plaque. L'ombre de la bille supérieure du dispositif précédent est alors remplacée par la tache lumineuse au milieu de l'ombre portée de la plaque.

Utilisation (tracé de la méridienne, mesure de tangente) identique à celle décrite plus haut.

Exemples de progression pédagogique

Avertissement : Les exemples qui suivent ne sont que des exemples pour alimenter votre réflexion. Il ne s'agit en aucun cas de "modèles" recommandés.

1 - En école élémentaire Cycle 3

2 - En collège

1 - En école élémentaire Cycle 3 (Didier CHAMPION)

Travail réparti sur deux trimestres ayant comme objectif de réaliser la mesure de la Terre en utilisant la méthode d'Eratosthène. C'est une progression complète concernant les relations Terre / Soleil qui aboutit à la mesure de la Terre.

Les objectifs principaux de l'action étaient

- 1) Mettre au point une méthode utilisable en CM2
- 2) Mettre en place des situations utilisant la pensée concrète de l'élève
- 3) Réunir les connaissances et pré-requis permettant d'utiliser la méthode de mesure
- 4) Utiliser les connaissances acquises pour imaginer des outils de mesure.

-

1) La Terre, la lune et le Soleil

Cet projet nécessitait l'acquisition tout au long de l'année d'un ensemble de connaissances qui ont été abordées dans plusieurs matières. En particuliers en mathématiques (notion d'angles et cercle, notion de distances, notion d'échelle, les correspondances pour les nombres sexagésimaux, et les calculs sur les durées).

La progression en sciences consiste à construire un corps de connaissances dans une démarche scientifique mettant en valeur l'expérimentation et la modélisation.

Les enfants sont partis de la question : «Comment expliquer le fait qu'il fait jour et nuit tous les jours?» Pour cela dans un premier temps, ils doivent dessiner leur explication sur une feuille et faire des phrases. Puis ils ont confronté leurs explications. Ils étaient d'accord sur le fait que la Terre est une sphère et que c'est le Soleil qui engendre le jour. Ils avaient plusieurs explications qui se regroupaient en trois modèles (Le Soleil tourne autour de la Terre, la Terre tourne autour de son axe et la Lune tourne autour de la Terre pour faire la nuit).

En faisant le bilan de tout ce que les enfants savaient sur le jour et la nuit et sur la Terre, le Soleil et la Lune, ils ont constaté rapidement que toutes les explications qu'ils avaient avancées expliquaient bien l'alternance jour/ nuit mais elles ne rendaient pas compte de la variation de la durée du jour ni des 6 mois de nuit aux pôles.

Avant d'entamer la recherche concernant la variation de la durée du jour, les enfants ont eu à montrer que la Terre était bien une sphère et à imaginer des expériences qui le prouvent et comprendre pourquoi les habitants de l'hémisphère Sud ne tombent pas.

Grâce à des manipulations avec des balles et des sources lumineuses, les enfants ont trouvé que les 6 mois de nuit aux pôles s'expliquent par l'inclinaison de l'axe de la Terre par rapport à l'axe Terre / Soleil et au fait qu'une sphère éclairée est à moitié au Soleil et à moitié à l'ombre.



Avec l'aide d'un professeur de physique membre de U.T.L, une manipulation permettant de calculer la date en fonction de la longueur du jour a été réalisée. Cette manipulation effectuée en petits groupes encadrés par un membre de l'U.T.L sous la direction de l'enseignant a permis aux enfants de se rendre compte de la variation de la durée du jour, l'existence des saisons et l'inclinaison de l'axe Nord/Sud en mettant en évidence l'orientation du Pôle Nord vers l'étoile polaire.

2) Ombre et lumière

Les enfants étudient les variations, que provoque le déplacement d'une lampe quant à l'ombre d'un bâton. Ils constatent que plus la lampe est haute plus l'ombre est courte, que si le Soleil (la lampe) est à l'Ouest alors l'ombre est à l'Est.

En comparant l'ombre de deux bâtons, il constatent qu'avec la lampe de poche les ombres sont divergentes tandis que dehors les ombres sont parallèles.

Avec l'aide d'un rétroprojecteur, les enfants constatent que l'ombre de trois bâtonnets collés sur une feuille de carton, sont parallèles. Si l'on arrondit la feuille de carton, l'ombre des bâtonnets situés aux extrémités s'allonge.

Les enfants peuvent conclure que plus on va vers les pôles, plus les ombres s'allongent et plus le Soleil paraît bas. Il suffira de mesurer la différence de hauteur du soleil entre deux bâtonnets pour trouver la courbure de la Terre.



3) La mesure de la Terre :

Il faut rechercher un correspondant qui accepte de faire la même mesure au même moment. C'est-à-dire mesurer la hauteur du Soleil vers le solstice d'été.

Pour déterminer ce moment, il faut déterminer le midi vrai, c'est à dire le moment où le Soleil se trouve en plein Sud. La détermination du midi vrai se fait en alignant l'ombre d'un fil à plomb sur une ligne Nord-Sud tracée au sol.



Pour mesurer la hauteur du Soleil, les enfants utilisent un cadran gradué de 0° à 90° (le 90° est vertical) collé sur une planche et soutenu verticalement par un serre-joint sur une pied photo. La mesure est donnée par une brochette métallique traversant la planche.



Les enfants ont calculé la différence de latitude entre Patay et Antibes en traçant deux droites parallèles sur la carte routière de la France. Ils mesurent la distance entre les droites et effectuent le calcul de la longueur par règle de trois. Les enfants ont effectués deux mesures le 15 et le 21 juin 2004


La mesure de la hauteur du Soleil

<p>Mardi 15 juin 2004</p> <p>A Patay : En moyenne sur 5 appareils: 66°</p> <p>A Antibes : Entre 70° et $70,5^\circ$</p> <p>Écart entre les deux : Entre 4° et $4,5^\circ$ moyenne $4,25^\circ$</p> <p>-</p>	<p>Lundi 21 juin 2004</p> <p>A Patay : En moyenne sur 4 appareils: $66,70^\circ$</p> <p>A Antibes : $70,75^\circ$</p> <p>Écart entre les deux $4,05^\circ$</p> <p>-</p>
---	---

La différence de latitude

	<p>Mardi 15 juin 2004</p> <p>480 km</p> <p>Lundi 21 juin 2004</p> <p>471,5 km</p>
--	---

Le calcul la circonférence de la Terre.

<p>Mardi 15 juin 2004</p> <p>-</p> <p>4,25° correspondent à 480 km</p> <p>1° correspond à 480: 4,25 --> 112,941 km</p> <p>360°, soit un tour, correspondent à 40 659 km</p>	 <p>The diagram shows a light blue circle representing Earth. A small sector is highlighted in a darker blue. Two lines from the center of the circle to the edges of the sector form an angle. The angle is labeled '4,25°' and the arc length of the sector is labeled '480 km'.</p>	<p>Lundi 21 juin 2004</p> <p>4,05° correspondent à 471,5 km</p> <p>1 correspond à 480: 4,25 --> 116,4191 km</p> <p>360°, soit un tour, correspondent à 41 129 Km</p>
--	---	---

2 - En collège (Alain ROBERT)

Niveau : classe de 4ème.

Pré-requis :

Dans le cadre du programme de Sciences Physiques les élèves étudient avec leur professeur le système solaire, et en particulier ils abordent les dimensions des différentes planètes dont la notre. Il est alors facile de leur raconter comment Eratosthène -il y a bien longtemps- fit la première mesure de la Terre et de leur proposer de refaire cette "manip".

La "manip"

Avec la complicité de membres de l'UTL, les élèves "décortiquent" l'expérience d'Eratosthène et apprennent comment modifier cette dernière pour pouvoir la faire entre leur lieu de résidence et une autre ville... même si cette dernière n'est pas à la latitude de Siène (Assouan).



Quelle autre ville ? Il faut alors montrer aux élèves qu'il faut trouver une localisation à une latitude largement différente de la leur pour espérer une précision suffisante. Les membres de l'UTL participant à l'opération ont un carnet d'adresse très utile pour cela !

Suivant le lieu proposé et les contraintes locales (accès internet possible des deux côtés par exemple), on met en place une stratégie de communication entre les collégiens des deux villes pour qu'au delà de l'expérience scientifique ils puissent communiquer de manière plus large, apprendre à se connaître et "s'enrichir de leurs différences". Des enseignants d'autres disciplines ou le professeur documentaliste de l'établissement peuvent alors participer à l'opération.

Pour pouvoir réaliser l'expérience, il faut :

- 1 - disposer d'un appareil de mesure de la hauteur du Soleil sur l'horizon
- 2 - Pouvoir déterminer le "midi solaire"
- 3 - Connaître la distance Nord-Sud entre les deux lieux

Appareil : La réalisation d'un ou plusieurs appareils de mesure (en utilisant les composants et les plans contenus dans la "mallette pédagogique" apportée par les membres de l'UTL) est organisée (atelier avec un enseignant de Sciences Physiques, de Technologie et des membres de l'UTL, durant les cours ou en dehors de ces derniers).



Midi solaire : calcul à partir du décalage d'heure légale + décalage donné par "l'équation du temps", calcul fait par le BdL (Bureau des longitudes) récupéré sur internet ou tracé de la méridienne du lieu. La solution la plus intéressante semble être la dernière.

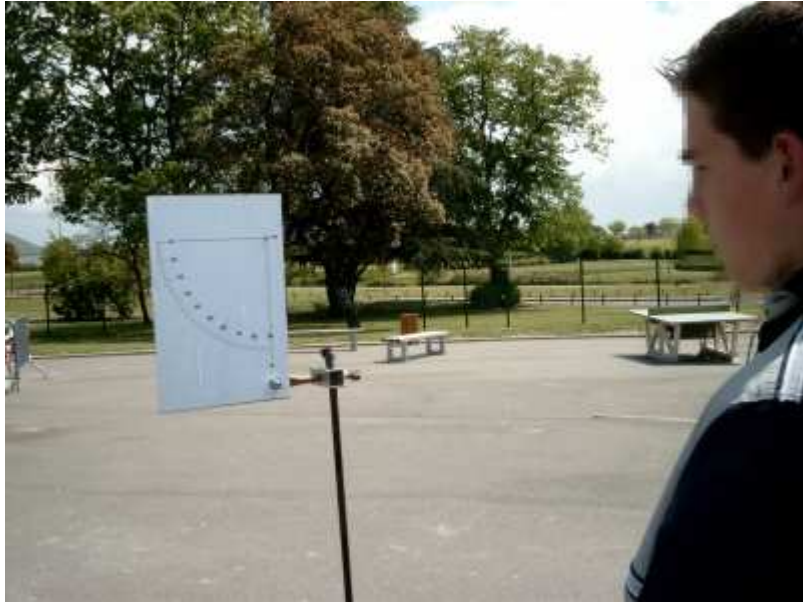
Si l'on retient le tracé de la méridienne (voir fiche technique sur le CD-ROM inclus dans la malette pédagogique), il faut prévoir ce travail un jour ensoleillé entre environ 10 et 14 heures (heure solaire), avec des élèves (par exemple par roulement de petits groupes de deux ou trois élèves pour perturber le moins possible les autres cours). Si tout ou partie de cet horaire ne peut être assuré par l'enseignant de Sciences Physiques, il demandera à l'administration du collège de prévoir un surveillant pour accompagner les membres de l'UTL qui participent à l'opération. Ce tracé peut être fait à n'importe quel moment de l'année.



Distance : Lors d'un cours ou en atelier hors cours, avec l'enseignant et des membres de l'UTL, les élèves déterminent cette distance en utilisant des cartes. Il faut pour cela disposer de cartes couvrant tout l'espace entre les deux lieux, autant que possible à la même échelle.

Lorsque les appareils sont construits, que la méridienne est tracée dans les deux établissements, et que l'on connaît la distance, on peut se mettre d'accord sur une date ou une période pour les mesures.

Si les deux établissements disposent d'un accès internet (ou du téléphone), il est facile de communiquer un matin pour voir si les conditions météo permettent les mesures dans les deux lieux. S'il n'y a pas possibilité de communication rapide, il faudra prévoir une période (une semaine par exemple), à un moment de l'année où l'on peut espérer des conditions météo favorables et faire les mesures tous les jours de cette période. Dans un cas comme dans l'autre, la mesure est réalisée par les élèves accompagnés par un enseignant ou un surveillant et des membres de l'UTL.



Les mesures étant faites, il faut alors les communiquer aux partenaires (internet, téléphone, ...).

A réception des mesures des partenaires, on réalise le calcul de la circonférence terrestre, on discute éventuellement de la précision de ce résultat, on le confronte avec les données du cours (40 000 km) et on communique le tout à l'autre établissement.

L'ensemble de l'opération s'étale sur plusieurs mois et ne surcharge pas de manière déraisonnable le travail en Sciences Physiques. Compte tenu de l'intérêt pour les élèves, tant au plan scientifique que général (connaissance de l'autre, utilisation pratique de l'outil mathématique, géographie...) il est facile de convaincre les autres enseignants d'accepter les petites perturbations inévitables causées par l'absence de quelques élèves à quelques cours.

Opération Eratosthène



U.T.L.O. 2005