

**Le ciel de septembre 2013**

Les phénomènes du mois :

Les temps sont donnés en heure normale pour Nantes

jj hh:mm

Sommaire:

- Le ciel du mois
- essaims étoiles filantes
- Astéroïdes
- Planètes,
- Carte du ciel
- Avant la Relativité restreinte
- Le saviez-vous
- Des livres à lire

- 01 20:12 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 01 22:30 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 05 12:36 NOUVELLE LUNE
- 06 05:30 Rapprochement entre Vénus et Spica (dist. topocentrique centre à centre = 1.6°)
- 07 04:59 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 08 14:53 Début de l'occultation de 67-alpha Vir, Spica, (magn. = 0.98)
- 08 16:10 Fin de l'occultation de 67-alpha Vir, Spica, (magn. = 0.98)
- 08 17:22 Rapprochement entre Mars et M 44 (dist. topocentrique centre à centre = 0.5°)
- 09 08:06 Pluie d'étoiles filantes : Perséides de sept. (5 météores/heure au zénith; durée = 16.0 jours)
- 11 21:06 Début de l'occultation de 4-psi Oph (magn. = 4.48)
- 11 22:10 Fin de l'occultation de 4-psi Oph (magn. = 4.48)
- 12 05:08 Minimum de l'étoile variable bêta de la Lyre
- 12 18:08 PREMIER QUARTIER DE LA LUNE
- 14 16:52 Opposition de l'astéroïde 324 Bamberga avec le Soleil (dist. au Soleil = 1.807 UA; magn. = 7.9)
- 14 19:46 Fin de l'occultation de 44-rhô1 Sgr (magn. = 3.92)
- 15 17:34 Lune au périgée (distance géoc. = 367391 km)
- 16 06:34 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 16 23:21 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
- 17 20:14 Rapprochement entre la Lune et Neptune (dist. topocentrique centre à centre = 4.5°)
- 17 22:34 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée

A ne pas manquer

Découvrir les principales constellations et leurs légendes Mardi 3 septembre à 21H30 plage de Suscinio (animation gratuite).

Reprise des activités du club le jeudi 26 septembre 2013 au centre ADPEP56 à 18h30

jj hh:mm

18 17:46 *Rapprochement entre Vénus et Saturne (dist. topocentrique centre à centre = 3.5°)*

19 03:22 *Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)*

19 12:13 *PLEINE LUNE*

21 00:51 *Début de l'occultation de 71-epsilon Psc (magn. = 4.27)*

21 02:01 *Fin de l'occultation de 71-epsilon Psc (magn. = 4.27)*

22 00:11 *Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)*

22 21:44 *ÉQUINOXE D'AUTOMNE*

24 20:59 *Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)*

25 02:00 *Mercure à son aphélie (distance au Soleil = 0.46670 UA)*

25 02:49 *Rapprochement entre Mercure et Spica (dist. topocentrique centre à centre = 0.7°)*

25 03:44 *Minimum de l'étoile variable bêta de la Lyre*

25 03:52 *Rapprochement entre la Lune et Aldébaran (dist. topocentrique centre à centre = 2.3°)*

25 19:17 *Opposition de l'astéroïde 89 Julia avec le Soleil (dist. au Soleil = 2.085 UA; magn. = 9.1)*

27 04:55 *DERNIER QUARTIER DE LA LUNE*

27 19:17 *Lune à l'apogée (distance géoc. = 404308 km)*

28 01:47 *Transits multiples sur Jupiter : deux ombres de satellites.*

28 01:50 *Transits multiples sur Jupiter : un satellite et deux ombres de satellites.*

28 03:03 *Transits multiples sur Jupiter : deux satellites et une ombre de satellite.*

Etoiles filantes essaims et Comètes

Les météores des alpha-Aurigides (AUR) sont très rapides, avec une vitesse d'environ 66 km par seconde. Le taux horaire moyen (ZHR) est à peu près 7 météores par heure. Cependant, des sursauts d'activité se sont produits en 1935, 1986 et 1994.

Le radiant, au moment du maximum, est situé à environ 5 degrés de l'étoile *eta Aurigae*, et forme un triangle avec les étoiles *alpha* et *beta Aurigae* (Capella et Menkalinan).

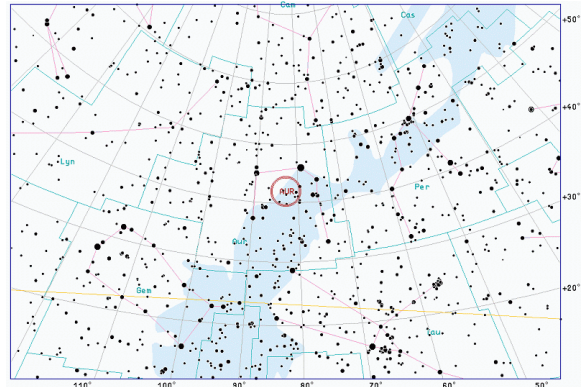
L'essaim des alpha-Aurigides est associé à la comète Kiess 1911 II, une comète d'une période d'environ 2000 ans découverte par l'astronome américain Carl Clarence Kiess le 16 Juillet 1911 sur des clichés pris avec le Crocker Photographic Telescope à l'Observatoire Lick où il travaillait.

Les alpha-Aurigides ont été découverte par Cuno Hoffmeister et A. Teichgraeber (Sonneberg, Allemagne) dans la nuit du 31 Août au 01 Septembre 1935. Période d'activité : du 25 Août au 08 Septembre

Maximum : 31 Août, Longitude solaire (λ) : 158.6° , position du radiant au moment du maximum

ascension droite (α) : 084° , déclinaison (δ) : $+42^\circ$, Vitesse (en km/s) : 66, r : 2.6, ZHR : 7

Comète associée : C/1911 N1 (Kiess)



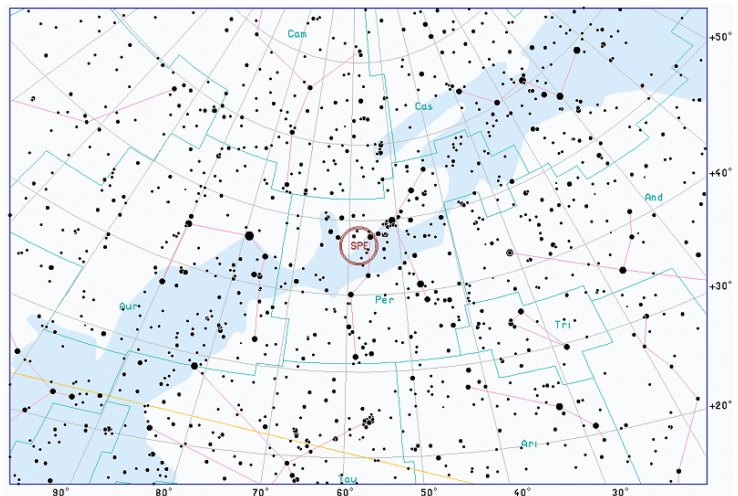
Les météores des epsilon [Perséides de Septembre](#) (SPE) sont des météores très rapides, avec une vitesse d'environ 64 km par seconde. Le taux horaire moyen (ZHR) est de 5 météores par heure.

Les météores des epsilon [Perséides de Septembre](#) étaient autrefois regroupés avec ceux des "delta-Aurigides" sous cette dernière appellation. La décision de distinguer les deux essaims a été basée sur de nombreuses observations. La date de séparation entre les deux courants coïncide avec le moment où le ZHR était le plus bas, permettant ainsi maintenant le traitement distinct de ces deux courants dans les observations.

Période d'activité : du 04 au 17 Septembre, Maximum : 09 Septembre Longitude solaire (λ) : 166.7°

position du radiant au moment du maximum, ascension droite (α) : 047° , déclinaison (δ) : $+40^\circ$

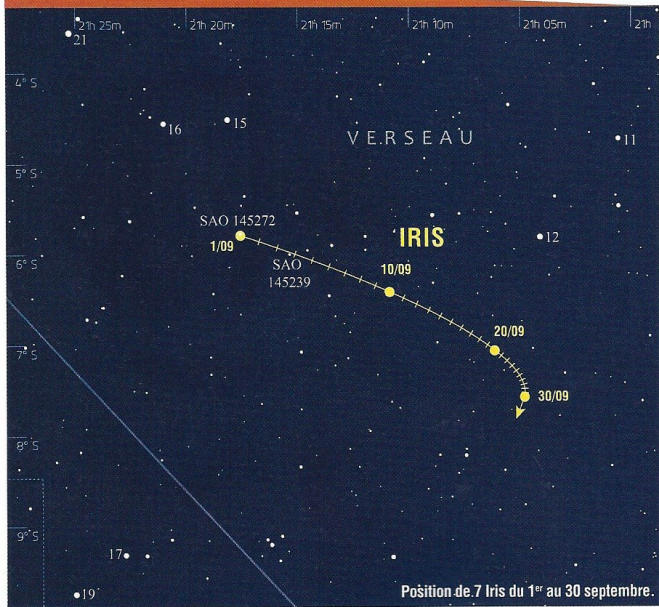
Vitesse (en km/s) : 64, r : 3.0, ZHR : 5



LES ASTEROÏDES

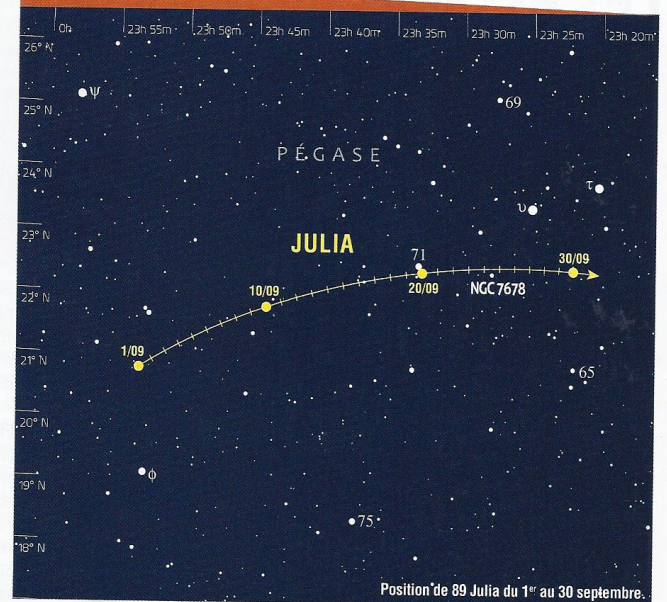
7 Iris

- Découvert en 1847 ► Dernière opposition le 16 août 2013
- Magnitude mini en septembre : 8,1 ► Durée de rotation sur lui-même : 7,14 h
- Période de révolution autour du Soleil : 3,69 ans ► Taille : 200 km



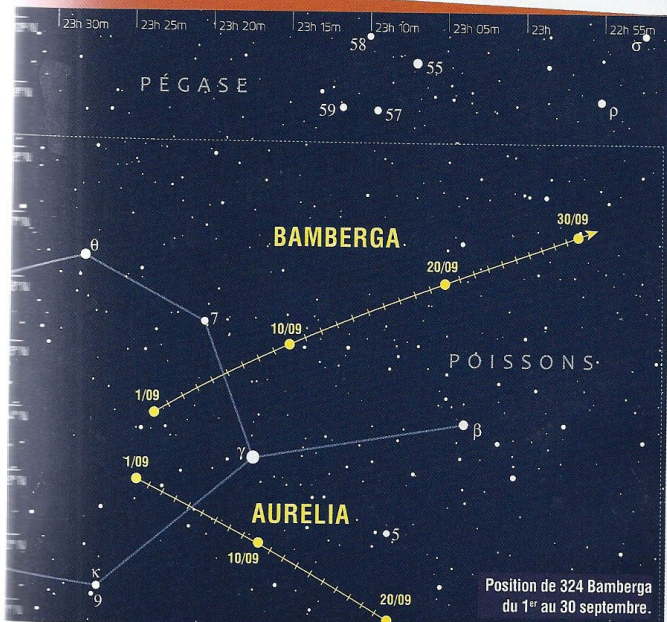
89 Julia

- Découvert en 1866 ► En opposition le 25 septembre 2013
- Magnitude mini en septembre : 9,1 ► Durée de rotation sur lui-même : 11,39 h
- Période de révolution autour du Soleil : 4,07 ans ► Taille : 152 km



324 Bamberga

- Découvert en 1892 ► En opposition le 13 septembre 2013
- Magnitude mini en septembre : 8,1 ► Durée de rotation sur lui-même : 29,43 h
- Période de révolution autour du Soleil : 4,40 ans ► Taille : 229 km



Visibilité des planètes et des astéroïdes remarquables

Mercure visible la faible hauteur de l'écliptique le soir est pénalisante. Élongation max le 30(Vierge)

Vénus : se couche dès le crépuscule son éclat puissant lui permet de percer sans peine les dernières lueurs du jour (vierge, balance).

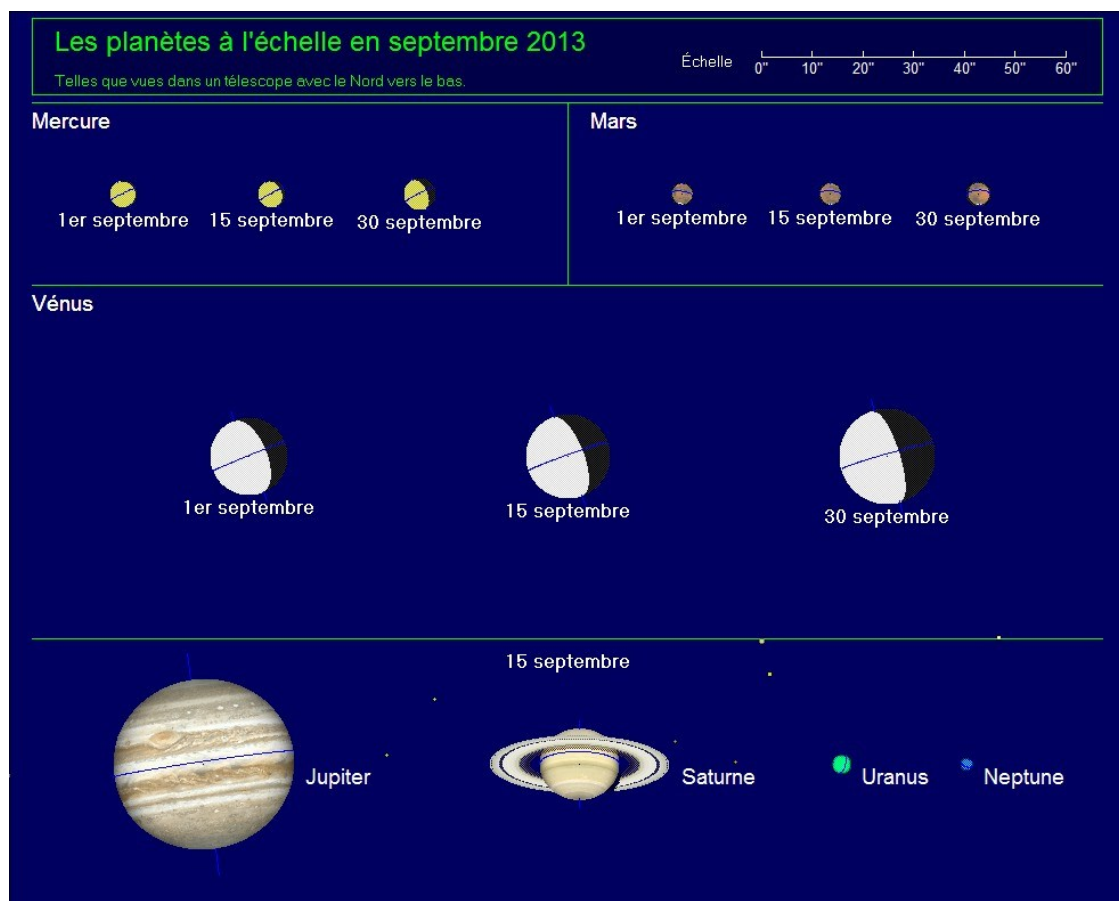
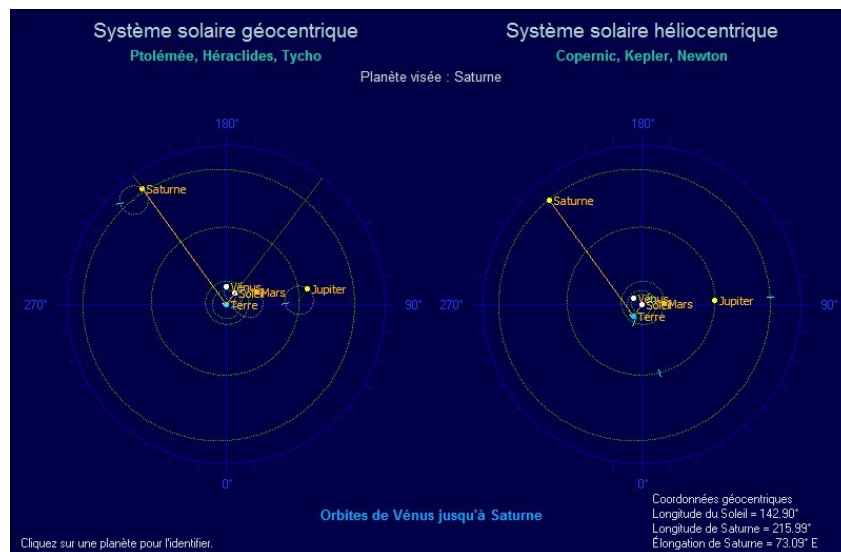
Mars prend de la hauteur en fin de nuit mais taille apparente petite. (Cancer)

Jupiter un peu plus haute que Mars permet une étude détaillée au télescope (Gémeaux).

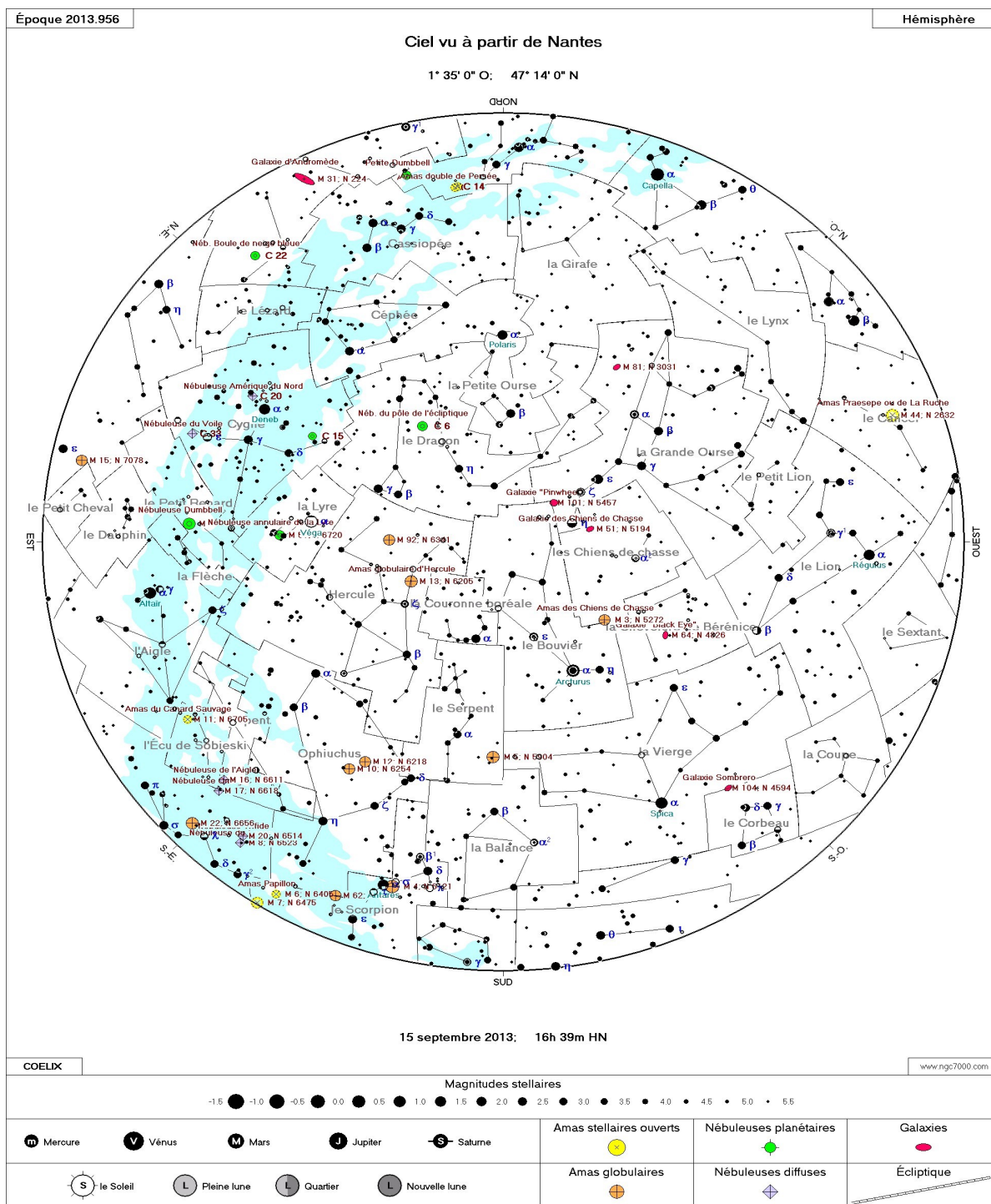
Saturne : se couche à la tombée de la nuit difficile à voir au télescope (Gémeaux).

Uranus : passera à l'opposition le 3 octobre, les conditions d'observation deviennent favorables (Poissons)

Neptune était à l'opposition fin août conditions d'observation optimales (Verseau).



Carte du ciel de septembre



Comment utiliser la carte du ciel

Si par exemple vous observez vers l'ouest, tenez la carte devant vous en plaçant le mot ouest vers le bas. Les constellations dessinées au-dessus de l'horizon Ouest vous font face sur le ciel. Le centre de la carte correspond au zénith, le point situé au-dessus de votre tête.

Une constellation représentée à mi-distance du centre et du bord de la carte est donc à égale distance de l'horizon et du zénith.

AVANT LA RELATIVITE RESTREINTE EINSTEINIENNE

1. INTRODUCTION

Einstein n'est pas celui qui a inventé la relativité, et il faut remonter jusqu'à Galilée pour en trouver la première formulation. Le principe fondamental de la relativité galiléenne, énoncé dans la première moitié du XVII^e siècle, constitue un point de départ essentiel de la physique moderne. Dans les termes imagés qu'utilisait Galilée, ce principe nous dit que des papillons embarqués à bord d'un navire volettent à l'intérieur toujours de la même façon, que le navire soit immobile ou qu'il vogue à sa vitesse de croisière sur la Méditerranée. D'une manière plus rigoureuse, il énonce que les lois de la nature sont les mêmes dans un référentiel (cadre – il s'agit souvent d'un objet particulier -par rapport auquel on étudie les phénomènes) et dans un autre en mouvement de translation uniforme par rapport au premier ; on parle d'équivalence des référentiels, appelés pour cela « référentiels galiléens ». La compréhension et la maîtrise de cette notion de référentiel, relativement auquel toute étude doit être conduite, sont indispensables avant d'aborder avec quelque espoir de succès l'étude de la relativité restreinte. Avant d'aborder cet aspect nous développerons une approche historique qui montrera mieux les difficultés pour clarifier les différents concepts intervenant dans notre sujet.

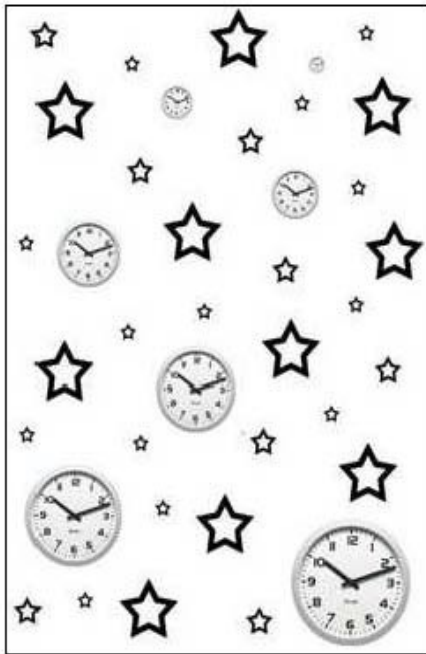
2. MECANIQUE CLASSIQUE : TEMPS ET ESPACE ABSOLUS

A la fin du XVII^e siècle, Isaac Newton (1642 / 1727), à la suite des travaux de Galilée et de Descartes, pose les bases de la dynamique dans son célèbre ouvrage « Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica ». En mécanique newtonienne l'étude du mouvement d'un point matériel¹ nécessite préalablement de définir la nature de l'espace et du temps intervenant dans la mise en équation des problèmes posés. En effet le principe d'inertie² exprime l'idée qu'un corps abandonné à lui même reste au repos ou conserve son mouvement rectiligne uniforme. On est alors amené à se poser les questions suivantes : le principe d'inertie est-il valable dans tous les référentiels et, si ça n'est pas le cas, dans quel(s) référentiel(s) l'est-il ?

La mécanique classique admet la transmission instantanée des interactions ; cette hypothèse est essentiellement celle des successeurs de Newton car ce dernier n'était pas sûr de cette affirmation et n'a jamais tranché clairement en faveur d'une réponse définitive. Cette idée était en accord avec les observations qu'il était possible de faire durant la période allant de la fin du XVII^e au milieu du XIX^e siècle. Les techniques de cette époque étaient incapables, par exemple, de mesurer la durée de transmission d'une impulsion entre les extrémités d'une barre rigide et on ne pouvait rien savoir des vitesses de propagation des interactions gravitationnelles ou, plus tard, électromagnétiques³ qui, pour les savants concernés, n'avaient pas de rapport avec celle de la lumière que l'on avait pu déjà déterminer par des moyens astronomiques (Roëmer, Bradley).

¹ Chez Newton la notion de point matériel permet de remplacer un objet de « petite taille » -c'est à dire dont les dimensions sont très inférieures aux distances intervenant dans le problème étudié – par un point mathématique ayant, dans un repère préalablement choisi, des coordonnées $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$, t étant le temps. ² C'est Descartes qui le proposera en premier en 1644. ³ Les premières mesures de la vitesse de propagation de l'électricité datent de 1831 et ont été réalisées par Charles Wheatstone

Avec cette idée d'instantanéité de perception de n'importe quel événement se produisant en



tout point de l'Univers, le concept de temps prend un sens absolu : ayant choisi une origine des temps identique, tous les observateurs, occupant n'importe quelle position, pourront affirmer simultanément que leur horloge marque le même instant (t). On peut qualifier le temps d'absolu puisqu'il est indépendant du système de référence spatial dans lequel on le mesure. Le temps absolu est le temps indiqué par toutes les horloges présentes sur une photographie prise à un instant donné et pour laquelle la lumière émise par chaque horloge se propage à une vitesse infinie. Ainsi l'acceptation de cette dernière propriété permet en mécanique classique de parler, pour un événement, d'une position spatiale relative – c'est à dire qui dépend du référentiel d'étude choisi – et d'une position temporelle absolue. On a un temps commun unifié qui s'écoule de la même façon pour tous les observateurs. Le problème de la synchronisation des horloges ne se pose donc pas à partir du

moment où le signal permettant de l'obtenir parvient en n'importe quel point de l'univers à l'instant où il a été émis. La phrase « L'événement A au point (x_A, y_A, z_A) s'est produit au même instant que l'événement B (x_B, y_B, z_B) » a un sens physique.

Mais, avec le temps, les choses se sont compliquées : depuis la fin du XVII^e siècle, on savait que la lumière se propageait à vitesse finie. Pour les autres interactions, comme la gravitation, on pensait qu'elle le faisait « beaucoup plus vite ». On pouvait alors se demander s'il était possible de conserver le concept de temps « absolu » et de simultanéité « absolue » d'événements éloignés. Était-il encore possible de synchroniser des horloges dans ces nouvelles conditions ? Suffisait-il de tenir simplement compte dans les calculs du temps de propagation de la lumière ?

Au XIX^e siècle, le développement de l'électrodynamique et de l'optique a pu laisser espérer qu'il était possible de répondre positivement à ces questions en s'appuyant sur un autre concept introduit par Newton. Nous avons distingué précédemment le repère spatial de mesure permettant de définir les coordonnées relatives (x, y, z) d'un événement et le repère temporel permettant de dater le même événement d'une manière absolue du fait de la propagation à vitesse infinie des interactions. Cependant, à partir d'expériences différentes de celles envisagées à propos du temps, Newton introduit la notion d'espace absolu. S'appuyant sur des considérations dynamiques, le grand savant anglais écrit dans les « Principia » :

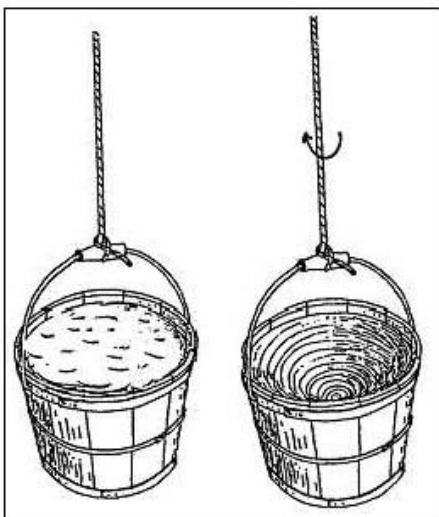
« L'espace absolu, sans relation aux choses externes, demeure toujours similaire et immobile. L'espace relatif est cette mesure ou dimension mobile de l'espace absolu, laquelle tombe sous nos sens par sa relation aux corps et que le vulgaire confond avec l'espace immobile.[...] L'espace absolu et l'espace relatif sont les mêmes d'espèce et de grandeur, mais ils ne le sont pas toujours de nombre, car, par exemple, lorsque la terre change de place dans l'espace, l'espace qui contient notre air demeure le même par rapport à la terre, quoique l'air occupe nécessairement les différentes parties de l'espace dans lesquelles il passe et qu'il en change réellement sans cesse. »

Les arguments du savant en faveur de son existence s'appuient sur le fait que les forces d'inertie – comme la force centrifuge, par exemple -n'apparaissent que dans les référentiels non galiléens, c'est à dire dans les systèmes accélérés. Nous savons tous que l'accélération d'un véhicule est perceptible d'une manière « absolue » et donc en dehors de toute référence extérieure. Les forces d'inertie qui apparaissent alors ne sont pas des interactions entre corps et les lois fondamentales de la dynamique doivent les intégrer dans leur expression.

Pour expliquer l'existence de ces forces particulières qu'il appelle vis insista, Newton distingue l'espace absolu et l'espace relatif. Le premier se présente comme un espace vide, préexistant aux corps qui l'occupent. Cependant, ce n'est pas l'espace géométrique des mathématiciens ; il jouit d'une propriété dynamique particulière : c'est dans l'espace absolu, et uniquement dans celui-ci, qu'opèrent les forces d'interaction. De ce fait il est possible de donner une signification physique précise du mouvement par rapport à l'espace absolu de Newton : il établit alors une relation entre l'espace absolu et les forces qui s'y développent en établissant une distinction entre mouvement absolu et mouvement relatif.

Le mouvement absolu, indique Newton dans cette introduction, est le déplacement d'un lieu absolu dans un autre lieu absolu. Un mouvement relatif sera toujours la différence de deux mouvements absolus. De ce fait les mouvements relatifs peuvent changer sans l'action d'une force. Il existe donc toute une classe de référentiels en translation uniforme⁴ par rapport à l'espace absolu pour lesquels agissent seulement ce que Newton appelle les forces imprimées⁵. Pour mieux asseoir sa distinction, Newton propose une expérience de pensée qu'on connaît aujourd'hui sous le nom de « Seau de Newton ». Il écrit :

« Les effets par lesquels on peut distinguer le mouvement absolu du mouvement relatif sont les forces qu'ont les corps qui tournent pour s'éloigner de l'axe de leur mouvement, car dans le mouvement circulaire purement relatif ces forces sont nulles et dans le mouvement circulaire vrai et absolu elles sont plus ou moins grandes selon la quantité du mouvement. Si on fait tourner en rond un vase attaché à une corde jusqu'à ce que la corde, à force d'être torse, devienne en quelque sorte inflexible, si on met ensuite de l'eau dans ce vase et qu'après avoir



laissé prendre à l'eau et au vase l'état de repos, on donne à la corde la liberté de se détortiller, le vase acquerra par ce moyen un mouvement qui se conservera très longtemps : au commencement de ce mouvement la superficie de l'eau contenue dans le vase restera plane, ainsi qu'elle l'était avant que la corde se détortille ; mais ensuite le mouvement du vase se communiquant peu à peu à l'eau qu'il contient, cette eau commencera à tourner, à s'élever vers les bords et à devenir concave, comme je l'ai éprouvé et son mouvement s'augmentant, les bords de cette eau s'élèveront de plus en plus, jusqu'à ce que les révolutions s'achevant dans des temps égaux à ceux dans lesquels le vase fait un tour entier, l'eau sera dans un repos relatif par rapport à ce vase.

⁴Einstein les a appelés repères galiléens. ⁵ D'après la 4^e définition il s'agit, pour Newton, des forces effectivement appliquées au corps d'épreuve

L'ascension de l'eau vers les bords du vase marque l'effort qu'elle fait pour s'éloigner du centre de son mouvement et on peut connaître et mesurer par cet effort le mouvement circulaire vrai et absolu de cette eau, lequel est entièrement contraire à son mouvement relatif, car dans le commencement où le mouvement relatif de l'eau dans le vase était le plus grand, ce mouvement n'excitait en elle aucun effort pour s'éloigner de l'axe de son mouvement : l'eau ne s'élevait point vers les bords du vase, mais elle demeurait plane et par conséquent elle n'avait pas encore de mouvement circulaire vrai et absolu : lorsque ensuite le mouvement relatif de l'eau vint à diminuer, l'ascension de l'eau vers les bords du vase marquait l'effort qu'elle faisait pour s'éloigner de l'axe de son mouvement et cet effort qui allait toujours en augmentant indiquait l'augmentation de son mouvement circulaire vrai. Enfin, ce mouvement vrai fut le plus grand lorsque l'eau fut dans un repos relatif dans le vase. L'effort que faisait l'eau pour s'éloigner de l'axe de son mouvement ne dépendait donc point de sa translation du voisinage des corps ambiants et par conséquent le mouvement circulaire vrai ne peut se déterminer par de telles translations. Le mouvement vrai circulaire de tout corps qui tourne est unique et il répond à un seul effort qui est la mesure naturelle et exacte ; mais les mouvements relatifs sont variés à l'infini, selon toutes les relations aux corps extérieurs et tous ces mouvements, qui ne sont que des relations, n'ont aucun effet réel, qu'en tant qu'ils participent du mouvement vrai et unique. De là il suit que dans le système de ceux qui prétendent que nos cieux tournent au-dessous des cieux des étoiles fixes et qu'ils emportent les planètes par leurs mouvements, toutes les parties des cieux et les planètes qui sont en repos par rapport aux cieux qui les environnent se meuvent réellement car elles changent leur position entre elles (au contraire de ce qui arrive aux corps qui sont dans un repos absolu) et étant transportées avec les cieux qui les entourent, elles sont effort, ainsi que les parties des tous qui tournent, pour s'éloigner de l'axe du mouvement. »

Incidentement, on peut constater que les textes de Newton n'ont pas la clarté de ceux de Galilée et la lecture précédente nécessite une attention soutenue pour être fructueuse.

Ce qui est important de comprendre c'est que, pour Newton, deux positions relatives identiques – l'eau et le seau sont au repos l'un par rapport à l'autre – peuvent correspondre à deux situations différentes. La réponse de Newton est que cette différence est due au fait que dans l'un des cas l'eau est au repos par rapport à l'espace absolu (figure de droite) alors que dans le second il est en mouvement de rotation dans ce dernier. L'espace absolu va alors avoir un effet dynamique sur l'eau avec l'apparition d'une force d'inertie, la force centrifuge. La vision newtonienne est donc que l'espace absolu, contrairement à l'espace relatif qui n'est qu'un réceptacle passif, a, en plus de ces propriétés géométriques qui sont celles de l'espace euclidien, des propriétés physiques. Cette action de l'espace absolu sur un corps en mouvement rectiligne uniforme se manifeste par cette vis insista (« force d'inertie » qui est notre masse inerte ou inertie) « par laquelle tout corps persévère de lui même dans son état actuel de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite. »⁶

Cette approche a très tôt été critiquée. Dès 1710 Georges Berkeley (1685 / 1753) dénonce dans son ouvrage « Traité sur les principes de la connaissance » toutes ces idées abstraites en lien avec la réalité matérielle objective qui sont autant de croyances fondées avant tout par le langage et ses illusions. Pour Berkeley, cela n'a de sens que dans la mesure où les concepts utilisés sont relatifs à des choses empiriquement perçues de manière sensorielle : le reste n'est que pur verbiage, pure abstraction. Leibniz (1646 / 1716) et Huygens (1629 / 1695) se sont également tous les deux opposés à cette idée « d'espace absolu ». Le premier écrit, en février 1716, dans une lettre à Clarke :

. « Pour moi, j'ai marqué plus d'une fois que je tenais l'espace pour quelque chose de purement relatif, comme le temps ; pour un ordre des coexistences, comme le temps est un ordre des successions. Car l'espace marque en termes de possibilité un ordre des choses qui existent en même temps, en tant qu'elles existent ensemble sans entrer dans leur manière d'exister particulières et lors qu'on voit plusieurs choses ensemble, on s'aperçoit de cet ordre des choses entre elles. »

On voit donc que les critiques de Leibniz s'appuient essentiellement sur l'absence d'un support concret lié à une observation et permettant d'asseoir les concepts introduits par Newton : on ne perçoit que des mouvements relatifs, d'un corps par rapport à un autre corps. Il est toutefois important de mettre l'accent sur un point fondamental de la dynamique newtonienne qui n'a pas toujours été bien compris. Certains commentateurs des Principia estimaient que l'adoption des concepts d'espace, de temps et de mouvement absolus s'opposaient à la validité du principe de relativité en maintenant une hiérarchie proche de celle qu'il existait déjà dans l'Antiquité. En réalité, pour Newton, la reconnaissance de l'espace absolu permet de lui attacher un référentiel dans lequel les forces d'inertie sont rigoureusement nulles et, donc, le principe d'inertie rigoureusement vrai. Comme l'écrit Marie-Antoinette Tonnelat dans son important ouvrage « Histoire du principe de relativité »⁷, « Ainsi dans l'espace absolu, tous les observateurs inertiels, c'est à dire en mouvement rectiligne et uniforme par rapport à cet espace et, par conséquent, les uns par rapport aux autres – sont strictement équivalents et l'on peut fonder un authentique Principe de Relativité Restreinte.[...] Ainsi conçus, l'espace, le temps, le mouvement absolu de la Physique newtonienne sont des notions asymptotiques. »

Cependant, la mise en œuvre scientifique puis technique de la théorie newtonienne du mouvement n'avait pas besoin de ce concept pour déployer sa pleine puissance et la querelle s'est rapidement épuisée dans le courant du XVIII^e siècle. Remarquons tout de même que ni Berkeley, ni Leibniz et ses autres détracteurs ne pouvaient donner de solution au problème que posait Newton : pour quelle raison les forces d'inertie apparaissent-elles dans les référentiels non galiléens ? Pour Newton c'est l'existence de l'espace absolu qui explique leur existence. Le désaccord n'était pas résolu mais simplement oublié.

3. LUMIERE : NATURE, VITESSE ET RAPPORT AU MOUVEMENT

3.1 Introduction

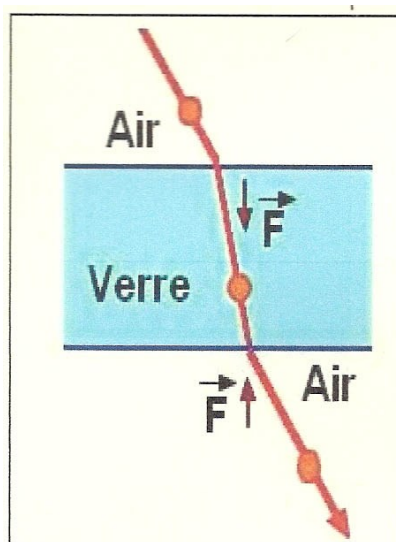
Sans entrer dans les détails⁸, il est important d'identifier les grandes étapes du difficile cheminement des physiciens, depuis Newton jusqu'à Einstein, qui les a amenés à renoncer à la transformation de Galilée pour la remplacer par celle de Lorentz.

Newton et ses successeurs vont appliquer avec succès les règles énoncées dans les « Principia » aux particules matérielles, mais pas à la lumière dont l'étude est alors essentiellement associée à l'optique ! Cependant cette dernière ne laisse pas indifférent Newton qui publie en 1704 son « Optics », ouvrage dans lequel il développe un modèle corpusculaire de la lumière. On peut voir sur la figure ci contre son explication de la réfraction : les particules formant le faisceau lumineux incident et se déplaçant à une vitesse finie sont soumises à une force perpendiculaire à l'interface d'origine gravitationnelle et orientée en direction du milieu le plus dense. Sous l'action de cette force les particules vont se rapprocher de la normale au passage air/verre et s'en éloigner à la sortie verre/air.

Dans le même temps Huygens propose sa conception ondulatoire mais le succès de la vision « mécanique » du monde de Newton l'emporte et son modèle de « l'émission » dominera tout le XVIII^e siècle

⁶L'espace absolu agit donc sur le corps en lui appliquant une force d'inertie mais il n'y a pas réciprocité : le corps n'agit en rien sur l'espace, ce qui est contraire à la loi dite « d'action et de réaction ». ⁷ Flammarion (1971) ⁸ On pourra lire avec profit sur ce sujet l'ouvrage de Jean Eisenstaedt « Avant Einstein : Relativité, lumière, gravitation » -2005 – Editions du Seuil

A la même époque les idées sur la propagation de la lumière vont évoluer grâce aux astronomes. C'est tout d'abord Olaüs Rømer (1644 / 1710) qui parvient, en 1676, à expliquer les retards périodiques observés dans la chronologie des mouvements des satellites de Jupiter en supposant que la lumière possède une vitesse finie.



3.2 Première détermination de la vitesse de la lumière : Rømer

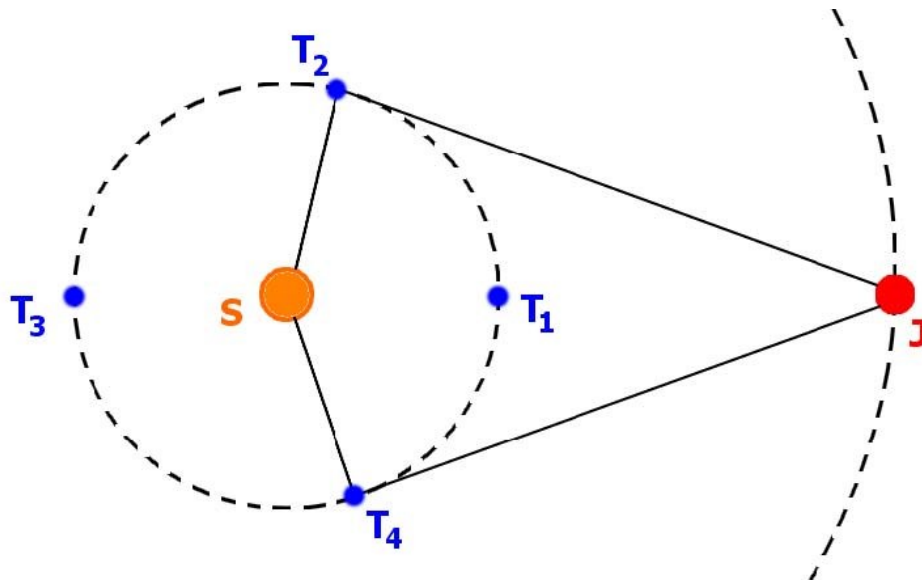
Disposant de moyens plus précis pour mesurer le temps⁹ Jean-Dominique Cassini (1625/1712) entrepris en 1664 l'étude des éclipses des satellites galiléens de Jupiter pour en établir des tables plus précises¹⁰.

En 1672 il y avait à l'observatoire de Paris un jeune astronome danois que Jean Picard (1620 / 1682) avait ramené de Copenhague : Olaüs Rømer. Ce dernier poursuivit les observations de Cassini concernant les satellites de Jupiter. Il confirma les constatations du grand astronome italien qui avait remarqué que, entre les instants prévus et les instants calculés de certains événements « faciles » à observer (par exemple disparition d'un satellite dans l'ombre de Jupiter), il existait une différence d'autant plus importante que la distance entre la Terre et Jupiter était plus grande. Cassini, le premier, avait supposé que ce phénomène pouvait être dû à la vitesse finie de la lumière puis s'était ravisé dans son explication. C'est son assistant Rømer qui, poursuivant dans cette voie, présentera, dans « le Journal des Sçavans » du 7 décembre 1676, la conclusion de son étude à la communauté scientifique.

On peut déduire de ses travaux¹¹ une vitesse de 220 000 km/s mais cette idée mettra plusieurs décennies à s'imposer, en particulier en France où les cartésiens n'acceptaient pas un tel résultat.

Voyons plus en détail la méthode de Rømer. Auparavant rappelons quelques propriétés importantes de la cinématique du système étudié. Jupiter étant une planète extérieure, sa visibilité depuis la Terre obéit à quelques conditions liées aux positions relatives Terre (T), Soleil (S), Jupiter (J).

⁹ Huygens avait mis au point en 1657 l'horloge à balancier beaucoup plus précise que les précédentes. ¹⁰ Il souhaitait se servir de ces tables pour améliorer la détermination de la longitude en mer. ¹¹ Rømer lui même n'a jamais réalisé ce calcul.



Les trois positions remarquables indiquées sur le schéma sont :

T₁ : opposition c'est à dire alignement S – T₁ -J

T₃ : conjonction c'est à dire alignement T₃ – S -J

T₂ et T₄ : quadrature pour laquelle l'angle (TS,TJ) vaut 90°

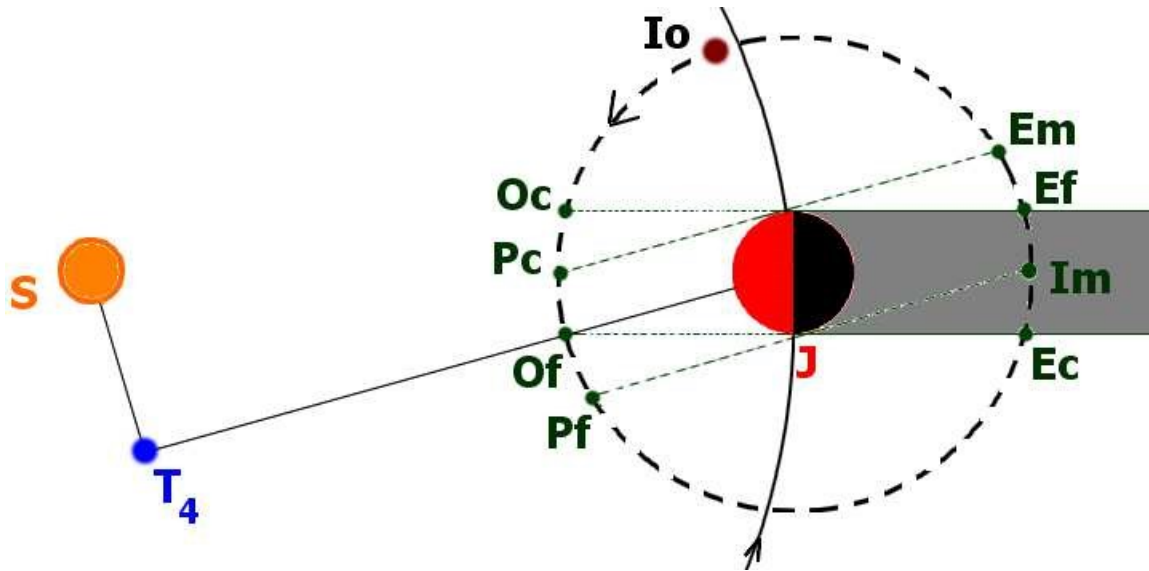
L'intervalle de temps qui sépare deux positions relatives (S,T,J) identiques est appelé période synodique T_s. Sa valeur se calcule avec l'expression suivante, dans laquelle T_r est la période sidérale¹² de la Terre (365,25j) et T_j celle de Jupiter (4332,59 j):

$$\frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_j} \Rightarrow T_s = \frac{T_r \cdot T_j}{T_j - T_r} = 398,88 j$$

Le moment le plus favorable pour observer Jupiter depuis la Terre est bien sûr celui d'une opposition car la planète géante est dans la direction opposée à celle du Soleil. Elle passe au méridien terrestre local à minuit et est visible pratiquement toute la nuit. La valeur maximale de l'angle γ entre JS et JT s'observe lors d'une quadrature et peut être calculé facilement. On a en effet :

$$\tan(\gamma) = JT/JS = 150/778 = 0,19 \Rightarrow \gamma = 11^\circ$$

Jupiter possède 66 satellites répertoriés à ce jour (février 2013) dont la taille varie entre 1 et 5260 km. Les quatre plus gros sont connus depuis leur découverte par Galilée au début du XVII^e siècle. Ce sont, par ordre de proximité avec Jupiter, Io, Europe, Ganymède et Callisto. Ils tournent dans des plans très voisins de celui de l'équateur de Jupiter et dans le sens direct.



La figure ci dessus représente Io et Jupiter alors que la Terre et Jupiter sont en quadrature avant l'opposition. On distingue quatre types de phénomènes différents :

les **éclipses** (Ec :éclipse commençante -Ef : éclipse finissante) : Io est à l'intérieur du cône d'ombre de Jupiter entre Ec et Ef.

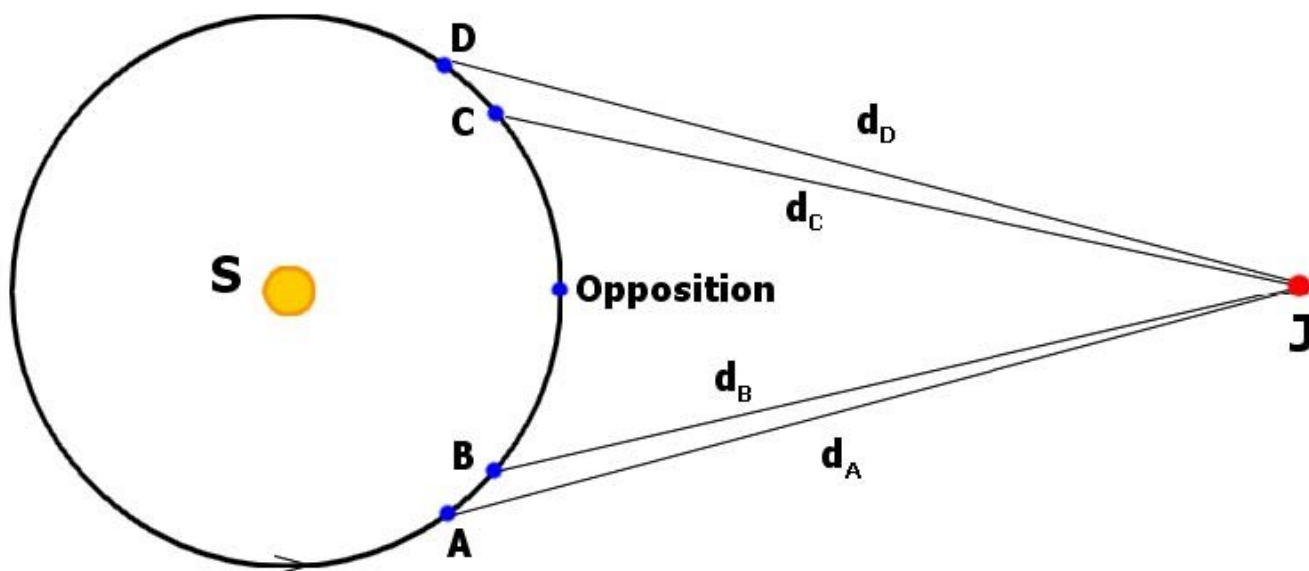
les **ombres** (Oc et Of) : Io projette son ombre sur Jupiter.

les **passages** (Pc et Pf) : Io, vu depuis la Terre, passe devant le disque de Jupiter.

les **occultations** (Im :immersion et Em : émerSION) : Io, vu depuis la Terre, passe derrière Jupiter.

Les phénomènes de passage et d'ombre sont toujours visibles depuis la Terre lorsque Jupiter l'est. Par contre, pour les éclipses et les occultations, on pourra observer soit le début, soit la fin selon que l'on est avant ou après une opposition. Sur le schéma ci dessus, on a représenté le système (Soleil, Terre, Jupiter) lors de la quadrature qui précède l'opposition et on constate bien que le début d'une éclipse de Io est visible depuis la Terre alors que sa fin ne l'est pas. Au cours de ses observations, Rømer constata qu'avant l'opposition de Jupiter, les débuts d'éclipse du premier satellite se produisaient trop tôt alors que les fins d'éclipse se présentaient de plus en plus tard. Après l'opposition le phénomène se reproduisait mais dans l'autre sens : les mesures réalisées et les calculs effectués pour construire des tables de prédictions, ne correspondaient pas. Pour comprendre ces écarts, il va supposer que la lumière a une vitesse finie et qu'elle met donc un certain temps à franchir la distance Jupiter / Terre. Soit T la période de révolution de Io. On peut alors considérer deux situations différentes que l'on retrouve sur le schéma suivant

¹² La période sidérale d'une planète est l'intervalle de temps mis par cette dernière pour retrouver la même position sur son orbite par rapport aux étoiles.



AVANT L'OPPOSITION (position A et B) :

Un début d'éclipse se produit à l'instant t_0 , la suivante à l'instant $t_0 + T$. Si la lumière se propageait instantanément, les observations des fins d'éclipses successives de Io se produiraient avec le même écart T . Dans le cas où la lumière a une vitesse finie c , le début de la première éclipse s'observera à l'instant $t_0 + d_A/c$ alors que celle de la seconde se produira pour l'observateur à l'instant $t_0 + T + d_B/c$ (avec $d_B < d_A$). La période observée est donc plus courte et vaut :

$$T' = (t_0 + T + d_B/c) - (t_0 + d_A/c) = T - (d_A - d_B)/c$$

APRES L'OPPOSITION (position C et D)

Un raisonnement tout à fait analogue nous permettrait de déterminer la période observée après l'opposition avec $d_D > d_C$:

$$T' = T + (d_D - d_C)/c$$

On en conclut que l'on devrait mesurer des périodes différentes selon que les observations sont faites avant ou après l'opposition. Mais sur une période l'écart n'est pas mesurable. Rømer affirme alors que « Ce qui n'est pas sensible sur deux révolutions devenait très considérable à l'égard de plusieurs prises ensemble et que, par exemple, 40 révolutions observées avant l'opposition étaient sensiblement plus courtes que 40 autres observées de l'autre côté ... »

Il ressort clairement de l'analyse détaillée ici que Rømer avait conçu une méthode, valable sur le plan théorique, pour déterminer si la vitesse de la lumière était finie et pour en déterminer la valeur. La méthode qu'il a utilisée repose sur ce que nous appelons aujourd'hui l'effet Doppler¹³. Il s'est appuyé dessus 166 ans avant que Christian Doppler ne le mette en évidence. Cependant une étude quantitative des mesures obtenues indique que Rømer n'était pas en mesure de déterminer le temps avec une précision suffisante pour montrer de façon concluante la validité de son hypothèse et il n'a jamais calculer la vitesse de la lumière. Sa méthode et ses données ont toutefois été suffisantes pour convaincre un certain nombre de sommités scientifiques de son époque du fait que ses idées étaient valides.

A SUIVRE

LE SAVEZ VOUS

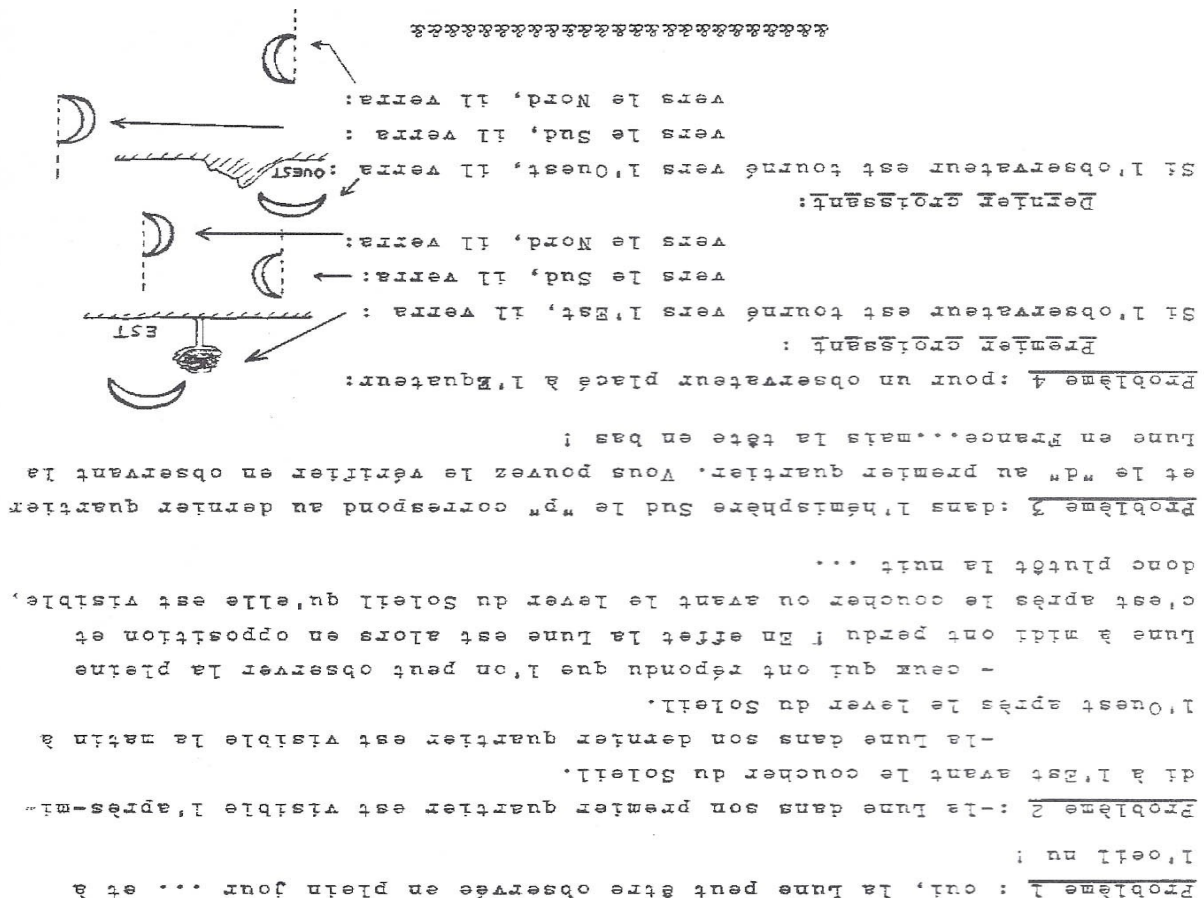
Petites Questions sur la Lune

- 1) Peut-on observer la Lune en Plein jour?
- 2) A quel moment de la journée (matin, midi ou après-midi) peut-on observer:
 - La Lune dans son premier quartier?
 - La Lune dans son dernier quartier?
 - La pleine Lune?

L'heure d'observation et la position de la Lune dans le ciel renseigne sur « l'âge de la Lune » (On désigne souvent par ce terme la durée écoulée depuis la nouvelle Lune). Un moyen simple permet d'identifier le premier ou le dernier quartier: un observateur de l'hémisphère Nord peut former la lettre « P » ou « d » en prolongeant le terminateur vers le haut ou vers le bas.

- 3) Ce moyen mnémonique est-il valable pour un observateur dans l'hémisphère Sud?
 - 4) Comment un observateur placé à l'Equateur voit-il la Lune lors de ses différentes phases?
- Que devient en particulier la règle de la lettre « P » ou « d » ?

Réponses



A SIGNALER

● L'UNIVERS, CE QU'ON NE SAIT PAS ENCORE...

Anna Alter, Hubert Reeves
illustrations Églantines
Ceulemans



Difficile d'expliquer aux plus jeunes pourquoi les galaxies se sont formées, les étoiles brillent, un microbe est minuscule ou un petit garçon réfléchit au monde qui l'entoure. Pire encore, il s'en est fallu de peu que le monde soit complètement différent ou qu'il n'existe tout simplement pas. Anna Alter, aidée de Hubert Reeves, explique pourquoi le monde est ainsi et tout ce qu'il reste à découvrir pour percer ses mystères. Tous les thèmes qui passionnent les plus jeunes, le système solaire, l'Univers, les galaxies, les étoiles, etc., sont traités efficacement. ● ED

Éditions Le Pommier • 24,5 cm x 21 cm • 47 pages reliées •
Pour les 7-11 ans • Prix indicatif : 13 €

A SIGNALER

● PLUIE D'ÉTOILES EN BRETAGNE

Laurent Laveder



En 159 photos panoramiques, dont 16 se déploient sur trois pages, l'auteur donne sa vision nocturne de la Bretagne au travers de paysages variés, transcendés par un filé d'étoiles, une lueur crépusculaire, un éclat lunaire ou les lumières artificielles. On note une certaine prédilection du photographe pour les panoramiques verticaux, plutôt inhabituels. Chaque image est décrite, en français et en anglais, à la fin de l'ouvrage, avec ses paramètres des prises de vue. Une bonne idée qui satisfera les spécialistes. ● AS

Editions Locus Solus • 21 cm x 30 cm •
120 pages reliées • Prix indicatif : 29,50 €

A ne pas manquer

Découvrir les principales constellations et leurs légendes Mardi 3 septembre à 21H30 plage de Suscinio (animation gratuite).

Reprise des activités du club le jeudi 26 septembre 2013 au centre ADPEP56 à 18h30



CLUB ASTRONOMIE de RHUYS

Le club est ouvert à tous (adultes et enfants).

Il se réunit les jeudis de 18h30 à 20h

*Maison du Golfe
Centre ADPEP
Route de St Jacques
Sarzeau*

Renseignements:
Téléphone : 02 97 41 76 69

Messagerie
club.astronomie.rhuys@orange.fr

Site Web :

<http://astronomiesarzeau.pagesperso-orange.fr/>