

LES CAHIERS CLAIRAUT

N° 125 - Mars 2009 8 €

Bulletin du Comité de Liaison Enseignants et Astronomes



Comité de Liaison Enseignants Astronomes

Le **CLEA**, Comité de Liaison Enseignants et Astronomes, est une association déclarée à but non lucratif (loi de 1901), fondée en 1977. Elle réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement et dans les organismes de culture populaire.

Le **CLEA** organise des stages nationaux (Écoles d'Été) et régionaux. Ces stages sont ouverts aux enseignants de l'école, du collège et du lycée et, de manière générale, à tous les formateurs. On s'efforce d'y conjuguer information théorique et travaux pratiques (observations, travaux sur documents, mise au point de matériels didactiques et recherche du meilleur usage de ces matériels, etc.). Le **CLEA** favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes, hors de toute contrainte hiérarchique.

L'organe de liaison du **CLEA**, les **CAHIERS CLAIRAUT**, est une revue trimestrielle. On y trouve des articles de fond (astrophysique, histoire, philosophie, enseignement...), des comptes rendus d'expériences pédagogiques, des notes critiques de livres récents, des innovations en matière d'activités pratiques.

Le **CLEA** a mis en place une liste de diffusion afin de permettre des échanges rapides entre les abonnés.

Bureau du CLEA pour 2009

Présidents d'honneurs :

Lucienne Gouguenheim,
Jean-Claude Pecker
Évry Schatzman

Président : Georges Paturel

Vice-président : Éric Josselin

Trésorier : Jean Ripert

Trésorier Adjoint : Cécile Ferrari

Rédacteur des Cahiers : Christian Larcher

Secrétaire : Christian Larcher

Secrétaire Adjoint : Pierre Causeret

Responsables des sites web :

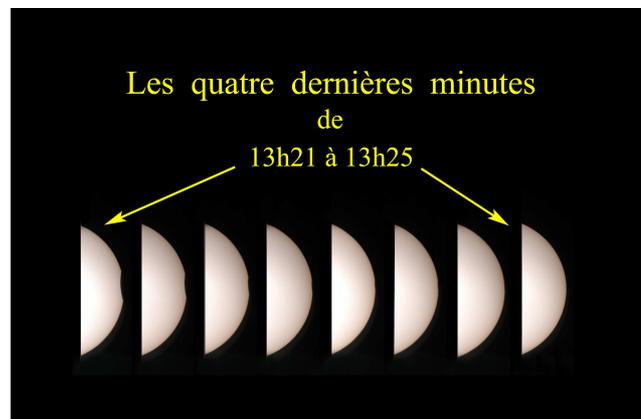
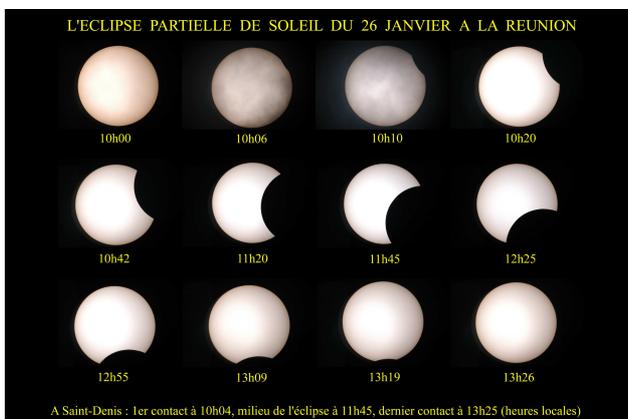
Francis Berthomieu
Charles-Henri Eyraud

Instructions pour les auteurs

Pour soumettre un article pour les Cahiers Clairaut :

- Taper le texte en format open office ou word, le plus simplement possible, **sans aucune présentation**, autre que le titre, le nom des auteurs et les titres des sections ou sous-sections.
- Indiquer lisiblement l'emplacement souhaité pour les figures.
- Fournir les figures ou les illustrations au format jpg avec une résolution suffisante 300dpi (ou donner une copie papier).
- Envoyer l'article par mél à Christian Larcher.

larcher2@wanadoo.fr



Éclipse partielle de Soleil le 26 janvier 2009. Photos Michel Vignand La Réunion

La couverture de ce numéro des Cahiers Clairaut a été réalisée par Fabien Causeret.

Les Cahiers Clairaut

Printemps 2009 n° 125

Éditorial

Avec ce numéro de printemps 2009 nous vous présentons une nouvelle formule des Cahiers Clairaut. Depuis l'année 2004 Georges Paturel cumulait le poste de Président du CLEA avec celui de rédacteur de notre bulletin.

Sous son impulsion notre revue s'est profondément transformée, en particulier avec l'introduction de la couleur dans tous ses numéros.

A présent notre Président ne souhaite plus assurer cette charge et il nous a transmis le flambeau. Il s'agit bien de nous car, pour assumer une tâche aussi lourde, il était nécessaire de constituer une équipe bien soudée. Celle-ci est composée de Jean Ripert, de Pierre Causeret et de Christian Larcher. L'esprit d'équipe et une répartition précise des tâches devraient nous permettre de faire face aux éventuels aléas.

Chaque numéro comprendra une partie thématique d'une vingtaine de pages dont l'objectif sera de revisiter les aspects fondamentaux de l'astronomie en proposant de nombreuses activités réalisables avec des élèves ou entre les membres des clubs d'astronomie. Pierre Causeret assurera la responsabilité de la partie thématique.

Jean Ripert aura la tâche, lourde et ingrate, d'assurer la mise en page. Pour ma part je m'occuperai plus particulièrement des échanges avec les auteurs et de la gestion des relectures concernant le fond et la forme.

Nous savons que pareille aventure n'est réalisable qu'avec le concours de nombreux adhérents. A la lecture de la centaine de réponses reçues l'an dernier au questionnaire sur les cahiers Clairaut on peut espérer que ce sera bien le cas. Particulièrement pour écrire des articles, en relire ou les mettre en pages.

Nous souhaitons recevoir vos remarques, vos critiques, vos suggestions dans le cadre du courrier des lecteurs.

Le CLEA existe depuis 32 ans c'est l'âge de la maturité c'est aussi l'âge du renouveau. L'année mondiale de l'astronomie est une occasion exceptionnelle de mieux faire connaître notre association, son site et sa revue. Nous comptons sur chacun d'entre vous.

Bonne année astronomique.

Christian Larcher Larcher2@wanadoo.fr

Article de fond - réalisation

Quator planetis circum iovis : Medicea sidera

Pierre Le Fur p 2

Thème : LE CIEL p 10

Quelques définitions de base

Jean Ripert p 11

Histoire

Légendes des constellations du zodiaque

Danièle Maurel p 13

D'où viennent nos 88 constellations

Pierre Causeret p 16

Croix du sud

Francis Berthomieu p 17

Avec nos élèves

Constellations en 3D et 4D

Francis Berthomieu p 19

Avec nos élèves

Ciels imaginaires

Jean-Luc Fouquet p 22

Avec nos élèves - réalisation

Carte du ciel

Pierre Causeret p 26

Mots croisés

Pierre Causeret p 32

Lecture pour la marquise

Georges Paturel, p 33

Potins Voie Lactée

Cécile Ferrari p 34

Vie de l'association

Lucienne Gouguenheim p 35

Christian Larcher p 36

Ciel de Printemps

Pierre Causeret p 39

Solutions

p 40

ARTICLE DE FOND, RÉALISATION

QUATOR PLANETIS CIRCUM IOVIS : MEDICEA SIDERA

Pierre Le Fur (MPSI, Institut Supérieur d'Électronique et du Numérique Toulon,
formateur académique en astronomie –Nice)

Résumé : *Suivons les traces de Galilée en étudiant ses observations sur les quatre satellites médicéens de Jupiter telles qu'elles furent décrites dans le "sidereus nuncius". Nous montrerons qu'à partir de ces relevés on peut retrouver certaines lois ignorées du savant Toscan. Enfin nous proposerons la construction d'un "Jovilab" qualitatif, sorte de tables d'éphémérides de positions de ces quatre satellites.*

Si, en l'an de grâce 2009, nous souhaitons fêter dignement l'Année Mondiale de l'Astronomie, la lecture de "*sidereus nuncius*", œuvre étincelante de Galileo Galilei, s'impose à nous. Elle constitue l'allumette déclenchant l'incendie qui embrasa la physique aristotélicienne et ses partisans religieux.

Cette œuvre peut être facilement consultée sur le site de l'Université de Strasbourg à l'adresse [10]. La force et la simplicité de cet ouvrage apparaît d'emblée, même si l'on ignore tout du latin... Les gravures intégrées au texte nous suggèrent autant le contenu des découvertes décrites par Galilée que le génie de son interprétation. L'élément central de cet ouvrage reste la découverte des "*quatre planètes autour de Jupiter : les astres Médicéens*", observés en janvier 1610.

Par la suite, Galilée n'a cessé d'améliorer sa lunette et ses accessoires afin d'obtenir des observations quantitatives aussi précises que possible. Au-delà de la révolution copernicienne confirmée par l'observation d'astres ne tournant pas autour de la Terre, il comprit rapidement l'intérêt que pouvait constituer l'obtention d'éphémérides. Ce système de lunes orbitant autour de Jupiter pouvait constituer une sorte d'horloge universelle, valable pour les différents points de la Terre, pourvu que l'astre soit visible. L'application à la mesure de la longitude des bateaux, grandeur jusqu'alors

quasi impossible à déterminer, aurait été immédiate par simple différence entre l'heure solaire locale et cette "heure universelle jovienne"; cela aurait constitué une deuxième révolution, moins intellectuelle mais économiquement et militairement exceptionnelle.

Les observations récoltées par Galilée pendant les années qui suivirent la publication de "*sidereus nuncius*" lui permettront d'obtenir un outil de prévisions de la position de ces satellites : le Jovilab.

Je vous propose de suivre les traces de Galilée ; d'examiner ses observations médicéennes ; de montrer comment on peut retrouver certaines lois ignorées par notre savant Toscan et finir par construire un « Jovilab » qualitatif.

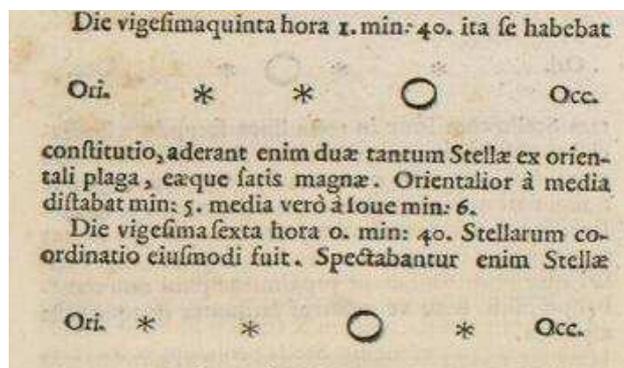


Fig 1 : extrait de "*sidereus nuncius*"

Des observations joviennes de Galilée en mars 1613

Cherchons sur Internet les données nécessaires à notre travail. La Bibliothèque Nationale de France nous propose de nombreuses images en particulier à l'adresse [1].

Nous accédons à une série de dessins juxtaposés où jour après jour, voire heure après heure, Io, Europe, Ganymède et Callisto dansent autour de l'astre central (fig. 2).

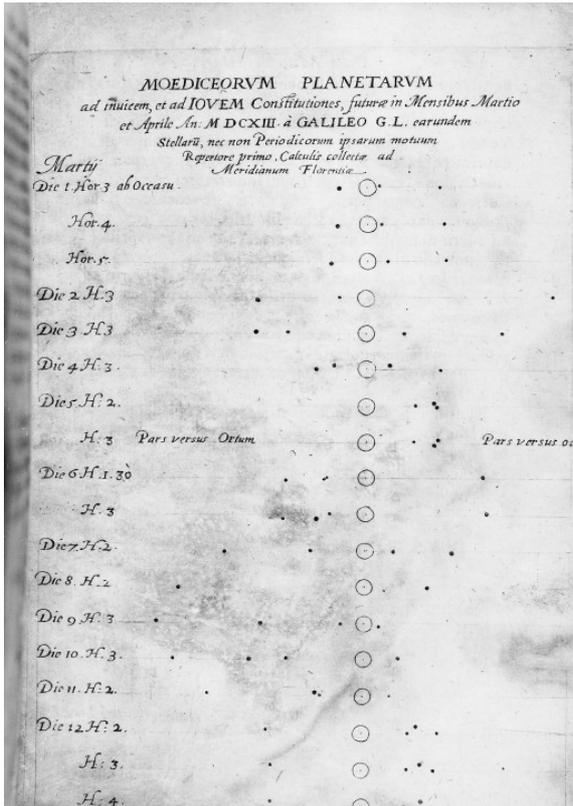


Fig 2 : Une page d'observation en 1613 [7]

La finesse et la précision du contenu de ces pages, écrites en 1613, montrent une évolution sensible des techniques d'observation par rapport aux premiers croquis du "Sidereus" en 1610 (fig.1): Galilée ajoute un micromètre extérieur à sa lunette (fig. 3) [1]. La simplicité du principe et son efficacité sont admirables.

Il observe Jupiter d'un œil et de l'autre, il lit une règle graduée, perpendiculaire au tube optique, éclairée par une lanterne. Les images se superposent dans le cerveau ; il fait alors coulisser la règle (d) jusqu'à ce que le diamètre de Jupiter occupe un intervalle unitaire de la graduation du régllet (environ 4mm de large à un mètre de

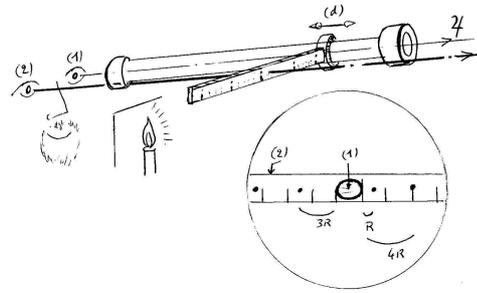


Fig 3 : Le micromètre de Galilée (schéma auteur)

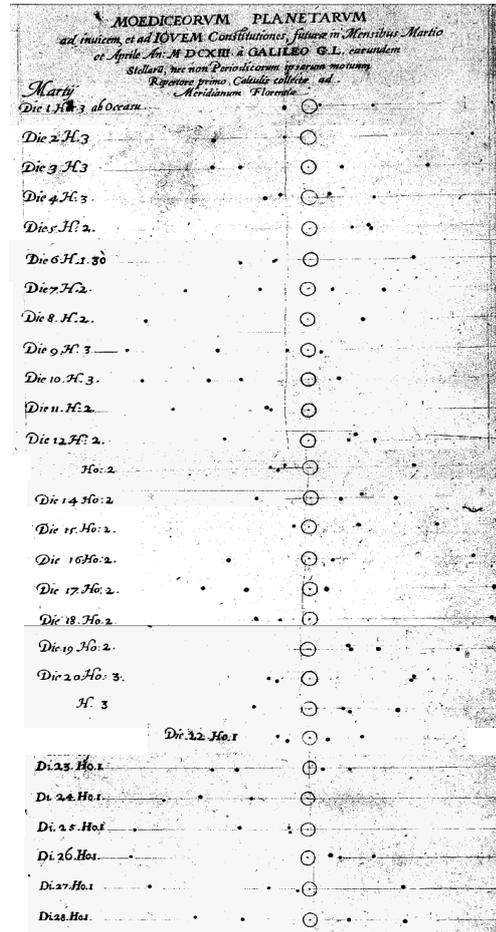


Fig 4 : série d'observations quotidiennes mars 1613

distance). L'unité de base est ainsi 2R, deux fois le rayon de la planète géante ! Il repère alors la position des satellites (fig. 2).

Notons que les indications horaires se réduisent à une précision d'une heure ; il ne disposait évidemment pas de "chronomètre", ce qui justifie cette méthode micrométrique [2].

Pour le mois de mars 1613, on peut ainsi constituer, par découpage de 3 pages, une série complète d'observations quotidiennes, (fig. 4), disponible sur le site de la BNF à l'adresse [8], pages 151, 153 et 155.

Déterminations des couples (périodes T/rayons a)

Au premier regard (fig. 5), les "trajectoires" de deux lunes apparaissent facilement dans ce diagramme {rayon, temps}: Callisto (d'amplitude maximale) et Ganymède dessinent deux sinusoïdes dont les périodes T et les amplitudes a se déterminent par lecture directe.

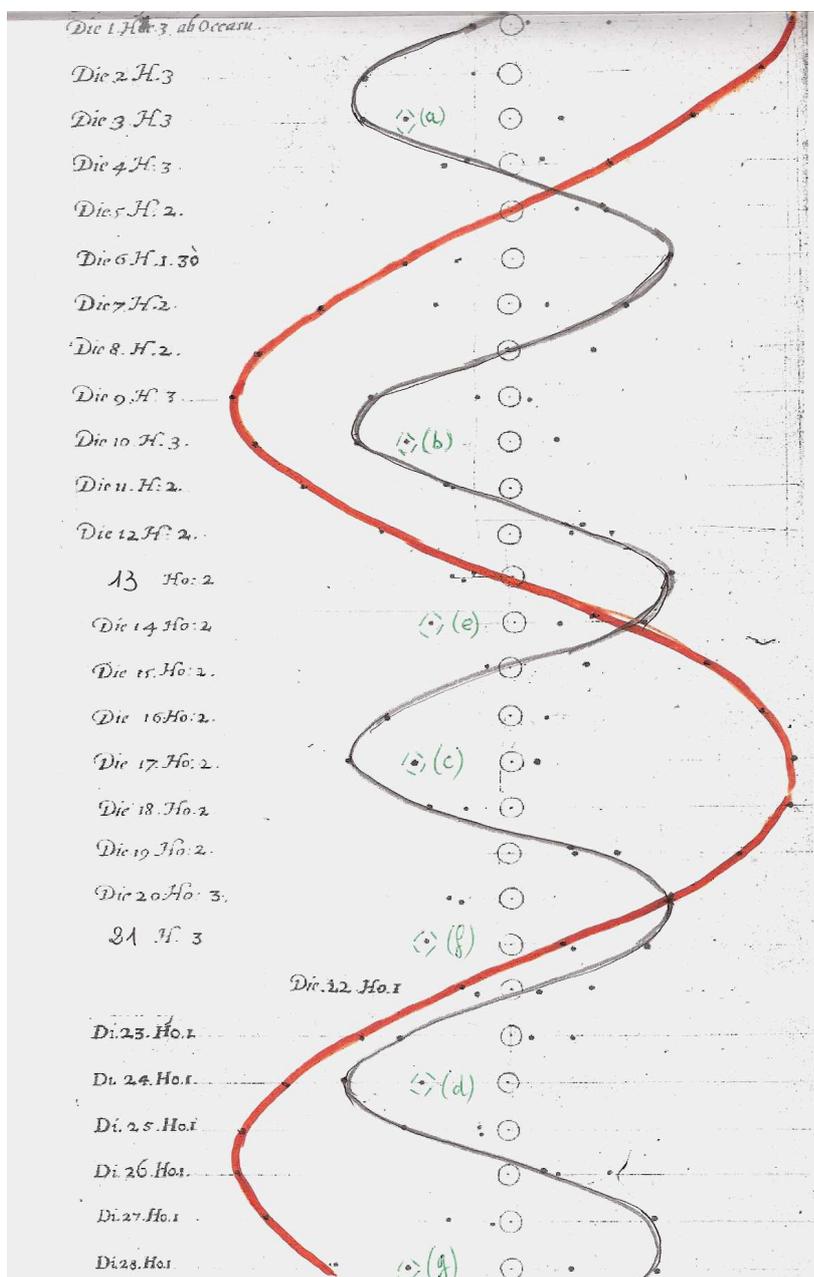


Fig 5 : Tracé des « sinusoïdes » du mouvement apparent de Callisto (en rouge), puis Ganymède

(a), (b), (c), (d), (e), (f) et (g). semblent correspondre à l'élongation maximale ouest d'Europe; il y a donc 7 périodes entre (a) et (g).

Notons que la valeur du rayon orbital a est mesurée par la valeur expérimentale la plus grande.

Satellite	T (jours)	a
Callisto	16,8	58
Ganymède	7,23	33
Europe	3,57	21

T est mesurée dans le référentiel Terre/Jupiter.

T est assimilée à une valeur sidérale...

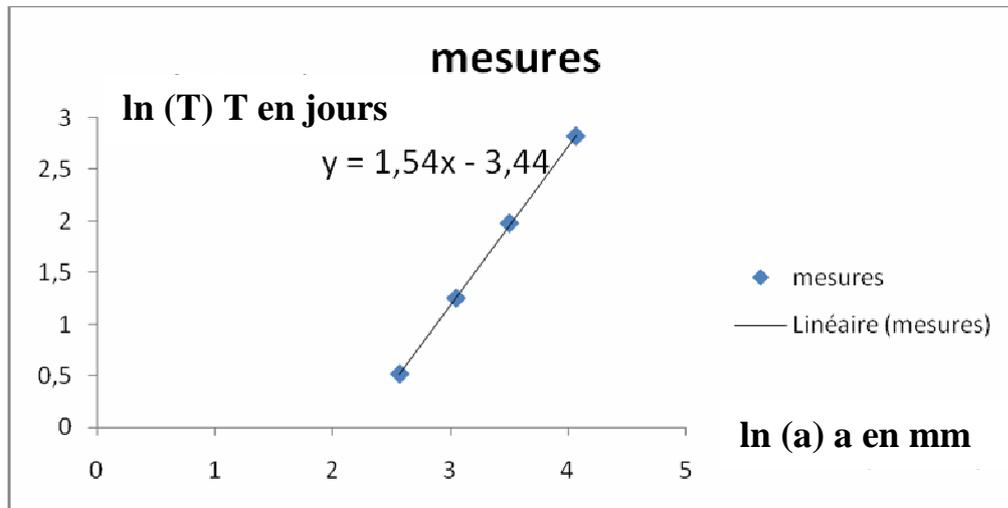
Les mouvements réels sont donc circulaires et uniformes, l'hypothèse elliptique de Kepler est inutile. Pour Europe, il est encore possible de faire la mesure de la période en repérant des élongations maximales. Pour Io, de rayon orbital minimum, aucune mesure sérieuse de T ne peut être envisagée.

Loi de Kepler sous forme logarithmique

Que peut-on faire de ces trois couples (rayon apparent a, période T) ?

L'histoire nous apprend que Kepler correspondait avec Galilée et que ce dernier avait reçu un exemplaire de l'"*astronomie nouvelle*" [3]. Il semblerait que Galilée avait retenu de cet ouvrage très mathématique l'idée copernicienne d'un Soleil central complétée par le caractère elliptique des trajectoires planétaires. La fameuse troisième loi de Kepler $T^2/a^3 = \text{constante}$ ne fut établie et publiée dans l'"*harmonie du monde*" que plus tard, vers 1618. Galilée aurait pu la vérifier expérimentalement ?

Pour le savoir, utilisons les logarithmes "inventés" par John Napier (1550-1617) quelques années auparavant. La troisième loi s'écrirait alors $\ln(T) = 3/2 \ln(a) + \text{constante}$. Proposons de tracer la relation expérimentale $\ln(T)$ en fonction de $\ln(a)$ avec les résultats des mesures précédentes (fig. 6).



Une relation linéaire de pente 1,54 apparaît soit un écart de 3% avec 3/2 la valeur attendue. Galilée aurait pu vérifier la troisième loi de Kepler.

Fig 6 : relation expérimentale entre $\ln(T)$ et $\ln(a)$. Le point correspondant à Io (2,56, 0,52) a été rajouté en calculant T par l'utilisation de la loi expérimentale établie pour Callisto, Ganymède et Europe et par la mesure de l'ordre de grandeur du rayon a, à partir de l'observation des élongations maximales.

Détermination de la masse de Jupiter à partir de données sur Callisto

Plusieurs dizaines d'années plus tard, après les travaux de Newton, la détermination des dimensions du système solaire et la mesure de la constante de gravitation universelle par Cavendish, il devenait possible de déterminer la masse de Jupiter :

$$T^2/a^3 = \text{constante} = 4\pi^2/(GM_{\text{Jupiter}})$$

En utilisant pour Callisto une valeur actuelle de $a = 1880 \cdot 10^6$ m et la période $T = 16,8$ jours (il faudrait utiliser la période sidérale, peu différente) mesurée avec les observations de Galilée on trouve 311 masses terrestres soit un écart de 2% avec la valeur en vigueur actuellement 317,9 masses terrestres [4]. Notons que l'incertitude relative sur la masse est deux fois celle sur la période.

Comparaison avec les valeurs récentes

La figure 7 montre que l'écart avec les valeurs modernes [4] est très faible (l'échelle des rayons étant de 58 mm pour $a_{\text{Callisto}} = 1880 \cdot 10^6$ m = $1,88 \cdot 10^9$ m).

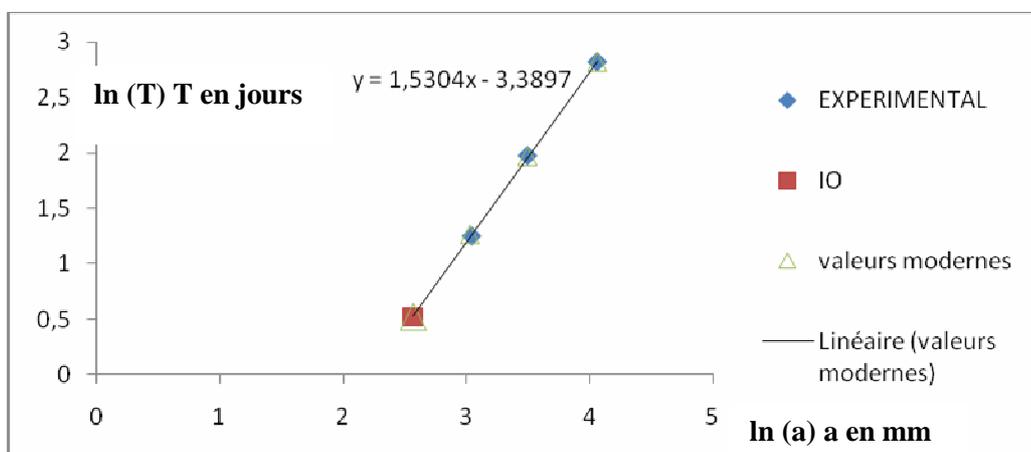
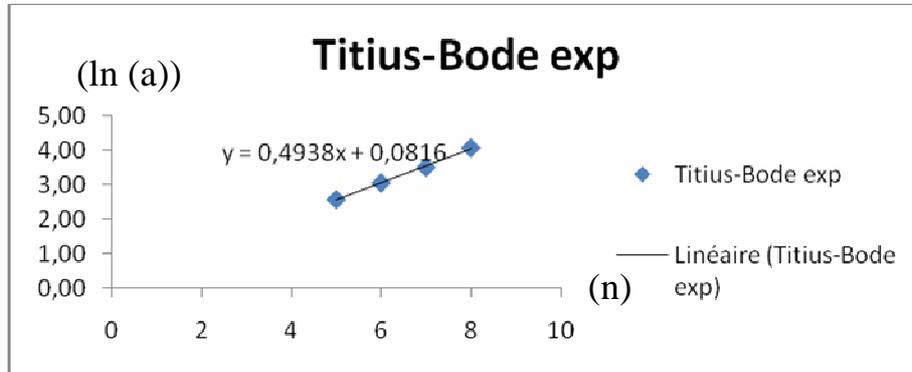


Fig 7 : superposition des relations expérimentales et des valeurs modernes de $\ln(T)$ en fonction de $\ln(a)$. Les "valeurs modernes" sont sidérales.

Loi de Titius-Bode

En examinant les valeurs de $\ln(a)$ obtenues expérimentalement (fig. 8) on constate qu'elles sont en relation simple avec un nombre entier n : $\ln(a) \approx 0,5 n$. Le rayon des orbites des quatre satellites galiléens suit donc une progression géométrique $a \approx \exp.(0,5 n)$. C'est la loi empirique de Bode (1747-1726), résultat secondaire du processus de formation du système jovien (ou solaire)[4]. Galilée ne semble pas l'avoir découverte ; Kepler y aurait vu une autre "harmonie du monde"...



$\ln(a)$	n
4,06	8
3,50	7
3,04	6
2,56	5

Fig 8 : Évolution du logarithme des rayons orbitaux a suivant une progression géométrique

Le Jovilab

Nous venons de voir à quel point les observations de Galilée sont précises et tout à fait cohérentes avec les données modernes. Elles lui ont permis d'établir des tables d'éphémérides de position des satellites médicéens qu'il a matérialisées par le "Jovilab" [9], sorte d'horloge astronomique jovienne sans mécanisme moteur (fig. 9).

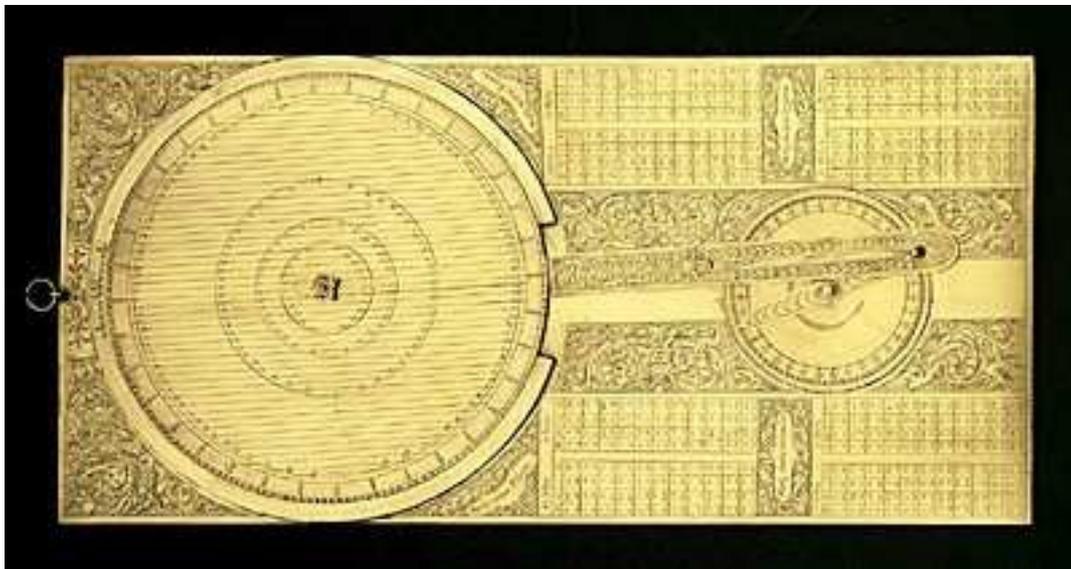
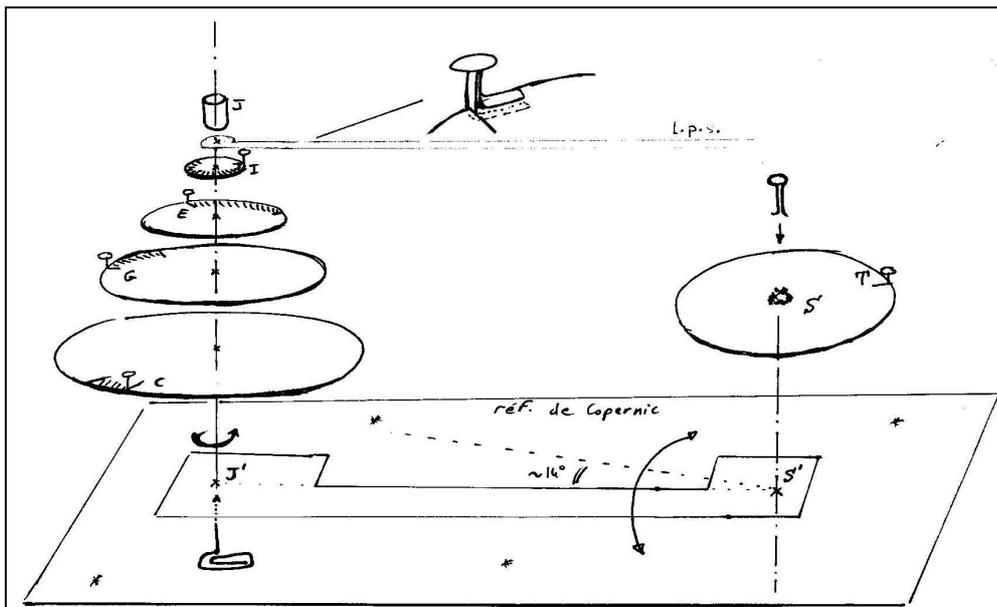


Figure 9 : [5]À gauche, Jupiter entouré de ces quatre satellites, à droite, le Soleil autour duquel orbite la Terre. Entre les deux, une tige rigide matérialisant la direction Terre -Jupiter.

Notre modeste réalisation en carton reste qualitative et diffère du Jovilab galiléen par la présence d'une simple languette plastique souple ("l.s.p.") permettant de matérialiser la direction Terre-Jupiter (fig. 10) en lieu et place d'une tige rigide visible sur le modèle original. D'autre part, on peut visualiser la révolution jovienne autour du Soleil par la présence d'un bras Jupiter-Soleil supplémentaire.



Diamètre des disques en mm	
Io	42
Europe	67
Ganymède	107
Callisto	188
Jupiter (bouchon)	14 mm

Secteur angulaire en ° / Jour	
Io	203
Europe	101
Ganymède	50,6
Callisto	21,6
longueur S'J' = 250 mm	

Fig 10 : variante cartonnée du jovilab

On ajoute une tige rigide S'J' permettant de matérialiser la révolution de Jupiter autour du Soleil et la « bielle » rigide Terre-Jupiter est remplacée par une languette plastique souple, mobile autour de l'axe JJ'. L'attache trombone pliée matérialisant l'axe J'J' glisse sur la base en carton matérialisant le référentiel de Copernic.

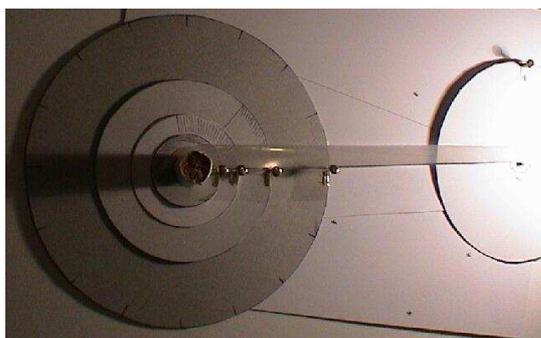
Les satellites et la Terre sont représentés par des attaches parisiennes pliées, solidaires des disques de carton, mais dépassant franchement de leur surface afin de porter une ombre.

Le tableau ci-dessus donne les dimensions de référence utilisées dans cette maquette. Sur chaque disque mobile médicéen, un secteur angulaire a été hachuré, pour figurer l'angle de rotation sidérale en un jour de temps terrestre. On pourra ainsi comparer les vitesses angulaires et les durées d'éclipse des différents satellites. De même, sur la base cartonnée (repère de Copernic) est dessiné un secteur angulaire d'environ 14° , représentant l'angle balayé par le rayon vecteur Soleil-Jupiter en 167 j environ soit 10 périodes sidérales de rotation de Callisto.

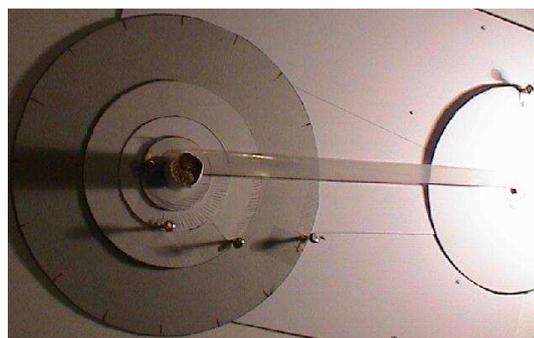
Les illustrations qui suivent permettent de montrer quelques-unes des nombreuses démonstrations réalisables avec ce dispositif. La languette plastique souple pourra aussi bien matérialiser la direction Jupiter-Soleil que Jupiter-Terre ou Jupiter-étoiles lointaines.



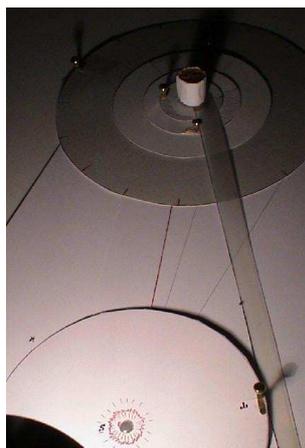
Fig 11 : réalisation pratique et mise en position par rapport à la lampe de bureau simulant le Soleil. Les ombres des satellites et de Jupiter sont visibles



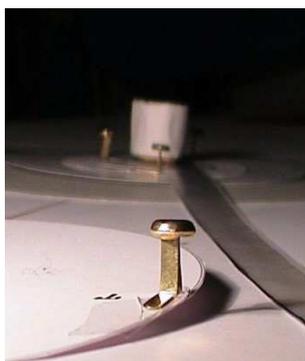
Les satellites prêts au départ...



Io a gagné la course angulaire mais est déjà éclipsé.



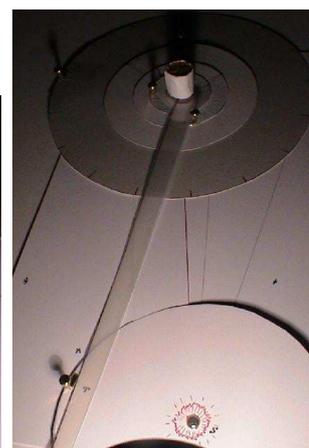
La Terre en quadrature Est



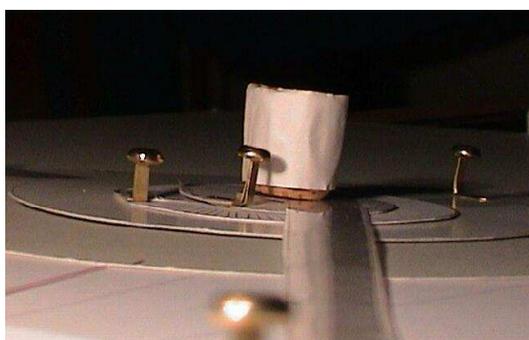
Europe passe devant Jupiter vu depuis la Terre



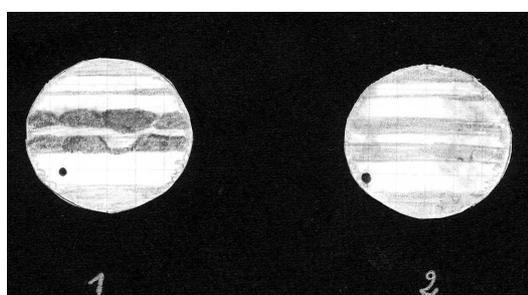
Europe ne passe pas devant Jupiter ... Et pourtant ...



... elle est dans la même position relativement à la ligne Soleil-Jupiter, mais la Terre est en quadrature Ouest



Io passe devant Jupiter, précédé de son ombre.



Deux observations de l'ombre d'Europe avec un télescope d'amateur de 100 mm, grossissement 112x. L'intervalle de temps vaut 12 min. (auteur)

Bien d'autres phénomènes peuvent être illustrés par ce jovialab simplifié : occultation d'un satellite qui passe derrière Jupiter, phénomènes mutuels...

On pourra estimer et comparer les ordres de grandeurs des durées d'éclipse ou de passage de l'ombre sur la planète (éclipse de Soleil sur Jupiter) comme les temps de passage dans la pénombre.

La différence entre les périodes synodique (par rapport au référentiel Soleil-Jupiter) et sidérale (référentiel Jupiter-étoiles) de Callisto ne se matérialise sur la maquette qu'au prix d'une accélération imaginaire d'un facteur 10 de la vitesse de révolution de Jupiter qui devient environ 14° pour 16,8 jours

Occultation :

Pour l'observateur, l'astre est caché par un autre astre (occultation d'une étoile par la Lune). Une éclipse de Soleil est en fait une occultation du Soleil par la Lune.

Éclipse :

L'astre passe dans le cône d'ombre d'un autre astre. Contrairement à l'occultation, ce phénomène est indépendant de la position de l'observateur

Conclusion :

Sur le mode interrogatif... Parmi les phénomènes occultation, passage d'un satellite devant la planète, alignements mutuels, éclipses diverses, quels sont ceux dont la date ne dépend pas, à priori, de la position de la Terre autour du Soleil ? Quels sont donc les événements qui peuvent servir de référence simple à une horloge universelle basée sur la période synodique ?

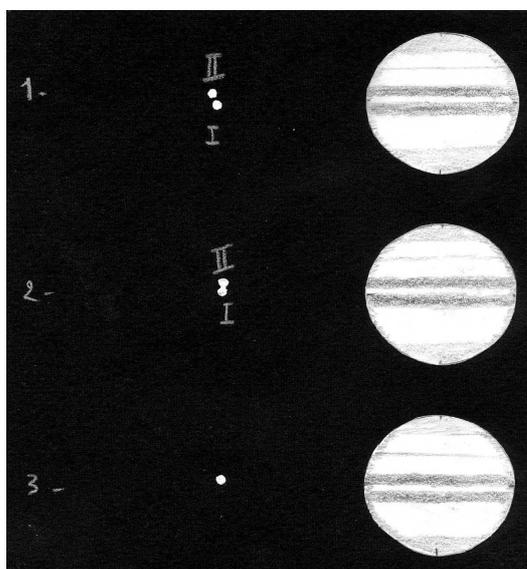
La réponse réside dans l'assimilation des phénomènes précédents (voir en fin de texte).

Plusieurs générations d'astronomes se sont succédées pour obtenir des éphémérides précises, bien que les mouvements soient quasi circulaires et uniformes. En particulier l'astronome Danois Römer, appelé à l'observatoire de Paris par Cassini (I) et Picard, se pencha sur le problème...

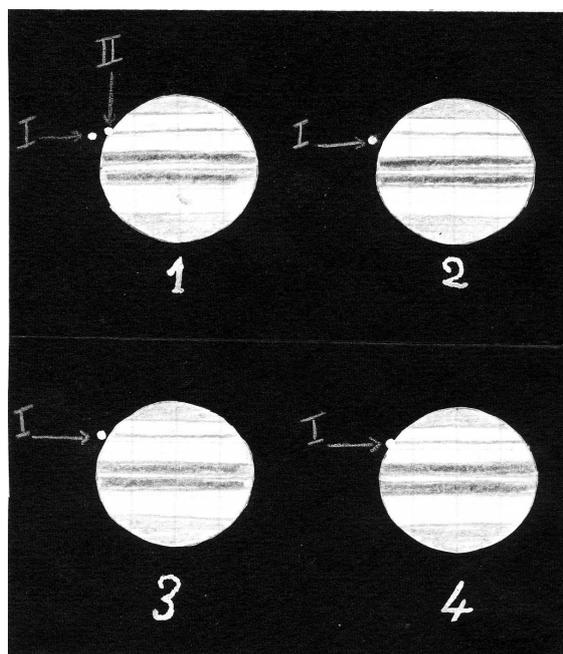
Et que découvrit-il en 1676 ?

Qu'il fallait tenir compte de la vitesse de la lumière ; mais c'est une autre histoire.

Laissons là Galilée, à ses rêves d'horloge-Jovialab, de casque-lunette "Celatone", de chaise d'observation antiroulis qui auraient pu lui amener la fortune auprès du roi d'Espagne.



*Occultation mutuelle d' Io et d'Europe.
Télescope d'amateur de 100 mm, grossissement
225x. L'intervalle de temps vaut 15 min. (auteur)*



*Occultations successives d' Io et d'Europe.
G=150 x, intervalle de temps 5 min. (auteur)*

L'horaire de ces phénomènes dépend directement de la position de la Terre.

Seuls les phénomènes d'éclipses en sont indépendants. Ils seront utilisés par Roemer pour mesurer la vitesse de la lumière.

[1] d'après Gorelli selon Istituto e Museo di Storia della Scienza à Florence.

[2] Jean Ripert Cahiers Clairaut n°25 été 84 p37 : "mesure de la masse de Jupiter avec un chronomètre."

[3] David Fossé, Ciel et Espace janvier 2009 n°464 p33, 34.

[4] bureau des longitudes "Les étoiles, Le système solaire" p60 et 80 Gauthier Villard 1979.

[5] site internet de l'IMSS. <http://www.imss.fi.it>

[7] <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b2600270n>

[8] Istoria e dimonstrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti : compresse in tre lettere (Galileo Galilei)

Pages 151, 153, 155 ; <http://visualiseur.bnf.fr/CadresFenetre?O=NUMM-51265&M=chemindefer>

[9] <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k94904n/f92.table>

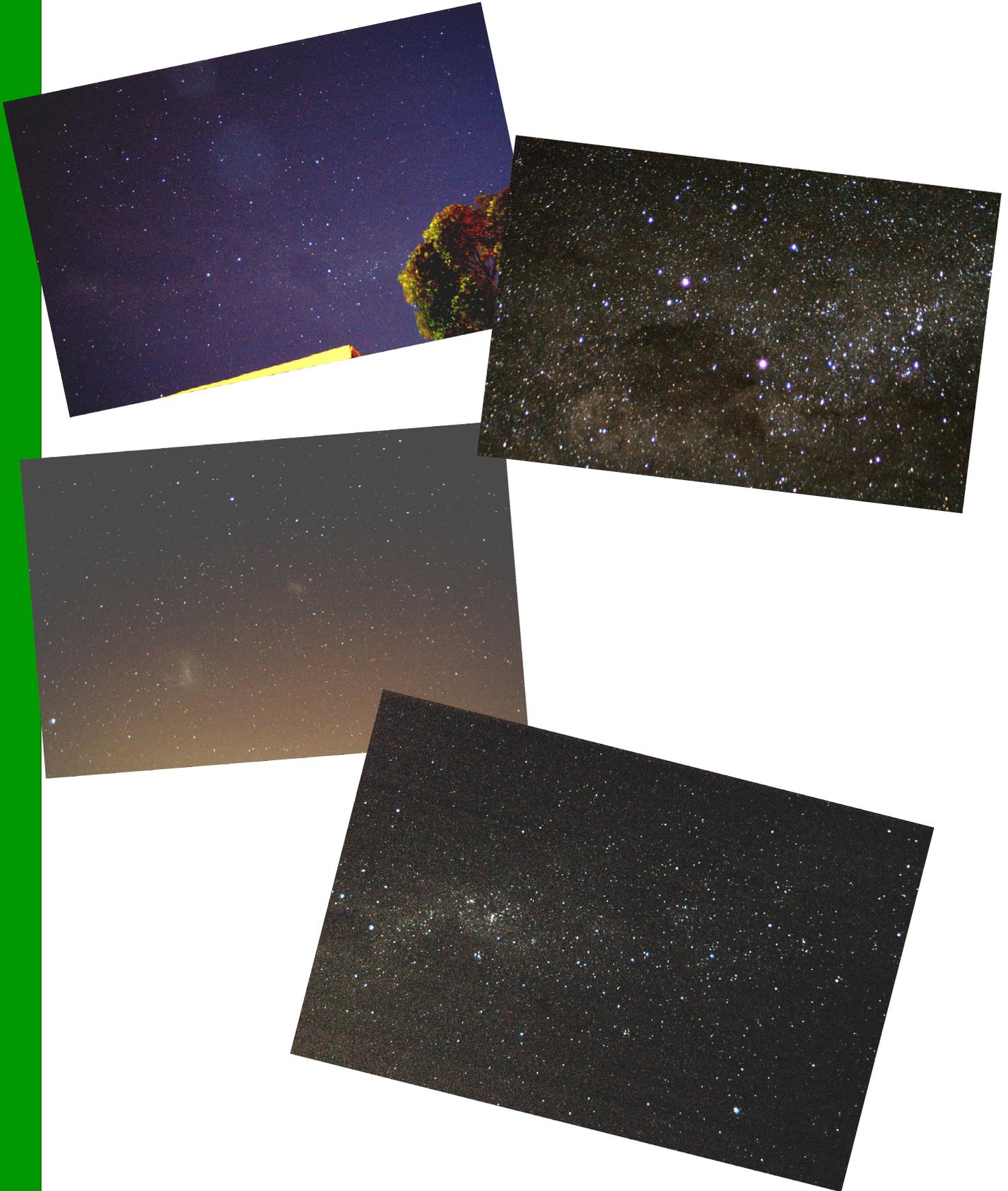
P475 et suivantes

[10] <http://imbase-scd-ulp.u-strasbg.fr/displayimage.php?album=47&pos=0>

[11] <http://gallica.bnf.fr/image?L=02600270&I=2>

THÈME : LE CIEL

À vos cartes, reconnaissez-vous ces constellations ?



Quelques définitions de base

Jean Ripert, Pradines

Constellation

Nom donné à un ensemble d'étoiles situées dans une même région du ciel. C'est un moyen simple que les hommes ont adopté pour se repérer dans le ciel. Ceci est vrai dans de nombreuses civilisations.

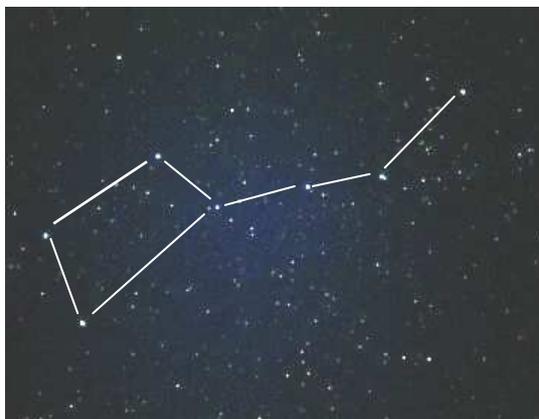
La plupart du temps, il n'existe aucun lien physique entre ces étoiles.



Si parfois la limite des constellations était assez mal définie, depuis 1930 l'Union Internationale d'Astronomie a fait un découpage du ciel en suivant des lignes d'égale ascension droite et d'égale déclinaison. Le ciel est ainsi décomposé en 88 constellations. Ptolémée en notait 48 dans l'Almageste.

Astérisme

C'est une figure réalisée en joignant par des segments de droite les étoiles les plus brillantes d'une région du ciel. Ainsi avec les sept étoiles les plus brillantes de la Grande Ourse, on dessine un "chariot" ou une "casserole" ou avec les cinq étoiles les plus brillantes de Cassiopée, on obtient un "W" ou encore le triangle de l'été.



Zodiaque

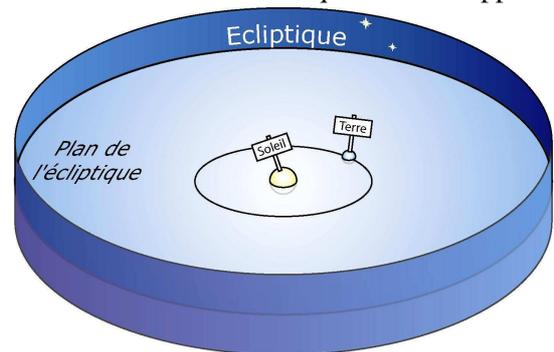
Comment se fait-il qu'au cours de l'année, ce ne sont pas toujours les mêmes constellations qui passent au Sud à minuit ? Eh oui le Soleil se déplace parmi les constellations. Il lui faut un an pour revenir dans la même position, il se déplace donc d'environ 1° par jour (360° en 365,256j). Ce mouvement s'explique par la révolution de la Terre autour du Soleil. Les constellations traversées par le Soleil sont les constellations du zodiaque. Il y en a treize. Ne pas oublier Ophiuchus (le Serpentaire), le Soleil y reste plus longtemps que dans le Scorpion.

Équateur céleste

Le plan équatorial terrestre coupe la sphère des fixes suivant un cercle qui est l'équateur céleste.

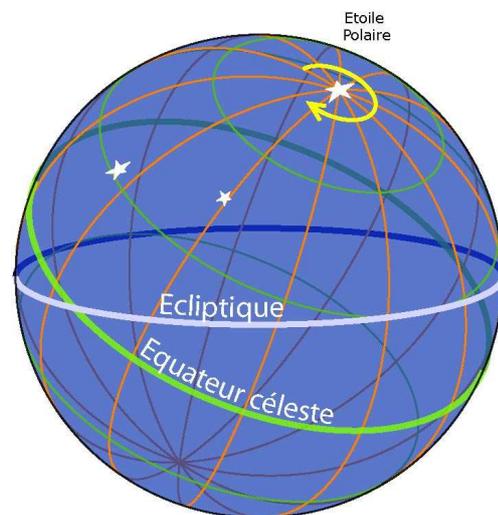
Écliptique

La ligne décrite par le Soleil à travers les constellations du zodiaque est appelée



écliptique.

Le plan de l'écliptique est incliné de $23^\circ 26'$ par rapport au plan équatorial.



La sphère céleste

Comment se repérer ?

Pour un observateur terrestre, il est intéressant de connaître la position des points cardinaux.

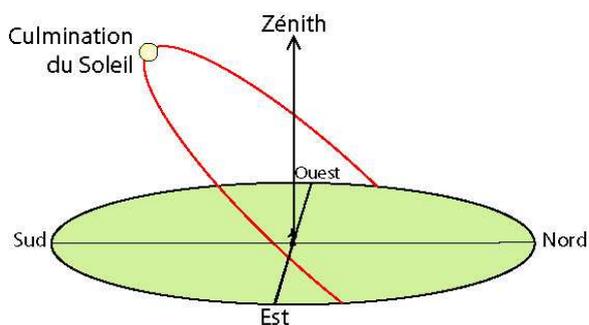
L'Ouest et l'Est c'est facile : le Soleil se couche à l'Ouest et se lève à l'Est. Eh bien non, ceci n'est vrai que deux jours par an, les jours d'équinoxe, et ce quelle que soit la latitude du lieu d'observation, à condition de ne pas être aux Pôles (ce qui arrive assez rarement à chacun d'entre nous).

Puisque l'Est et l'Ouest ne sont pas facilement accessibles, essayons côtés Nord et Sud. Comment repérer la direction du Nord ?

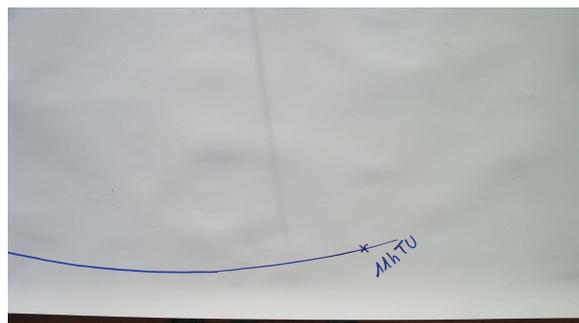
La nuit, il suffit de retrouver la Polaire (α Ursae Minoris). C'est vrai qu'elle n'est pas tout à fait au Pôle Nord céleste⁽¹⁾, mais on s'en contentera.

Si vous mesurez la hauteur h de la Polaire (angle de la direction de l'étoile avec l'horizon), vous déterminerez la latitude ϕ de votre lieu d'observation.

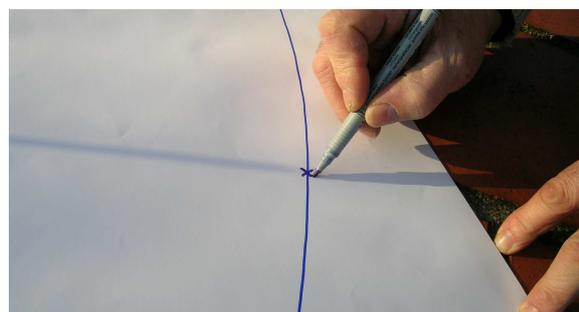
Le jour, il suffit d'observer le Soleil, ou plus simplement l'ombre sur un plan horizontal d'une tige verticale. Quand l'ombre est la plus courte, le Soleil est au plus haut dans le ciel, il culmine en passant au Sud. Il est alors midi solaire (ne pas confondre culmination et zénith⁽²⁾).



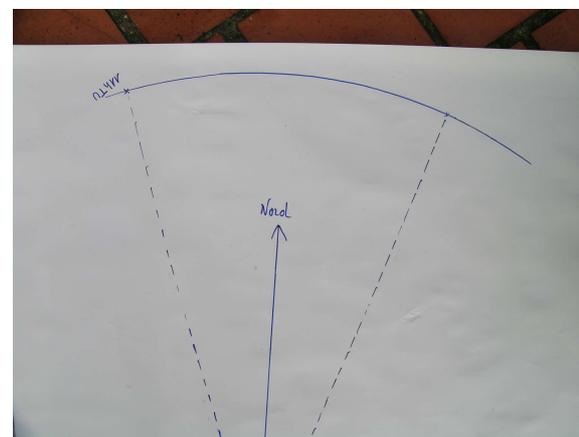
Comme il n'est pas facile de repérer l'ombre la plus courte (et surtout d'attendre), il est possible de repérer la longueur L de l'ombre une ou deux heures avant le midi solaire.



Puis deux ou quatre heures après le premier relevé, de repérer l'ombre quand elle coupe l'arc de cercle de rayon L , centré sur la base de la tige verticale.



La bissectrice de l'angle obtenu donne la direction Nord-Sud, le Sud étant vers le Soleil. Vous avez ainsi déterminé le **méridien** du lieu d'observation.



(1) en effet sa déclinaison n'est pas de 90° mais de $89^\circ 18' 10''$ (2009) soit à $41' 50''$ du Pôle (cela fait tout de même environ 1,4 diamètre lunaire)

(2) **Zénith**, c'est le point de la voûte céleste qui se trouve à la verticale au-dessus du lieu d'observation. Le **Nadir**, de l'arabe "nazir" : "opposé" se trouve donc à la verticale sous nos pieds. ■

Légendes des constellations du zodiaque

Danièle Maurel, Orléans

Résumé : *D'où viennent les noms des constellations du zodiaque ? Le texte permet de revisiter la civilisation grecque et ses légendes.*

Introduction

Le mot **zodiaque** signifie en grec "**le cercle des êtres vivants**".

Le Zodiaque est la zone de la sphère céleste dans laquelle se déplacent le Soleil et les planètes pour un observateur terrestre. Historiquement, il a été divisé en 12 régions appelées "constellations du zodiaque", d'inégales largeurs ; en fait il en existe une 13^e : Ophiuchus ou le Serpenteaire.

ATTENTION : NE PAS CONFONDRE les **constellations astronomiques** du zodiaque avec les "**signes astrologiques**" du zodiaque.

L'astrologie existe depuis l'époque des Babyloniens (sans doute vers le III^e millénaire avant notre ère).

Les Grecs, eux, vers 330 avant J.C., convaincus de la nature divinatoire de l'astrologie chaldéenne, divisent cette zone du ciel en 12 signes, ceux-ci exactement de même largeur, dits "signes du zodiaque".

Ptolémée, vers 160 après J.C., en parallèle à l'ALMAGESTE, ouvrage d'astronomie, publie la Tétrabible qui reste, 18 siècles plus tard, la « bible » des astrologues d'aujourd'hui, alors que le Soleil ne "parcourt" plus les mêmes constellations aux mêmes dates, à cause du mouvement de précession des équinoxes.

1- Le BÉLIER

C'est la première constellation dans laquelle "pénètre" le Soleil à l'équinoxe du printemps à l'époque de Ptolémée (actuellement le 20 mars). Encore une fois, ce n'est plus le cas aujourd'hui, puisque le Soleil ce jour-là est, de nos jours, dans la première partie de la constellation des Poissons.

La légende du Bélier provient de *Dionysos* (*Bacchus* chez les Romains), dieu de la vigne et du vin. Alors que le dieu conduit son armée en Inde à travers les déserts arides de la Lybie, où l'eau manque cruellement, un bélier lui indique une oasis. Près de la source à laquelle se désaltèrent les membres de son cortège, *Dionysos* élève un sanctuaire à l'animal et demande à *Zeus* (*Jupiter*) de l'accueillir parmi les constellations.

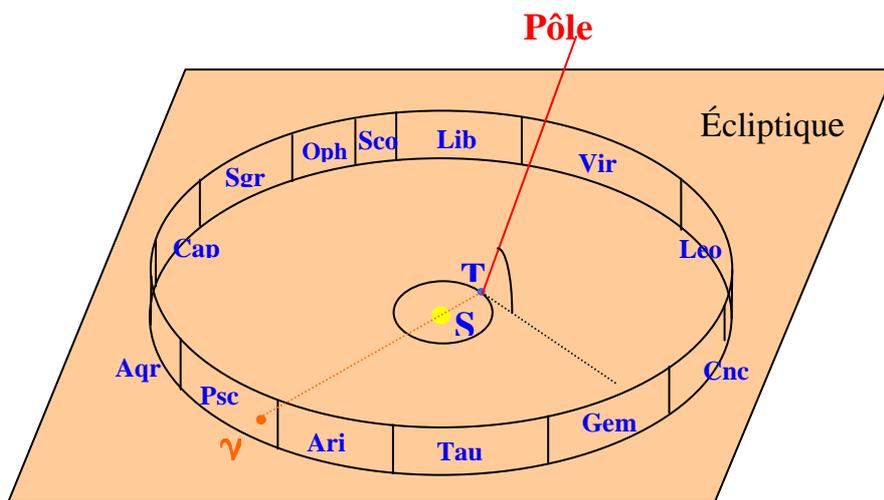
2- Le TAUREAU

C'est l'une des *métamorphoses* de *Zeus* : il est l'animal, sous l'apparence duquel le dieu enlève *Europe*, la fille du roi Agénor de Sidon, qu'il emporte ensuite en Crète. C'est là que *Zeus* ayant repris son apparence divine, s'unira à *Europe* et de cette union naîtront trois fils, dont *Minos* qui deviendra le roi de Crète.

3- Les GÉMEAUX

Il est généralement admis qu'il s'agit de *Castor & Pollux*, qui, entre tous les frères, sont unis par une affection à toute épreuve. Leurs qualités et notamment leur dévouement envers les marins contre les pirates, leur valent d'être placés parmi les étoiles.

Pollux est le fils de *Zeus* et de *Léda*, femme de *Tyndare*, roi de Lacédémone. C'est en se métamorphosant en *cygne* qu'il s'approchera de *Léda*. *Castor*, lui, est le fils légitime (et donc mortel) de *Léda* et *Tyndare*. Mais les deux frères reçoivent le privilège après leur mort, de partager leur immortalité un jour aux Enfers et un jour parmi les dieux.



Poissons	11 mars
Bélier	18 avril
Taureau	13 mai
Gémeaux	21 juin
Cancer	20 juillet
Lion	10 août
Vierge	16 septembre
Balance	30 octobre
Scorpion	22 novembre
Ophiuchus	29 novembre
Sagittaire	18 décembre
Capricorne	20 janvier
Verseau	16 février
	11 mars

Passage du Soleil dans les constellations du Zodiaque. Les dates sont données pour 2008-2009. Elles peuvent varier d'un jour d'une année à l'autre.

4- Le **CANCER** (ou Le **CRABE** ou L' **ÉCREVISSE**)

C'est lui qui vient au secours de l'Hydre de Lerne, alors qu' **Héraclès** (*Hercule*) s'efforce de la tuer. L'animal s'attaque si fort à ses jambes qu' Héraclès juge plus difficile de se débarrasser de lui que de l'Hydre. **Héra** (*Junon*), femme de Zeus, qui l'a envoyé, l'estime alors digne de paraître parmi les constellations.

5- Le **LION**

Celui-ci est également un bienfait de la déesse **Héra**. Il est le fauve redoutable de la forêt de Némée, ville d'Argolide, qu' **Héraclès** arrive à tuer et dont il revêt la peau. Héra qui n'en déteste que davantage le fils de Zeus et d'Alcmène, honore cet animal de la dignité céleste. On prétend que Zeus place le Lion dans le ciel parce qu'il est le "premier" des animaux, et son étoile principale s'appelle Régulus, mot qui en latin signifie "petit roi".

6- La **VIERGE**

Les auteurs grecs ne semblent pas d'accord. Elle peut représenter **Déméter** (*Cérès*) la déesse de la terre fertile, du blé et des moissons, son étoile principale se nommant Spica ou l'Épi. On l'identifie aussi à Astrée, fille de Zeus et de Thémis, personnifiant la justice.

7- La **BALANCE**

C'est l'attribut de Thémis, déesse de la justice mais c'est Stathmochos, empreint d'une grande justice et premier homme à définir les poids d'une

balance (objet jugé utile), qu'on identifie à cette constellation.

8- Le **SCORPION**

Lorsqu' **Orion**, le grand chasseur, tente de violer **Artémis** (*Diane*), la déesse de la chasse, celle-ci envoie sous ses pieds un scorpion. L'animal pique mortellement Orion et Zeus intervient en fixant le Scorpion et sa victime parmi les astres mais diamétralement opposés, de façon à ce que plus jamais ils ne puissent se rencontrer.

9 **OPHIUCHUS** ou le **SERPENTAIRE**

Le Serpentaire Ophiuchus, autre géant mythique de la voûte céleste, a sa tête située au voisinage de celle d' Hercule et voici en deux mots sa légende : il s'agirait d'**Asclépios** (*Esculape*), le dieu de la médecine ! Tout jeune déjà, il excellait dans l'art de découvrir les plantes qui guérissent. Un jour, alors qu'il herborisait, il dû assommer un *serpent* menaçant. Mais quelle surprise alors ! Il vit s'approcher un autre serpent : le reptile tenait dans sa bouche une herbe qui ranima son congénère.

Bien sûr, Asclépios observa attentivement la plante et en fit une belle réserve, avec laquelle il put soigner et guérir de nombreux humains. Dès lors, le serpent devint son animal préféré, et *le "caducée"*, formé d'un bâton sur lequel s'enroulent deux serpents, est devenu le symbole de la médecine... On prétend même qu'Asclépios parvint à ressusciter bon nombre de mortels. Hélas, si le talent de médecin de notre héros faisait merveille parmi les humains, **Hadès** (*Pluton*), le dieu des morts, voyait la chose d'un

autre oeil : inquiet de ne plus voir arriver quiconque aux enfers, il se sentait bien inutile !

Il s'en plaint bientôt à Jupiter... Ainsi fut-il décidé qu'Asclépios disparaîtrait du monde terrestre pour vivre son immortalité parmi les étoiles : c'est là que nous le retrouvons, corps massif et trapu, empoignant de ses bras vigoureux le corps d'un serpent gigantesque...(voir le site internet du C.L.E.A. : www.clea-astro.eu ciel et légendes)

10- Le SAGITTAIRE

Pour certains, il s'agit de *Chiron*, le plus sage, le plus généreux et le plus juste des Centaures (monstres mi-homme mi-cheval). Tué involontairement par *Héraclès*, il est, lui aussi, placé par Zeus parmi les étoiles.

11- Le CAPRICORNE

Il s'agit du dieu Pan : à l'époque où les dieux sont en guerre avec *Typhon*, créature mi-homme mi-

bête, Pan prend l'apparence d'un bouc et réussit à échapper au monstre. Après la défaite de ce dernier, Zeus "accroche" Pan dans le ciel, marquant ainsi combien il a admiré sa ruse.

Pour d'autres, ce serait la chèvre *Amalthée* dont Zeus, enfant, but le lait sur le mont Ida, en Crète.

12- Le VERSEAU

Il correspond à *Ganymède* qui était le plus beau des mortels et de ce fait, fut enlevé par Zeus pour en faire *l'échanson* des dieux. Il remplaça ainsi Hébé pour servir le nectar et l'ambrosie aux divinités de l'Olympe.

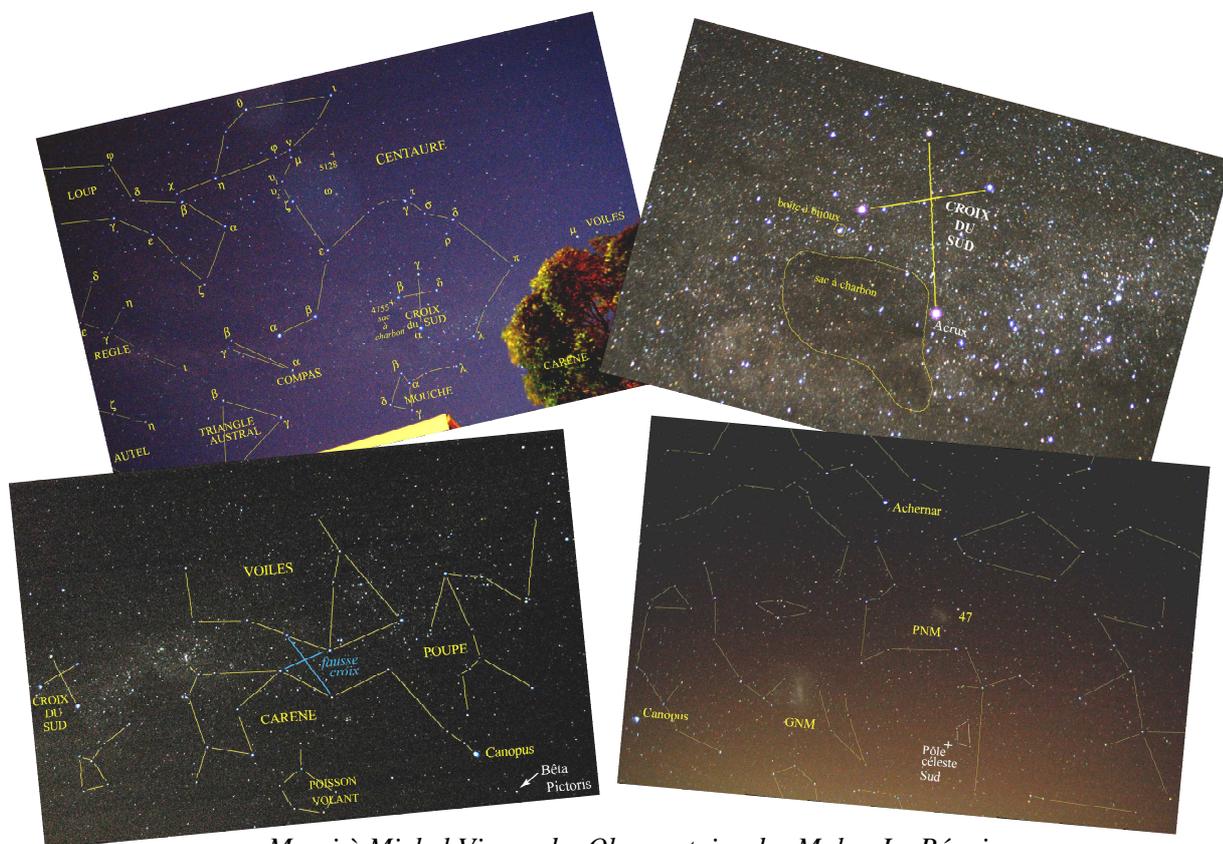
13- Les POISSONS

Pour échapper eux aussi à Typhon, la déesse *Aphrodite* (*Vénus*) et son fils, le dieu *Eros* (*Cupidon*) se jettent dans le fleuve Euphrate, où ils sont métamorphosés en poissons

Références :

"L'ASTROLOGIE" de Daniel KUNTH et Philippe ZARKA Éditions : PUF "Que sais-je?"

"Dictionnaire de Mythologie grecque et romaine" (sous la direction de René Martin) Éditions : Nathan. ■



Merci à Michel Vignand – Observatoire des Makes La Réunion
Retrouvez ces images sur le site www.clea-astro.eu

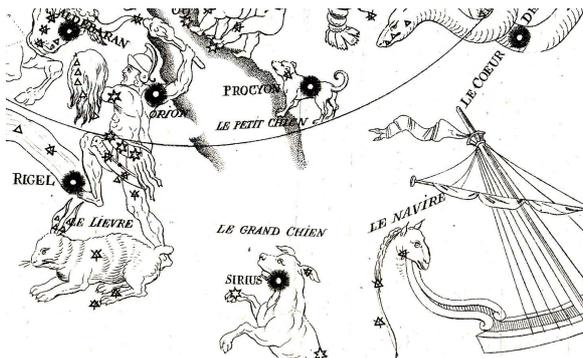
D'où viennent nos 88 constellations ?

Pierre Causeret, Esbarres

L'origine de nos noms de constellations est très ancienne. On a retrouvé en Arménie sur des dalles datant du 4^e millénaire avant notre ère des représentations du Cygne, du Taureau ou du Lion. Les Babyloniens utilisaient déjà une bonne partie des constellations attribuées ensuite aux Grecs, en particulier celles du zodiaque. Voici un résumé des principales étapes qui nous ont amenés à celles que l'on utilise aujourd'hui.

Au IV^e siècle avant notre ère, le poète grec Aratos écrit "Les phénomènes" comprenant une description des constellations qui suit le premier catalogue d'étoiles d'Eudoxe de Cnide. Voici par exemple ce qu'il dit de Cassiopée : " *De même qu'une clef insinue ses dents de fer et ébranle les pènes d'une double porte verrouillée de l'intérieur, de même sont disposées ses étoiles*".

Au II^e siècle de notre ère, Ptolémée recense dans son Almageste 1 028 étoiles réparties en 48 constellations, reprenant en bonne partie le catalogue d'Hipparque. On utilise toujours 47 d'entre elles, le navire Argo ayant été découpé au XVIII^e siècle en trois parties (Carène, Poupe, Voiles).



Etude du ciel de J. Mollet, 1803

Carte du ciel de 1803. Curieusement, les constellations sont encore dessinées à l'envers, vues de l'extérieur de la voûte céleste, et le Navire est représenté à droite.

En 960, l'astronome arabe Al Sufi dessine de superbes cartes des différentes constellations de Ptolémée. Les étoiles y sont nommées en fonction de leur position dans la constellation. Ces noms nous parviendront en particulier grâce aux astrolabes.

En 1603, Bayer publie l'Uranometria et ajoute douze nouvelles constellations provenant principalement des navigateurs Keyser et Houtman (Grue, Oiseau de Paradis, Toucan...).

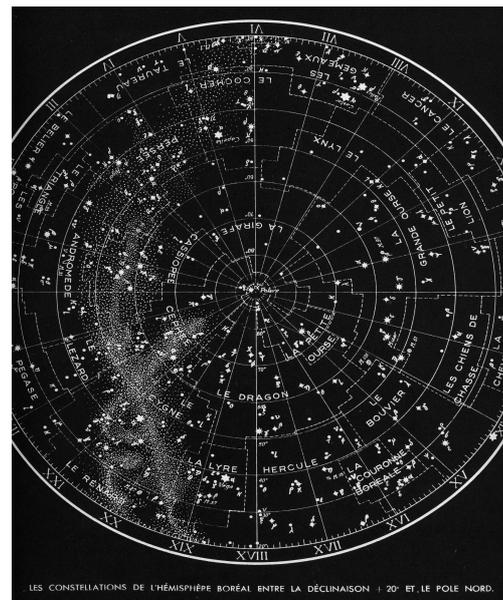
Dans la suite du XVII^e, plus de vingt nouvelles constellations sont proposées, principalement par Hevelius, situées surtout dans l'hémisphère nord (Chiens de Chasse, Léopard, Petit Lion, etc.).

Au XVIII^e siècle, La Caille étudie le ciel de l'hémisphère sud depuis le Cap de Bonne Espérance et propose une vingtaine de nouvelles

constellations aux noms parfois peu poétiques : Machine Pneumatique, Réticule, Octant, Microscope ...

Enfin en 1922, l'Union Astronomique Internationale adopte officiellement les 88 constellations que l'on utilise aujourd'hui et en 1930 les frontières de chacune d'elles sont définies de manière précise en arc de méridiens et de parallèles. Ces frontières essaient de suivre les anciens dessins. Une étoile ne peut appartenir qu'à une seule constellation. Sirrah par exemple, une des étoiles qui forme le carré de Pégase, appartient à Andromède et non plus à Pégase. Les limites des constellations ont été définies en fonction de la position du pôle nord céleste de 1875. La précession des équinoxes l'a déplacé de presque 1° ce qui fait que ces frontières semblent ne pas suivre exactement les parallèles ou les méridiens actuels.

Au niveau international, une constellation est désignée par son nom latin ou son abréviation en trois lettres. La Grande Ourse est Ursa Major ou UMa. On a intérêt à connaître ces noms car les catalogues classent les constellations dans l'ordre alphabétique des noms latins.



Extrait de l'astronomie de L. Rudaux et G de Vauconleurs, 1948

Carte du ciel de 1948. On y voit les contours des constellations, fixés peu de temps auparavant.

La Croix du Sud

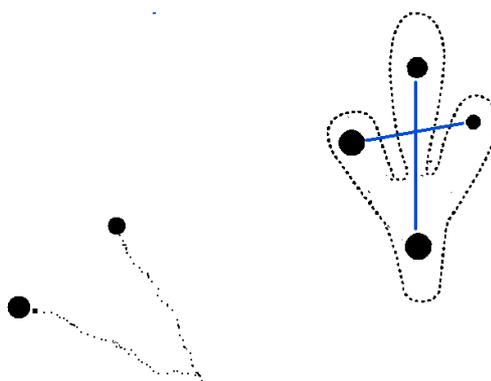
Francis Berthomieu, Ampus (Var)

Résumé : *Nous ne pouvons publier un dossier « Constellations » sans aborder l'inépuisable sujet des mythes et légendes qui leurs sont associés. Pour ne pas rester dans le domaine classique de notre propre ciel et des légendes occidentales, c'est vers la plus petite des constellations officielles que je me suis tourné : la Croix du Sud. Légendes indiennes ou aborigènes seront au rendez-vous !*

Il semblerait que la « Croix du Sud » doive son nom à Magellan, qui l'aurait ainsi désignée dans le récit de son voyage de 1505 vers le sud du continent américain. Et c'est bien dans le sud de la Patagonie que se déroulera notre premier récit. Imaginez le paysage : d'immenses plaines herbeuses, à perte de vue, un ciel plus grand que n'importe où dans le monde, puisque la ligne d'horizon est inévitablement plane, des animaux que l'on peut ainsi repérer de loin, aucune cachette naturelle ... Les habitants, Tehuelches, Araucanes, Mocovies, Onas, sont des chasseurs. Leur arme favorite : les « boleadoras ». Il s'agit de deux ou trois pierres sphériques de quelques centimètres de diamètre, gainées de cuir et reliées entre elles par des lanières tressées. Comme avec une fronde, le chasseur fait tournoyer les boules au dessus de sa tête, lance l'engin vers les pattes de sa victime. Les lanières s'y enroulent et les boules de pierre ligotent l'animal, immobilisé puis capturé. La victime de prédilection est le ñandu, l'autruche sud américaine.

Ce soir là, la pluie vient de cesser. Un bel arc-en-ciel s'épanouit à l'horizon Est, tandis que le Soleil lentement décline. Et voici Nemec, le cacique de la tribu. Il a repéré de loin le Grand Ñandu, le « Choike ». Il a décidé de s'en emparer car depuis des jours et des jours, ce grand oiseau ne cesse de déjouer ses pièges, comme s'il pressentait la présence des humains. La poursuite est impitoyable. Selon une technique immuable, Nemec et ses hommes se sont disposés en cercle et se rapprochent peu à peu du Choike qui court en zigzaguant adroitement et se dirige vers une zone de maquis. Les buissons y sont un peu plus épais et interdisent l'usage des « boleadoras ». Nemec pointe son arc, mais ses flèches sont déviées par le vent. Le Choike réussit à franchir le cercle de ses assaillants et s'enfuit à toutes pattes vers le sommet de la colline. On peut voir se profiler sous le grand arc-en-ciel un étrange défilé : Le Choike est en tête, suivi de près par

Nemec, qui fait tournoyer ses « boleadoras ». Derrière lui, la cohorte des chasseurs s'étire peu à peu, au gré des résistances aux fatigues de la course. Mais voilà que se produit une chose incroyable : le ñandu soudain étend ses ailes, se jette dans l'immensité du ciel et ... poursuit miraculeusement sa course en suivant la courbe de l'arc-en-ciel. Les chasseurs s'immobilisent stupéfaits. C'est l'instant décisif : Nemec réagit le premier. Il fait virevolter son arme au dessus de sa tête, de plus en plus fort, de plus en plus vite. Les deux boules tournoient, tournoient, les voilà lancées... Mais l'autruche fait soudain un brusque pas de côté, évitant de justesse le projectile mais laissant pour toujours la trace de son pied gravée dans le ciel : c'est « l'empreinte du Choike », les trois doigts de son pied, cet astérisme que nous appelons « la Croix du Sud ». Quant aux deux boules sphériques des « boleadoras » de Nemec, elles ne sont jamais retombées sur terre : on les retrouve dans le ciel austral : ce sont les étoiles brillantes voisines, Alpha et Béta du Centaure...



On retrouve des variantes de cette histoire tout le long de la Cordillère des Andes, du Sud de la Patagonie au Nord du Chili : il y a toujours le ñandu, et les chasseurs qui le poursuivent, parfois accompagnés de leurs chiens. Et les étoiles de la Croix du Sud sont aussi omniprésentes...

Remontons un peu, en Patagonie septentrionale, à la latitude de Buenos-Aires. On trouve là de belles légendes où chasseurs et autruches ont encore le rôle principal. Les chasseurs sont parfois représentés par les innombrables étoiles de la Voie Lactée. Mais surprise ! L'autruche est ici visible dans le ciel, et plus seulement son empreinte. Le corps de l'animal n'est autre que le « Sac à charbon », cette nébuleuse obscure constituée par un nuage de poussière galactique et qui borde la « Croix ». Mieux encore : on trouve dans ces parages deux petits « nuages », ceux de Magellan, qui sont ... les tas de plumes des animaux capturés...

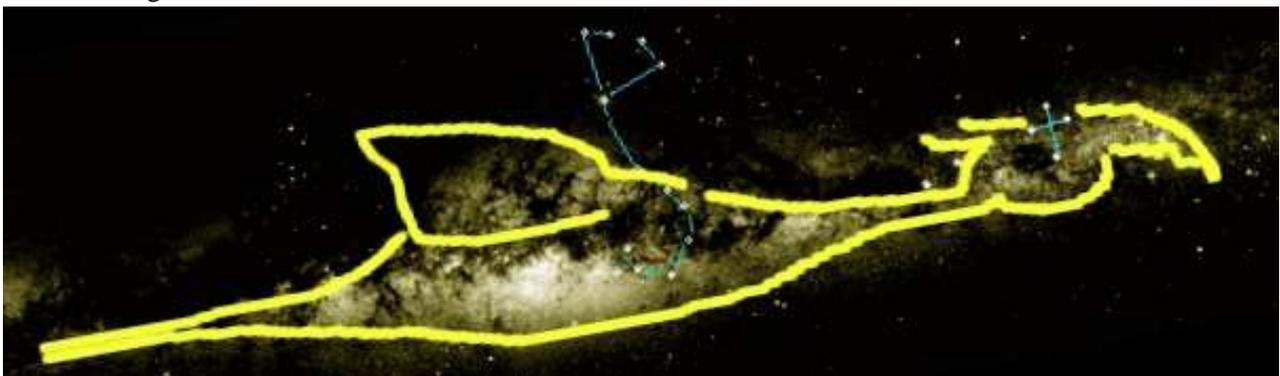
Chez les indiens Guaranies, le Grand Ñandu est plutôt inquiétant : c'est un oiseau géant qui aurait dévoré l'humanité depuis longtemps si Tupa, l'être suprême ami des hommes, n'avait pris la peine de lui laisser dans le ciel de grandes réserves de nourriture, judicieusement placées dans quelques zones de la Voie Lactée. L'une d'elle est le fameux « Sac à charbon ». Une autre est déjà épuisée. Gare à l'humanité quand toutes ces réserves seront achevées : le Grand Ñandu fondra alors sur la Terre et ce sera la fin du monde !

Si nous gagnons le Pérou, voici une nouvelle image : l'autruche n'est autre qu'une grande zone de la Voie Lactée : la « Croix du Sud » figure la tête, le cou commence vers le « Sac à charbon » et se poursuit vers le Scorpion. Le tracé s'élargit ensuite au niveau de la

constellation d'Ophiuchus pour dessiner corps et ailes, et les pattes, étendues comme le sont celles de l'autruche lors d'une course effrénée, se tracent dans le bandeau lumineux de la Galaxie...

Et c'est maintenant que je dois vous emmener plus loin encore, en Australie, où les aborigènes vénèrent depuis des millénaires un grand émeu Céleste. Ce bel oiseau est pour eux tout un symbole : comme c'est le mâle qui couve les œufs, il joue ainsi un rôle aussi vital que celui des « anciens », chargés dans le groupe de l'initiation des jeunes garçons ! Et où se cache donc cet émeu céleste ? C'est une ombre, ensemble de taches sombres ou lumineuses dessinées sur le fond de la Voie lactée. La tête de l'émeu est, là aussi, située vers le « Sac à charbon », son cou s'étire ensuite en passant par Alpha et Béta du Centaure, et son corps se termine un niveau de la constellation du Scorpion. Étrange coïncidence qui fait se rencontrer ces deux beaux oiseaux dans l'imaginaire de peuples aussi éloignés géographiquement !

Une remarque pour conclure : il faut avoir vu le ciel de la nuit patagonne, celui du bush australien, ou celui qui, même par une nuit sans Lune, illumine littéralement la plaine péruvienne entre Cordillère Blanche et Cordillère Noire, pour comprendre que l'on ait pu dessiner ces « constellations noires » dans les lueurs de cette Voie Lactée, que nous avons hélas si rarement l'occasion d'admirer chez nous dans toute sa splendeur à cause de la pollution lumineuse.



Coup d'œil sur le ciel

- A.** - Quelles sont les 5 étoiles les plus brillantes du ciel (en totalité) ?
- B.** - Quelles sont les deux étoiles qui ont le plus grand déplacement parmi les autres ?
- C.** - Alpha UMi est appelée Polaire, quel est son autre nom ?
- D.** - Quelle est l'étoile connue ayant le plus grand diamètre ? (réponses p 21, 25) **JR**

AVEC NOS ÉLÈVES

Constellations en 3D (et même 4D !)

Francis Berthomieu, Ampus (Var)

Résumé : Dans le numéro 115 des Cahiers Clairaut, Jean Noël Terry écrivait : « On connaît l'apparence de la grande Ourse, il y a 100 000 ans et dans 100 000 ans ». Titillé par cette affirmation, j'ai cherché un moyen de faire ces prévisions avec des élèves de lycée.

Résultat ? Pour la constellation de votre choix, une maquette en 3D, et même en 4D !

La mission HIPPARCOS

La sonde Hipparcos (**H**igh **P**recision **P**arallax **C**ollecting **S**atellite), lancée par une fusée Ariane en 1989 était un projet de l'Agence Spatiale Européenne. L'un des objectifs de sa mission était de constituer un catalogue fournissant les paramètres astrométriques de plus de 100 000 étoiles avec une précision de l'ordre de la milliseconde d'arc. Précisons, pour fixer les idées, que cette précision correspond à la mesure du diamètre d'un cheveu placé à 20 kilomètres !

Le catalogue Hipparcos, publié par l'ESA en Juin 1997, fournit ces données pour 120 000 étoiles. On peut le consulter sur le site de l'Observatoire de Strasbourg : <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR> dont vous trouverez le lien sur le site du CLEA.

On peut ainsi accéder, pour chacune des étoiles d'une constellation donnée, à de multiples informations dont j'extraitai les suivantes :

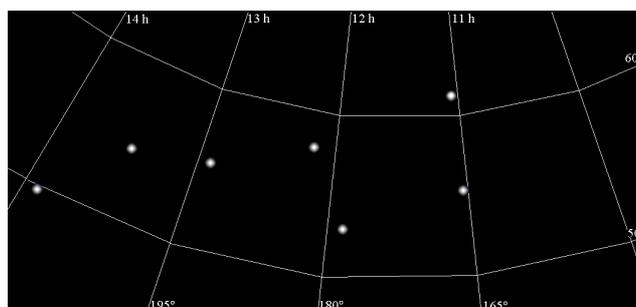
- ses nom et numéro dans le catalogue HIP ;
- sa magnitude visuelle V_{mag} ;
- ses coordonnées équatoriales (**ascension droite RA et déclinaison DE en degrés décimaux [°]** plutôt qu'heures, minutes et secondes) ;
- son mouvement propre en ascension droite $pmRA$ et en déclinaison $pmDE$ (en mas/an, c'est-à-dire en milliseconde d'arc par an) ;
- sa parallaxe annuelle Plx ;
- sa vitesse radiale V_{rad}

Ursa Major en 3D

Pour La Grande Ourse, on peut ainsi constituer le tableau suivant :

Nom	HIP	V_{mag}	RA (°)	DE (°)	$pmRA$ (mas/an)	$pmDE$ (mas/an)	Plx (mas)	V_{rad} (km/s)
Dubhe	54061	1.81	165.90	61.80	-136.46	-35.25	26.38 ± 0.53	- 8.9
Merak	53910	2.34	165.46	56.38	81.66	33.74	41.07 ± 0.60	-12.0
Phekda	58001	2.41	178.46	53.69	107.76	11.16	38.99 ± 0.68	-12.6
Megrez	59774	3.32	183.86	57.03	103.56	7.81	40.05 ± 0.60	-13.4
Alioth	62956	1.76	193.51	55.96	111.74	-8.99	40.30 ± 0.62	-9.3
Mizar	65378	2.23	200.98	54.92	121.23	-22.01	41.73 ± 0.61	-6.0
Alkaïd	67301	1.85	206.89	49.31	-121.23	-15.56	32.39 ± 074	-10.9

Les coordonnées équatoriales **Ascension Droite (RA)** et **déclinaison (DE)** permettent de placer l'étoile sur la sphère céleste ou sur un planisphère : il est ainsi aisé de reconstruire la carte de la constellation à notre époque. Pour la Grande Ourse, pas de surprise, on retrouve bien l'astérisme classique.



La connaissance de la parallaxe annuelle **Plx** va nous permettre de calculer la distance **D** de la Terre à chacune des étoiles, exprimée en années de lumière [**al**]. Souvenons nous :

le **parsec** (= 3,26 années lumière [**al**]) est la distance d'un objet dont la parallaxe annuelle est une seconde d'arc (1").

Donc : $D [al] = 3,26 \cdot 1000 / Plx$ avec **Plx** en **mas**

Nous avons donc tous les éléments pour construire un modèle en trois dimensions de cet ensemble d'étoiles.

On reproduit le tracé de l'astérisme sur une grande feuille de carton noir, on perce un petit trou à la place de chacune des étoiles, on fait passer 7 fils, muni chacun d'une perle, dans ces 7 trous, et l'on fait converger ces fils vers une huitième perle : celle-ci représentera le Soleil (à cette échelle, Terre et Soleil seraient confondus). Ces fils matérialisent des rayons lumineux nous provenant depuis les sept étoiles. Il n'y a plus qu'à placer chaque perle-étoile à la bonne distance du Soleil : une échelle commode est de 1 centimètre pour 1 année de lumière.

Mieux qu'un long discours, une photo de la maquette sera parlante... (voir à la fin de l'article).

Mais ça bouge !

Maintenant, un scoop : les étoiles se déplacent. Mouvements imperceptibles à l'échelle de la vie humaine, mais accessibles aux mesures de la sonde HIPPARCOS.

Ce mouvement (en 3D) se détecte de deux façons :

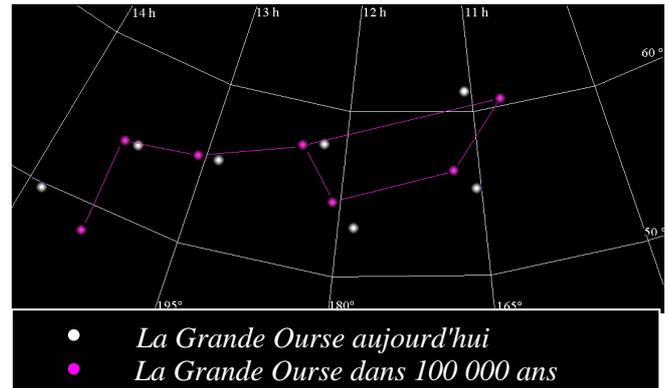
1. On mesure d'abord les modifications des coordonnées équatoriales : c'est le *mouvement propre* de l'étoile, qui modifie son *Ascension Droite* α et sa *Déclinaison* δ (*proper motion* en anglais, d'où les notations **pmRA** et **pmDE**). L'unité est la milliseconde d'arc par an [**mas/an**].

Si α et δ sont les coordonnées actuelles de l'étoile, les coordonnées α' et δ' dans N années seront donc :

$$\alpha' [^\circ] = \alpha + \frac{N \cdot pmRA \cdot 10^{-3}}{3600}$$

$$\delta' [^\circ] = \delta + \frac{N \cdot pmDE \cdot 10^{-3}}{3600}$$

On trouvera ainsi facilement les nouvelles coordonnées des étoiles de la Grande Ourse dans, par exemple, 100 000 ans.



2. On s'intéresse ensuite à l'évolution de la distance Terre-étoile au cours du temps connaissant sa valeur actuelle **D**. La grandeur pertinente pour obtenir sa valeur **D'** dans le futur sera la vitesse radiale **V_{rad}** de l'étoile.

L'*année de lumière* [**al**] est la distance parcourue par la lumière en un an, à la vitesse de 300 000 km/s.

Nous allons voir que le choix d'une durée de 100 000 ans simplifie un peu les calculs : si une étoile se déplace avec une vitesse radiale égale à 1 km/s, soit 1/300 000 de la vitesse de la lumière, son "déplacement radial" en 100 000 ans sera donc de 1/3 ou 0,33 année de lumière. Si sa vitesse radiale est **V_{rad}** [km/s], la variation de sa distance à la Terre en 100 000 ans sera **V_{rad}** / 3 et sa nouvelle distance à la Terre **D'**.

$$D' = D + V_{rad} / 3$$

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Nom de l'étoile	RA ou α' [°]	DE ou δ' [°]	D[al]	D' [al]
			<i>Aujourd'hui</i>	<i>dans 100 000 ans</i>
Dubhe	162,1	60,8	123,6	120,6
Merak	167,7	57,3	79,4	75,4
Phekda	181,5	54,0	83,6	79,4
Megrez	186,7	57,2	81,4	76,9
Alioth	196,6	55,7	80,9	77,8
Mizar	204,3	54,3	78,1	76,1
Alkaïd	203,5	48,9	100,6	97,0

Ursa Major en 4D !

On peut alors compléter la maquette de la constellation en y ajoutant sept perles-étoiles dans les positions qu'elles occuperont dans 100 000 ans. La maquette "3D" se transforme en une maquette « spatio-temporelle » ou l'on peut voir l'évolution des positions des étoiles au cours du temps, bref, une maquette en "4D" !

Voici celle qui fut réalisée lors de notre école d'été 2008.

Gageons que celle que vous ferez réaliser à vos élèves sera une bonne opportunité de participer à cette "Année Mondiale de l'Astronomie" !



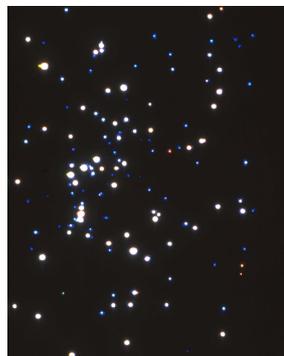
REMUE MÉNINGES

Voici deux photos presque identiques : chacun de vous y a reconnu la constellation d'Orion.

Soyez un peu imaginatifs et vous allez voir cette image en relief ... Comment faire ?

En quoi cette vision du relief a-t-elle un rapport avec la parallaxe (*Pix* dans l'article précédent) ?

Et comment réaliser de cette même manière l'image 3D de la Grande Ourse



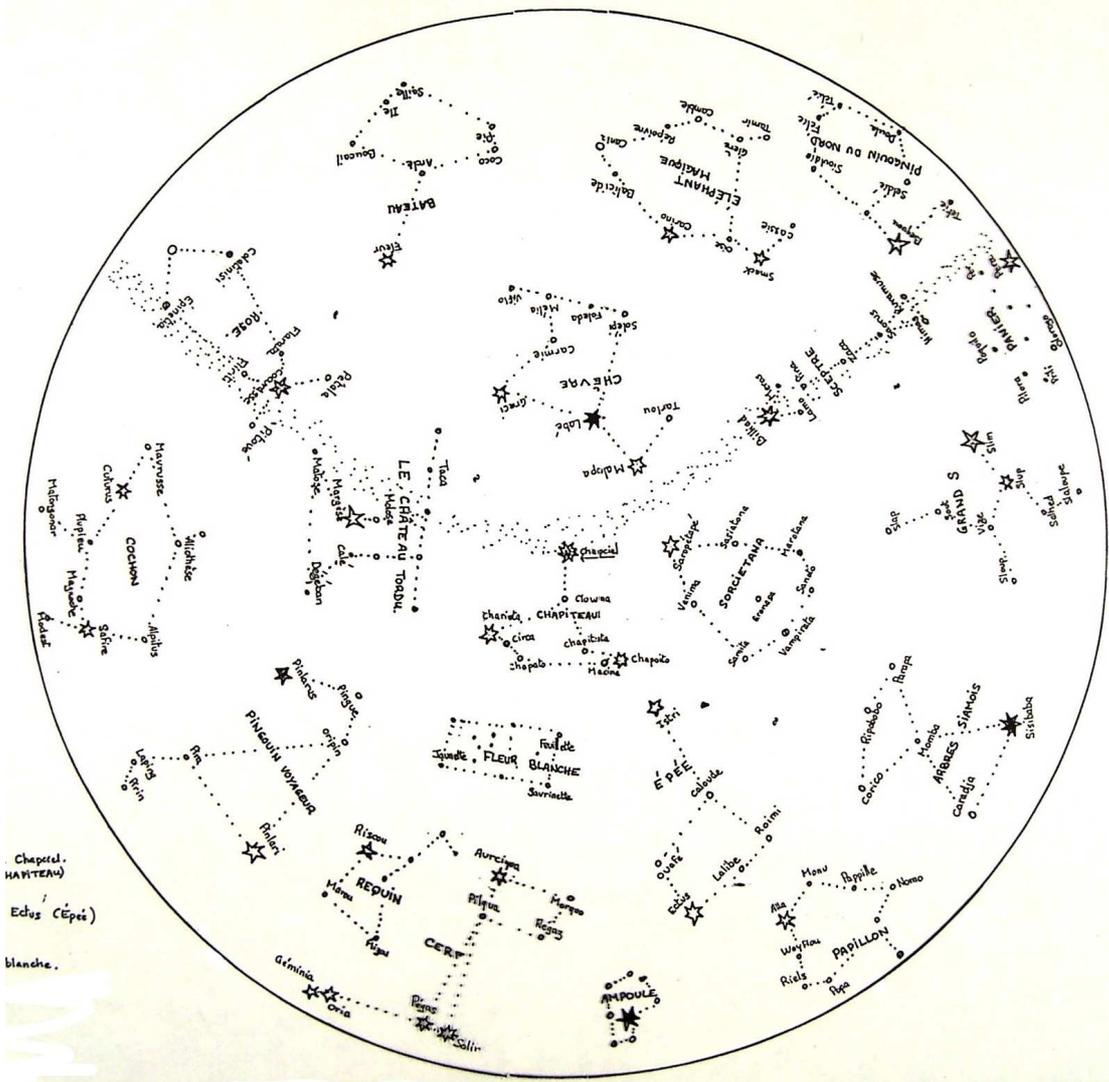
Coup d'œil sur le ciel (réponses)

A. Ce sont les seules étoiles à avoir une magnitude apparente négative : le **Soleil** ($m_a = -26,7$), **Sirius** (α CMa) dans le Grand Chien ($m_a = -1,47$), **Canopus** (α Car) dans la Carène ($m_a = -0,72$), **Arcturus** (α Boo) dans le Bouvier ($m_a = -0,04$ var) et **α Centauri A** (α Cen) dans le Centaure ($m_a = -0,01$). Si la première est très proche de la Terre, les autres sont respectivement à 8,6 al, 75 al, 34 al et 4,4 al ⁽¹⁾.

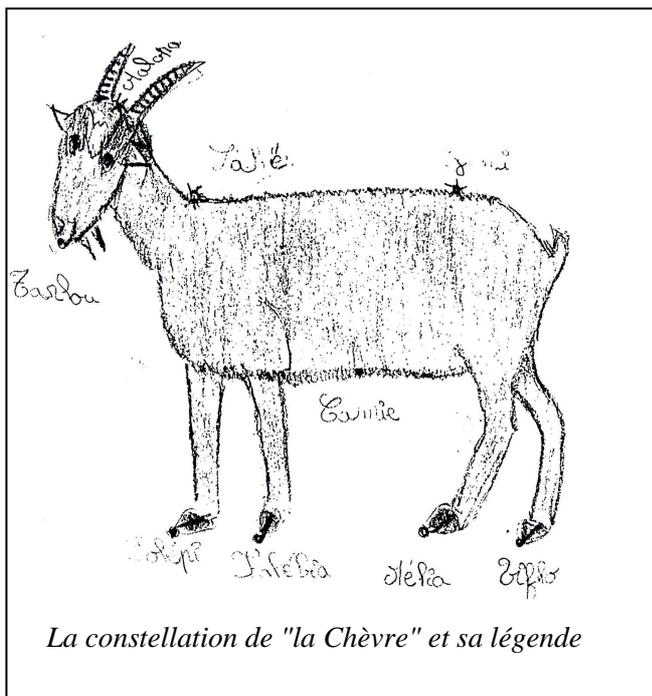
C. La Polaire est aussi la **Tramontane**, vient de l'italien, étoile du Nord, au-delà des monts. Souvenez-vous de Brassens dans "je suis un voyou" : " j'ai perdu la tramontane en trouvant Margot ..."

(1) al : année de lumière

JR



Le ciel imaginaire de l'école de la Pallice, CM1, La Rochelle



La constellation de "la Chèvre" et sa légende

La chèvre

C'était un jeune couple qui vivait heureux. Mais un jour, une vieille femme mal habillée tua le jeune garçon; la fille était très malheureuse. Plus tard, la vieille femme mal habillée revint. La jeune femme eut très peur. Mais elle ne lui fit rien. Elle lui dit: « Il faut que tu tues une chèvre et que tu me la ramènes. Ainsi, je ferai revenir ton mari. » Elle courut vite dans la forêt chercher une chèvre. Elle courut, courut puis, de loin, aperçut une magnifique chèvre qu'elle ne voulut pas tuer. Alors, elle pensa à son mari. Elle la tua. La jeune femme la prit et repartit chez elle. La vieille femme mal habillée l'attendait. Puis la jeune femme dit : "Fais revenir mon mari et je te donnerai la chèvre". La vieille femme fit revenir le jeune garçon, et au même moment la jeune femme lança la chèvre très haut dans le ciel. Et depuis, ils regardèrent toujours la magnifique chèvre dans le ciel et ils continuèrent à être heureux.

de Moura Marisa.

Le prolongement naturel de cette progression est l'élaboration de légendes : chaque groupe d'élèves peut créer, autour de la constellation qu'il a inventée, une mythologie qui lui est propre, liée à ses préoccupations de tous les jours. Ce travail permet de porter un regard critique sur les horoscopes qui flattent les attentes de chacun sous

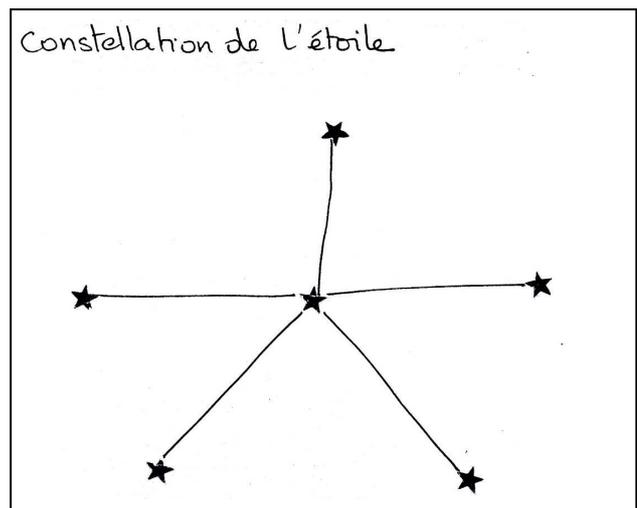
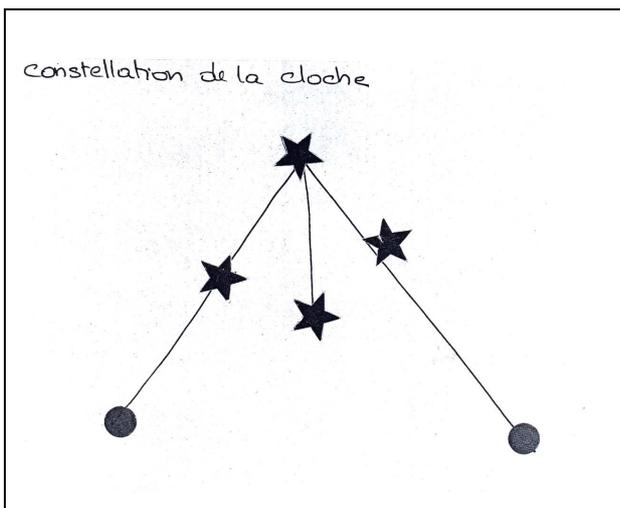
un aspect faussement cartésien et donnent une importance aux signes et non aux constellations du zodiaque - signes d'eau, signe de feu - alors qu'ils ne sont que des représentations imaginaires. Il laisse une place à l'imaginaire des élèves, imaginaire qui sert aussi à construire le savoir scientifique..



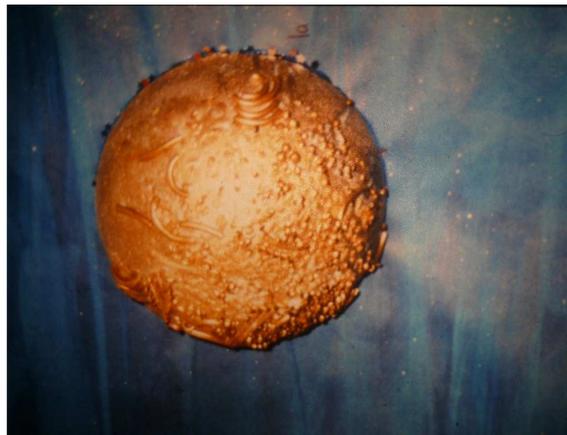
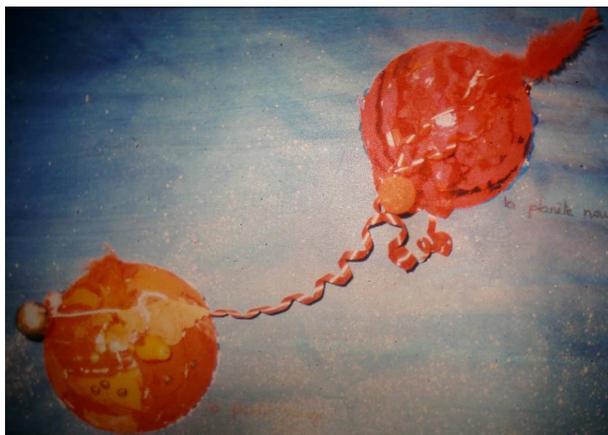
Grande frise des constellations, avec des personnages en pâte à sel, à l'école maternelle du Bois. En détail, Persée et la Méduse, Andromède, Pégase et la Baleine ...

A l'école maternelle, commencer l'astronomie, c'est d'abord poser son regard sur la Lune, laisser fuser des centaines de questions sans afficher trop rapidement des solutions justes. C'est, la nuit venue, contempler le ciel, y chercher quelques étoiles très brillantes, des personnages facilement reconnaissables et reproductibles, avec la Grande Ourse et le Cygne à l'automne, et surtout Orion, le Taureau avec les Pléiades, ou encore Persée au cœur de l'hiver. Le télescope n'est pas d'un emploi

aisé mais permet de s'émerveiller devant les anneaux de Saturne ou le disque de Jupiter. Les échanges sont nourris de nombreuses lectures. Les livres d'informations scientifiques restent à disposition des enfants, mais ils sont souvent trop denses et pleins de problèmes résolus. Au contraire, les contes et les albums permettent d'aborder le réel en le mêlant à l'imaginaire, et permettent d'acquérir un esprit critique en suscitant de nombreuses questions.



Constellations de "la Cloche" et de "l'Étoile", école maternelle de Sainte-Marie



Planètes imaginaires, grillage et papier, école maternelle de Sainte-Marie

Les séances de travail sont entrecoupées de pauses silencieuses où chacun dessine. Enfin, chaque enfant prépare ses outils (pâte à sel, papier mâché, peinture, tissus, ...) pour entreprendre le grand œuvre collectif : une grande frise, une exposition, un album, des

rondes dans la cour ... A la fin de l'aventure, l'imaginaire semble prendre le pas sur le réel, le vrai et le faux paraissent se mêler. Les modèles proposés sont perfectibles et pourront être dégrossis plus tard, mais les participants sont actifs, et parfois s'émerveillent.



Couverture d'un album réalisé par la Grande section, et ronde des étoiles, à l'école du Bois

Coup d'œil sur le ciel (réponses)

B. L'étoile de Barnard (découverte par Edward Barnard en 1916 en comparant des plaques photographiques de 1894 et 1916) à un déplacement annuel de 10,3" par an dans la constellation d'Ophiuchus ($m_a = 9,57$ à 5,96 al). **L'étoile de Kapteyn** a été l'étoile ayant le plus grand déplacement propre de 1897 à 1916. De magnitude apparente 8,8 et située à 12,8 al, elle se déplace de 8,8" par an. Découverte par Jacobus Kapteyn dans la constellation du peintre, elle détrôna **l'étoile de Groombridge**. Celle-ci découverte en 1830 par Stephen Groombridge dans la Grande Ourse, de magnitude apparente 6,4, située à 29,7 al, a vu son mouvement propre mis en évidence par Friedrich Argelander en 1842, 7" par an.

D. La plus grosse étoile connue est une super géante rouge dont la couleur lui a valu le surnom d'étoile grenat, C'est μ **Céphée**, située au pied de l'astérisme "maison" de Céphée entre α et δ Céphée. Elle a un diamètre de 1420 diamètres solaires soit 13 UA. À la place du Soleil, sa "surface" serait entre les orbites de Jupiter et de Saturne.

JR

RÉALISATION

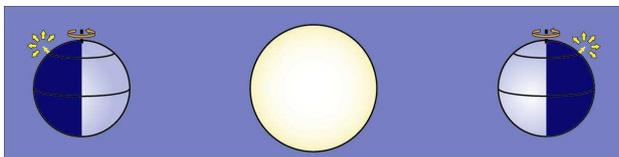
Les cartes tournantes du ciel

Pierre Causeret, pierre.causeret@wanadoo.fr

Résumé : Comment peut-on représenter dans ces pages la voûte céleste ? Le problème n'est pas simple puisqu'il s'agit de mettre à plat une demi-sphère qui change tout le temps d'aspect suivant la date et l'heure.

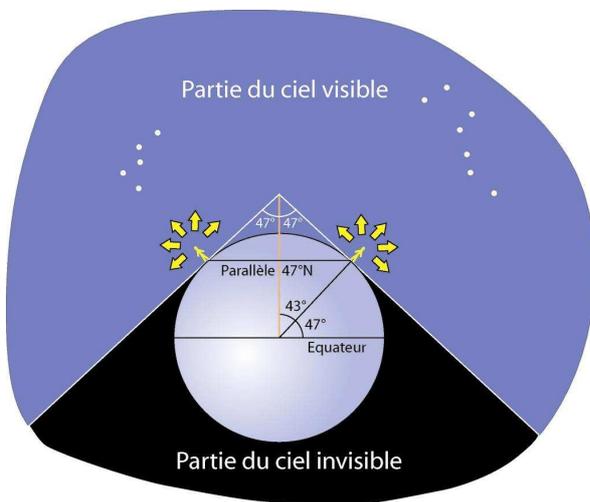
La partie du ciel à représenter

Si nous voulons réaliser une carte utilisable à tout moment, il faut représenter toute la partie du ciel visible depuis un lieu donné au cours de la nuit et de l'année.



Le ciel visible change au cours de la nuit et de l'année

A une latitude moyenne en France, 47° nord, la partie invisible est située dans un cône dont l'angle au sommet vaut 94° ($2 \times 47^\circ$). Cela ne fait que 16% de la sphère céleste (le calcul est fait à la page 32). Il reste donc 84% à représenter...



Partie du ciel visible depuis la latitude de 47° nord

Si vous habitez au Pôle Nord, seul l'hémisphère céleste nord vous sera accessible. A l'équateur, vous pourrez voir toute la sphère céleste.

On peut montrer que pour un habitant de l'hémisphère nord situé à la latitude φ , les étoiles visibles sont celles qui sont situées à une déclinaison supérieure à $\varphi - 90^\circ$.

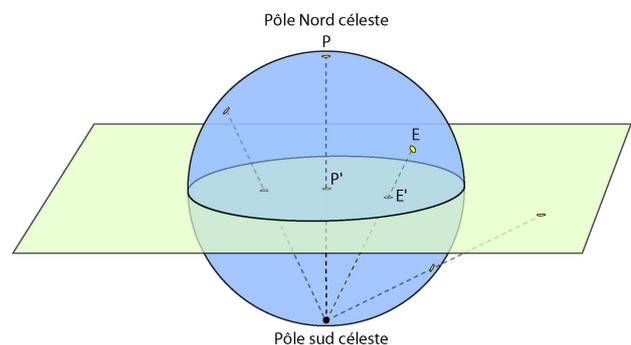
Plus on descend vers le sud, plus la partie visible de la sphère céleste est importante et plus il est difficile de la représenter à plat avec un minimum de déformation. La carte tournante proposée à la fin de cet article est utilisable entre 42 et 52° de latitude nord. Il est beaucoup plus difficile de concevoir une carte pour les Antilles ou la Réunion.

Lieu	Latitude	% visible
Équateur	0°	100%
Tropique	23°	96%
Alger	37°	90%
Marseille	$43,3^\circ$	86%
Lille	$50,6^\circ$	82%
Cercle polaire	$66,6^\circ$	70%
Pôle Nord	90°	50%

Pourcentage de la sphère céleste visible depuis un lieu donné.

Quelques projections utilisées

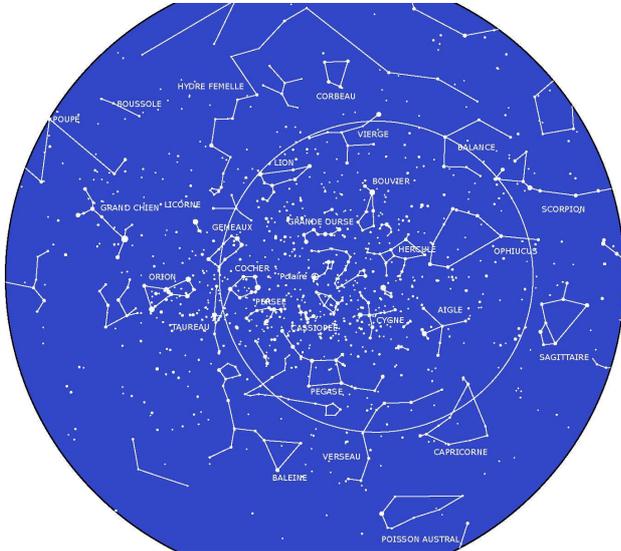
Le plus simple est de projeter sur le plan de l'équateur. La projection stéréographique, déjà décrite par Ptolémée, a beaucoup été utilisée, en particulier pour les astrolabes.



Projection stéréographique à partir du Pôle Sud sur le plan de l'équateur (en vert).

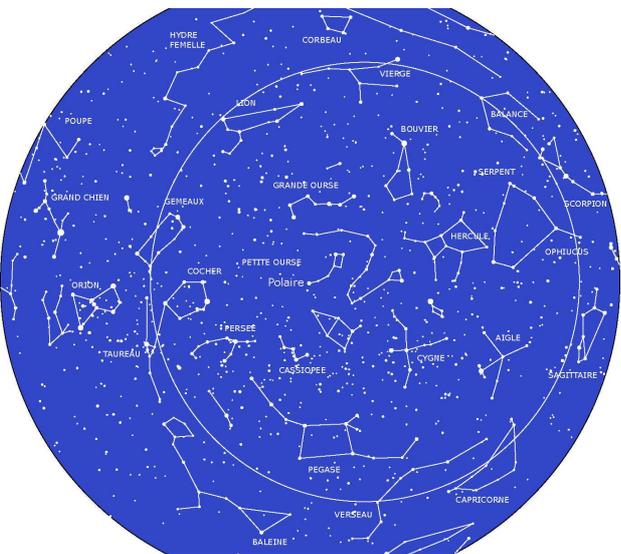
Elle a deux principaux avantages : elle transforme tout cercle de la sphère céleste en un cercle (ou éventuellement une droite, ce qui est plus facile à tracer).

et surtout, elle conserve les angles, c'est ce qu'on appelle une projection conforme. Ainsi, les constellations conservent leur forme. Son principal inconvénient : plus on s'éloigne du Pôle Nord, plus l'image d'une constellation est agrandie (dans une projection classique à partir du Pôle Sud). Et les cartes deviennent vite très grandes.



Carte du ciel en projection stéréographique en vue du Pôle Sud (ainsi les constellations apparaissent dans le sens où on les voit et non inversées). Le Sagittaire (à droite) a la même forme que dans le ciel mais il est trop grand comparé à Cassiopeïe ou au Bouvier par exemple.

Pour que les cartes gardent une taille raisonnable, on modifie la projection pour que la distance sur la carte d'une étoile à la Polaire soit proportionnelle à l'angle qui les sépare sur la voûte céleste. C'est ce qu'on appelle une projection azimutale équidistante. Son principal inconvénient est que les constellations éloignées de la Polaire sont fortement déformées : elles apparaissent élargies en ascension droite.



Carte du ciel en projection azimutale équidistante. Le Sagittaire (à droite) est complètement déformé ici.

Les formules (tous les angles sont en degrés)

Soit une étoile E d'ascension droite α et de déclinaison δ (en degrés). On appelle E' l'étoile projetée (voir la figure en bas de la page précédente). Les coordonnées polaires de E' sont r (la distance P'E') et θ , l'angle que fait (P' γ) avec (P'E'), γ désignant le point vernal.

En projection stéréographique :

$$\theta = \alpha \quad \text{et} \quad r = r_e \times \tan(45^\circ - \delta/2)$$

En projection équidistante :

$$\theta = \alpha \quad \text{et} \quad r = r_e \times (1 - \delta/90)$$

(r_e est le rayon de l'équateur sur la carte)

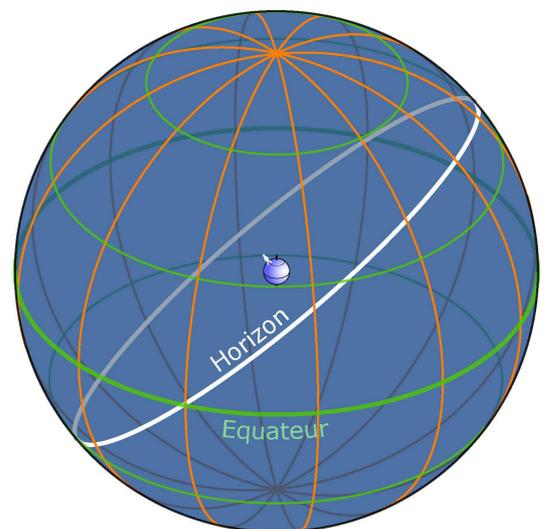
Les formules sont explicitées p 32

Que peut-on noter sur une carte du ciel ?

En plus des étoiles et des traits les reliant pour former les astérismes, on trace habituellement l'équateur et l'écliptique. Il est possible de noter les positions du Soleil à intervalles réguliers sur cet écliptique. C'est ce que j'ai fait sur la carte proposée à la fin de cet article. On peut aussi graduer l'écliptique en dates. Mais on ne peut évidemment pas y placer les planètes (du grec, planêtês, errant), elles changent continuellement de place. Sur les astrolabes, on avait aussi l'habitude de tracer les tropiques sous la forme de deux cercles tangents à l'écliptique.

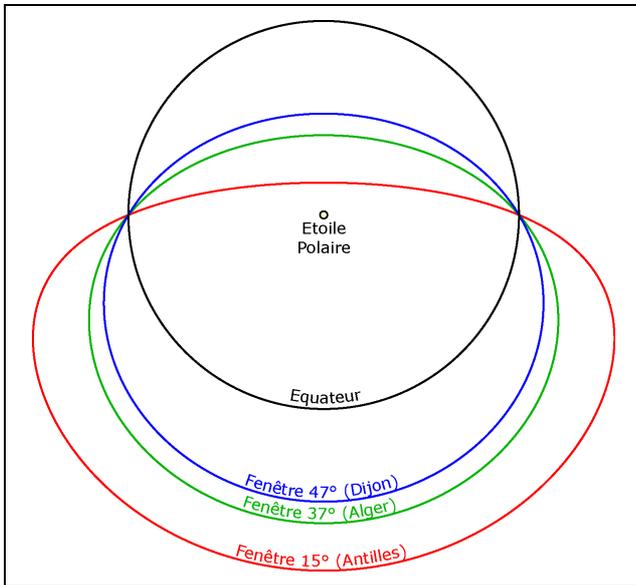
La fenêtre horizon

L'horizon d'un observateur quelconque est aussi un grand cercle de la sphère céleste. Celui-ci dépend de la latitude de l'observateur et il se déplace sur la sphère céleste au cours de la rotation de la Terre.



La Terre avec un observateur à 47° de latitude nord, la sphère céleste, l'équateur céleste en vert et l'horizon de l'observateur en blanc.

Si on projette ce cercle horizon sur le plan équatorial en projection stéréographique, on obtiendra encore un cercle. C'est ce que l'on trouve sur les tympanans des astrolabes. En projection équidistante, on trouve une forme ressemblant vaguement à un ovale.



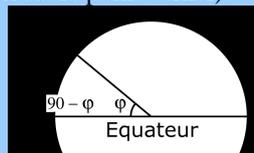
Horizons en projection équidistante pour différentes latitudes. Le cercle équateur correspond à l'horizon du Pôle Nord. Plus on s'approche de l'équateur, plus la forme de l'horizon est allongée.

Une méthode pour calculer la forme de l'horizon (tous les angles sont en degrés)

L'horizon projeté doit être tracé point par point.

Un point M du cercle équateur a des coordonnées de la forme : $x = r \cos t$, $y = r \sin t$, $z = 0$, t variant de 0 à 360° (xOy est le plan de l'équateur, x est le point vernal).

On passe du cercle équateur au cercle horizon sur la sphère céleste par une rotation d'angle $90^\circ - \varphi$ autour de (Ox) , φ étant la latitude (voir aussi la figure du bas de la page précédente).



Les formules de rotation donnent pour les coordonnées de M' , image de M et donc point du cercle horizon :

$$x' = r \cos t$$

$$y' = r \sin t \sin \varphi$$

$$z' = r \sin t \cos \varphi$$

On en tire les relations suivantes avec les coordonnées équatoriales α , δ de M' :

$$\tan \alpha = y'/x' = \tan t \sin \varphi$$

$$\sin \delta = z'/r = \sin t \cos \varphi$$

On détermine ainsi α et δ .

On applique ensuite les formules de l'encadré précédent

$$\theta = \alpha \quad \text{et} \quad r = r_e \times (1 - \delta/90)$$

et on trouve les coordonnées du point projeté.

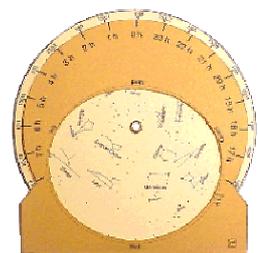
En faisant varier t de 0 à 360°, on obtient autant de points que l'on veut pour la projection de l'horizon.

Principe de la carte tournante

Une carte tournante permet de connaître le ciel visible un jour donné à une heure donnée. Pour cela, on projette les étoiles et l'horizon sur le plan de l'équateur (voir la figure du bas de la page 27). Les étoiles sont fixes dans ce plan. Quand la Terre tourne sur elle-même, le cercle horizon projeté tourne autour de la Polaire. On peut aussi considérer que l'horizon est fixe et que le ciel tourne autour de la Polaire, cela revient exactement au même. Les deux types de cartes tournantes existent. Sur certaines, l'horizon est dessiné sur un transparent qui tourne. Sur d'autres, l'horizon est découpé dans un cache et ce sont les étoiles qui tournent. Dans les deux cas, le centre de rotation est le Pôle Nord céleste, donc à peu de choses près l'étoile Polaire.

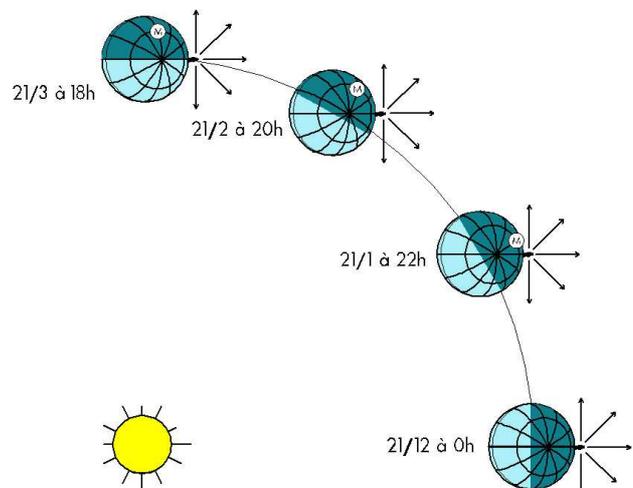


Carte à étoiles fixes et horizon tournant



Carte à horizon fixe et ciel qui tourne

Le réglage de la carte doit se faire en fonction de l'heure et de la date. Sur le schéma suivant, on a noté les méridiens terrestres toutes les deux heures. "M" désigne le méridien de minuit, à l'opposé du Soleil. On peut vérifier que le ciel visible le 21 décembre à minuit par le personnage est le même que le ciel visible le 21 janvier à 22 heures ou le 21 février à 20 h. Si on avance d'un mois et on recule de deux heures, on retrouve approximativement le même ciel.



Le ciel du 21/12 à 0 h est le même que le ciel du 21/01 à 22 h ou que celui du 21/02 à 20 h...

Fabrication

Pour réaliser la carte proposée, il vous suffit de photocopier les deux pages suivantes sur papier épais ou sur bristol. Si vous préférez la couleur ou si vous voulez un horizon tournant sur transparent, d'autres modèles prêts à être imprimés sont disponibles sur le site du CLEA.

Il faudra prévoir une paire de ciseaux, une attache parisienne (ou un bouton pression) et du ruban adhésif.

Utilisation de la carte du ciel

- Placer la date en face de l'heure.
- Mettre la carte au-dessus de sa tête : on voit alors le ciel visible ce jour-là à cette heure-là.
- Attention, les heures sont les heures au Soleil. Dans le mode d'emploi au dos de la carte, il est précisé qu'il faut retrancher 2 heures (ou 1 en heure d'hiver) à l'heure de la montre. Pour être exact, il faudrait aussi tenir compte du décalage en longitude avec Greenwich et de l'équation du temps. Mais pour l'utilisation que l'on en fait, cette petite erreur a peu d'importance.
- Quand on regarde la carte, on voit le nord en haut et l'ouest à droite. Certaines personnes croient qu'il y a une erreur. Mais ce n'est pas une carte terrestre vue du dessus mais une carte du ciel vu de dessous, ce qui inverse les points cardinaux.

Quelques remarques sur la carte du ciel

- Les noms en minuscule sont des noms d'étoiles, les noms en majuscule sont des noms de constellations.
- La position du Soleil est notée pour le 1er et le 15 de chaque mois.
- Les graduations extérieures correspondent au 1er, 8, 15 et 22 de chaque mois.

Un questionnaire

Ce questionnaire avait été réalisé pour le stand du CLEA au salon des jeux mathématiques à St Sulpice à Paris. Il est très sommaire mais peut vous donner des idées.

1. Régler la carte pour le 1er juin à 22 heures.
 - a. Quelle étoile brillante voit-on au sud ?
 - b. Où est située la constellation de l'Aigle ?
 - c. Où est située celle de Cassiopée ?
2. Placer la constellation d'Orion au sud.

- a. À quelle date peut-on voir Orion au sud à 20 h ?
 - b. Peut-on voir en juin la constellation d'Orion ?
3. Tourner la carte du ciel.
 - a. La Grande Ourse peut-elle être sous l'horizon ?
 - b. Orion peut-il être sous l'horizon ?
 4. Régler la carte pour le 1er juin à 20 heures.
 - a. Où est situé le Soleil ?
 - b. Peut-on voir la Grande Ourse ?
 5. a. À quelle heure se lève le Soleil le 1er juin ?
b. À quelle heure se lève-t-il le 1er décembre ?
 6. Dans quelle constellation est le Soleil le 1er juillet ?

Réponses aux questions

1. a. Arcturus est bien au sud, l'Épi est au sud légèrement ouest (il est 22 heures en heure solaire mais approximativement minuit à la montre).
b. L'Aigle est à l'est, il vient de se lever.
c. Cassiopée est au nord.
2. a. En février.
b. Non, car le Soleil (celui qui est marqué 1/06) est juste à côté, dans la constellation du Taureau. Quand Orion est levé, le Soleil l'est aussi, il fait jour et on ne peut pas voir les étoiles.
3. a. Non, la Grande Ourse est toujours visible la nuit. On dit qu'elle est circumpolaire.
b. Oui. En septembre par exemple, Orion est sous l'horizon le soir et visible le matin.
4. a. Le Soleil (marqué 1/06) est à l'horizon nord-ouest. Il vient de se coucher. Il est 20 h au Soleil mais approximativement 22 h sur la montre.
b. Non, car il fait encore jour, le Soleil vient à peine de se coucher !
5. a. Environ 4 h du matin (6 h à sa montre). On tourne la carte jusqu'à ce que le Soleil du 1er juin se trouve à l'horizon côté est. On lit ensuite l'heure en face de la date du 1er juin.
b. Un peu avant 8 h en heure solaire.
6. Dans la constellation des Gémeaux. Pour les astrologues, il est dans le signe du Cancer. Le ciel des astrologues, fixé il y a 2000 ans, ne correspond plus aux positions des étoiles.

Bonnes observations !

Pierre Causeret

Des cartes seront téléchargeables à partir du site du CLEA. Voir sommaire du CC n° 125

Carte tournante du ciel

Nord

Fenêtre à découper

Est Ouest

Sud

Comité de Liaison Enseignants et Astronomes. <http://clea-astro.eu>

Mode d'emploi

Placer la date en face de l'heure au Soleil (enlever 1 h à l'heure de la montre en hiver et 2 h en été).

Mettre la carte au-dessus de sa tête : on voit alors le ciel visible ce jour-là à cette heure-là.

Il est plus pratique de tenir la carte verticalement, en plaçant le sud en bas quand on observe vers le sud, l'ouest en bas quand on observe vers l'ouest...

⊕

Graduations en date
Les traits indiquent le 1er le 8, le 15 et le 22 de chaque mois.

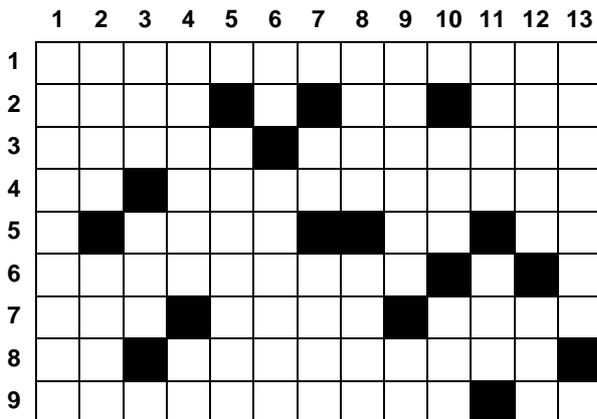
Carte du ciel
Les noms en minuscules sont des noms d'étoiles, les noms en majuscules sont des noms de constellations.
La position du Soleil est notée pour le 1er et le 15 de chaque mois (cercles vides situés sur une ligne courbe, l'écliptique).

Pli ← → Pli

Mots croisés représentations du ciel

Horizontalement

1. Dessinée sur une carte du ciel.
2. Créée à Bagdad. Créé dans les supernovae. Créateur de planétarium.
3. Entre les Gémeaux et le Lion. On ne les trouve pas sur les cartes du ciel d'avant 1960.
4. On en trouve dans le lion mais pas dans les poissons. Grand cercle de la sphère céleste.
5. Peut être noir à la suite d'une supernova. In the Chinese Zodiac currently. Possessif.
6. De tels cercles représentent très bien les orbites des planètes.
7. Comme cette revue. Neil Armstrong y a fait ses premiers pas. Comme les hémisphères célestes.
8. 440 Hertz. On peut en voir en observant les satellites de Jupiter.
9. Avec le développement de la pollution lumineuse, nos télescopes risquent de le devenir. Détenu.



Solution page 40

Verticalement

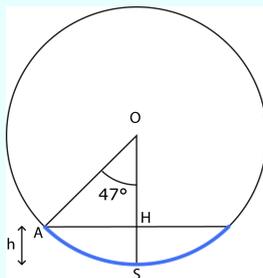
1. Créateur de superbes globes célestes.
2. Numéro de composition. Au milieu du nom d'un astrophysicien franco-américano-vietnamien.
3. Début d'une expression au mieux. C_2HCl_3 .
4. La plus belle est la céleste. Tête d'épingle.
5. Comme Jean avec notre argent.
6. Conjonction. Lui aussi traita Copernic de sot.
7. Test controversé. Fera l'homme.
8. Sous la Balance. Réunion de cardinaux.
9. Il nous a donné les premiers textes de description des constellations. Dans le Sagittaire.
10. Nombre de cercles que l'on peut tracer sur un globe céleste. Celui d'un astrolabe contient le carré des ombres et l'alidade.
11. Un des berceaux de l'astronomie. Pas stressé.
12. Tours éboulées. Fatigué.
13. On en trouve dans Pégase.

Compléments

Calcul du pourcentage de la partie visible de la sphère céleste à une latitude de 47°

La surface d'une calotte sphérique est donnée par la formule $2\pi Rh$ (où h est la flèche de la calotte).

En prenant 1 comme rayon de la sphère :
 $OH = \cos 47^\circ$
 $HS = 1 - \cos 47^\circ$



Aire de la partie non visible de la sphère céleste (en bleu) : $A_1 = 2\pi h = 2\pi(1 - \cos 47^\circ)$

Aire de la partie visible (l'aire de la sphère est 4π) :
 $4\pi - A_1 = 2\pi(1 + \cos 47^\circ)$

En fraction de la sphère céleste (on divise par 4π) :
 $\frac{1 + \cos 47^\circ}{2}$ soit 0,84 ou 84%

Formule de la projection stéréographique

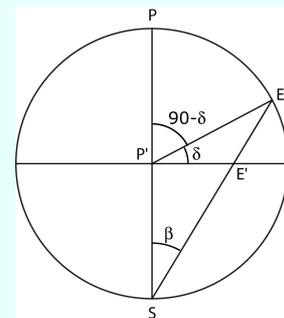
La relation angle inscrit / angle au centre donne :

$$\beta = \frac{90 - \delta}{2} = 45 - \frac{\delta}{2}$$

et comme $\tan \beta = \frac{P'E'}{r_e}$,

on obtient :

$$P'E' = r_e \tan\left(45 - \frac{\delta}{2}\right)$$



Formule de la projection équidistante

La proportionnalité entre le rayon et le complémentaire de la déclinaison s'écrit :

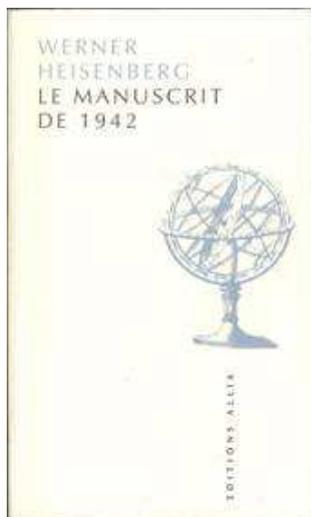
$$\frac{r}{90 - \delta} = \frac{r_e}{90} \text{ ce qui donne } r = r_e \times \left(1 - \frac{\delta}{90}\right)$$

LECTURES POUR LA MARQUISE

Georges Paturel, observatoire de Lyon

Le Manuscrit de 1942

Werner Heisenberg, éd. Allia,
Traduit de l'allemand par Catherine Chevalley.
ISBN 2-84485-116-9



Pour un peu plus de six euros vous pourrez trouver de quoi méditer pendant des années dans ce petit livre remarquable de profondeur.

De quoi s'agit-il ? Werner Heisenberg, le grand physicien, lauréat du prix Nobel en 1933, à qui l'on doit l'essentiel de la mécanique quantique, livre ses réflexions sur la connaissance et la réalité du monde, en couvrant tous les domaines, dans une hiérarchie inspirée de celle formulée par Goethe, qui classait l'agencement des disciplines en : "... - le mécanique - le physique - le chimique - l'organique - le psychique - l'éthique - le religieux - ..."

L'auteur montre la continuité entre ces différentes disciplines et la réalité de leurs seules connexions logiques (ce que l'auteur appelle les connexions nomologiques). Dans le domaine de la physique, Heisenberg montre qu'on doit nécessairement passer d'une conception très "objective", à la Newton, à une conception plus "subjective", où l'observateur est directement intégré dans l'expérience (la mécanique quantique, quoi !). Il parcourt ainsi tous les domaines du plus concret au plus abstrait, en passant, bien entendu par le biologique.

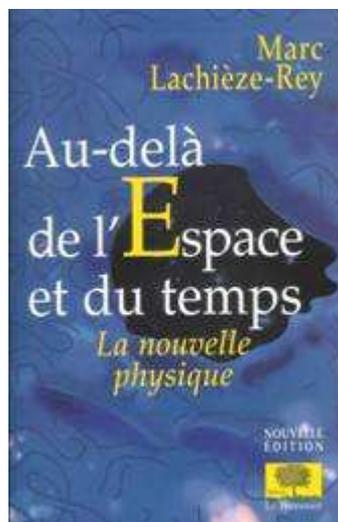
Enchanté par les premières pages, j'ai proposé à un ami de lui prêter ce petit livre, en lui disant que je l'aurai vite terminé (il n'y a que 174 pages). Je n'avais pas prévu l'extrême densité des réflexions. Pour tout dire, au moment où j'écris ces lignes, je n'ai pas encore terminé la lecture, mais je peux vous assurer que je me régale à découvrir cette vision unifiée du monde. Les plus grands physiciens sont souvent des philosophes.

Signalons une dernière anecdote. Werner Heisenberg n'a pas écrit ce livre pour qu'il soit publié, car il contenait des critiques du régime nazi. Il l'a simplement distribué à quelques amis. Grâce aux éditions Allia, nous avons l'impression de faire partie de ce cercle de privilégiés.

Mais attention, ce livre ne se lit pas comme un roman d'Alexandre Dumas.

Au-delà de l'Espace et du temps, la nouvelle physique

Marc Lachièze-Rey, éd. Le Pommier.
ISBN 978-27465-0399-1
(nouvelle édition du livre de 2003)



Ce livre est un peu plus cher (27 euros) que le précédent, mais plus facile à lire, encore que... Il est assurément tout aussi passionnant, pour qui s'intéresse aux développements des grandes théories de la physique. Marc Lachièze-Rey nous montre les pistes explorées pour donner naissance à une nouvelle physique et réconcilier la Relativité Générale et la Mécanique Quantique.

Ce que j'ai particulièrement apprécié dans ce livre, c'est l'exhaustivité de l'analyse. Quasiment tous les sujets de la physique sont abordés, tous les termes sont expliqués. Des encadrés très clairs expliquent les notions les plus difficiles. Par exemple : trous noirs, désintégration des muons, voyageur de Langevin, pour les plus classiques ; Groupes de Lie, champ scalaire, Géométrie non commutative et physique floue pour les plus rares. A défaut de constituer un cours (ce que l'ouvrage ne vise pas), ce livre nous donne un panorama très complet de la physique et de l'astrophysique contemporaines. J'ai regretté cependant qu'il ne parle pas de l'approche de Laurent Nottale, qui

par son idée de relativité d'échelle et d'espace temps fractal, cherche justement à réconcilier les deux grandes théories rivales (RG et MQ).

À la fin de l'ouvrage Marc Lachièze-Rey fait un reproche à la physique théorique actuelle. Cette remarque me plaît bien. Il dit qu'elle se consacre trop à la seule technique mathématique. Il conclut que ce serait un échec si la nouvelle physique ne pouvait être comprise qu'au travers d'un langage mathématique très technique. Albert Einstein et Léopold Infeld avaient déjà dit cela en affirmant que les idées fondamentales ne s'expriment pas par les mathématiques et que les mathématiques n'interviennent que pour la confrontation quantitative à l'expérience.

Marc Lachièze-Rey réussit justement, sans mathématiques, à nous faire suivre le cheminement des théories en train de naître. Il conclut en affichant clairement ses espoirs en le "tout géométrique", chemin emprunté par la Relativité Générale.

Réflexion sur le "tout géométrique"

La voie géométrique a toujours été empruntée avec succès pour décrire le monde : les trajectoires planétaires, la forme de la Terre, etc.. De formes géométriques simples (cercle, sphère), on est passé à des formes plus raffinées (ellipse, ellipsoïde). On doit admettre que la réalité est d'une tout autre complexité. Dans le détail, la Terre n'est pas un ellipsoïde, les trajectoires chaotiques des planètes ne sont pas des ellipses. Nos nouvelles théories seront vraisemblablement aussi justes que la Terre est ronde. Mais quelle autre route suivre ? La description géométrique est bien la plus parlante.

GP



POTINS DE LA VOIE LACTÉE

Cécile Ferrari, Université Paris Diderot-CEA Saclay

Un Phare à haute énergie

Le télescope Fermi, observant le ciel dans le domaine des rayonnements gamma a été lancé par la Nasa le 11 juin 2008. Il vient de découvrir cet automne le premier pulsar détecté à ces longueurs d'onde-là, dans la constellation de Céphée, au coeur d'un reste de supernova. Les pulsars sont des étoiles à neutrons, vestiges de l'effondrement d'étoiles massives ayant explosées en supernovae. Tels des phares, ils émettent un faisceau qui parfois balaye la Terre. Ils sont généralement détectables dans le domaine radio. Environ trois fois par seconde, cette étoile à neutrons-là, âgée de 10 000 ans, envoie un faisceau de rayons gamma en direction de la Terre alors que son faisceau radio la manque. Ce rayonnement est émis par les particules chargées, piégées dans le champ magnétique intense de l'étoile.

Pour en savoir plus sur :

Fermi (US): <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>

Fermi (FR) : http://irfu.cea.fr/Sap/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_technique.php?id_ast=1024

La découverte : http://www.cea.fr/le_cea/actualites/decouverte_pulsar_fermi-9767

Cahiers Clairaut : - N° 25, 26, 27, 28 - Étoiles à neutrons et pulsars – R. Hakim.

- N°37 - Une supernova dans le grand nuage de Magellan - L. Botinelli.

La Terre est-elle habitable ?

À l'horizon 2025, des satellites d'observations tels que Darwin, projet de l'Agence Spatiale Européenne, pourront observer la lumière émise par des planètes extrasolaires de la taille de notre Terre. Les chercheurs se posent la question des critères à poser pour déterminer si une de ces futures "Terres" est habitable ou non. Que faire ? Observer la Terre de loin pour voir où se cachent les traces de la vie dans son spectre de lumière. C'est ce qu'a fait la sonde Venus Express de l'ESA en 2007, dont les résultats ont été publiés à l'automne 2008. En profitant de l'avantage de son orbite vénusienne, qui lui permet de voir la Terre comme un point sur le détecteur, le spectro-imageur VIRTIS a observé le rayonnement solaire qu'elle réfléchit ainsi que son émission thermique. Il a prouvé ainsi qu'un instrument de ce type peut découvrir les composés chimiques qui sont les signes préliminaires d'une possible habitabilité, telle la composition du sol, la chlorophylle, les gaz à effet de serre, comme le méthane (CH₄), le dioxyde de carbone (CO₂) ou l'ozone (O₃), pourtant composés mineurs de l'atmosphère.

Pour en savoir plus sur :

Venus Express (EU): <http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=64>

Recherche d'exo-terres: http://www.esa.int/esaSC/SEMBVPWLDMD_exploring_0.html

La découverte : http://www.esa.int/esaMI/Venus_Express/SEMUOW4N0MF_0.html

Cahiers Clairaut : N° 113 – Exoplanètes et exobiologie - E. Josselin



LA VIE ASSOCIATIVE



Bernadette Durieux

Bernadette vient de nous quitter et avec elle c'est une amie que je perds, que nous perdons ; nous sommes nombreux à nous souvenir d'elle et de sa participation fidèle à la vie du CLEA. Elle vécut aussi les débuts de EAAE (European Association for Astronomy Education) et fit en particulier partie de la délégation française à la première assemblée générale de l'association dont nous conservons l'une et l'autre le souvenir fort d'échanges avec des collègues européens enthousiastes, dans un langage approximatif mélangeant ce que chacun savait de la langue de l'autre.

Le dernier échange que j'ai eu avec Bernadette s'est fait autour du souvenir de Gilbert Walusinski, grâce à l'hommage que lui a rendu l'APMEP sous la forme d'un livret que j'avais envoyé aux « anciens ». Elle me redisait dans la dernière lettre que j'ai reçue d'elle, le bonheur qu'ont représenté pour elle les écoles d'été et le plaisir qu'elle avait à en relire les comptes rendus.

En feuilletant ceux de la période 1982-1985, où je retrouve son nom dans la liste des participants, je me replonge avec elle dans le souvenir de cette vie intense et joyeuse partagée autour de l'astronomie.

Le financement de ces écoles d'été, débutées en 1977 et poursuivies jusqu'aujourd'hui avec très peu d'interruptions, reposa essentiellement sur du mécénat ; il provint pendant longtemps d'institutions liées à l'astronomie professionnelle, pour ne plus reposer aujourd'hui que sur les fonds propres du CLEA. Mais dans les années 1980, nous pûmes bénéficier à plusieurs reprises du label « Université d'Été » octroyé par le Ministère de l'Éducation Nationale, à une époque hélas

révolue où la formation continue des enseignants revêtait une priorité.

En 1985, le label nous fut refusé ; il en fut beaucoup question au cours de la traditionnelle petite fête qui clôture l'école d'été. Une forme de bilan fut présentée d'abord par un stagiaire, Émile, jouant le rôle d'un « envoyé du Premier Secrétaire du Ministère de l'Éducation Nationale, chargé de vérifier, à partir du bilan du stage qui venait de s'achever, s'il y avait lieu de restituer le label d'Université d'Été », puis par l'équipe des astronomes qui décrivit dans un sketch à plusieurs voix « un travail d'équipe, beaucoup de bénévolat et... pas beaucoup d'argent ». Le compte rendu se terminait par un *nota bene* relatant l'intervention du mari de Bernadette, Jean-Paul Durieux, alors député de la Moselle, auprès du ministre, Jean-Pierre Chevènement. L'intervention fût couronnée de succès et le financement revint en 1986. Par ce souvenir, je m'associe ainsi plus particulièrement à la peine profonde de Jean-Paul.

Lucienne Gouguenheim

Bernadette qui avait suivi des Écoles d'Été à Formiguères (à l'époque Université d'Été) et à Gap, avait porté de nombreux projets avec ses élèves du lycée de Longwy et s'était investie auprès du grand public et du club local. Nous gardons le souvenir d'une personne discrète, distinguée, aimable et efficace. (La Rédaction).

AG du CLEA à Dijon

30 novembre 2008 – Christian Larcher, secrétaire

L'assemblée Générale du CLEA s'est déroulée cette année à Dijon, capitale de la Bourgogne, célèbre pour ses vins, son pain d'épice, et sa moutarde.

Pierre Causeret en avait assuré une préparation minutieuse.

Beaucoup d'adhérents sont venus dès le samedi pour profiter de la visite des cadrans solaires et des 4 méridiennes que possède la ville. Malgré le temps qui n'était pas au mieux de sa forme, Pierre et Bernard

nous ont fait découvrir des cadrans solaires connus, le plus souvent, que des initiés. Comme prévu, nous avons grimpé les 316 marches de la tour Philippe Le Bon. Avant d'arriver au sommet, une halte dans la salle haute de la tour nous a permis d'admirer une ancienne méridienne redécouverte récemment. Cette méridienne a une longueur de 8 m ; elle est constituée par une règle de laiton sertie dans une belle semelle de marbre blanc.

Au sommet de la tour la vue est magnifique et l'on comprend pourquoi Dijon est appelée la ville aux 100 clochers. La visite s'est poursuivie en passant près de l'église ND de Dijon, avec un arrêt obligatoire près de la célèbre chouette "porte-bonheur" en pierre qui constitue une des curiosités locales. La chouette dans la mythologie grecque est le symbole de la sagesse car elle reste éveillée et voit clair dans les ténèbres de la nuit.

Dans l'après midi le Conseil du CLEA s'est réuni dans une salle du musée archéologique gracieusement prêtée par le conservateur.

Le soir nous fûmes nombreux à dîner dans un restaurant sympathique. Pierre, en tant qu'organisateur-mathématicien méticuleux, avait poussé le détail jusqu'à nous demander à l'avance de choisir la composition de chacun des menus. Le dimanche l'AG avait lieu à l'IUFM de Dijon.

Compte rendu de l'AG

Étaient présents ou représentés 106 adhérents : AUGÉ Annick, BALIN Dominique, BARDIN Daniel, BERLIOUX Jacques, BERNARD Dominique, BILLARD Francine, BOBIN Michel, BOTTINELLI Lucette, BOULARD Claude, BOULARD Mireille, BOURREAU Jean, BOUTEVILLE André, BUREAU-GANTIER Sophie, CABON Monique, CAROLE Joannie, CAUCHOIS Michel, CAUSERET Pierre, CHAGRIN Françoise, CHARBONNEL Gabriel, COLLETTE Michel, COLOMB Betnard, CONVERS Jean-Pierre, DAHRINGER Frédéric, DALLA TORE Jean, de SAINTE FOY Hugues, DEBOST Marie-Hélène, DUMONT Simone, DURANT Gaston, DUVAL Marie-France, ESPINAT Daniel, EYRAUD Charles Henri, FERNANDEZ Cyril, FERRARI Cécile, FORT Jean, FOUQUET Jean-Luc, GERBALDI Michèle, GERMAIN Lydie, GOUGUENHEIM Lucienne, GOUTVERG Philippe, GRAUSS Bernard, GUILLEMIN Gilles, HAGUENAUER Bernadette, HAUGUEL Véronique, HESS Gérard, JOSSELIN Éric, JOUBIN Daniel, JOUVARD Jean-Marie, KOBER Gilles, LAHELLEC Marie Agnès, LAMBERT Dominique, LAPOTRE Philippe, LARCHER Christian, LAULANET Christophe, LE GUEN Gérard, LE GUET TULLY Françoise, LE GUILLOU Nicole, LECOQ Catherine, LECOUTRE Chantal, LECOUTRE Georges, LEGRAND Eliane, LENDORMI René, LEPOIVRE Olivier, LETOURNEAU Jacqueline, MACE Marie-Christine, MATHIEU Alain, MAUREL Danièle, MAYER Lucette, MERLIN Philippe, MEUNIER Roger, MOREELS Guy, MUGNIER Jean-François, OXOTEGUY Marie-Jeanne, PALA Jean-Luc, PASCAL Daniel, PASKOV Marie-Claude, PATUREL Anne-Marie, PATUREL Georges, PAULHIAC Michel, PAUPART Daniel, PEDRON François, PETIT Annie, PEYBERNARD Michèle, PIETERS Claude, REGIS Danielle, RICHELMI Roger, RIPERT Jean, ROCHEFEUILLE Françoise, ROMIEU Françoise, ROUGETTE Michel, SANDRE Béatrice, SEMERJIAN Claudine, SERT Josée, STIERS José, TERRY Jean-Noël, THOREL Jean Claude, TICHET Elise, TOUSSAINT Daniel, UEBERSCHLAG Josette, VANGIONI Pierre, VARANNE Éric, VERJUX Stéphane, VIENNEY Jean-Michel, VIGNON Catherine, VIGOUROUX Charles-Henri, VILAS SARRAZIN Liliane, WEILL Laurent.

Rapport moral de notre président Georges Paturel.

Celui-ci exprime une certaine inquiétude pour l'avenir de notre association. Il fait observer que depuis sa création, il y a 32 ans, la situation a beaucoup changé. Les jeunes astronomes rencontrent davantage de difficultés qu'auparavant et il convient de les laisser agir.

Il constate par ailleurs que les centres de recherche en astronomie se lancent aussi dans la formation, ce qui occasionne une concurrence avec CLEA. Cette concurrence est d'autant plus vivement ressentie que ces nouveaux centres utilisent parfois des travaux élaborés par le CLEA sans en indiquer la source. Notre président estime que les activités du CLEA sont trop fragmentées, éparpillées et qu'il conviendrait à présent de chercher à les fédérer.

Il exprime une certaine déception de voir que certaines de ses idées ne sont ni approuvées ni ratifiées par la majorité au Bureau et au Conseil du CLEA.

A la suite de cet exposé un débat a lieu avec l'assemblée.

Parmi les idées émises :

Le CLEA a pris naissance dans un contexte particulier mais son originalité repose pour beaucoup sur la transmission d'un certain nombre de valeurs qu'il convient de maintenir et de transmettre. Ces valeurs, voulues par les fondateurs, font la spécificité du CLEA. Elles sont plus importantes que le nombre d'adhérents ou le nombre de documents pédagogiques vendus. Ces valeurs se manifestent par une *approche par la motivation* qui permet une certaine qualité relationnelle entre tous les membres indépendamment des rapports hiérarchiques.

Les divergences ne résultent pas d'un conflit de générations. En réalité la jeunesse est un état d'esprit, mais il ne suffit pas d'être physiquement jeune pour souhaiter faire vivre et transmettre les valeurs spécifiques qui structurent le CLEA.

Rapport financier du trésorier Jean Ripert

du 7 novembre 2007 au 14 novembre 2008

CLEA Dépenses		
	en 2008	en 2007
Compte Courant Banque Postale		
CAHIERS CLAIRAUT	14 873,48	16 217,78
COMMUNICATION	1 562,48	2 205,51
AG	3 427,61	868,21
Assurance	255,42	550,52
FONCTIONNEMENT	2 117,24	6 988,22
EEA	11 657,17	10 968,25
INVESTISSEMENT	1 038,40	
TOTAL	34 931,80	
Sur livret A		
Virement sur CCP	4000,00	
TOTAL	38931,8	

CLEA Recettes		
	en 2008	en 2007
Cahiers Clairaut	15 079,00	15439
Adhésions	2 470,00	2960
Ventes	1 559,90	2 514,63
Prestations	0	100
Centre Franç photocop	282,57	391,2
EEA 2008	7 573,70	4 856,75
AG 2007	1 685,00	682
Intérêts livret	1 737,99	1 125,90
Virement depuis livret	4 000,00	20 000,00

TOTAL	34 388,16
--------------	------------------

Bilan de nov 2007 à nov 2008		
Dépenses	38 931,80	
Recettes	34 388,16	
	déficit de	-4 543,64

Solde CCP nov 2007	12 598,04	
Livret nov 2007	67 316,91	79 914,95

Solde nov 2007	75 371,31
-----------------------	------------------

Rapprochement		
CCP 14 nov 2008	10 316,41	
Livret nov 2008	65 054,90	75 371,31

Après ces indications les comptes sont **approuvés à l'unanimité, le quitus est donné à l'unanimité à notre trésorier.**

Tarifs 2009 : Le maintien des tarifs de 2008 est décidé à l'unanimité

Le site du CLEA

Charles-Henri Eyraud indique qu'une convention valable pour une durée de deux ans a été signée entre le CLEA et l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique)

Ce site sera ouvert à tous sans qu'il soit nécessaire d'être membre du CLEA.

Il devrait jouer un rôle d'appel vers les Cahiers Clairaut. Il est contrôlé et géré par une équipe placée sous la responsabilité de Charles-Henri Eyraud.

Intervention de Véronique Hauguel

Après la pause, Véronique Hauguel présente un des nouveaux ateliers inaugurés à l'EEA. Il s'agissait de reproduire sur le terrain de golf du Col Bayard, mais à petite échelle, une partie de la méthode utilisée par Picard en 1669 pour mesurer la longueur de la portion de méridien comprise entre Amiens et Paris. Pour préparer cette manip Véronique et Christian ont fait des repérages préalables en essayant de coller au maximum au schéma de triangulation de Picard. En particulier il fallait trouver une base dont la longueur, mesurée avec précision, sert d'échelle. En bordure du terrain de golf du Col Bayard il existe un terrain de tennis aux extrémités duquel se trouvent 2 mâts de hautes tailles visibles de loin. Leur distance représentait le dixième environ de la distance totale et ces mâts constituaient une base idéale.

En plus de ces deux points, 5 autres points remarquables ont été déterminés, associés à des lettres allant de A à G en choisissant certains arbres ou des fanions disposés de telle sorte qu'ils délimitent des triangles utilisables par la triangulation.

Après une présentation théorique de la méthode de triangulation, les stagiaires ont mesuré avec précision et par différentes techniques la longueur de la base. Puis à l'aide de différents instruments du type arbalétrille, graphomètre muni de viseurs mais aussi avec un sextant ils ont mesuré tous les angles des triangles en vérifiant à chaque fois que la somme des angles était proche de 180°. Enfin, les calculs toujours un peu fastidieux, furent réalisés sur ordinateur à l'aide d'EXCEL.

La longueur de la portion de méridien située entre les points extrêmes A et G était de l'ordre de 300 mètres.

Pour compléter cette étude les latitudes des points extrêmes, situés volontairement sur l'axe Nord-Sud, ont été déterminées, non par des méthodes astronomiques comme autrefois, mais en utilisant un GPS. On en a déduit une valeur approximative du périmètre de la Terre.

Une version plus détaillée de cette manipulation sera donnée dans un prochain Cahiers Clairaut.

Toujours à partir des textes de Picard, une manipulation avec des élèves de seconde et de premiers S est proposée en consultant le site :

<http://dutarte.club.fr/Siteinstruments/Triangulation.htm>

Un site sur les instruments anciens :

<http://dutarte.club.fr/Siteinstruments/index.htm>

Intervention de Christian Larcher sur les Cahiers Clairaut

A partir de 2009 une nouvelle équipe prend en charge la réalisation des Cahiers Clairaut. Cette équipe est composée de Pierre Causeret, Jean Ripert et Christian Larcher. Cette équipe envisage de mettre dans chaque numéro une partie thématique d'environ 20 pages sur les bases de l'astronomie et en proposant des activités à faire avec les élèves.

Pour les 4 numéros de 2009 nous avons prévu de retenir les thèmes suivants :

Numéro 125 équinoxe de printemps : *Le ciel et les constellations*

Numéro 126 solstice d'été : *La Terre*

Numéro 127 équinoxe d'automne : *La planète Mars*

Numéro 128 solstice d'hiver : *Les instruments d'observations anciens et modernes.*

De nombreux membres du CLEA ont proposé leur collaboration lors du questionnaire sur les Cahiers Clairaut. Nous espérons pouvoir effectivement compter sur la participation du plus grand nombre.

Élection du Conseil

Ont été élus avec 103 voix : ACKER Agnès (Astronome Strasbourg), BALIN Dominique (Paris), BARDIN Daniel (Aix-Marseille), BERNARD Dominique (Correspondante académie de Lyon), BERTHOMIEU Francis (Correspondant académie de Nice), BILLARD Francine (Reims), BOBIN Michel (Versailles), BOTTINELLI Lucette (Astronome), BOUTEVILLE Gilles (Correspond académie de Clermont-Ferrand), BRAHIC André (Université Paris Diderot-CEA Saclay), BRIOT Danielle (astronome, Paris), CAUCHOIS Michel (Lyon), CAUSERET Pierre (Correspondant académie de Dijon), CHATY Sylvain (université Paris 7), DUVAL Marie France (Astronome, Correspondante académie d'Aix-Marseille), EYRAUD Charles-Henri (EAAE), FERRARI Cécile (Université Paris Diderot-CEA Saclay), FOUQUET Jean-Luc (Correspondant académie de Poitiers), GOUGUENHEIM Lucienne (Astronome), IMBAULT Danièle (CEA Saclay), JOSSELINE Éric (Astronome, Correspond académie de Montpellier), JOUBIN Daniel (Var), LAHELLEC Marie-Agnès (Paris), LARCHER Christian (correspondant académie de Paris), LECOUTRE Georges (Lyon), LE FUR Pierre (Nice), MAUREL Danièle (Correspondante académie d'Orléans), MEUNIER Roger (Créteil), MOREELS Guy (astronome, Besançon), MULLER Lionel (Correspondante académie de Strasbourg), PATUREL Georges (Astronome), PAUPART Daniel, (Bordeaux), PECKER Jean-Claude (Astronome), PEDRON François (Orléans-Tours), PETIT Jean (Correspondant académie de Toulouse), RIPERT Jean (Toulouse), SANDRÉ Béatrice (Toulouse), SERT Josée (Toulouse), TERRY Jean-Noël (Lyon), VIENNEY Jean-Michel (Versailles).

Élection du Bureau

Les 29 membres du Conseil présents ou représentés ont tous voté. Le Bureau suivant a été élu avec 29 voix :

Présidents d'Honneur : Lucienne GOUGUENHEIMN, Jean Claude PECKER, Évry SCHATZMAN

Président : Georges PATUREL ; **Vice-Président** : Éric JOSSELINE

Trésorier : Jean RIPERT ; **Trésorière Adjointe** : Cécile FERRARI

Secrétaire : Christian LARCHER ; **Secrétaire Adjoint** : Pierre CAUSERET

Rédacteur des Cahiers Clairaut : Christian LARCHER

Responsable des sites web : Francis BERTHOMIEU et Charles Henri EYRAUD

Le buffet froid du dimanche

Le repas de midi était fort copieux. Il se déroulait sous une sorte de rotonde où étaient disposées tables et chaises. Le buffet était agrémenté d'un vin local particulièrement apprécié. Le temps du repas constitua, comme chaque année, un temps privilégié de retrouvailles et d'échanges amicaux.

Les stands

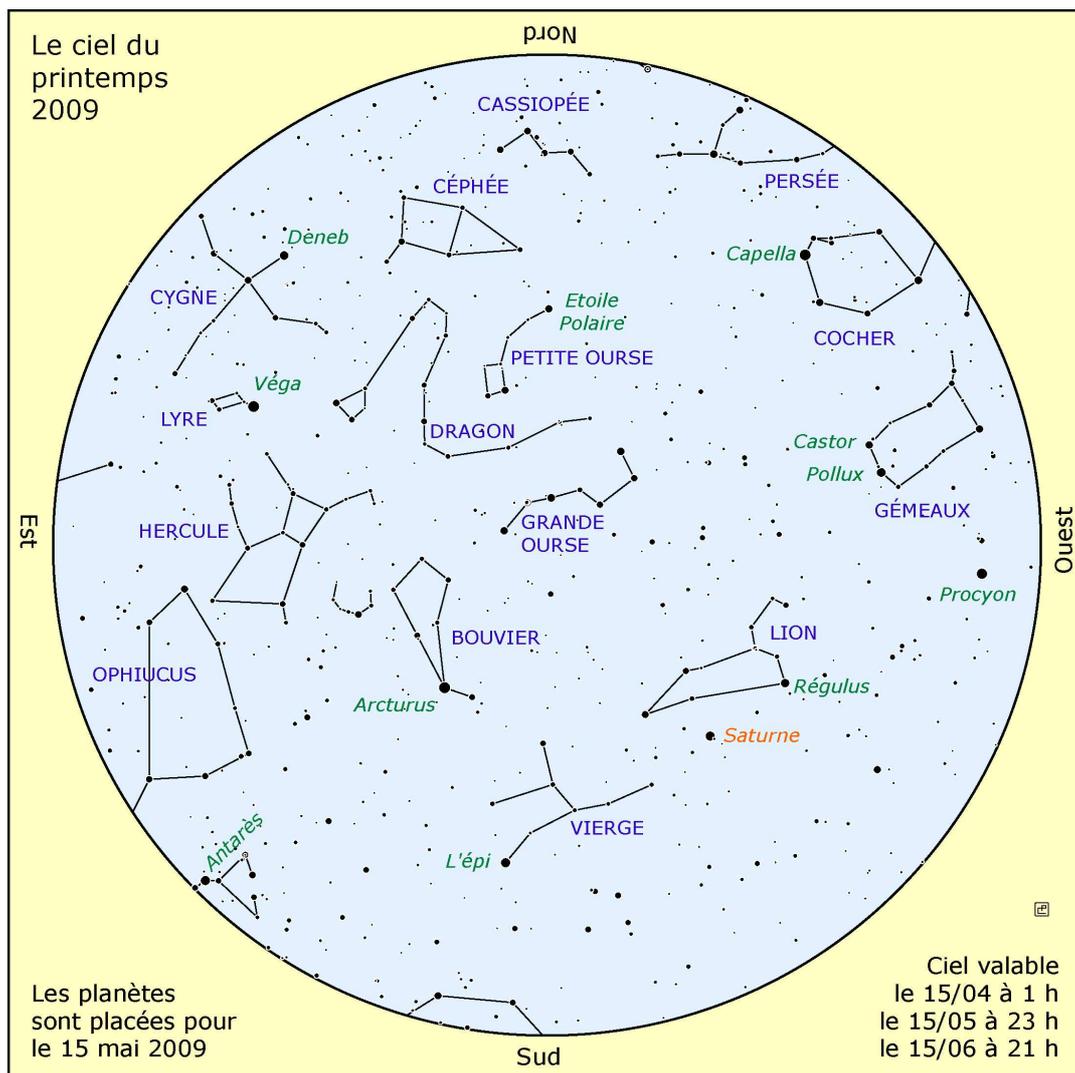
Après le repas les participants pouvaient visiter de nombreux stands :

- Une exposition de cadrans solaires de Bernard Simon (SAB), dont un violon en pierre et d'autres de différentes époques site : <http://lescadransdeconstant.free.fr/>
- Des cadrans solaires très originaux de Nicole Aebischer de Franche Comté avec par exemple des bouteilles en plastique donnant l'heure corrigée de l'équation du temps : <http://soleilheur.blogspot.com/>
- Une maquette du système solaire avec les planètes jusqu'à Mars, une Terre tournant sur elle-même et gardant son axe incliné, une Lune dont l'orbite est inclinée sur l'écliptique permettant d'expliquer les éclipses, l'ensemble étant motorisé et commandé par ordinateur. Maquette réalisée par la Société Astronomique de Bourgogne.
- Des spectres stellaires réalisés à l'aide d'un petit spectro relié par fibre optique à un télescope (Vincent Boudon, SAB).
- Deux planétariums de salon permettant de simuler le mouvement apparent du Soleil et des planètes (André Roy, SAB : <http://andreroy.free.fr/>)
- Un planétarium gonflable avec vidéoprojecteur grand angle permettant des projections numériques, présenté par son inventeur Yves Lhoumeau : (<http://planetarium.bressan.site.voila.fr/>)
- Et bien évidemment le kit CLEA

Au cours de l'après midi nous avons assisté à une conférence de JP Verdet sur la vie de Galilée. Cette conférence a été entièrement enregistrée par les soins de Charles-Henri Eyraud.



LE CIEL DU PRINTEMPS 2009



Visibilité des planètes

À partir du mois d'avril, Vénus est visible le matin à l'est peu avant le lever du Soleil, basse sur l'horizon mais toujours très lumineuse.

Mercure est à chercher le soir à l'ouest entre le 15 avril et le 5 mai (sous la Lune le 26 avril).

On peut observer Saturne le soir toujours dans la constellation du Lion.

Jupiter est maintenant visible le matin au sud-est dans la constellation du Capricorne, un peu moins lumineuse que Vénus.

Événements

20 mars 2009 : Équinoxe de printemps à 11 h 43 TU.

27 mars. Conjonction inférieure de Vénus. Vénus passe entre la Terre et le Soleil, plus précisément à 8° au nord du Soleil. Exceptionnellement, les observateurs équipés peuvent envisager d'observer

Vénus en très mince croissant (1%).

29 mars : passage à l'heure d'été. L'heure légale passe de TU + 1 h à TU + 2 h (TU désigne le Temps Universel : c'est l'heure de Greenwich).

30 mars : rapprochement Lune - Pléiades.

23 avril au matin : rapprochement Lune Vénus (4°).

26 avril (soir) : **rapprochement Lune Mercure Pléiades**

30 avril : rapprochement Mercure Pléiades.

28 mai : rapprochement Jupiter Neptune (0,4°) le matin.

5 juin : plus grande élongation ouest de Vénus.

21 juin : Solstice d'été à 5 h 46 TU.

21 juin (matin) : rapprochement Vénus Mars.

Lune

Nouvelle Lune le 26 mars, le 25 avril, le 24 mai, 22 juin.

Pleine Lune le 9 avril, le 9 mai, 7 juin.

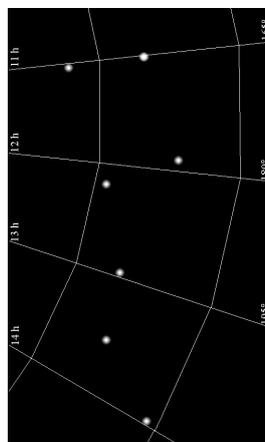
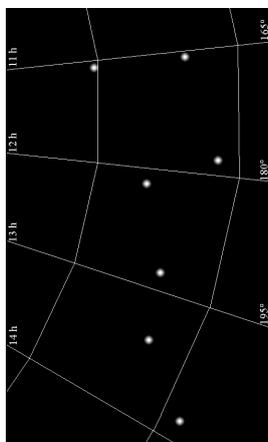
RÉPONSE AU "REMUE-MÉNINGES"

La méthode est classique : il faut regarder l'ensemble des deux images en essayant de dissocier les deux yeux pour superposer les deux images. Il arrive un moment où l'on voit trois images : celle du milieu apparaît en relief. On peut s'aider en tenant un carton placé entre les deux images et perpendiculairement à la feuille, et en plaçant les yeux de chaque côté du carton.

Plus la parallaxe d'une étoile est forte, plus cette étoile est proche de nous et plus nous devons « loucher » pour la voir nettement. Si nous voulons visualiser une constellation en relief, il faut exagérer

cette parallaxe.

Pour la Grande Ourse, ci-dessous, sur l'image originale, qui avait une taille de 500 x 1000 pixels, j'ai déplacé horizontalement les étoiles symétriquement par rapport à leur position initiale *d'un nombre de pixels égal à la parallaxe* exprimée en millisecondes d'arc. Sur l'image de gauche, les étoiles ont été déplacées vers la droite, sur celle de droite, elles ont été déplacées vers la gauche. Vous pouvez juger ci-dessous. La grille graduée servira de fond du ciel... Les étoiles apparaissent ainsi en relief, plus ou moins proches de vous !



Solutions Mots croisés

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	C	O	N	S	T	E	L	L	A	T	I	O	N
2	O	P	E	P	■	T	■	O	R	■	R	S	A
3	R	U	C	H	E	■	Q	U	A	S	A	R	S
4	O	S	■	E	C	L	I	P	T	I	Q	U	E
5	N	■	T	R	O	U	■	■	■	O	X	■	T
6	E	X	C	E	N	T	R	E	S	■	Z	■	U
7	L	U	E	■	O	H	I	O	■	D	E	U	X
8	L	A	■	E	M	E	R	S	I	O	N	S	■
9	I	N	O	P	E	R	A	N	T	S	■	E	U

Quelques précisions

Horizontalement

- RSA fabrique des planétariums à St Etienne comme le Cosmodysée.
- M44, l'amas ouvert du Cancer, s'appelle aussi Praesepe, la Ruche ou la Crèche.
- L'année du bœuf (Ox en anglais) dure du 26 janvier 2009 au 14 février 2010.
- Le la3 vibre à 440 Hz.

Verticalement

- Trinh Xuan Thuan, astrophysicien américain.
- Début de Nec plus ultra. Trichloréthylène ou TCE.
- Si on trace l'équateur, les deux tropiques, les deux cercles polaires et l'écliptique.

L'École d'Été d'Astronomie du CLEA aura lieu du 20 au 27 août 2009 à Gap-Col Bayard.

Vous trouverez la fiche de pré-inscription et le programme provisoire sur le site :

<http://www.ac-nice.fr/clea/p>

Écoles d'Été d'Astronomie



Vous souhaitez débiter en astronomie ?

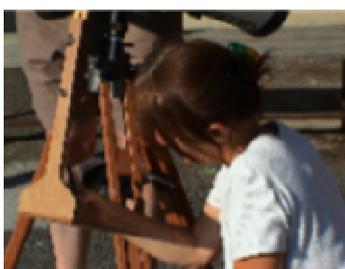
Vous souhaitez vous perfectionner ?

Vous avez le projet d'animer un club ?

Venez participer à une école d'été d'astronomie, au col Bayard, à 1 200 m d'altitude, dans un cadre prestigieux.



Des exposés accessibles à tous



Des ateliers pratiques et des observations

Toutes les activités sont encadrées par des astronomes professionnels et des animateurs chevronnés.

Renseignements sur le site du CLEA

Les productions du CLEA ⁽¹⁾

En plus du bulletin de liaison entre les abonnés que sont les Cahiers Clairaut, le CLEA a réalisé diverses productions.

Fruit d'expérimentations, d'échanges, de mises au point et de réflexions pédagogiques d'astronomes et d'enseignants d'écoles, de collèges, de lycées, ces productions se présentent sous différentes formes :

Fiches pédagogiques

Ce sont des hors série des Cahiers Clairaut conçus par le Groupe de Recherche Pédagogique du CLEA : astronomie à l'école, la Lune, gravitation et lumière, mathématique et astronomie, ...

Fascicules thématiques de la formation des maîtres, en astronomie

Repérage dans l'espace et le temps, le mouvement des astres, la lumière messagère des astres, vie et mort des étoiles, univers extragalactique et cosmologique, ...

Matériel

Filtres colorés et réseaux de diffraction

DVD

Les archives du CLEA de 1978 à 2006 (Cahiers Clairaut et Écoles d'Été d'Astronomie)

Le formulaire de commande est sur le site.

(1) vente aux adhérents uniquement

Planétarium

Il est possible également de louer le planétarium gonflable (starlab) du CLEA. Cette année 2009, il sera en région Midi-Pyrénées. (uniquement pour le planétarium contact : jean.a.ripert@wanadoo.fr)

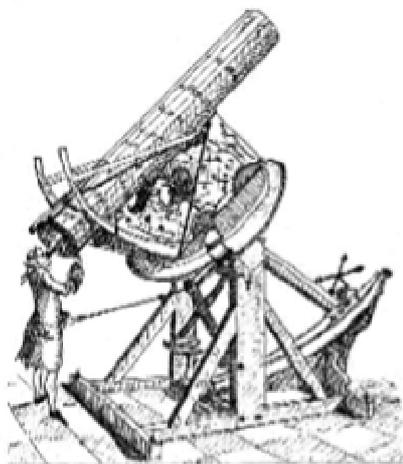
Le site internet

Une information toujours actualisée

www.clea-astro.eu



LES CAHIERS CLAIRAUT



Publiés quatre fois par an, aux équinoxes et aux solstices, les Cahiers Clairaut offrent des rubriques très variées:

Articles de fond
Réflexions
Reportages
Textes : extraits, citations, analyses
Pédagogie de la maternelle au supérieur
TP et exercices
Curiosités
Histoire de l'astronomie
Réalizations d'instruments et de maquettes
Observations
Informatique
Les Potins de la Voie Lactée

COMMENT NOUS JOINDRE ?

Informations générales :

www.clea-astro.eu
ou
www.ac-nice.fr/clea

Siège Social :

CLEA,
Observatoire de Lyon
69561 ST-Genis Laval CEDEX

École d'Été d'Astronomie :

jean-luc.fouquet@wanadoo.fr

Cahiers Clairaut :

larcher2@wanadoo.fr

Ventes des productions :

www.clea-astro.eu

Site internet :

berthomi@ac-nice.fr

Adhésion / Abonnement :

Adhésion CLEA pour 2009 : 5 €

Abonnement pour 2009 : 30 €

Abonnement + adhésion : 35 €

Chèque à l'ordre du CLEA, à envoyer à :

Jean Ripert
Impasse de Mouyracs
46090 PRADINES

Directeur de la Publication : Georges Paturol
Imprimerie France Quercy 46090 MERCUÈS

Premier dépôt légal : 1er trimestre 1979

Numéro CPPAP : 0310 G 89368

Prix au numéro : 8 €

Revue trimestrielle : numéro 125, mars 2009