



Société
Lorraine
d'Astronomie

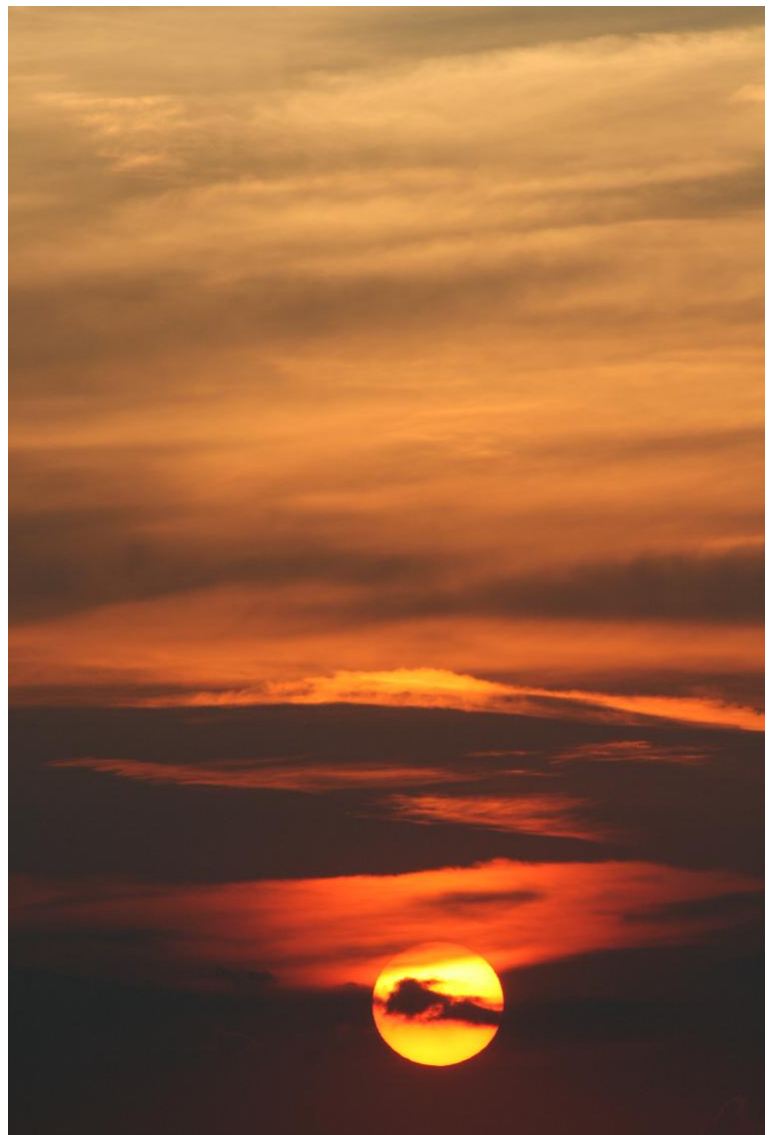
L'ÉCHO D'ORION

150 - 2^e quadrimestre 2014

Les ors du couchant.

Appareil Canon EOS 400 D.
F/10, pose : 1/500 seconde.
ISO 250.
Focale : 280 mm.

Photo Michel Mathieu.



Sommaire 150

1-7 **Qu'avons-nous fait ce dernier trimestre ?**

Stage « 2^e étoile » le 10 mai

Nocturne à Sion le 28 juin

Fête des Associations à Vandœuvre le 29 juin

Soirée d'observation à Thélod en juillet

Nuit des étoiles le 9 août

8-10 **Jour sidéral, jour solaire : quelle différence ?**

11-14 **Détection de l'exoplanète HD 189733 b**

15-18 **Les étoiles filantes et les météorites**

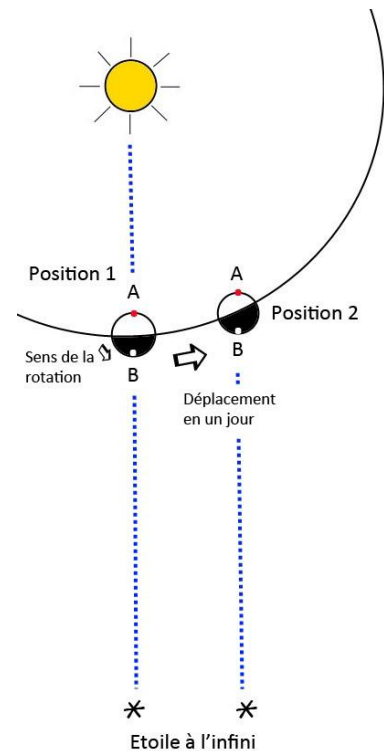
19-22 **Les librations lunaires**

Libration en latitude

Libration en longitude

Libration diurne

23 **Astrocroisés géants : Nébuleuses et galaxies** (solution du numéro 149)



Qu'avons-nous fait ce dernier trimestre ?

Eh bien ! Sans chercher beaucoup on réalise qu'il y a eu plein d'activités.

Un stage de formation, la participation à la grande fête des Associations vandopériennes, une sortie nocturne à Sion, une autre soirée comme on les aime à Thélod et, pour finir, la traditionnelle Nuit des étoiles.



Stage du samedi 10 mai 2014

Une journée agréable passée lors de ce « stage 2^e étoile », un moment de convivialité avec des gens qui viennent partager la même passion que nous. La journée est pourtant difficile : tant de choses à apprendre en quelques heures ! Pas évident ! Mais les personnes inscrites reviennent... Très prometteur en effet.

Sion, samedi 28 juin

Soirée organisée par le Conseil Général, Lorraine Association Nature et la Société Lorraine d'Astronomie.

La sortie, intitulée « Balade nocturne », fut très compromise par des orages, je dirais même violents. Pourtant, une bonne trentaine de personnes étaient venues assister aux exposés sur les conséquences de la pollution lumineuse et la vie des animaux nocturnes. Vers minuit, quelques-unes ont pu entendre les chauves-souris avec l'aide d'appareils à ultra-sons.

Nous n'avons pas sorti les télescopes du coffre de la voiture. Malgré le mauvais temps la soirée a été très sympa.

Fête des Associations à Vandœuvre, dimanche 29 juin

Depuis cinq années déjà, nous participons à ce grand rassemblement qu'est la fête des Associations à Vandœuvre, parc Richard Pouille, où 91 associations étaient présentes cette année. Chacune disposait d'un stand pour présenter son activité, si différente de l'une à l'autre. On y trouve tous les genres, depuis les sports, la danse, la musique, le cirque, le théâtre, sans oublier les



jeux pour les enfants en grand nombre. Cette manifestation pluriculturelle a accueilli plus de neuf mille visiteurs et, pour nous, de nouveaux adhérents.

Permanence assurée...



*En attendant que les nuages passent
et que l'on retrouve le Soleil...*

*Même le service « bar » était investi
par un de nos membres, André S.*



Soirée d'observation réussie

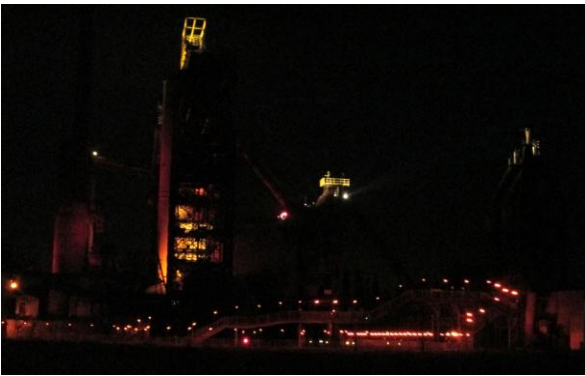
En juillet, nous nous sommes retrouvés une bonne quinzaine sur la butte de Thélod, pour y faire de l'observation. Un beau point de vue, dégagé plein sud.



Super belle nuit, qui s'est terminée vers les quatre heures du matin.

Vous avez pu voir dans un mail le travail de notre spécialiste du time-lapse qui a relaté cette soirée merveilleusement !

Pour finir, la traditionnelle Nuit des étoiles, samedi 9 août



La semaine précédente, le 1^{er} août, nous avons participé, avec le CIACANE, à la première Nuit des étoiles en Moselle, à Uckange, tout près des anciens hauts fourneaux. Malgré un temps énormément nuageux, ce fut un franc succès : plus de 600 personnes s'étaient déplacées. Une belle manifesta-

tion. Les organisateurs nous ont promis de remettre cela l'an prochain.

Pour nous, le 9 août sur la colline aux étoiles, le temps clément en début de soirée n'a malheureusement pas duré.

Une brutale averse vers 22 h a mis fin à notre nuit, qui s'est tout de même poursuivie assez tard à l'intérieur de la salle Mirabelle avec la lecture de notre nouvelle expo sur le *Temps des saisons*.

LA NUIT DES ÉTOILES

L'Office de Tourisme du Val de Fensch, en collaboration avec le CIACANE (Collectif Inter Associatif des Clubs d'Astronomie du Nord Est) vous propose de venir observer le ciel et ses astres, le vendredi 7^{er} août à partir de 20h30.

Au programme :

- Exposition photographique «*Songe d'une nuit étoilée*» de l'IAFA (Association Française d'Astronomie) qui aborde le rapport ambigu que notre société entretient avec la nuit.
- De 21h à 22h : Un atelier créatif «*Crée ta capsule spatiale*», où les plus jeunes pourront construire leur capsule spatiale. Ateliers, à partir de 6 ans, uniquement sur réservation auprès de l'Office de Tourisme.
- À partir de 21h : **Conférence** de M. Michel MATHIEU de l'ANPCEN (Association Nationale pour la Protection du Ciel et l'Environnement Nocturne) sur la **pollution lumineuse**, qui satisfera à vous explique les répercussions des éclairages extérieurs nocturnes non adaptés. Rendez-vous sous le chapiteau du Parc du haut-fourneau U4.
- De 21h à 22h : **Lecture de contes** ayant attiré au ciel, par la médiathèque d'Uckange, près de la volière du Jardin des Traces.
- À partir de 22h : **Observation du ciel** par le CIACANE.

Les passionnés d'astronomie sont cordialement invités à venir avec leur matériel.

Lieu : Jardin des Traces, entrée par le Parc du haut-fourneau U4
1, Jardin des Traces - 57270 UCKANGE

Renseignements et réservations auprès de l'Office de Tourisme du Val de Fensch
Tél. 03 82 86 65 30 / info@valdefensch-tourisme.com



Cette année, participait avec nous le club d'Allamps. Attention, ils ont de l'appétit !

Les nôtres.



Rassasiés et prêts !



Bruno s'est régalé avec son exposé sur les comètes. Quatre-vingt-dix personnes étaient sagement assises pour l'écouter.



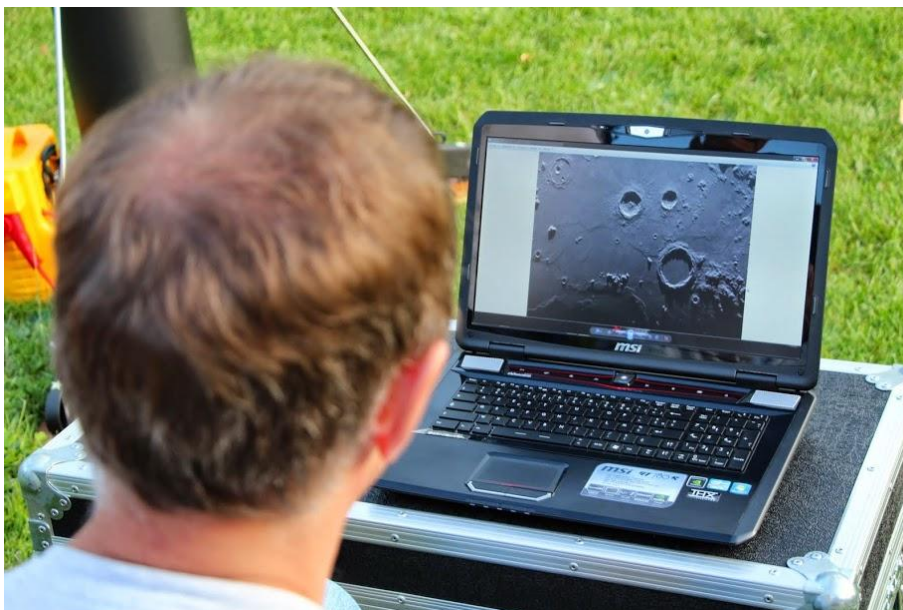
Le public aime toujours mettre un œil à l'oculaire...

Jacques a pris le temps d'expliquer le fonctionnement et le réglage de leur matériel à deux jeunes qui l'avaient apporté.



*Toujours présent,
Éric Français,
accompagné
de sa charmante
épouse, avait installé
son C14.*

*Merci
pour sa participation.*



*Le public a pu admirer
sur écran
les magnifiques photos
réalisées
par nos astrophotographes.*



En début de soirée, la météo était encore assez favorable !



Nous avons eu, d'après le comptage du Conseil Général, environ 700 personnes. Vu le temps, ce n'est pas si mal.

Et voilà. Encore merci à Pierre pour la sortie de ce numéro, perspicace et très efficace ; c'est grâce à lui que ce journal continue d'exister.

J'oubliais le gros travail de ce trimestre : le **nouveau logo** de notre association, beau look, moderne.

Merci à ceux qui ont participé à ces manifestations.

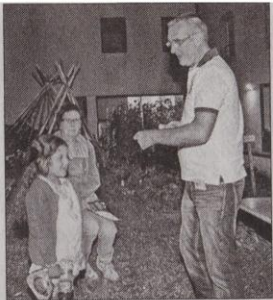
Michel M.



La Nuit des étoiles relatée par *L'Est républicain*.

Saxon-Sion

La 24^e Nuit des étoiles sans étoiles



■ « Pourquoi, la lune est-elle parfois ronde ou en forme d'écroissant ? »

Rendez-vous annuel des passionnés d'astronomie et des curieux d'espaces inter-sidéraux, la 24^e édition de la Nuit des étoiles promettait une nuit la tête dans les étoiles. Organisée par le conseil général 54 site de Sion, en partenariat avec la Société Lorraine d'Astronomie, tout avait été prévu afin que les visiteurs soient accueillis dans les meilleures conditions.

Ateliers et diaporama

Les bénévoles de l'association que préside Michel Mathieu, avaient multiplié les différents ateliers sur la prairie, non loin du Monu-



■ Les bénévoles de l'association avaient multiplié les différents ateliers sur la prairie.

ment Saint-Joseph. Pour éviter la pollution lumineuse, les lumières de la basilique de Sion ont été éteintes. On pouvait même déguster une boisson rafraîchissante ou chaude, le Relais de la Colline ayant joué les prolongations. Oui, mais voilà, en Lorraine, la météo est bien souvent capricieuse. Dès 20 h, lors de l'installa-

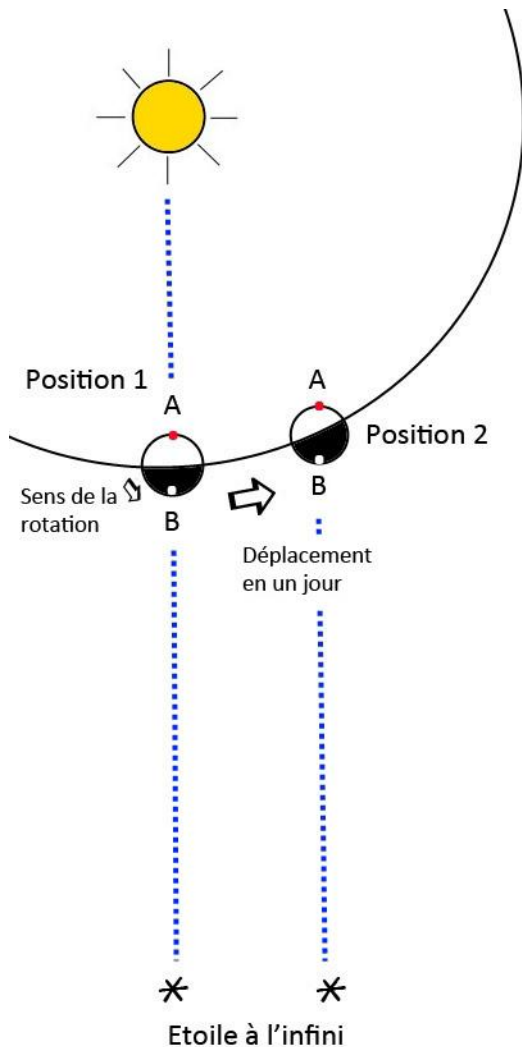
tion des lunettes astronomiques et autres télescopes, chacun essayait de découvrir un coin de ciel dégagé. Dans l'attente d'un moment propice, les propriétaires des matériels optiques expliquaient le fonctionnement de la petite merveille de technologie. Puis les photos à l'appui, le passage de comètes, une description du

ciel. Plus loin sur les murs du Relais de la Colline, on projetait à l'aide du logiciel gratuit Stellarium, le ciel et ses constellations que les visiteurs auraient pu voir à l'instant même.

Ou encore, la projection d'un diaporama commenté par Bruno sur la rencontre de la sonde européenne Ro-

setta avec la comète Churyumov-Gerasimenko, événement scientifique actuel. Alors Sofia, 4 ans et demi interrompt et demande : « Pourquoi la pleine lune, pourquoi les quartiers de lune ? ». Les premières gouttes survenant sur les coups de 22 h, c'est à la salle Mirabelle que devaient se poursuivre les échanges.

Jour sidéral, jour solaire : quelle différence ?



Le **jour sidéral** ramène notre planète dans la même position par rapport **aux étoiles**, après avoir effectué une *rotation* (un tour sur elle-même).

Le **jour solaire** la ramène dans la même position par rapport **au Soleil**.

Position 1.

Le point A de la Terre est dirigé vers le Soleil, alors que le point B, à l'opposé, l'est vers une étoile à l'infini.

Position 2.

Le lendemain, après une rotation, la Terre s'est aussi déplacée sur son orbite. Le point B est de nouveau dirigé vers l'étoile de la veille. (Sur le

dessin, il faut considérer que les deux étoiles n'en sont qu'une, la distance Terre-étoile étant des milliards de fois plus importante que le déplacement de la Terre en un jour.) Le point A, par contre, n'est plus tourné vers le Soleil.

Un **jour sidéral** s'est écoulé, soit 23 h 56 mn 4 s.

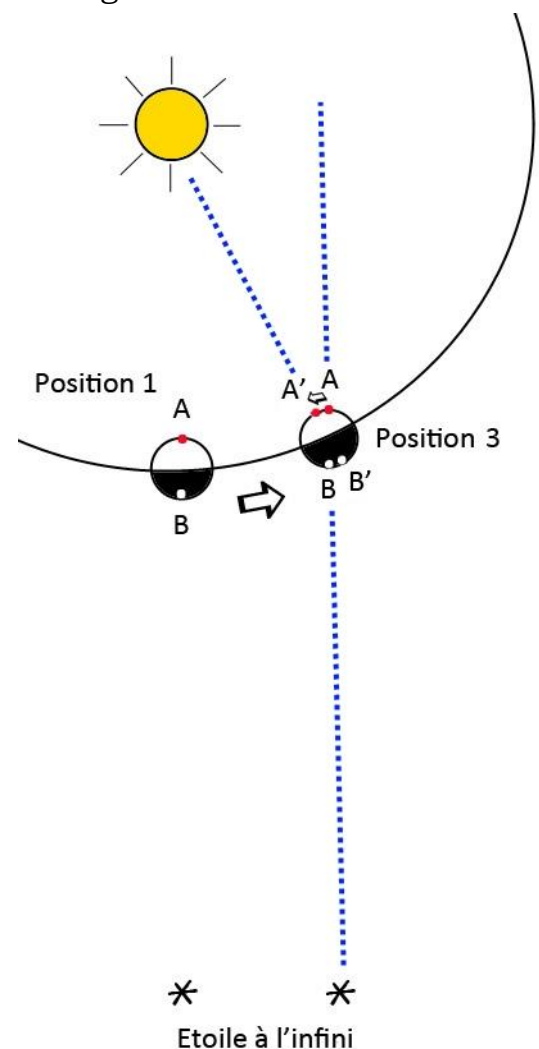
Position 3.

Un léger supplément de rotation est nécessaire afin que le point A reprenne sa place en face du Soleil (position A').

Il faut à notre planète 3 mn et 56 s pour accomplir ce reliquat, amenant le total à 24 heures exactement.

C'est le **jour solaire**.

Évidemment, le point B s'est lui-même déplacé en B' et n'est plus tout à fait dirigé vers l'étoile. C'est ce qui explique que si l'on observe le ciel tous les soirs à heure fixe pendant plusieurs jours, par exemple à 22 h à la montre, on remarquera une légère avance



des étoiles chaque soir. A un mois d'intervalle, une étoile quelconque occupe dans le ciel deux heures plus tôt la position qu'elle avait trente jours auparavant, soit à 20 h cette fois. Et à 22 h, peut-être sera-t-elle couchée à l'horizon ouest. A l'inverse, à l'horizon est, d'autres étoiles seront levées à 22 h qui ne l'étaient pas un mois plus tôt. C'est la *ronde des constellations*.

Il est facile de constater également que 365 jours solaires (un an) sont égaux à 366 jours sidéraux. La Terre effectue donc *une rotation de plus par an* qu'il n'y a de jours au calendrier :

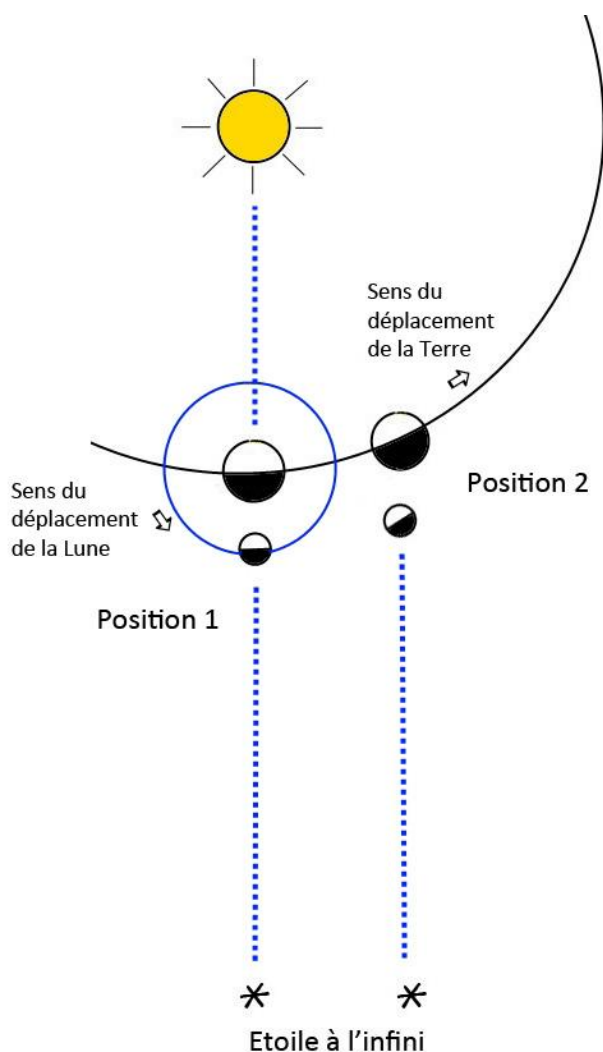
$$24 \text{ h} \times 365 = 8\,760 \text{ heures}$$

$$23 \text{ h } 56 \text{ mn } 4 \text{ s} \times 366 = 8\,760 \text{ heures}$$

Révolution sidérale

Révolution synodique

Selon la même logique que ci-dessus, la révolution sidérale d'un astre (exemple : la Lune par rapport à la Terre) le ramène dans une position identique par rapport aux étoiles.



La révolution synodique le ramène dans la même position par rapport au Soleil.

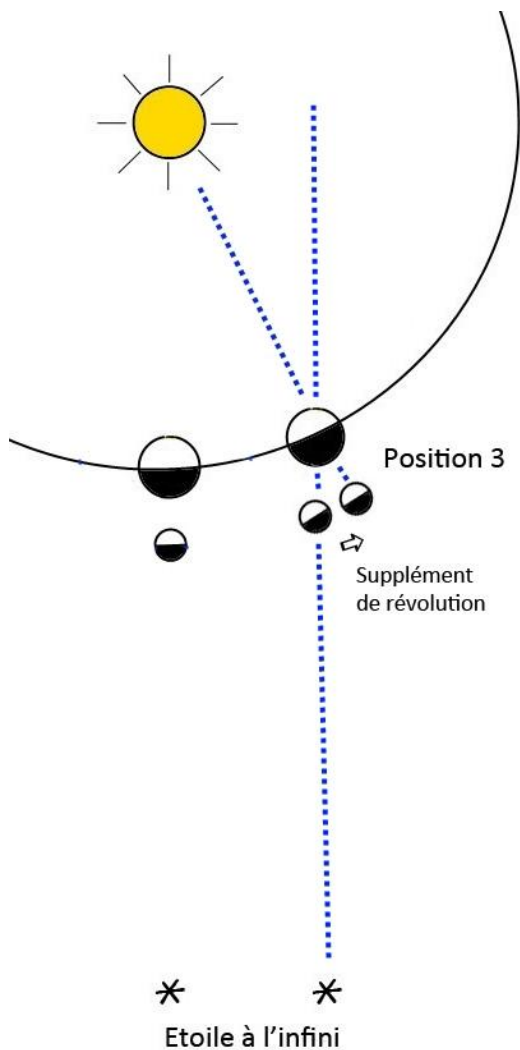
Position 1.

Le Soleil, la Terre, la Lune et une étoile à l'infini sont alignés. Dans ce contexte, notre satellite est dit *en opposition* et tourne vers nous sa face entièrement éclairée. C'est la pleine Lune.

Position 2.

Près d'un mois plus tard, la Lune, ayant accompli un tour complet autour de la Terre, est revenue en alignement avec l'étoile, mais pas avec le Soleil, du fait que la Terre s'est elle-même déplacée le long de son orbite. La phase de la Lune est à présent fortement gibbeuse.

C'est la **révolution sidérale** de la Lune, égale à 27 j 7 h 43 mn 11,5 s.



Position 3.

Là encore, pour que notre satellite reprenne sa place, aligné avec le Soleil, un supplément de révolution est nécessaire. Lorsque l'alignement est réalisé, c'est de nouveau la pleine Lune, comme à la position 1. Mais notre satellite n'est plus alors aligné avec l'étoile.

C'est la **révolution synodique** ou lunaison, dont la durée moyenne est de 29 j 12 h 44 mn 2,8 s.

La durée d'une lunaison peut en effet varier de plusieurs heures pour la raison suivante : l'orbite de la Lune étant elliptique, sa distance à la Terre varie sensiblement, donc sa vitesse aussi. Et pour parcourir le supplément de révolution, le temps nécessaire ne sera pas toujours identique.

A noter : la lunaison, habituellement, est considérée comme étant l'intervalle de temps compris entre deux nouvelles Lunes consécutives. Dans notre exemple, nous avons pris l'intervalle entre deux pleines Lunes, ce qui revient au même.

Pierre Haydont

Détection de l'exoplanète HD 189733 b

TOUT commence par la lecture de quelques articles à propos des exoplanètes. Il faut dire que ce sujet m'intéresse depuis la découverte de l'exoplanète *51 Pegasi b* en 1995 par Michel Mayor et Didier Queloz. Donc, en lisant des informations sur la détection des exoplanètes, je découvre que des astronomes amateurs ont réussi à faire ce type d'observation !

Je trouve fascinant que moins de 20 ans après la découverte d'une exoplanète par des astronomes professionnels, des amateurs soient capables d'en détecter ! Est-ce qu'on ne pourrait pas tenter nous-mêmes cette expérience ? C'est ce que l'on a fait le 8 juin 2014. Mais revenons aux fondamentaux : que sont les exoplanètes et comment les détecte-t-on ?

Une exoplanète est une planète qui tourne autour d'une autre étoile que le Soleil. Il existe une définition étendue qui est la suivante : c'est une planète qui se situe en dehors du Système Solaire. En effet, on a découvert récemment des « *planètes errantes* » qui ne sont pas liées à la gravité d'une étoile !

Cela fait très longtemps que l'on suppose que les exoplanètes existent, mais on n'en avait jamais observé avant les années 1990 ! Jusqu'à cette époque, les seules planètes connues étaient celles du Système Solaire. Et c'est avec ce seul exemple que les théories de formation des planètes ont été créées !

Les raisons pour lesquelles ces exoplanètes n'ont été détectées que très récemment sont assez simples. Elles sont très difficiles à observer. Et ce, pour deux principales raisons.

La première est que, vues depuis la Terre, les exoplanètes sont très proches de leur étoile. Par exemple, si on se plaçait à 100 années-lumière du Soleil, la planète Jupiter serait à seulement 0,15 seconde d'arc de notre étoile ! C'est le pouvoir séparateur d'un télescope d'un mètre. Si l'on prend le même exemple, mais avec la Terre, la séparation angulaire ne serait que de seulement 0,03 seconde d'arc (même le télescope spatial *Hubble* n'arrive pas à ce niveau de détails) !

La seconde est que les étoiles sont beaucoup, beaucoup, beaucoup plus lumineuses que les planètes. On est comme ébloui par la lumière des étoiles. Une analogie que j'aime beaucoup est la suivante : voir une planète à côté de son étoile revient à distinguer depuis Paris un ver luisant tout à côté d'un phare situé à Marseille.

Ceci étant dit, les années 90 ont vu la découverte des premières exoplanètes. Mais par des méthodes indirectes ! La première technique qui a été très utilisée est la méthode des vitesses radiales. Lorsqu'une planète tourne autour d'une étoile, en fait l'étoile tourne aussi autour d'un centre qui est le *barycentre*. Pour faire simple, la planète et l'étoile tournent autour d'un centre commun : le centre de gravité du système. Si on prend l'exemple du Soleil, il tourne autour d'un centre qui se trouve juste à sa surface !



Figure 1. Le télescope de 193 cm de diamètre (observatoire de Haute-Provence) qui a permis de découvrir *51 Pegasi b* en 1995.

Une analogie que l'on peut faire est celle du lanceur de marteau qui tourne autour d'un centre commun entre la force exercée par son poids et celle par son marteau.

Cela ne veut pas dire qu'on a détecté le mouvement de l'étoile « de gauche à droite ». En réalité on a détecté le mouvement de l'étoile qui s'éloigne et qui se rapproche de nous. Comment ? En mesurant le décalage vers le rouge ou vers le bleu de la lumière de l'étoile. Cela fonctionne comme pour les ondes sonores (c'est l'effet Doppler-Fizeau). Quand un camion de pompiers s'approche de vous avec la sirène hurlante, le son est plus aigu que quand le camion s'éloigne. On observe le même phénomène avec la lumière : la lumière est décalée vers le rouge quand l'astre s'éloigne et vers le bleu quand l'astre se rapproche.

Une autre technique qui est maintenant très utilisée est la méthode des transits. Cela consiste à mesurer la baisse de luminosité de l'étoile quand la planète passe devant (cf. transit de Vénus). C'est cette méthode que nous avons utilisée pour détecter l'exoplanète *HD 189733 b*.

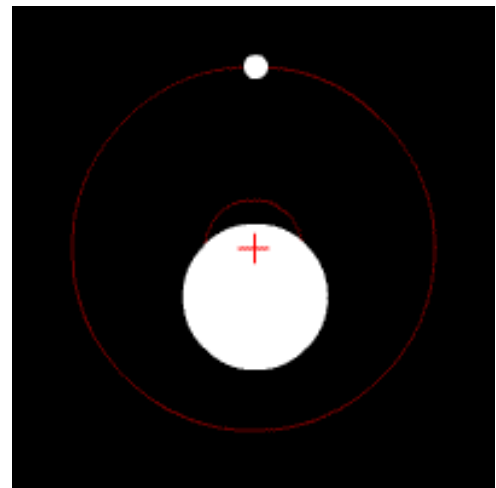


Figure 2. Mouvement de l'étoile autour du centre commun du système.

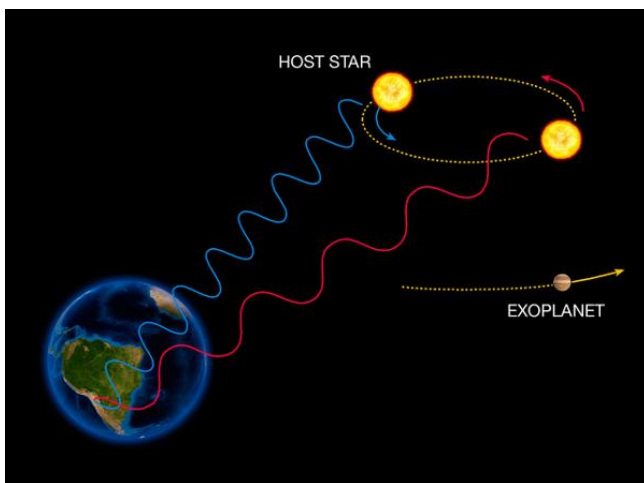


Figure 3. Méthode de la vitesse radiale : décalage de la lumière vers le rouge quand l'étoile s'éloigne et vers le bleu quand elle se rapproche.

quents (tous les 2,2 jours), ce qui nous laisse beaucoup de possibilités de les observer, même si la météo est capricieuse. Ceci dit, en enlevant les transits qui se produisent le jour, au crépuscule, à l'aube ou trop bas sur l'horizon, cela ne laisse qu'environ 4 transits observables par mois.

L'étoile HD 189733 est relativement facile à repérer car elle se trouve à côté de la nébuleuse planétaire M 27, le *Diabolo*, près de la constellation du Cygne. Un transit dure 110 minutes. Bien évidemment il faut observer un peu avant et

Au cours de mes recherches, j'ai trouvé des articles de Christian Buil (célèbre astronome amateur français, auteur du logiciel de traitement d'images *Iris*). Il expliquait comment il avait pu mesurer le passage des exoplanètes avec du matériel d'amateur. Cela m'a convaincu que nous aussi nous pouvions faire ces mesures.

Au moment où j'écris ces lignes, les astronomes ont confirmé l'existence d'environ 1 800 exoplanètes. Mon choix s'est porté sur *HD 189733 b*. Pourquoi ? Parce que cette exoplanète orbite autour d'une étoile relativement brillante (magnitude 7,67), parce que la baisse de luminosité lors d'un transit est relativement importante (0,028 magnitude !) et parce que les transits sont fré-

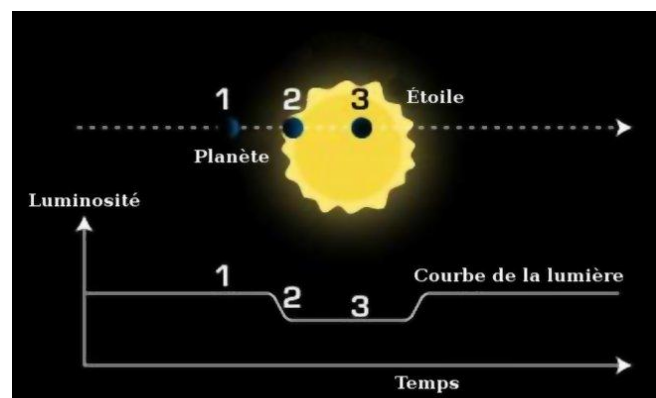


Figure 4. Méthode des transits.

après pour détecter la baisse de luminosité. Donc il faut compter au moins 3 heures d'observation. Le principe est de prendre des images régulièrement, de mesurer la luminosité de l'étoile sur chaque image et de tracer un graphique de l'évolution de la magnitude au cours du temps.

Mais il ne faut pas faire des temps de pose trop courts. En effet la turbulence atmosphérique, qui provoque le scintillement des étoiles, fausserait la mesure. Il faut donc poser suffisamment longtemps pour gommer les effets de scintillement. Dans notre cas nous avons fait des poses de 30 secondes toutes les minutes. L'instrument utilisé était le télescope ASA de 250 mm de diamètre avec la caméra CCD *Atik 11000* (sans filtre), autoguidé par la caméra *Starshoot autoguider* montée sur la lunette de 80 mm en parallèle.



Figure 5. Matériel utilisé :
télescope Newton de 250 mm
et caméra *Atik 11000*.

Un dernier point important lors de la prise de vues est qu'il ne faut pas que l'étoile que l'on mesure soit saturée. Si on sature, on perd de l'information. Comme l'étoile HD 189733 est particulièrement brillante, il a fallu défocaliser. Cela permet de répartir le flux de lumière sur une plus grande surface sans saturer.

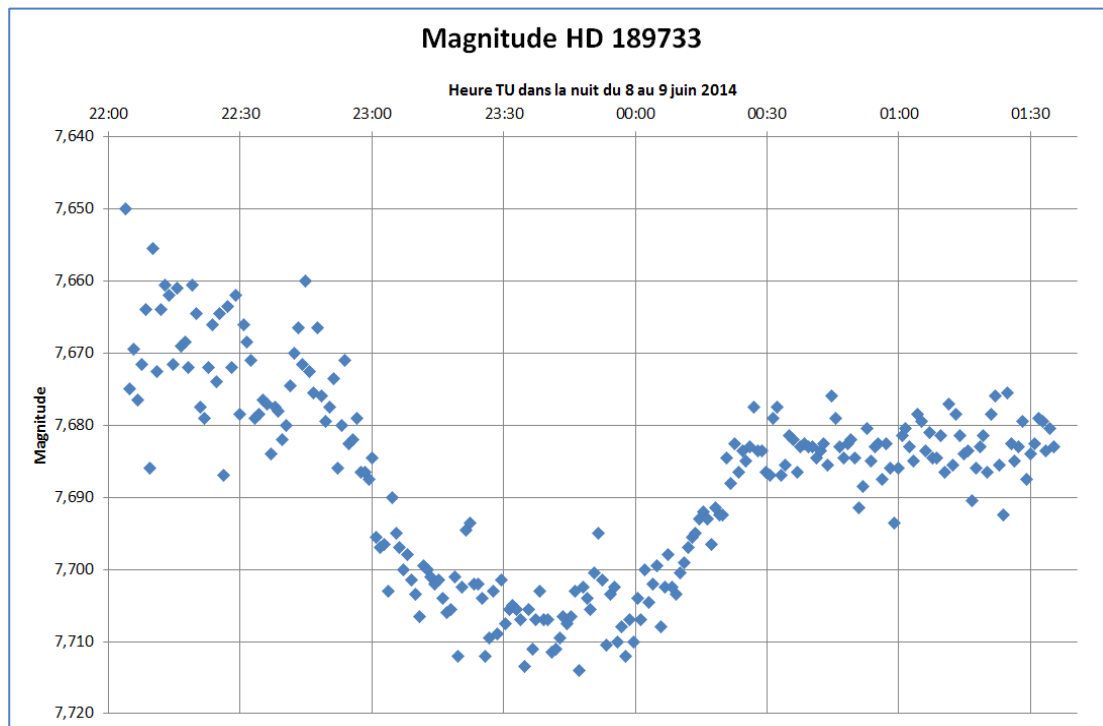
En réalité nous avons mesuré la magnitude de l'étoile HD 189733 par rapport à deux étoiles « étalons » dont la magnitude est connue et fixe (ce ne sont pas des étoiles variables !). Cela nous permet de nous affranchir de presque tous les phénomènes qui perturbent la mesure de luminosité : Lune, pollution lumineuse, passages nuageux, extinction causée par la couche d'atmosphère traversée...



Figure 6. Une des images utilisées pour les mesures.

Le transit était prévu dans la nuit du 8 au 9 juin 2014, de 22 h 42 à 0 h 32 TU. Les prises de vues ont été effectuées de 22 h 04 à 1 h 35 TU. La Lune était bien présente (pleine à 70 %) et de légers passages nuageux ont eu lieu. La première image a été prise alors que HD 189733 était à 32° d'altitude. La dernière image à 62°. En résumé, les conditions étaient plutôt mauvaises au début de la prise de vues et bien meilleures à la fin. Nous étions plusieurs dans les locaux de la SLA pour l'occasion : Chedy, Jacques, Jean-Paul, Tioga, Virgile et moi-même. Je tiens à les remercier pour leur présence.

Une fois les images prises, le traitement a été effectué avec *Iris* (menu *Analyse, Photométrie automatique*), après un prétraitement des images (même chose que lorsqu'on fait de l'imagerie du ciel profond). Il est particulièrement important de corriger les images avec un « flat » car les poussières et le vignettage fausseraient les mesures. Les données calculées dans *Iris* ont été ensuite importées dans un tableur pour tracer le graphique ci-dessous.



Chaque point représente la magnitude de l'étoile HD 189733 mesurée sur une image. La magnitude est calculée comme étant la différence de luminosité entre HD 189733 et la moyenne des deux étoiles étalons.

On voit très nettement la baisse de luminosité lors du transit. La mesure est un succès ! Les données sont plus dispersées au début de la prise de vues, probablement parce que l'étoile était basse (une trentaine de degrés de hauteur), donc soumise à beaucoup de turbulence. On retrouve approximativement la baisse de luminosité attendue (0,028 magnitude). Le début du transit était prévu à 22 h 42, le milieu à 23 h 37 et la fin à 0 h 32, ce qui correspond à peu près à ce que l'on voit sur le nuage de points.

Ce qui est étrange c'est qu'il y a une différence de luminosité de l'étoile de l'ordre de 0,01 magnitude entre l'avant-transit et l'après-transit ! Je n'arrive pas à expliquer cette différence. La technique de la photométrie différentielle utilisée pour cette manipulation devrait atténuer les effets de l'absorption atmosphérique, de la présence de la Lune et de la pollution lumineuse...

Pour conclure on peut confirmer qu'il est possible de détecter des exoplanètes avec du matériel d'amateur, même dans un ciel pollué et en présence de la Lune ! On peut même envisager de détecter des exoplanètes qui provoquent une baisse de luminosité plus faible (0,01 magnitude ?). Pour un premier essai de mesure photométrique, c'est une réussite. En plus, le niveau de difficulté de cette mesure était important. Habituellement on commence par s'exercer sur des étoiles dont la variabilité est bien plus importante.

Si nous voulions, nous pourrions apporter une modeste contribution à la recherche scientifique car il existe plusieurs milliers de candidates exoplanètes qui n'attendent que des mesures supplémentaires pour être confirmées...

Les étoiles filantes et les météorites

LES étoiles filantes ne sont pas des étoiles ! Ce sont de minuscules grains de poussières cosmiques, souvent de moins d'un gramme, qui tournent autour du Soleil sur des orbites semblables à celles des planètes, souvent orientées différemment. Alors, il arrive que la Terre rencontre une de ces poussières, qui tombe dans son atmosphère et s'y consume en produisant le phénomène lumineux que nous observons. La brièveté du phénomène est déterminée par la très grande vitesse à laquelle la météorite se précipite dans notre atmosphère.

Les poussières sont souvent groupées en essaims, et lorsque la Terre rencontre un tel essaim, on assiste à la chute d'un grand nombre d'étoiles filantes en peu de temps ; c'est ce qu'on appelle une *pluie d'étoiles filantes*. Ces pluies se reproduisent chaque année à date fixe, lorsque l'orbite de la Terre croise l'essaim. Le point du ciel d'où semblent provenir les étoiles filantes se nomme le *radiant*, et il se trouve forcément dans une constellation (puisque celles-ci couvrent tout le ciel). On donne alors un nom à la pluie d'après la constellation dans laquelle se trouve le radiant. Les plus spectaculaires sont les **Perséides** (constellation de Persée) en été, et les **Léonides** (dans le Lion) en automne.

Quand on observe une pluie, on a l'impression que toutes les étoiles filantes viennent de la même région du ciel. Ceci est un effet de perspective, exactement comme les deux rails d'une voie de chemin de fer semblent se rapprocher au loin, et provenir d'un même point. Vous avez aussi cette impression lorsque vous roulez en voiture sous une chute de neige : les flocons semblent venir du centre du pare-brise.



Les corps plus gros, d'une fraction de gramme à quelques centaines de grammes, brûlent pareillement, mais produisent parfois une traînée persistante dans le ciel. Ils donnent de beaux spectacles, mais sont détruits dans leur chute.

Les corps de taille supérieure parviennent jusqu'au sol, plus ou moins transformés. On peut les retrouver : ce sont les *météorites*.

Les météorites

Les objets dont la taille est comprise entre quelques mètres et quelques dizaines de kilomètres apportent une énergie cinétique considérable (proportionnelle à la masse et au carré de la vitesse). En percutant une planète (la Terre, la Lune ou autre), ils y creusent des cratères parfois immenses. Tous les cratères que l'on voit sur la Lune, même avec de

simples jumelles, ont été produits par de tels impacts. Les mers lunaires, ces bassins atteignant les 300 kilomètres de diamètre, ont aussi été produites par des impacts ; l'énergie colossale mise en jeu a complètement fondu la croûte lunaire dans la zone du choc, et les roches ainsi fondues se sont répandues comme une véritable mer. Ensuite, rapidement, elles se sont refroidies et ont durci. Ces chocs s'étant produits après l'intense bombardement météoritique des débuts du Système solaire, il n'y avait plus beaucoup de météorites pour creuser de nouveaux cratères. C'est pourquoi le fond des mers lunaires apparaît relativement lisse.

Conditions de chute

La rentrée dans l'atmosphère, depuis l'espace jusqu'au sol, est très rapide car les météorites arrivent à grande vitesse. La durée de la chute est de quelques secondes (100 kilomètres à parcourir, à une vitesse de l'ordre de 15 km/s).

La chaleur n'ayant pas le temps de se répartir, le gradient de température produit des tensions mécaniques énormes, qui amènent souvent l'éclatement de la météorite (en plus de la pression). Mais elles ne sont pas toutes égales devant ce phénomène : les pierres conduisent moins bien la chaleur que les objets métalliques, et leur cohésion est plus faible. Aussi, les pierres explosent entre 30 et 10 kilomètres d'altitude, alors que la fragmentation des météorites métalliques est plus rare, et si elle se produit, ce sera en général à basse altitude.

Les pierres peuvent arriver au sol froides, et lentement. On a noté l'exemple de la météorite de Pultusk en Pologne, qui est tombée sur la surface gelée d'un lac, sans casser ni fondre la glace !

Origine des poussières et météorites

Les étoiles filantes, en particulier les pluies d'étoiles filantes (les poussières qui les produisent) proviennent en général des comètes (qui mélangent glaces et silicates). En se sublimant, la glace des comètes libère les poussières qu'elle contient, et ces poussières s'échappent car les comètes sont incapables de les retenir gravitationnellement. Elles constituent la queue de poussières. Elles continuent de tourner autour du Soleil, sur des orbites proches de celle de la comète. Lorsque la Terre vient traverser cette orbite, elle reçoit ces poussières sous la forme d'une pluie d'étoiles filantes.

Les météorites ne sont pas en général des débris de comètes. Pour comprendre d'où elles viennent, il faut considérer la formation du Système solaire, il y a 5 milliards d'années.

Au fil des milliards d'années, les astéroïdes subissent des collisions, qui les fragmentent parfois. Les météorites sont, en général, soit des débris d'astéroïdes, soit de petits objets qui n'ont jamais atteint une taille importante. Quelques-unes, en particulier les micro-météorites, pourraient provenir de comètes. D'autres, nous le verrons plus loin, proviennent d'objets plus importants.

Chute d'une météorite

La traînée lumineuse produite par l'entrée dans l'atmosphère de la météorite à des vitesses de l'ordre de dizaines de kilomètres/s s'appelle un *météore*, qui est soit une étoile filante

(petite météorite dont la combustion illumine le ciel la nuit), soit un bolide (grosse météorite brillant assez pour être visible même le jour), ce météore lumineux s'éteignant à une altitude le plus souvent de 20 kilomètres et prenant le nom de *météorite* lorsque son ablation dans la troposphère n'est pas complète et qu'il atteint le sol en chute libre.



Pourquoi un caillou circulant entre Mars et Jupiter aurait-il la fantaisie soudaine de venir faire un tour sur Terre ?

On peut faire des calculs de mécanique céleste pour déterminer au bout de combien de temps les perturbations vont décrocher l'objet de son orbite calme, pour l'expédier chez nous. Le résultat est sans appel : bien plus

longtemps que l'âge du Système solaire. Conclusion : à part une ou deux exceptions, il est impossible de recevoir des cailloux de l'espace. Et pourtant...

On a montré que le temps caractéristique pour une telle perturbation est de l'ordre de 10 millions d'années, ce qui est tout à fait compatible avec le taux de chutes observé.

Pour résumer, on pense aujourd'hui que les météorites proviennent des comètes (micrométéorites essentiellement), des astéroïdes pour la plupart, de la Lune, Mars ou Vesta pour un petit nombre d'entre elles. La majorité des météorites proviennent de petits corps célestes du Système solaire (99,8 % des météorites analysées sont issues de fragments d'astéroïdes, quelques centaines de spécimens sont d'origine lunaire ou martienne) ; elles sont plus rarement produites par l'impact de gros astéroïdes.

Vocabulaire

- *Étoile filante* : phénomène lumineux produit par une poussière qui tombe. Ce n'est pas l'incandescence de la poussière que l'on voit, mais l'ionisation de l'air induite par la chute. L'énergie dégagée par l'impact sur la haute atmosphère arrache des électrons aux atomes rencontrés, et les ionise ; lorsqu'un atome ionisé rencontre un électron libre (ce qui se produit très vite), ils se recombinent en émettant une raie particulière.
- *Bolide* : objet plus gros, qui se brise dans son choc sur l'atmosphère. Il laisse une traînée persistante parce que l'énergie dégagée est bien plus importante.
- *Météorite* : les météorites sont les objets tombés au sol. Ils sont forcément assez gros pour ne pas se détruire lors de la traversée de l'atmosphère. Pendant sa chute, la météorite se manifeste comme un bolide.
- *Météore* : un météore est un phénomène atmosphérique quelconque : la pluie, le vent, sont des météores. Il ne faut donc pas confondre météorite et météore ! Mais la lumière émise par la chute d'une météorite est un météore, puisque c'est un phénomène lumineux atmosphérique.
- *Micrométéorite* : à l'opposé des météorites de taille suffisante pour franchir l'atmosphère, les micrométéorites sont des poussières trop petites pour se consumer. Leur légèreté leur confère une énergie très faible, même si leur vitesse est grande. Elles arrivent à ralentir sur les hautes

couches de l'atmosphère, puis tombent très lentement jusqu'au sol. Il en tombe en permanence partout sur Terre, mais la difficulté de distinguer ces poussières extraterrestres des autres est très grande. Il existe une source importante de micrométéorites dans les lacs de l'Arctique (Groenland) ou dans l'Antarctique. Les micrométéorites tombent sur la neige, sont entraînées vers le bas par la fusion, et finissent dans les creux où l'on peut les recueillir.

Si vous n'êtes pas convaincu qu'un météore n'est qu'un simple phénomène atmosphérique, pensez à la *météorologie* ! Comme son nom l'indique, c'est bien l'étude des météores...

On parle de *chute* lorsqu'on observe l'arrivée de la météorite. On en connaît donc la date. Mais pour beaucoup de météorites (la plupart), on n'a pas observé la chute, et on trouve l'objet par hasard, ou dans quelques cas à la suite d'une recherche systématique. On parle alors de *trouvaille*.



Les trouvailles se font aisément dans le cas où le terrain est dénudé, et où une météorite se voit facilement. C'est le cas des déserts chauds (Sahara ou autre), ou froids comme l'Antarctique. Dans ce dernier cas, on profite d'une situation exceptionnelle. Les météorites tombent sur la glace qui, comme les glaciers des Alpes, coule dans le sens de la pente.

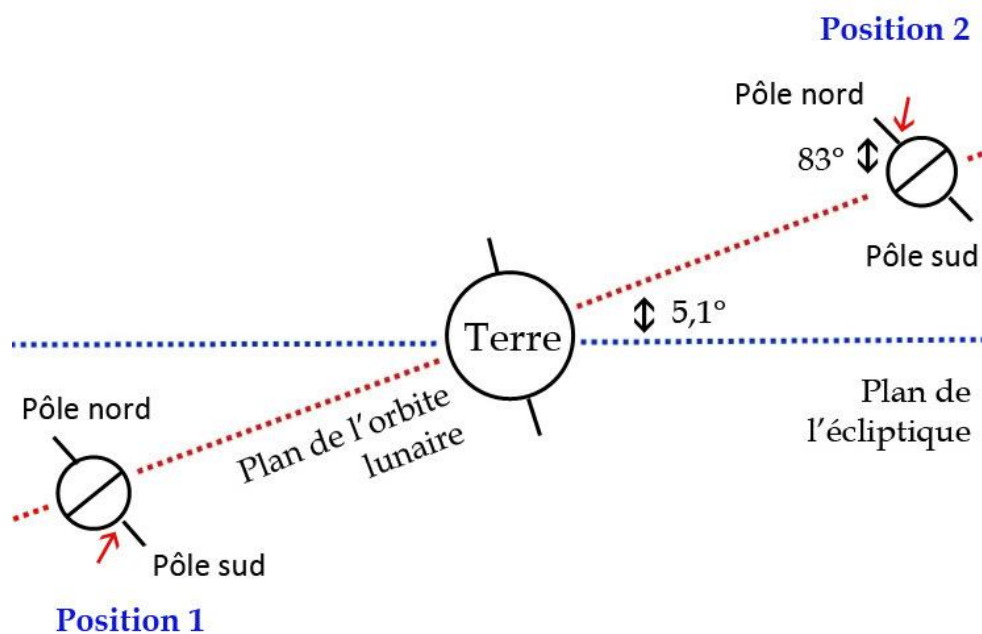
La météorite est donc entraînée dans ce mouvement, qui va s'arrêter parfois contre un *nunatak*. On nomme ainsi un sommet de montagne qui émerge seul de la glace. Les météorites se concentrent dans ces lieux, et il ne reste vraiment qu'à les ramasser... Il existe ainsi une ligne de collines dans l'Antarctique, nommée *Allan Hills*, où l'on a trouvé de nombreuses météorites (nommées ALH pour *Allan Hills*).



Les librations lunaires

LES librations de notre satellite correspondent à de légers balancements autour d'une position moyenne, ce qui a pour effet de nous dévoiler 59 % de sa surface totale au fil des jours, 41 % nous étant toujours invisibles. Les librations sont au nombre de trois : libration en latitude, en longitude et diurne.

Libration en latitude



Le plan de l'orbite lunaire est incliné d'environ 5° par rapport au plan de l'orbite terrestre (écliptique). Ainsi, pendant la moitié de sa révolution autour de la Terre, notre satellite se déplace sous le plan de l'écliptique, et pendant l'autre moitié, au-dessus de ce plan. De plus, l'axe de rotation de la Lune est lui-même incliné de 83° par rapport au plan de son orbite. Nous voyons sur le dessin que cet axe pointe toujours la même direction.

Position 1 : le pôle sud lunaire est incliné en direction de la Terre, dégageant des régions de la face arrière situées au-delà de ce pôle (flèche rouge).

Position 2 : ce sont des régions situées au-delà du pôle nord qui apparaissent à leur tour.

L'amplitude de la **libration en latitude** est d'environ plus ou moins 7° .



Effet de la libration en latitude.

A gauche :

3 janvier 2009.

Le cratère Aristote est assez proche du limbe.

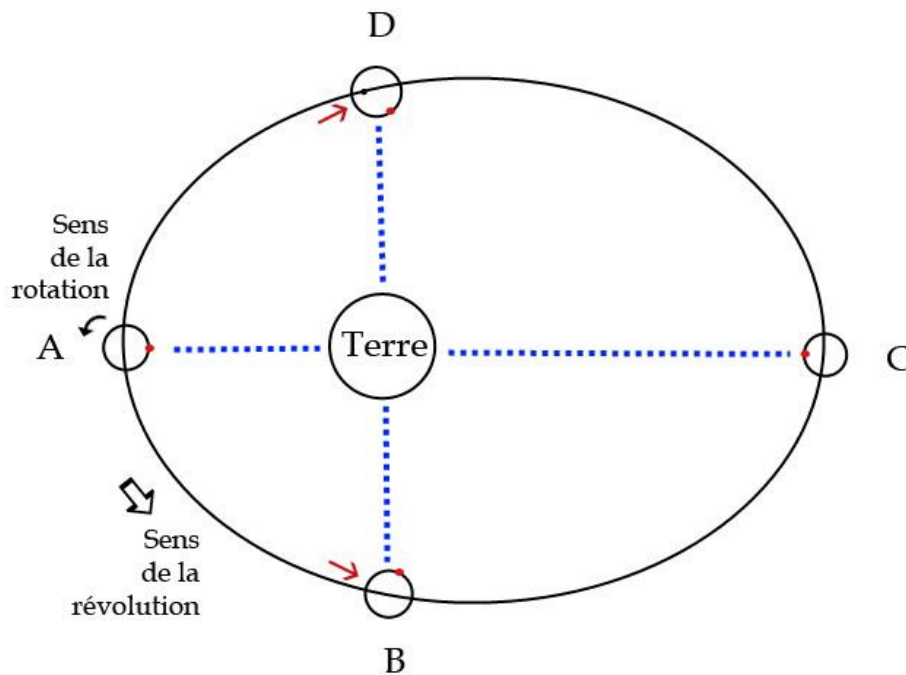
A droite :

29 février 2012.

Aristote en est sensiblement plus éloigné.



Libration en longitude



La Lune tourne sur elle-même (rotation) dans le même temps qu'elle effectue le tour du ciel, c'est-à-dire le tour de son orbite (révolution sidérale), soit 27 jours 7 heures et 43 minutes. Cette rotation s'effectue à vitesse constante. Mais l'orbite lunaire étant elliptique, notre satellite se déplace plus vite lorsqu'il est près de la Terre, à l'*périgée* (position A) que lorsqu'il est loin, à l'*apogée* (position C), sa vitesse moyenne étant de l'ordre d'un kilomètre par seconde.

Position A. Considérons la Lune à son périégée. Le centre de son disque (point rouge) est dirigé vers la Terre. Sa révolution sidérale commence, ainsi que sa rotation.

En atteignant la *position B*, la Lune a parcouru le long de son orbite un angle de 90° . Mais étant donné sa grande vitesse au plus près de la Terre, il ne s'est pas écoulé le quart du temps de sa révolution sidérale, soit 6 jours 19 heures 55 minutes et 45 secondes, et elle n'a pas eu le temps d'effectuer un quart de tour sur elle-même. Aussi nous dévoile-t-elle une partie de sa face arrière du côté de l'est (flèche rouge).

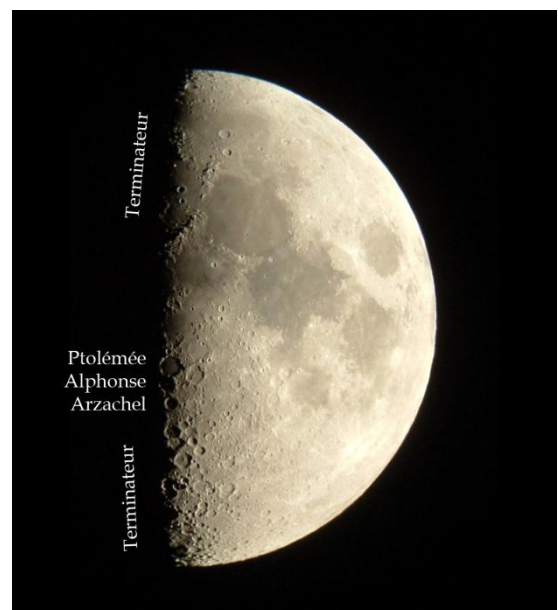
De B à C, la Lune s'éloigne de plus en plus et sa vitesse ralentit. Il lui faut plus du quart du temps de sa révolution sidérale pour atteindre la position C, ce qui permet à sa rotation de rattraper le retard. Dans la *position C*, le point rouge est revenu au centre du disque, comme en A.

De C à D, la Lune, toujours éloignée, se déplace encore lentement. Il lui faut aussi plus du quart du temps de sa révolution sidérale pour atteindre la *position D*. Sa rotation a donc fait un peu plus d'un quart de tour dans ce laps de temps, nous dévoilant cette fois une partie de sa face arrière à l'ouest.

De D à A, la Lune s'est rapprochée de notre planète, sa vitesse a augmenté et, de retour en A, la rotation s'achève en même temps que la révolution sidérale : le point rouge reprend sa place au centre du disque.

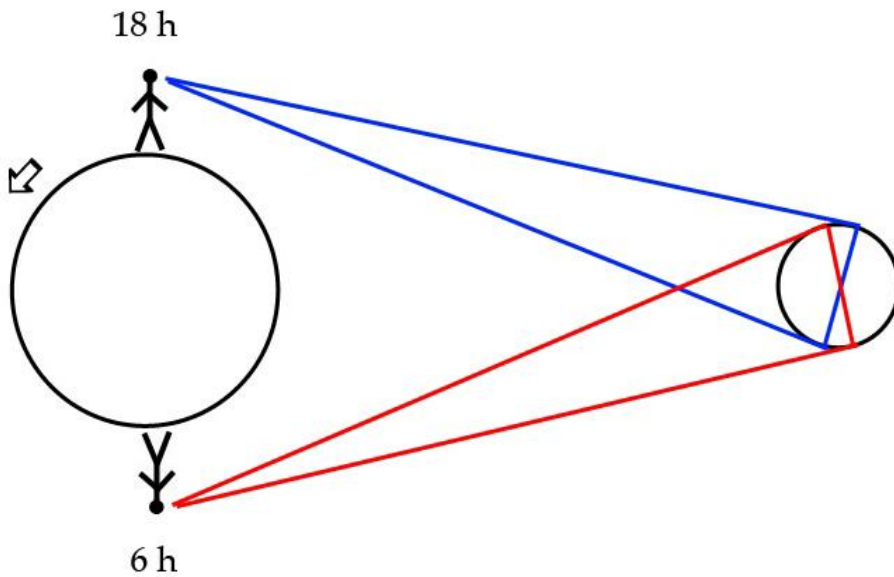
La valeur maximale de la **libration en longitude** est d'environ plus ou moins 8° .

Attention ! Étant donné que la durée de la lunaison est plus longue de plus de deux jours que la révolution sidérale, une phase identique (par exemple le premier quartier) ne montre pas la même libration d'une lunaison à l'autre.



Premier quartier. *A gauche* : 28 novembre 2006. La mer des Crises apparaît près du limbe. Les cratères Ptolémée, Alphonse et Arzachel sont à l'écart du terminateur. *A droite* : 26 septembre 2009. La mer des Crises est ici plus loin du limbe. Ptolémée, Alphonse et Arzachel côtoient le terminateur.

Libration diurne



viron plus ou moins un degré. Mais plus l'observateur est situé haut en latitude sur la Terre, plus cet effet s'atténue.

Un observateur situé à l'équateur verra la Lune, à 18 heures, sous un certain angle, dégagant un peu la face arrière à l'ouest. Douze heures plus tard, à 6 heures, il la verra sous un angle sensiblement différent, dégagant cette fois un peu la face arrière à l'est. C'est la **libration diurne**, due à la rotation de la Terre, dont la valeur maximale est d'en-

Pierre Haydont

Photos : Roland Keff

Astrocroisés géants : Nébuleuses et galaxies

(solution du n° 149)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	N	U	A	G	E	S	D	E	M	A	G	E	L	L	A	N		N	G	C
2	E		M	O		T		X		N	O	U	E	U	X				A	H
3	B	R	A	S	I	E	R		C	D		T		E		A	B	O	L	I
4	U		S	S		R	E	N	A	R	D		S	U	E	D	E		B	E
5	L	O	G	E		A	M	A	S	O	U	V	E	R	T		C	A	E	N
6	E		L		E		I	T	E	M		I	C		O	T	A	G	E	S
7	U	S	O	N	S		T		S	E	T	E		S	I	E	N			D
8	S	A	B	O	T	S		N		D	E	N	T	E	L	L	E	S		E
9	E	L	U	E		U	N	I	V	E	R	S	I	L	E	S		P	I	C
10		E	L	L	E		I	O			M			L		O	B	I		H
11	A		A		C	H	E	R	C	H	E	U	S	E		N	A	R	R	A
12	V	O	I	E	L	A	C	T	E	E		S	T		H		L	A	I	S
13	A	I	R		A		E			L	U		R	A	Y	A		L	A	S
14	L	E	E		I	S		A	G	E		G	A	L	A	X	I	E		E
15	E		S	E	R	U	M		E		P	A	S		D	E	R		R	
16	N	S		T		P		C	R		L	I	S	S	E		R	H	E	A
17	T	E	T	E	D	E	C	H	E	V	A	L		A	S	P	E		I	D
18		R	R			R	E	E		A	N		A	C		A	G		N	O
19	E	P	I	C	E	N	T	R	E		E	M	M	A		T	U	A		R
20	L	E	A		P	O	T	S		S	T		I	C	E		L	Y	R	E
21	L		N	A	I	V	E		B	O	A	S		H	T		I		U	E
22	I		G	R	E	A		O		R	I		P	A	R	S	E	C	S	
23	P	O	L	E	S		N	B		C	R	O	I	R	E		R	I	A	D
24	T	R	E	S		M	E	S	S	I	E	R		B		V	E	R	S	E
25	I				E	U		C	E	E		I	T	O	U		S	A		I
26	Q	U	A	R	T	E		U		R		O	R	N	E	S		S	A	M
27	U		D		A	R	B	R	E		I	N	O		L	O	T		C	O
28	E	X	O	P	L	A	N	E	T	E	S		P	L	E	I	A	D	E	S



Société Lorraine d'Astronomie

Association loi 1901

Correspondant de la Société Astronomique de France pour la Lorraine
Agréée des Associations de jeunesse et d'éducation populaire

**Faculté des Sciences et Technologies – Université de Lorraine
B.P. 70239**

**Boulevard des Aiguillettes
54506 VANDOEUVRE LES NANCY CEDEX**

Site : <http://www.astronomie54.fr>

Courriel : contact@astronomie54.fr

Liste de diffusion : astronomie54@yahoogroupes.fr



Envoi de documents pour *L'Écho d'Orion* : pierre.haydont@hotmail.fr