Séance 1

Un exemple de calendrier

5. L'astronomie grecque

Méton

Le cycle de Méton nous offre la première trace quasi certaine de l'influence des données de l'astronomie babylonienne sur la pratique astronomique grecque. De la vie et de l'œuvre de Méton, on sait peu de chose, si ce n'est qu'il était le fils d'un certain Pausanias, qu'il fleurissait en 432 av. J.-C., qu'Aristophane, après l'avoir égratigné dans *Les Nuées*, le met en scène, en 414, pour le rosser dans *Les Oiseaux*, et qu'on lui doit un cycle astronomique de 19 ans. Si aucune œuvre écrite de Méton n'a survécu, on sait qu'il a tiré sa célébrité de l'introduction de ce cycle luni-solaire, aujourd'hui désigné par le terme *cycle métonique*, autrefois dénommé la *période 19 ans* ou l'*année de Méton* ou encore la *grande année*, dont la Grande Année de Platon qui, au terme de 76 000 années, ramène toutes les Ames au même point de leur course serait le multiple quatre mille. Au temps de Méton, tous les calendriers grecs étaient luni-solaires, c'est-à-dire que les mois étaient théoriquement des mois lunaires dont le premier jour était marqué par la nouvelle lune alors que l'année était solaire. Puisque le mois synodique moyen dépasse à peine 29,5 jours, les mois civils étaient soit de 29 jours, *mois caves*, soit de 30 jours, *mois pleins* ; et puisque 12 de ces mois ne donnent que 354 jours alors que l'année solaire en compte environ 365 1/4, il fallait nécessairement intercaler un treizième mois au bout de quelques années pour rester en accord avec les saisons.

Premier signe d'une influence mésopotamienne : pour

construire son cycle, Méton a utilisé le fait connu des Babyloniens que 19 années solaires correspondent assez bien à 235 mois lunaires synodiques vrais, constatation qui amène à intercaler sept treizièmes mois. Théophraste prétend d'ailleurs que Méton tenait son cycle d'un dénommé Phaeinos, un Grec d'Asie résidant à Athènes. En tout cas, même s'il n'a été en usage dans le calendrier civil de Babylone avec intercalation de treizièmes mois qu'à partir de 367 av. J.-C., on sait que ce cycle de 19 ans était connu à travers la Mésopotamie dès le début du Ve siècle.

Des données numériques évidentes permettent de soupçonner la suite. Puisque 19 années solaires contenaient 6 940 jours, un cycle métonique comprenait 110 mois caves et 125 mois pleins et, puisqu'il est avéré que Méton tirait ses calculs de la pratique babylonienne, il est raisonnable de supposer qu'il a intercalé un mois supplémentaire aux 3e, 6e, 8e, 11e, 14e, 17e et 19e années de son cycle ; mais nous ne sommes pas certains de cette séquence et encore moins de la répartition des mois pleins et caves, qui n'existait pas à Babylone où la longueur de chaque mois était déterminée par l'observation de la première apparition du mince croissant suivant la nouvelle lune. La seule autre information dont nous disposions sur le cycle de Méton est qu'il utilisait les noms des mois du calendrier d'Athènes et que le premier cycle de Méton commence le 27 juin 432 av. J.-C., sous l'archontat des Apseudes à Athènes, jour où il observa lui-même le solstice d'été.

Une grande confusion s'est produite à propos du cycle de Méton parce que de nombreux savants depuis Scaliger ont supposé que le propos de cet astronome était la réforme du calendrier civil athénien, comme le laisse entendre Aristophane dans *Les Nuées*, alors qu'il était plus sûrement de produire un calendrier à combinaison fixe pour enregistrer les dates astronomiques. Ainsi, si on affirmait qu'un événement A arrivait le 6 du mois Metageitnion de la deuxième année d'un cycle et un événement B le 21 du mois Anthesterion de la quatrième année, il était facile de déterminer exactement l'intervalle de temps entre les deux, ce qui n'était en général pas possible dans le calendrier civil athénien ou dans n'importe quel autre calendrier civil grec.

Si Columelle dit vrai dans son *De re rustica*, nous tenons un signe supplémentaire des liens entre Méton et l'astronomie de Babylone dans le fait qu'il place les équinoxes et les solstices à 8° dans leurs signes zodiacaux respectifs, ce qui est caractéristique d'un des deux systèmes de l'astronomie babylonienne. Le cycle de Méton, bien que rapidement supplanté par d'autres systèmes de références, reste, après le système des années égyptiennes, la première construction apte à situer facilement les données astronomiques sur une échelle de temps.

Extrait de «une histoire de l'astronomie» de Jean Pierre Verdet, Points sciences

Voici un texte extrait d'«une histoire de l'astronomie». Partez de ces informations pour nous parler du cycle de Méton et en général de la problématique des calendriers.

Voici des pistes de recherches et de présentation:

Cycle métonique
Aristophane (Les nuées, Les oiseaux)
Cycle luni-solaire
Platon
Mois synodique moyen
Mois caves, mois pleins
Treizièmes mois
Calendrier d'Athènes
Durée entre le 6 du mois Metageitnion au 21 du mois Anthesterion
Représentation graphique de la répartition des treizièmes mois

Excentricité de la rotation terre/soleil

Hipparque

Auréolé de la découverte de la précession des équinoxes, ce lent mouvement rétrograde qui fait glisser les nœuds de l'orbite terrestre le long de l'écliptique, Hipparque inaugure la grande période de l'astronomie géométrique grecque dont l'*Almageste* de Ptolémée sera le couronnement et la somme. Les seules certitudes biographiques touchant à Hipparque sont le lieu de sa naissance, Nicée en Bithynie au nord-ouest de l'Asie Mineure, et la période de son activité astronomique : la première observation que l'on puisse lui attribuer sans conteste est celle de l'équinoxe d'automne le 26 septembre 147 av. J.-C., et la dernière, celle de la position de la lune le 7 juillet 127. Les détails de ses théories astronomiques, nous les connaissons par Ptolémée qui ne cache jamais ce qu'il doit à son illustre prédécesseur. La panoplie des modèles géométriques qui sous-tendent ses théories, Hipparque la doit à Apollonius, qui l'a précédé d'environ 75 ans, mais, pour déterminer les paramètres sous-jacents à chacun de ces modèles, Hipparque apporte une attention et un soin très particuliers dans l'utilisation des observations, qu'il les ait effectuées lui-même ou qu'il les ait puisées dans des archives. Nous évoquerons, lorsque nous en viendrons à Ptolémée, l'histoire de la complication croissante des combinaisons de mouvements circulaires destinées à sauver les apparences.

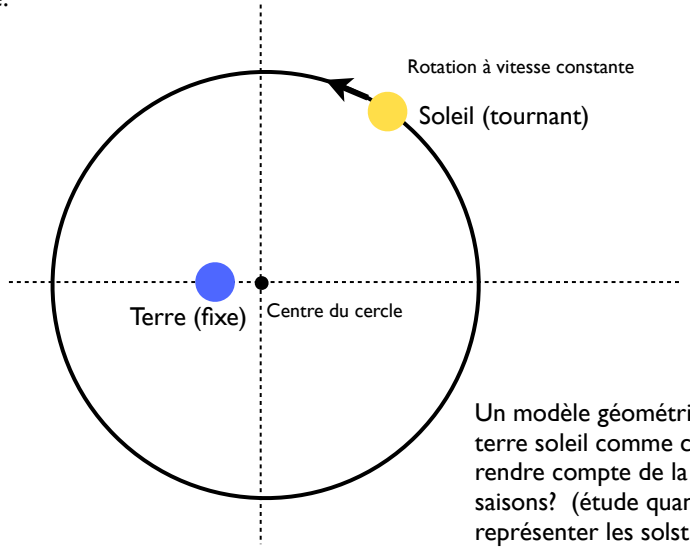
Pour sa théorie du soleil, Hipparque postule que l'astre du jour ne présente, en termes astronomiques, qu'une anomalie simple, ce qui, en termes géométriques, signifie qu'il peut prendre comme modèle soit un excentrique à apogée fixe, soit un déférent à épicycle unique. Nous reviendrons sur ces systèmes de cercles. Pour construire cette théorie, il lui suffit de déterminer les longueurs des quatre saisons — il les trouve de 94 1/2, 92 1/2, 88 1/8 et 90 1/8 jours — et de connaître une valeur de la longueur de l'année tropique — il prendra celle que Callippe avait estimée à 365 jours 1/4 (la valeur plus précise qu'il déterminera à la fin de sa vie, 365 jours 1/4 moins 1/300, n'aurait en rien amélioré sa théorie). A partir de là, Hipparque détermine l'excentricité, 1/24, et la position de l'apogée, 5° 30′ dans les Gémeaux.

Extrait de «une histoire de l'astronomie» de Jean Pierre Verdet, Points sciences

Voici un texte extrait d'«une histoire de l'astronomie». Partez de ces informations pour nous parler de la manière dont la terre et le soleil sont agencés, et en général du lien entre les observations et les modèles astronomiques.

Voici des pistes de recherches et de présentation:

Précession des équinoxes
Ecliptique
solstice, équinoxe
Hipparque
Ptolémée
Nicée en Bithynie
Apollonius
Longueurs des quatre saisons
Année tropique.



Un modèle géométrique de l'agencement terre soleil comme celui ci permet-il de rendre compte de la durée inégale des saisons? (étude quantitative). Comment représenter les solstives et équinoxes sur ce schéma?

Séance 2

Mesure de la terre

1. La mesure de la terre

Première mesure

Ératosthène qui, au IIIe siècle avant notre ère, comme le rappelle J.-B. Delambre, « était à la fois poète, grammairien, philosophe, géomètre, géographe et... astronome, n'aura donné probablement que la moindre partie de son temps aux observations astronomiques ». Comme astronome, on ne lui attribue qu'une donnée importante, celle de l'intervalle entre les tropiques qu'il aurait évalué à 11/83 de cercle, c'est-à-dire à 47° 42′ 39″, d'où une valeur de l'obliquité de l'écliptique de 23° 51′ 19,5″. Ptolémée emploie dans tout l'*Almageste* 23° 51′ 20″ et dit tenir cette valeur d'Hipparque et l'avoir lui-même vérifiée. Mais c'est à sa mesure de la terre, qui ressortit tout autant à la géographie qu'à l'astronomie, qu'Ératosthène doit d'être connu. Nous trouvons dans le *De motu circulari corporum caelestium* (I,10), de Cléomède, la description de la méthode d'Ératosthène.

C'était un phénomène connu dans l'Antiquité qu'à Syène, aujourd'hui Assouan, en Égypte, le jour du solstice d'été à midi, un puits était éclairé jusqu'à son fond. Syène était donc sous le tropique du Cancer : la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon y était égale à l'obliquité de l'écliptique. En revanche à Alexandrie, l'ombre d'un obélisque, mesurée ce même jour du solstice, indiquait que la distance zénithale était de 7° 10′, soit un cinquantième de la circonférence d'un méridien. Or, il se trouve que Syène et Alexandrie sont à très peu près sur le même méridien : il suffisait de connaître la distance linéaire entre les

deux villes pour déterminer la valeur de toute la circonférence de la terre. Alexandre le Grand et après lui les Ptolémées avaient fait mesurer les chemins de l'Égypte par les bématistes — les arpenteurs qui comptaient leurs pas —, et les bématistes, ou leurs chameaux (il y a tout de même plus d'un million de pas entre Syène et Alexandrie), avaient trouvé 50 000 stades entre les deux villes. Soit pour la circonférence entière 50 fois 50 000 stades, donc 250 000 stades.

Remonter à partir de cette donnée à une valeur kilométrique de la circonférence de la terre pose quelques problèmes. Outre que la valeur de 50 000 stades était manifestement arrondie, ce qu'Ératosthène savait puisque pour des raisons de commodité de calcul il la porta à 252 000 stades (252 000 divisés par 360 donne le résultat arrondi de 700 stades par degré de méridien) et que la valeur de 7° 10′ était elle-même approchée, il nous est de plus difficile de connaître la valeur du stade utilisé. Disons que la circonférence de la terre ainsi déterminée faisait un peu plus de 40 000 kilomètres, et notons la simplicité de la méthode qui consiste à évaluer linéairement et angulairement la distance entre deux points d'un même méridien, puis à déterminer la circonférence entière par une règle de trois.

Extrait de «une histoire de l'astronomie» de Jean Pierre Verdet, Points sciences

Voici un texte extrait d'«une histoire de l'astronomie». Partez de ces informations pour nous parler de la taille de la terre et de sa mesure.

Voici des pistes de recherches et de présentation:

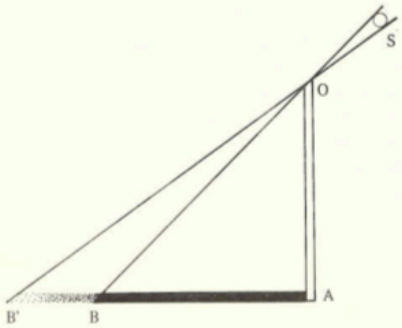
L'intervalle entre les tropiques
Vérifier la valeur de l'angle de l'ombre de l'obélisque le jour du solstice
Obliquité de l'écliptique
Distance entre Assouan et Alexandrie
Circonférence d'un méridien
Les bématistes
La taille d'un stade
Refaire le calcul pour estimer la taille de la terre
Faire un schéma explicatif de la méthode

Les cadrans solaires

Digression sur les cadrans solaires

Cléomède prétend qu'Ératosthène ne déduisit pas l'angle de 7° 10′ de l'ombre que portait l'obélisque d'Alexandrie sur le sol, mais du *scaphé*, les commentateurs ajoutant qu'il avait ainsi obtenu une valeur plus précise de l'angle entre le zénith d'Alexandrie et celui de Syène. Le scaphé serait l'une des étapes qui vont du simple gnomon au cadran solaire équatorial. Quoique le mot gnomon soit grec, il semble que l'instrument soit très antérieur à la civilisation hellène. Les Chinois prétendent l'avoir employé 24 siècles avant notre ère, mais l'on sait

ce que valent les chronologies chinoises, et c'est Hérodote qui, dans *L'Enquête* (II,109), affirme que les Babyloniens le firent connaître aux Grecs. Il est vrai que l'instrument est si simple (un bâton planté verticalement dans le sol dont on suit l'ombre qu'il projette sur le sol) qu'il a dû être inventé indépendamment en de nombreux points de la planète. Pour que les observations faites au gnomon aient une certaine précision, il est indispensable que les dimensions de cet instrument soient assez grandes ; mais alors, comme le soleil n'est pas un simple point, l'extrémité de l'ombre perd de plus en plus de sa netteté à mesure que le gnomon est plus haut *(fig. 24)*. Cet inconvénient fut



ombre et pénombre du gnomon ordinaire

Figure 24

d'abord pallié en plaçant une petite sphère au sommet du gnomon : alors la pénombre est symétrique autour d'un point mieux déterminé et qui correspond au centre de la sphère et à celui du soleil. Cet inconvénient peut aussi être surmonté par l'emploi d'un trou rond terminant le gnomon ; dans ce cas le centre de l'ombre reçoit plus de lumière que les régions avoisinantes et le point lumineux correspond également au centre du trou et à celui du soleil.

Au XVII[e] siècle, ce trou fut remplacé par une série d'objectifs correctement orientés et de distances focales convenables.

Le gnomon a de plus un grand inconvénient pour la division du jour à laquelle, entre autres choses, il servait : pour une même heure considérée à des jours différents, la longueur et l'orientation de l'ombre diffèrent. Cet inconvénient, dû au fait que le style du gnomon est vertical, provoqua la recherche d'une forme plus adaptée, que ce soit celle du style ou celle de la surface réceptrice de l'ombre. Celui qui inventa le scaphé, ou *polos*, remplaça la surface plane sur laquelle se projetait l'ombre du gnomon par une surface sphérique concave et tournée vers le haut, avec un style dont l'extrémité libre arrivait exactement au centre de cet hémisphère. Cet instrument, réplique de la voûte céleste, était facile à imaginer et à construire, pourvu que sa dimension fût modeste. Celui qui inventa le cadran solaire plan équatorial s'avisa de diriger le style vers le pôle, le plaçant ainsi parallèlement à l'axe du monde pour que la direction de son ombre soit toujours la même pour une heure donnée quel que soit le jour considéré. Si le scaphé présente l'avantage de s'adapter à la fois aux heures égales et aux heures inégales ou saisonnières, la modestie de ses dimensions fait douter qu'Ératosthène l'ait utilisé pour améliorer sa mesure de la terre, si tant est que la précision ait été son souci principal — les arrondis que rapporte Cléomède laissent plutôt entendre le contraire.

Extrait de «une histoire de l'astronomie» de Jean Pierre Verdet, Points sciences

Voici un texte extrait d'«une histoire de l'astronomie». Partez de ces informations pour nous parler du cadran solaire.

Voici des pistes de recherches et de présentation:

Le Scaphé
Civilisation hellène
Le gnomon
Représentation de l'ombre du gnomon à différentes heures du jour
Représentation de l'ombre du scaphé à différentes heures du jour
Cadran solaire plan équatorial
Ordre de grandeur de la précision de la mesure avec un gnomon

Approche quantitative pour s'approprier le système solaire

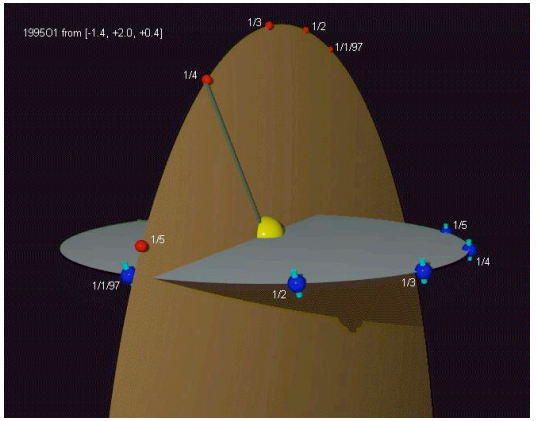
Atelier de recherche encadrée-ASTRO
Jérôme Hoepffner. UPMC.

Ces questions sont une invite à s'approprier le système solaire grâce à l'outil quantitatif. Pour chacune de ces questions,
1) Tracez des schémas,
2) Donner des noms aux quantités dont vous avez besoin (les angles, les longueurs, les surfaces)
3) Ecrivez des relations entre ces grandeurs (des équations)
4) Donnez des valeurs aux grandeurs (à estimer approximativement, ou bien leur donner une valeur particulière pour le calcul)
5) Tracez des graphiques.
Ici on suppose des orbites circulaires.

La théorie du soleil:
- Quel est l'angle maximum et minimum (l'élévation max et min) du soleil dans le ciel Parisien au cour de l'année?
- Quel est l'angle maximum (l'élévation max) du soleil dans le ciel à Paris le 6 janvier?
- Dans quels azymuths (angle par rapport au nord) se lève et se couche le soleil le 6 janvier à Paris?
- La durée du jours solaire est 24 heures, quelle est la durée du jour stellaire (période de rotation par rapport aux étoiles)?

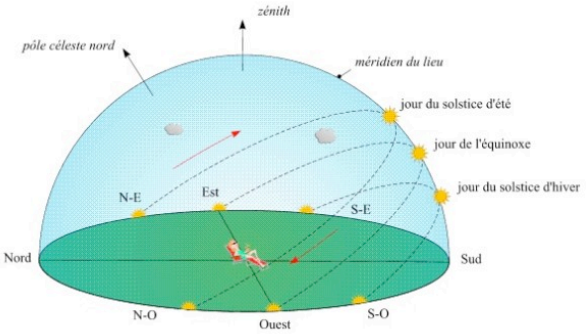
Théorie de la lune:
- (Etude graphique et théorique) Tracez l'évolution de la phase de la lune au cours du mois de janvier et comparer avec un modèle de rotation uniforme.
- Le mois synodique dure 29.5 jours, quelle est la durée du mois stellaire? (un tour de la lune par rapport aux étoiles).
- Expliquer et estimer la variation de rayon apparent de la lune en un jour.

Théorie des planètes:
- Comparer le graphique des élongations des planètes (angle par rapport au soleil) en 2013-2014 avec le planétarium de poche.
- Sur le graphique des élongations, expliquer l'asymétrie des trajectoires de Mercure et Vénus.
- (Etude graphique et théorique) Tracer le graphique d'une rétrogradation de mars. (Terre= période 1 année, demi-grand axe 1UA, mars= période 1,88 années, demi grand-axe 1,52UA).
- Quel est l'angle maximum (l'élévation max) de jupiter dans le ciel Parisien au cour de l'année?



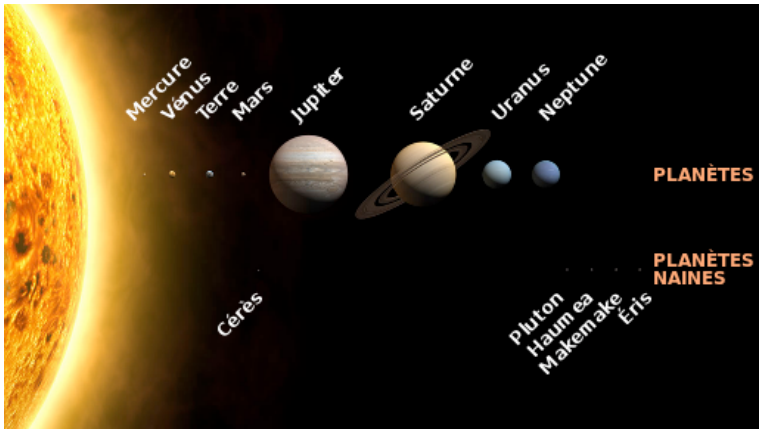
Trajectoire de la comète Hale-Bopp par rappor au plan de l'écliptique.

http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/data.htm



La course du soleil dans le ciel

http://regard-sur-la-terre.over-blog.com/article-21-juin-2012-c-est-l-ete-il-etait-temps-107231977.html



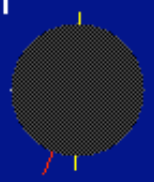
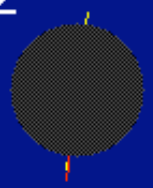
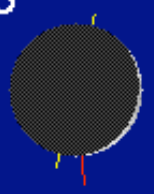
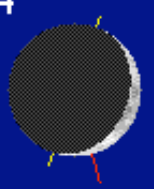
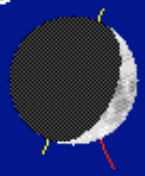
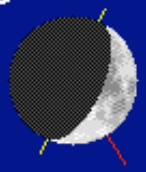
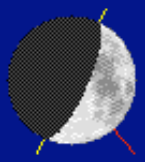
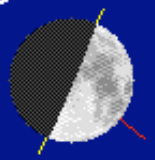
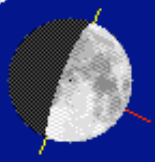
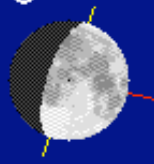
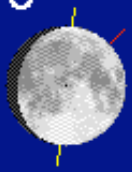
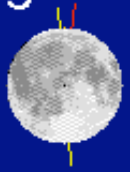
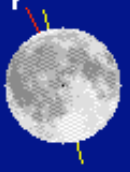
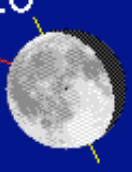
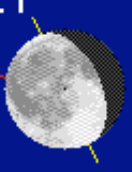
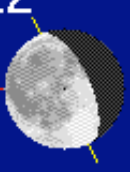
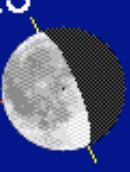
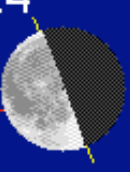
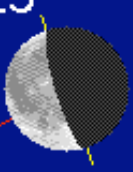
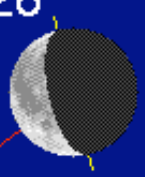
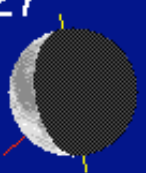
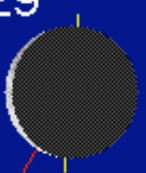
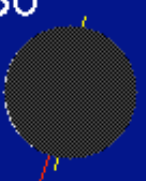
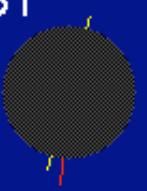
Planètes et planètes naines du Système solaire. Les dimensions du Soleil et des planètes sont à l'échelle, mais pas leurs distances.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Système_solaire

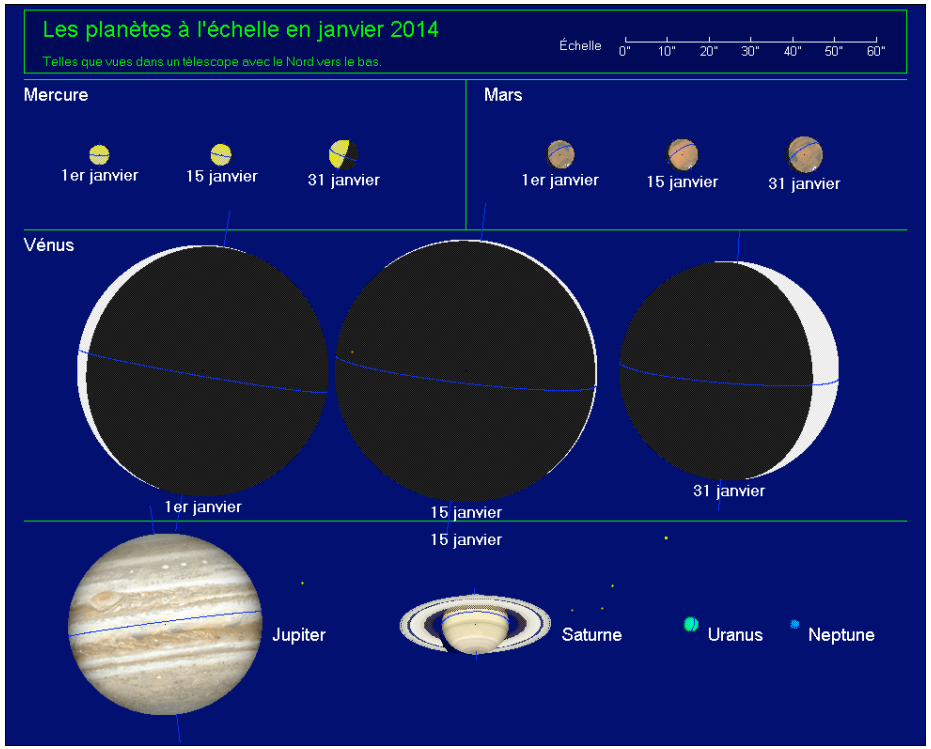
Orbite de la lune à l'échelle
http://fr.wikipedia.org/wiki/Lune

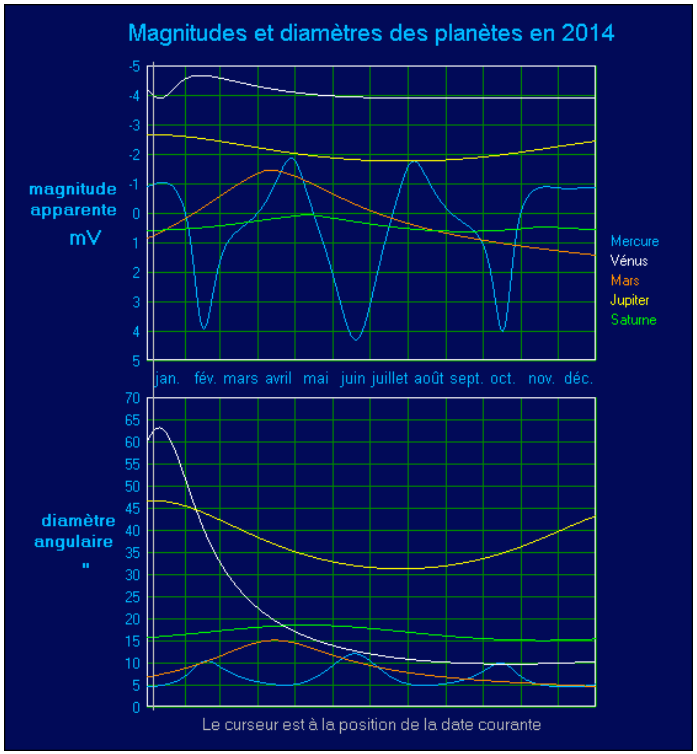
Phases lunaires pour janvier 2014

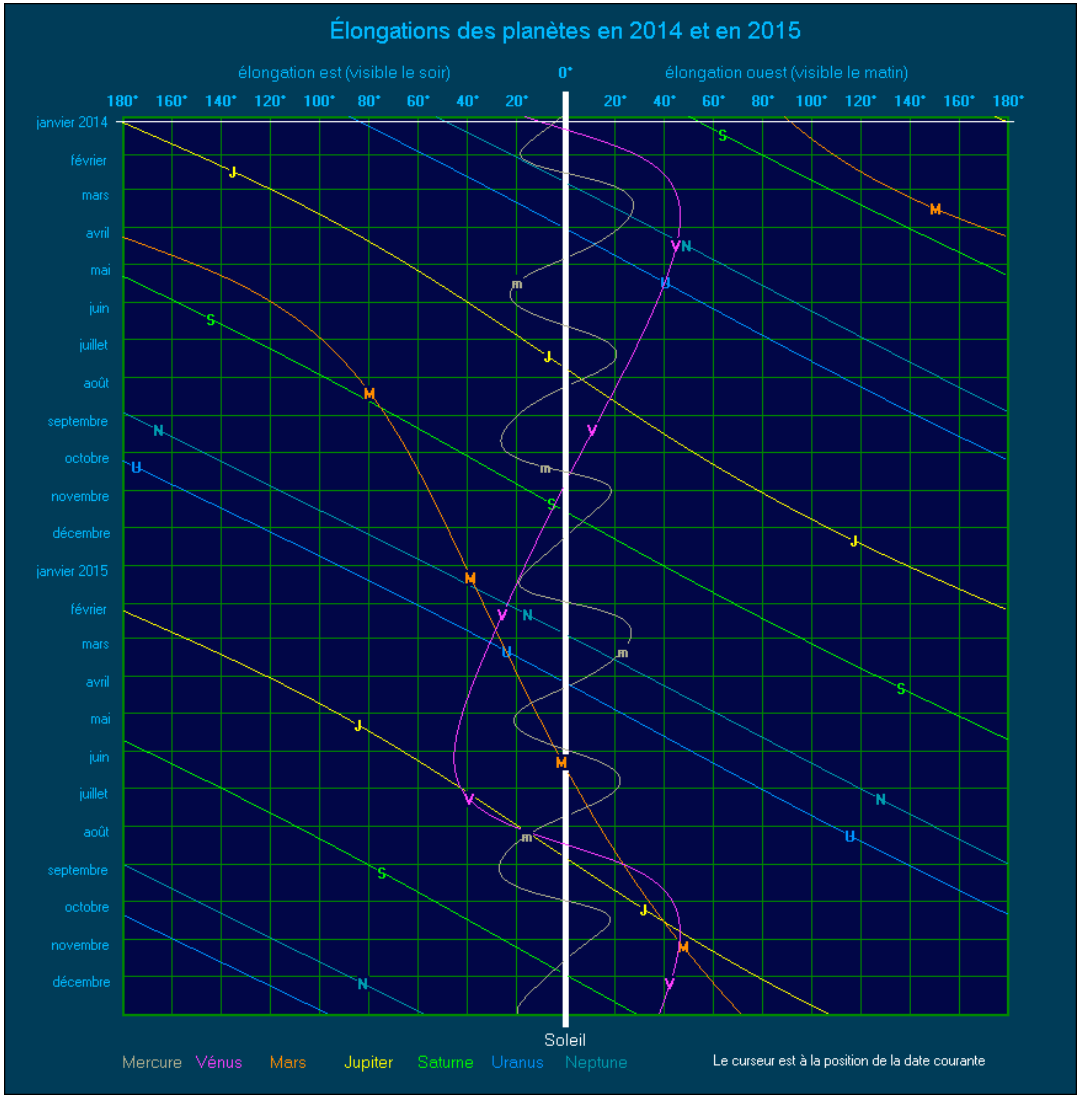
Les phases sont affichées pour 0 h, temps universel. Les traits jaunes indiquent l'orientation des pôles lunaires.
Le trait rouge montre la direction de la libration. Sa longueur est proportionnelle à l'intensité de la libration. Le Nord céleste est vers le haut.

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
			1  NL à 11:14 TU	2 	3 	4 
5 	6 	7 	8  PQ à 03:39 TU	9 	10 	11
12	13 	14	15 	16 PL à 04:52 TU	17 	18
19	20 	21 	22 	23 	24  DQ à 05:19 TU	25 
26 	27 	28	29 	30  NL à 21:38 TU	31 	

D'après http://www.tetesenlair.net







D'après http://www.tetesenlair.net

Séance 3

```
################################################################################
                    EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
 ################################################################################

  Planete 11 Soleil
  Theorie planetaire INPOP10
  Coordonnees Apparentes (equateur vrai ; equinoxe de la date)
  Centre du repere : topocentre : BOISSY-ST-LEGER
   0 h 10 m  4.000 s E ; 48 d 45 '  0.000 " N ;    0.00 m
  Coordonnees locales (Az, h)  [azimut compte a partir du nord]

 ################################################################################

          Date UTC          Azimut        Hauteur      Distance   V.Mag   Phase   Elong.
              h  m  s       o  '  "       o  '  "        ua.                 o       o

 10  2  2014  0  0  0.00  358 13 34.487 -55 41  2.24   0.986761  -26.77  115.63    0.00
 10  2  2014  1  0  0.00   23 19  6.044 -53 48 25.47   0.986768  -26.77  115.67    0.00
 10  2  2014  2  0  0.00   44 45 54.468 -48 14  9.89   0.986772  -26.77  115.71    0.00
 10  2  2014  3  0  0.00   61 49 42.285 -40 17 29.40   0.986775  -26.77  115.75    0.00
 10  2  2014  4  0  0.00   75 41 53.248 -31  4 20.70   0.986777  -26.77  115.78    0.00
 10  2  2014  5  0  0.00   87 41 46.388 -21 17 28.71   0.986778  -26.77  115.82    0.00
 10  2  2014  6  0  0.00   98 49 36.771 -11 25 23.87   0.986778  -26.77  115.86    0.00
 10  2  2014  7  0  0.00  109 50 18.648 -01 50 41.69   0.986778  -26.77  115.90    0.00
 10  2  2014  8  0  0.00  121 19 52.185 +07  4 33.02   0.986778  -26.77  115.94    0.00
 10  2  2014  9  0  0.00  133 48  8.921 +14 55 17.67   0.986780  -26.77  115.97    0.00
 10  2  2014 10  0  0.00  147 36  0.729 +21 11 54.85   0.986783  -26.77  116.01    0.00
 10  2  2014 11  0  0.00  162 46  7.785 +25 21 59.92   0.986787  -26.77  116.05    0.00
 10  2  2014 12  0  0.00  178 52 30.857 +26 57 37.26   0.986793  -26.77  116.08    0.00
 10  2  2014 13  0  0.00  195  3 15.357 +25 46 21.28   0.986801  -26.77  116.12    0.00
 10  2  2014 14  0  0.00  210 24 15.787 +21 57 36.33   0.986811  -26.77  116.16    0.00
 10  2  2014 15  0  0.00  224 25  4.110 +15 57 45.17   0.986823  -26.77  116.20    0.00
 10  2  2014 16  0  0.00  237  4 42.276 +08 19 10.96   0.986835  -26.77  116.23    0.00
 10  2  2014 17  0  0.00  248 42  7.805 -00 27 47.95   0.986849  -26.77  116.27    0.00
 10  2  2014 18  0  0.00  259 46 17.689 -09 57 27.04   0.986864  -26.77  116.31    0.00
 10  2  2014 19  0  0.00  270 52 20.407 -19 47 19.60   0.986878  -26.77  116.35    0.00
 10  2  2014 20  0  0.00  282 43 36.017 -29 35  1.15   0.986892  -26.77  116.38    0.00
 10  2  2014 21  0  0.00  296 17 32.112 -38 53  4.26   0.986905  -26.77  116.42    0.00
 10  2  2014 22  0  0.00  312 50 16.166 -47  1  8.62   0.986917  -26.77  116.46    0.00
 10  2  2014 23  0  0.00  333 36 19.289 -52 56 52.00   0.986927  -26.77  116.50    0.00


################################################################################
                    EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
 ################################################################################

  Satellite 10 Lune
  Theorie planetaire INPOP10
  Coordonnees Apparentes (equateur vrai ; equinoxe de la date)
  Centre du repere : topocentre : BOISSY-ST-LEGER
   0 h 10 m  4.000 s E ; 48 d 45 '  0.000 " N ;    0.00 m
  Coordonnees locales (Az, h)  [azimut compte a partir du nord]

 ################################################################################

          Date UTC          Azimut        Hauteur      Distance   V.Mag   Phase   Elong.
              h  m  s       o  '  "       o  '  "        ua.                 o       o

 10  2  2014  0  0  0.00  257  1 52.030 +35 53 10.36   0.002675  -10.86   54.93   125.14
 10  2  2014  1  0  0.00  268 41 57.737 +26 18 53.35   0.002682  -10.86   54.55   125.52
 10  2  2014  2  0  0.00  279 21  4.350 +16 42 52.94   0.002689  -10.87   54.14   125.94
 10  2  2014  3  0  0.00  289 43 36.057 +07 25  8.78   0.002697  -10.88   53.68   126.39
 10  2  2014  4  0  0.00  300 22 23.718 -01 15 51.63   0.002704  -10.89   53.19   126.89
 10  2  2014  5  0  0.00  311 43 11.792 -09  0 12.65   0.002710  -10.90   52.66   127.41
 10  2  2014  6  0  0.00  324  4 27.705 -15 25  3.07   0.002715  -10.91   52.11   127.97
 10  2  2014  7  0  0.00  337 32 49.482 -20  5 13.21   0.002719  -10.92   51.53   128.55
 10  2  2014  8  0  0.00  351 56 29.585 -22 37  3.49   0.002721  -10.94   50.93   129.15
 10  2  2014  9  0  0.00    6 43 29.995 -22 45 13.67   0.002722  -10.96   50.33   129.75
 10  2  2014 10  0  0.00   21 11 58.274 -20 28 51.76   0.002721  -10.98   49.74   130.35
 10  2  2014 11  0  0.00   34 48  7.596 -16  1 57.87   0.002718  -10.99   49.15   130.93
 10  2  2014 12  0  0.00   47 17 54.276 -09 47 40.92   0.002714  -11.01   48.59   131.49
 10  2  2014 13  0  0.00   58 46 18.493 -02 11 19.50   0.002709  -11.03   48.06   132.03
 10  2  2014 14  0  0.00   69 30 55.718 +06 23 49.51   0.002703  -11.05   47.56   132.53
 10  2  2014 15  0  0.00   79 57  0.770 +15 37 24.61   0.002696  -11.07   47.10   132.99
 10  2  2014 16  0  0.00   90 36 47.751 +25 10 41.08   0.002690  -11.09   46.67   133.42
 10  2  2014 17  0  0.00  102 13 23.192 +34 43 37.54   0.002684  -11.10   46.29   133.80
 10  2  2014 18  0  0.00  115 49  5.351 +43 49 54.82   0.002680  -11.12   45.93   134.16
 10  2  2014 19  0  0.00  132 53 42.243 +51 48  6.97   0.002676  -11.13   45.61   134.48
 10  2  2014 20  0  0.00  155  1 25.024 +57 29 52.14   0.002674  -11.14   45.30   134.79
 10  2  2014 21  0  0.00  181 36 37.472 +59 26 23.08   0.002674  -11.15   45.00   135.09
 10  2  2014 22  0  0.00  207 48  2.933 +56 54 28.15   0.002675  -11.16   44.71   135.39
 10  2  2014 23  0  0.00  229 11 53.003 +50 48 12.41   0.002678  -11.16   44.40   135.69
```

Les paramètres calculés sont:

Az, h
Azimut et hauteur comptés respectivement de 0° à 360° à partir du nord et de 0° à 90° à partir de l'horizon

Distance
Distance héliocentrique (Dh) ou géocentrique (Dg) ou topocentrique du corps (en Unité astronomique)

V. Mag
Magnitude visuelle apparente (*)

Phase
Angle de phase (en degré)

Elong.
Elongation du corps (angle entre les directions Terre/corps et Terre/Soleil)

La lune le 10 février à 18h20

Testez la concordance des données

Rotation de la lune

Film de la lune le 12 février à 21h. L'appareil photo est fixe sur la terre. Filmé à 30 images par secondes. Le numéro sur chaque image correspond au numéro de l'image. Pouvez vous déduire de ce film la vitesse de rotation autour de la terre?

Gnomon et éphémérides

1) J'ai noté sur cette feuille de papier la course de la pointe d'une punaise retournée le mercredi 12 février 2014.

2) J'ai récupéré sur le site http://www.imcce.fr les éphémérides du soleil pour le même jour. Les éphémérides donnent la localisation de l'astre voulu pour les dates voulues dans les coordonnées voulues. Temps UTC (Temps Universel Coordonné. En france, l'heure est UTC+1h en hivers et UTC+2h en été).

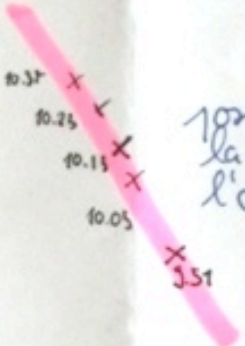
3) Testez la concordance de ces données.

Ephémérides générales de position des corps du système solaire

Pour observer depuis la Terre à un instant donné les corps du système solaire, il est nécessaire de connaitre leurs positions sur la sphère céleste. De manière plus générale, cela implique de déterminer les positions relatives à une époque donnée du corps considéré, de la Terre et du Soleil. Pour cela nous disposons des théories planétaires qui fournissent une description (analytique ou numérique) du mouvement des planètes lors de leur révolution autour du Soleil. De même il existe pour les satellites naturels des théories de leurs mouvements par rapport à leur corps central. Pour les astéroïdes et autres petits corps du système solaire, c'est à la suite d'une intégration numérique de leur mouvement que l'on détermine leur orbite.

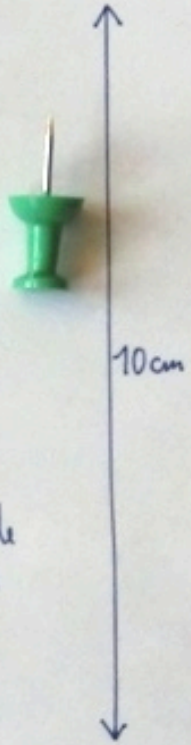
```
################################################################################
                    EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
################################################################################

 Planete 11 Soleil
 Theorie planetaire INPOP10
 Coordonnees Apparentes (equateur vrai ; equinoxe de la date)
 Centre du repere : topocentre : BOISSY-ST-LEGER
  0 h 10 m  4.000 s E ; 48 d 45 '  0.000 " N ;    0.00 m
 Coordonnees locales (Az, h)  [azimut compte a partir du nord]

################################################################################

          Date UTC          Azimut         Hauteur      Distance   V.Mag   Phase   Elong.
              h  m  s        o  '  "        o  '  "        ua.                 o       o

12  2  2014  6  0  0.00   98 22 34.243 -10 56 13.49   0.987133  -26.77  117.67    0.00
12  2  2014  7  0  0.00  109 25  1.665 -01 20 24.12   0.987133  -26.77  117.70    0.00
12  2  2014  8  0  0.00  120 56 42.784 +07 36 39.08   0.987134  -26.77  117.74    0.00
12  2  2014  9  0  0.00  133 28  1.619 +15 29 40.88   0.987136  -26.77  117.78    0.00
12  2  2014 10  0  0.00  147 20 31.016 +21 48 41.98   0.987139  -26.77  117.82    0.00
12  2  2014 11  0  0.00  162 37 18.242 +26  0 43.15   0.987144  -26.77  117.85    0.00
12  2  2014 12  0  0.00  178 51 58.604 +27 37  9.98   0.987150  -26.77  117.89    0.00
12  2  2014 13  0  0.00  195 11  8.233 +26 25 17.03   0.987159  -26.77  117.93    0.00
12  2  2014 14  0  0.00  210 39  6.487 +22 34 43.90   0.987169  -26.77  117.96    0.00
12  2  2014 15  0  0.00  224 44 49.728 +16 32 31.15   0.987181  -26.77  118.00    0.00
12  2  2014 16  0  0.00  237 27 41.821 +08 51 38.17   0.987194  -26.77  118.04    0.00
12  2  2014 17  0  0.00  249  7 21.158 +00  2 47.11   0.987209  -26.77  118.08    0.00
12  2  2014 18  0  0.00  260 13 19.020 -09 28  3.77   0.987223  -26.77  118.11    0.00
12  2  2014 19  0  0.00  271 21  3.334 -19 18 18.27   0.987238  -26.77  118.15    0.00
12  2  2014 20  0  0.00  283 13 53.192 -29  5 22.30   0.987253  -26.77  118.19    0.00
```

Position du gnomon

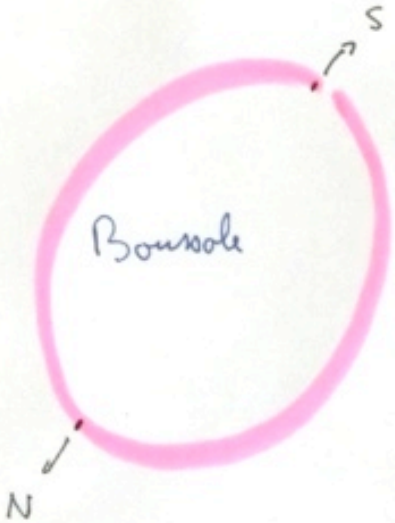


positions de la pointe de l'ombre du gnomon

mesure du 12 janvier 2014



étalon de longueur



Mesures au sextant

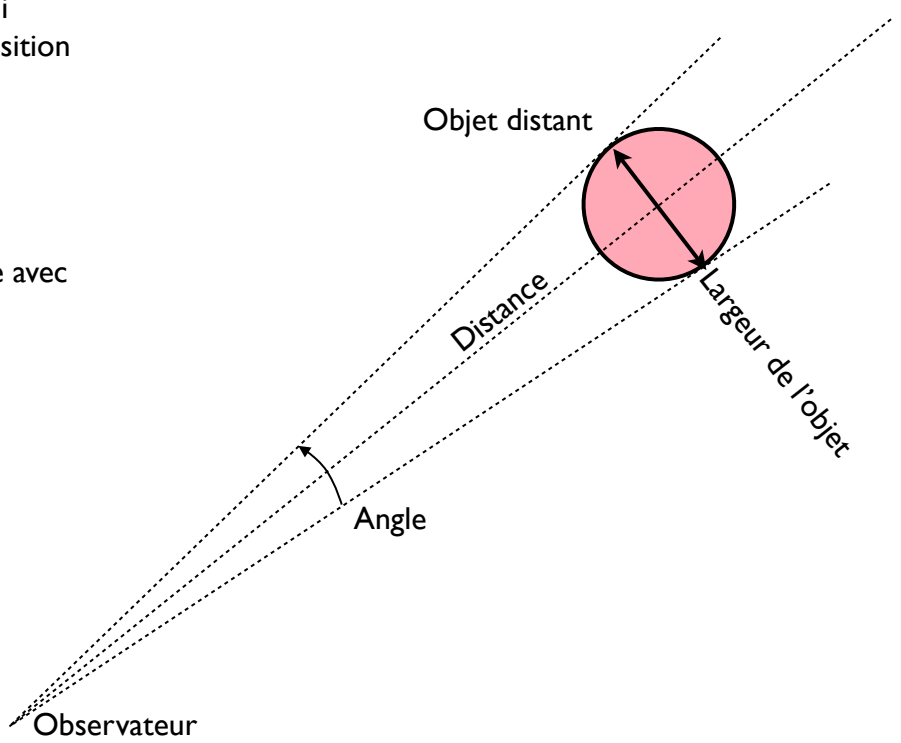
Activité de mesures:

Postez vous sur un promontoire (lieu élevé à partir duquel vous pouvez voir à de grandes distances). Mesurez avec le sextant l'angle de trois objets lointains bien reconnaissables (à Paris par exemple la tour Montparnasse, le sacré coeur, les tours de Notre Dame, l'arche de la défense, l'arc de triomphe...). Prenez une photographie pour compléter la mesure.

En connaissant la taille de ce que vous avez mesuré (information à récupérer ou bien à mesurer vous-mêmes), en déduire la distance qui vous sépare de cet objet. Tracez sur une carte votre position et la position de ces objets, vérifiez ainsi la distance mesurée.

Mesurez l'angle d'ouverture de votre appareil photo pour déduire également de la photo une valeur de l'angle.

Créez un document (compute-rendu) qui montre les photos, la carte avec les distances et les calculs. (un document par groupe de 4 étudiants)



Séance 4

Mesures au sextant

Activité de mesures:
Discussion pendant la séance: Comment mesurer de très grandes tailles avec un sextant.

Avec le sextant, mesurez les dimensions des grands objets suivants dans Paris:

- La hauteur de l'arc de triomphe
- Le rayon externe de la place de l'étoile

- Le bassin du parc du luxembourg
- La hauteur de la tour Montparnasse

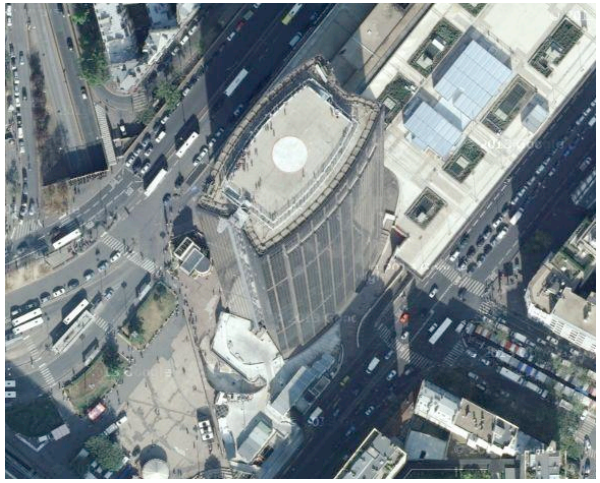
- La hauteur de l'obélisque de la place de la concorde
- La largeur de la seine en un lieu de votre choix.

Prenez des photographies pour compléter les mesures au sextant. Mesurez l'angle d'ouverture de votre appareil photo pour déduire également de la photo une valeur des angles.

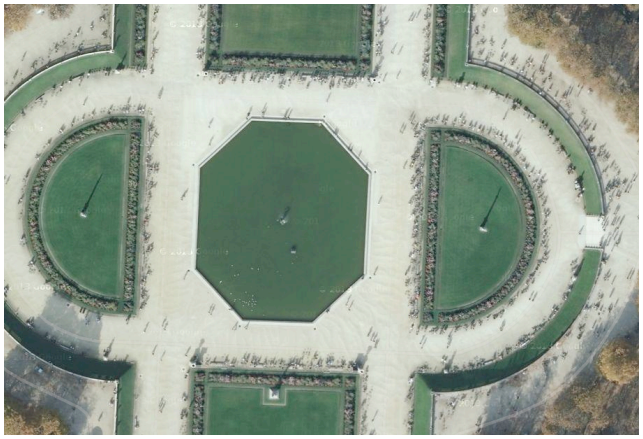
Validez vos mesures avec google maps.

Présentez le tout sous la forme d'un document au format pdf à présenter devant la classe.

Tour Montparnasse

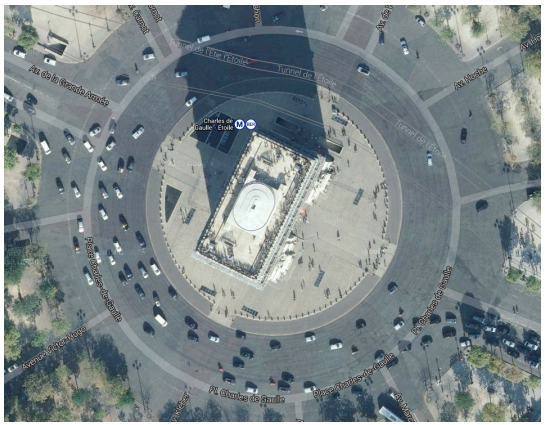


Bassin du parc du Luxembourg



Place de la concorde et obélisque

Arc de triomphe et place de l'étoile

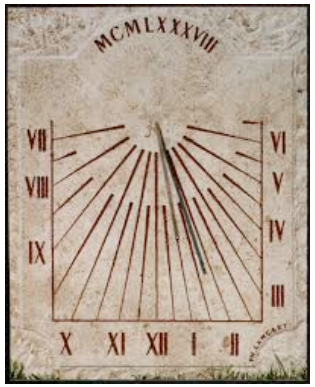


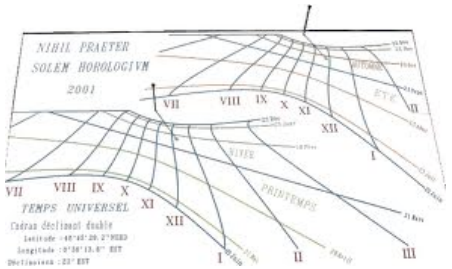
Source des images: google maps

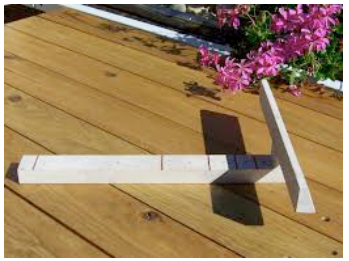
Cadrans solaires

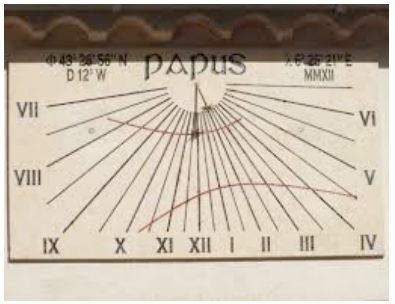
Présentations pour dans deux semaines:
1) Présenter le livre: «Les cadrans solaires», éditeur «Belin» collection «Pour la science», de Denis Savoie.
2) Présenter le livre: «Cadrans solaires de Paris» éditeur «CNRS éditions», auteurs Andrée Gotteland et Georges Camus.
3) Présenter le livre «navigation astronomique», éditeur «Vuibert», auteur Patrick brassier.

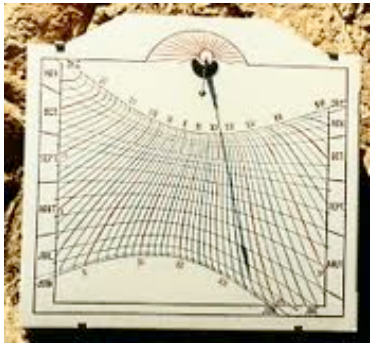
Les livres peuvent être empruntés à la bibliothèque «Physique enseignement» de l'UPMC.

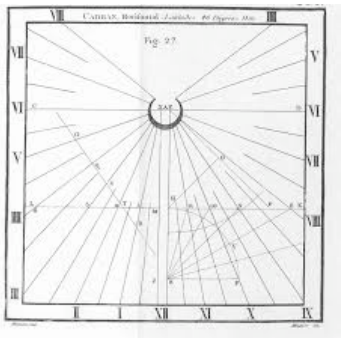


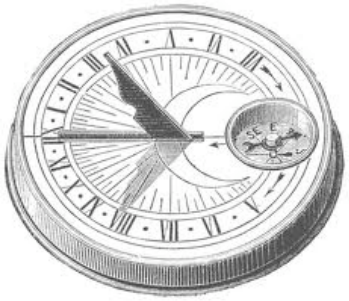


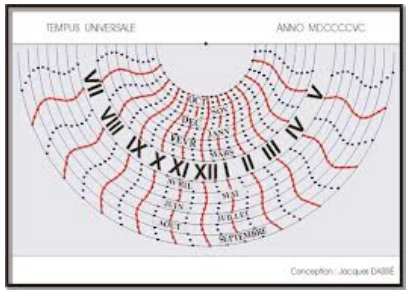


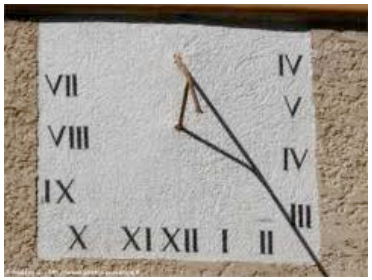




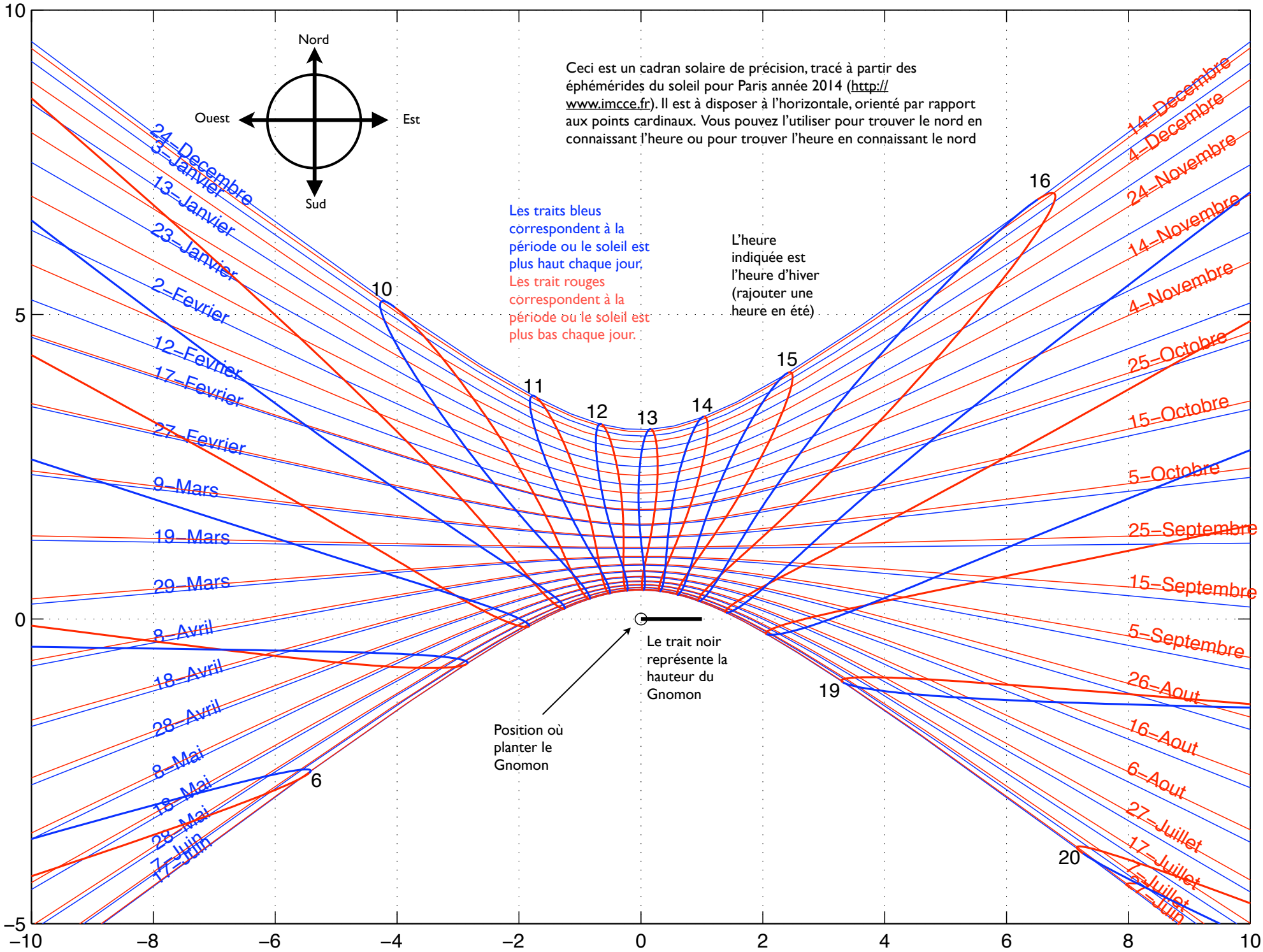








Source des images: google images, recherche sur le mot clé «cadrans solaires»


Nord
Ouest
Est
Sud
Ceci est un cadran solaire de précision, tracé à partir des éphémérides du soleil pour Paris année 2014 (http://www.imcce.fr). Il est à disposer à l'horizontale, orienté par rapport aux points cardinaux. Vous pouvez l'utiliser pour trouver le nord en connaissant l'heure ou pour trouver l'heure en connaissant le nord
Les traits bleus correspondent à la période ou le soleil est plus haut chaque jour.
Les trait rouges correspondent à la période ou le soleil est plus bas chaque jour.
L'heure indiquée est l'heure d'hiver (rajouter une heure en été)
Le trait noir représente la hauteur du Gnomon
Position où planter le Gnomon
24–Decembre
3–Janvier
13–Janvier
23–Janvier
2–Fevrier
12–Fevrier
17–Fevrier
27–Fevrier
9–Mars
19–Mars
29–Mars
8–Avril
18–Avril
28–Avril
8–Mai
18–Mai
28–Mai
7–Juin
17–Juin
14–Decembre
4–Decembre
24–Novembre
14–Novembre
4–Novembre
25–Octobre
15–Octobre
5–Octobre
25–Septembre
15–Septembre
5–Septembre
26–Aout
16–Aout
6–Aout
27–Juillet
17–Juillet
7–Juillet
7–Juin
6
10
11
12
13
14
15
16
19
20
10
5
0
−5
−10
−8
−6
−4
−2
0
2
4
6
8
10

EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE

Planete 11 Soleil
Theorie planetaire INPOP10
Coordonnees Apparentes (equateur vrai ; equinoxe de la date)
Centre du repere : topocentre : BOISSY-ST-LEGER
0 h 10 m 4.000 s E ; 48 d 45 ' 0.000 " N ; 0.00 m
Coordonnees locales (Az, h) [azimut compte a partir du nord]

Date UTC						Azimut			Hauteur			Distance	V.Mag	Phase	Elong.
			h	m	s	o	'	"	o	'	"	ua.		o	o
19	2	2014	11	0	0.00	162	10	23.692	+28	23	53.40	0.988547	-26.77	124.18	0.00
26	2	2014	11	0	0.00	161	49	16.477	+30	57	7.18	0.990150	-26.76	130.51	0.00
5	3	2014	11	0	0.00	161	33	25.143	+33	37	53.34	0.991849	-26.76	136.85	0.00
12	3	2014	11	0	0.00	161	22	17.163	+36	23	40.53	0.993629	-26.75	143.19	0.00
19	3	2014	11	0	0.00	161	14	40.579	+39	12	0.22	0.995534	-26.75	149.52	0.00
26	3	2014	11	0	0.00	161	8	46.981	+42	0	28.10	0.997546	-26.75	155.85	0.00
2	4	2014	11	0	0.00	161	2	44.930	+44	46	39.54	0.999557	-26.74	162.17	0.00
9	4	2014	11	0	0.00	160	54	59.632	+47	28	13.28	1.001522	-26.74	168.47	0.00
16	4	2014	11	0	0.00	160	43	34.607	+50	2	52.69	1.003482	-26.73	174.71	0.00
23	4	2014	11	0	0.00	160	26	5.475	+52	28	26.62	1.005442	-26.73	178.40	0.00
30	4	2014	11	0	0.00	160	0	24.691	+54	42	45.75	1.007305	-26.72	172.51	0.00
7	5	2014	11	0	0.00	159	25	31.833	+56	43	47.68	1.009005	-26.72	166.32	0.00
14	5	2014	11	0	0.00	158	41	10.650	+58	29	38.36	1.010579	-26.72	160.12	0.00
21	5	2014	11	0	0.00	157	47	39.740	+59	58	35.55	1.012057	-26.71	153.92	0.00
28	5	2014	11	0	0.00	156	46	41.028	+61	9	11.85	1.013365	-26.71	147.72	0.00
4	6	2014	11	0	0.00	155	42	17.747	+62	0	27.45	1.014428	-26.71	141.53	0.00
11	6	2014	11	0	0.00	154	39	58.152	+62	31	51.10	1.015273	-26.71	135.35	0.00
18	6	2014	11	0	0.00	153	45	13.212	+62	43	18.54	1.015958	-26.71	129.19	0.00
25	6	2014	11	0	0.00	153	3	5.712	+62	35	10.42	1.016438	-26.70	123.03	0.00
2	7	2014	11	0	0.00	152	38	21.646	+62	8	20.19	1.016638	-26.70	116.89	0.00

EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE

Planete 11 Soleil
Theorie planetaire INPOP10
Coordonnees Apparentes (equateur vrai ; equinoxe de la date)
Centre du repere : topocentre : BOISSY-ST-LEGER
0 h 10 m 4.000 s E ; 48 d 45 ' 0.000 " N ; 0.00 m
Coordonnees locales (Az, h) [azimut compte a partir du nord]

Date UTC						Azimut			Hauteur			Distance	V.Mag	Phase	Elong.
			h	m	s	o	'	"	o	'	"	ua.		o	o
17	2	2014	6	0	0.00	97	15	10.647	-09	38	8.15	0.988106	-26.77	122.18	0.00
17	2	2014	7	0	0.00	108	21	53.154	+00	0	19.85	0.988107	-26.77	122.22	0.00
17	2	2014	8	0	0.00	119	58	56.763	+09	1	46.57	0.988109	-26.77	122.26	0.00
17	2	2014	9	0	0.00	132	38	9.778	+17	0	24.34	0.988112	-26.77	122.29	0.00
17	2	2014	10	0	0.00	146	42	53.887	+23	25	16.21	0.988116	-26.77	122.33	0.00
17	2	2014	11	0	0.00	162	17	27.960	+27	41	51.05	0.988122	-26.77	122.37	0.00
17	2	2014	12	0	0.00	178	54	13.084	+29	19	51.61	0.988130	-26.77	122.41	0.00
17	2	2014	13	0	0.00	195	35	34.855	+28	5	43.03	0.988139	-26.77	122.44	0.00
17	2	2014	14	0	0.00	211	21	33.107	+24	9	51.84	0.988150	-26.77	122.48	0.00
17	2	2014	15	0	0.00	225	39	37.101	+18	1	3.82	0.988163	-26.77	122.52	0.00
17	2	2014	16	0	0.00	238	30	20.471	+10	13	54.88	0.988178	-26.77	122.56	0.00
17	2	2014	17	0	0.00	250	15	16.580	+01	20	7.74	0.988193	-26.77	122.59	0.00
17	2	2014	18	0	0.00	261	25	28.791	-08	13	46.09	0.988209	-26.77	122.63	0.00
17	2	2014	19	0	0.00	272	37	15.183	-18	4	47.88	0.988225	-26.77	122.67	0.00
17	2	2014	20	0	0.00	284	33	50.904	-27	50	0.28	0.988240	-26.77	122.71	0.00
17	2	2014	21	0	0.00	298	10	21.831	-37	1	21.03	0.988255	-26.77	122.74	0.00
17	2	2014	22	0	0.00	314	35	42.631	-44	58	28.14	0.988268	-26.77	122.78	0.00
17	2	2014	23	0	0.00	334	50	26.644	-50	41	28.22	0.988280	-26.77	122.82	0.00
18	2	2014	0	0	0.00	358	25	39.406	-52	58	39.88	0.988289	-26.77	122.86	0.00
18	2	2014	1	0	0.00	22	15	15.576	-51	10	32.18	0.988297	-26.77	122.90	0.00
18	2	2014	2	0	0.00	42	59	5.100	-45	48	41.46	0.988303	-26.77	122.93	0.00
18	2	2014	3	0	0.00	59	49	49.170	-38	3	52.62	0.988308	-26.77	122.97	0.00
18	2	2014	4	0	0.00	73	42	42.505	-28	58	23.54	0.988311	-26.77	123.01	0.00
18	2	2014	5	0	0.00	85	47	43.296	-19	14	38.69	0.988313	-26.77	123.05	0.00

Questions sur le cadran solaire:

1- Identifiez le solstice d'été et le solstice d'hivers.
2- Identifier les équinoxes.
3- Vérifiez la concordance entre la table des éphémérides et le cadran solaire.
4- Est-ce que midi est l'heure ou le soleil est au plus haut?
5- D'après la table les éphémérides du 17 février, à quelle heure se couche et se lève le soleil?
Donner la réponse avec une précision de 1h, puis avec une précision de 1 minute.
6- Travaux pratiques: relever sur la feuille du cadran solaire la position du soleil (Gnomon à construire avec un clou ou un fil de fer)

Vendredi 21 février 9h02

Séance 5

Première séance sur ordinateurs

Présentations d'ouvrages

Présentations pour dans deux semaines:

1) Présenter le livre: «Y a t'il d'autres planètes habitées dans l'univers», éditeur «Le Pommier» collection «Les petites pommes du savoir», de Pascal Bordé.

2) Présenter le livre: «Pourquoi le nuit est-elle noire?», éditeur «Le Pommier» collection «Les petites pommes du savoir», de Jean-Michel Alimi.

2) Présenter le livre: «Météorites!» éditeur «Editions du muséum National d'histoire naturelle, Paris 1996».

Les livres peuvent être empruntés à la bibliothèque «Physique enseignement» de l'UPMC.

Source des images: google images, recherche sur le mot clé «cadrans solaires»

Séance 6

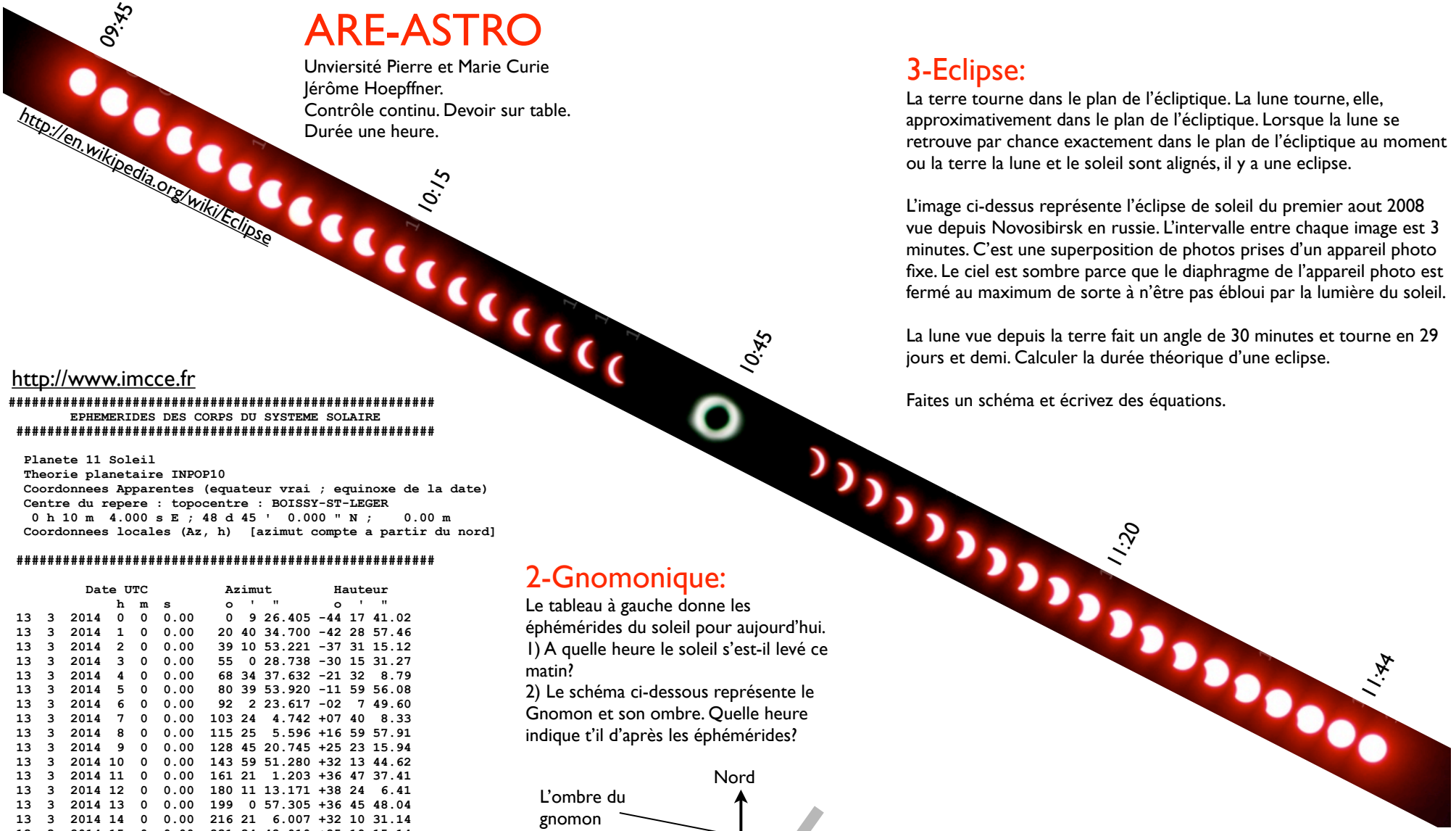
Seconde séance sur ordinateurs

Séance 7

Le contrôle

ARE-ASTRO

Unviersité Pierre et Marie Curie
Jérôme Hoepffner.
Contrôle continu. Devoir sur table.
Durée une heure.



3-Eclipse:

La terre tourne dans le plan de l'écliptique. La lune tourne, elle, approximativement dans le plan de l'écliptique. Lorsque la lune se retrouve par chance exactement dans le plan de l'écliptique au moment ou la terre la lune et le soleil sont alignés, il y a une eclipse.

L'image ci-dessus représente l'éclipse de soleil du premier aout 2008 vue depuis Novosibirsk en russie. L'intervalle entre chaque image est 3 minutes. C'est une superposition de photos prises d'un appareil photo fixe. Le ciel est sombre parce que le diaphragme de l'appareil photo est fermé au maximum de sorte à n'être pas ébloui par la lumière du soleil.

La lune vue depuis la terre fait un angle de 30 minutes et tourne en 29 jours et demi. Calculer la durée théorique d'une eclipse.

Faites un schéma et écrivez des équations.

http://www.imcce.fr

```
#######################################################
       EPHEMERIDES DES CORPS DU SYSTEME SOLAIRE
#######################################################

 Planete 11 Soleil
 Theorie planetaire INPOP10
 Coordonnees Apparentes (equateur vrai ; equinoxe de la date)
 Centre du repere : topocentre : BOISSY-ST-LEGER
  0 h 10 m  4.000 s E ; 48 d 45 '  0.000 " N ;    0.00 m
 Coordonnees locales (Az, h)  [azimut compte a partir du nord]

#######################################################
```

Date UTC					Azimut			Hauteur		
			h	m	s	o	'	"	o	'	"
13	3	2014	0	0	0.00	0	9	26.405	-44	17	41.02
13	3	2014	1	0	0.00	20	40	34.700	-42	28	57.46
13	3	2014	2	0	0.00	39	10	53.221	-37	31	15.12
13	3	2014	3	0	0.00	55	0	28.738	-30	15	31.27
13	3	2014	4	0	0.00	68	34	37.632	-21	32	8.79
13	3	2014	5	0	0.00	80	39	53.920	-11	59	56.08
13	3	2014	6	0	0.00	92	2	23.617	-02	7	49.60
13	3	2014	7	0	0.00	103	24	4.742	+07	40	8.33
13	3	2014	8	0	0.00	115	25	5.596	+16	59	57.91
13	3	2014	9	0	0.00	128	45	20.745	+25	23	15.94
13	3	2014	10	0	0.00	143	59	51.280	+32	13	44.62
13	3	2014	11	0	0.00	161	21	1.203	+36	47	37.41
13	3	2014	12	0	0.00	180	11	13.171	+38	24	6.41
13	3	2014	13	0	0.00	199	0	57.305	+36	45	48.04
13	3	2014	14	0	0.00	216	21	6.007	+32	10	31.14
13	3	2014	15	0	0.00	231	34	42.010	+25	19	15.14
13	3	2014	16	0	0.00	244	54	34.688	+16	55	47.03
13	3	2014	17	0	0.00	256	55	54.431	+07	36	22.79
13	3	2014	18	0	0.00	268	18	38.519	-02	10	33.29
13	3	2014	19	0	0.00	279	42	56.213	-12	0	55.56
13	3	2014	20	0	0.00	291	50	42.516	-21	30	30.31
13	3	2014	21	0	0.00	305	27	44.520	-30	10	5.10
13	3	2014	22	0	0.00	321	19	34.888	-37	20	37.91
13	3	2014	23	0	0.00	339	49	21.785	-42	11	55.77

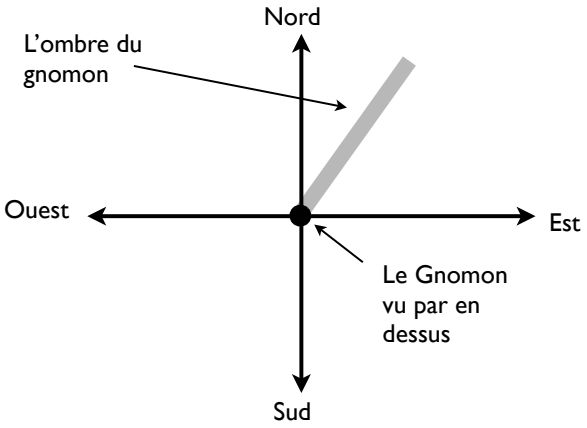
Date et heure UTC

Azymuth en degrés, minutes, secondes

Hauteur en degrés, minutes, secondes

2-Gnomonique:

Le tableau à gauche donne les éphémérides du soleil pour aujourd'hui.
1) A quelle heure le soleil s'est-il levé ce matin?
2) Le schéma ci-dessous représente le Gnomon et son ombre. Quelle heure indique t'il d'après les éphémérides?



1-Questions de cours:

1) expliquer la différence entre le jour solaire vrai et le jour sidéral. Calculer leur différence de durée: schéma et équation.
2) Expliquez comment mesurer la hauteur de l'arc de triomphe par deux mesures d'angles avec un sextant: schéma et équation.