

L'ALBIREOSCOPE

Les météorites

Almahata-Sitta 15
découverte en
décembre 2008
dans le désert au
Soudan

Lionel Bourhis
Georges Saccomani

Samedi 28 avril, Georges nous a présenté un sujet sur les météorites, leur importance en astrophysique et ses travaux sur l'analyse des lames minces sous microscope en lumière polarisée. Je le remercie d'avoir aiguisé ma curiosité au point d'avoir voulu en savoir plus sur ce sujet qui s'est avéré être très vaste. Le présent article est le fruit de mes recherches. Il n'est en aucun cas exhaustif, mais il comblera, je l'espère, vos premières interrogations sur le sujet : la classification des météorites, leur origine, leur âge et la manière de le déterminer. L'étude des météorites est, comme l'a montré Georges, une fenêtre sur l'histoire de la formation de notre système solaire. Après un choc, lors d'un impact entre 2 corps du système solaire,

de petits fragments sont envoyés dans l'espace. Ils se retrouvent en orbite autour du Soleil pendant des périodes pouvant atteindre des millions d'années : ce sont des météoroïdes. Si leur trajectoire les amène à croiser l'orbite de la Terre, l'attraction gravitationnelle terrestre peut les dévier jusqu'à les rendre captifs de la Terre et même les faire s'y écraser.

Une météorite, c'est donc une roche retrouvée à la surface de la Terre qui provient de l'espace. En pénétrant dans l'atmosphère de la Terre, la compression de l'atmosphère provoque une forte élévation de la température, il s'ensuit l'abrasion du matériau de surface du météoroïde qui est à l'origine d'un phénomène lumineux qu'on appelle météore. L'élévation de la température est si brutale que la surface de la météorite est vitrifiée mais la brièveté du phénomène lié à la faible conductivi-

Les météorites
1

AI 78
7

C'est arrivé ce
jour-là...
8

16-17 Mai 2009
RENCONTRES
ASTRONOMIQUES
DE MEUDON

l'Observatoire
de Paris
10

Celestia
13

Galerie
16

té thermique de la météorite font que seule une fine couche superficielle subit l'extrême échauffement de l'atmosphère de la Terre ce qui engendre une croûte de fusion à la surface de la météorite. Cette croûte très fine laisse l'intérieur de la météorite intact. Par contre, pour certaines d'entre elles, une fragmentation peut avoir lieu avant la chute. L'immense majorité des météorites récoltées provient de la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter et plus précisément de la fragmentation résultant de chocs entre ces astéroïdes. On soupçonne les comètes d'en être aussi une des sources. En comparant certaines météorites avec les roches ramenées sur Terre par les missions Apollo, on a dénombré 64 morceaux de la Lune pour un total de 46 kg, de même, l'analyse des gaz inclus et leur datation a



Les éclats qui résultent de la collision sont autant de météorites que l'on peut trouver sur Terre.

permis de déterminer que 50 autres proviennent très probablement de la planète Mars. Il est remarquable que ces très rares morceaux de Mars soient

entre nos mains avant que des sondes puissent nous en ramener.

Les météorites sont classées en 3 grandes familles :

- 1- Les météorites pierreuses, les aérolithes. Les plus nombreuses (80%)
- 2- Les météorites riches en métal (alliage de fer et de nickel), les sidérites.
- 3- Les météorites mixtes ou métal-pierreuses, les sidérolithes.

Les aérolithes

Si leur composition contient des sphérules (les chondres) on parle de chondrites. Ce sont les météorites les plus primitives du système solaire puisque les chondres sont les premières pierres qui se sont formées lors de la condensation de la nébuleuse so-

L'origine des météorites

Un petit astéroïde



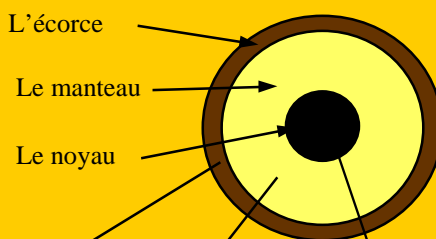
Les aérolithes chondrites



Les aérolithes achondrites



Un gros astéroïde, un satellite ou une planète



Les sidérites



Les sidérolithes



laire. 79% des météorites sont des chondrites. Elles sont elles-mêmes divisées en sous-catégories qui dépendent du degré de métamorphisme et aussi de la nature de la matrice incluant les chondres. Les chon-

Le basalte

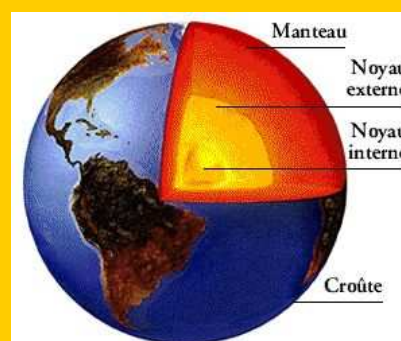
C'est une roche volcanique basique de couleur sombre.

drites carbonées qui ne représentent que 5% des météorites sont les plus anciennes, leur matrice est en partie de la poussière interstellaire. Leur importance est primordiale en astrophysique par la signature des étoiles à l'origine du nuage pré-solaire ou ayant par leurs radiations laissé leurs empreintes sur les éléments constitutifs des chondrites, en géophysique des planètes du système solaire et de leur formation, en biologie par une forte présomption de leur implication dans l'apparition de la vie (hypothèse de la panspermie). Elles contiennent des traces de matière organique dont des acides aminés. Elles proviendraient non pas des astéroïdes mais de comètes. 8% des

La différenciation

Lors de la formation du système solaire à partir de la nébuleuse primitive, des blocs de roches de plus en plus gros se sont agrégés. Certains sont restés à l'état de petits objets comme les astéroïdes. D'autres ont continué à grossir, les impacts se sont accélérés à mesure que leur gravité augmentait avec leur masse. Les impacts ont augmenté leur chaleur interne, de même que la décomposition de certains éléments radioactifs. Sous la croûte de ces gros astres, gros astéroïdes, satellites, et planètes, la roche en fusion forme un magma à travers lequel les éléments les plus lourds migrent vers le centre. En contrepartie, les éléments les plus légers dont la densité est plus faible restent à la surface du magma et forment la croûte à la surface. Arrivé à ce stade on dit que l'astre est différencié, en fonction de la profondeur on ne trouve pas les mêmes éléments. Les plus lourds et les plus denses comme les métaux forment le noyau, qui en tournant sur lui-même est à l'origine du champ magnétique. Juste au-dessus le manteau, la roche fondue forme un magma. En surface,

les éléments les plus légers et les moins denses, et par endroits du magma refroidit et solidifié. Dans ces corps différenciés, les éléments ont subi des transformations dues à la chaleur, leur nature est alors différente de ce qu'elle était à l'origine, ces roches sont plus récentes que celles qu'on trouve dans les petits corps qui n'ont pas subi de différenciation.



Déterminer l'âge des fossiles

La matière organique est composée en partie d'atomes de carbone. Dans sa version la plus courante, c'est un atome qui contient 6 protons et 6 neutrons dans son noyau, on dit que c'est du carbone 12 : ^{12}C . Mais il existe d'autres versions du carbone avec 7 ou même 8 neutrons dans les noyaux, le ^{13}C et le ^{14}C . Plus les noyaux contiennent de neutrons, moins ils sont stables. Ils se transforment en émettant des particules, on dit qu'ils sont radioactifs, c'est le cas du ^{14}C . L'atmosphère de la Terre contient une certaine quantité de ^{14}C , que nous respirons. Tous les êtres vivants contiennent donc cette même pro-

portion de ^{14}C dans leurs tissus tant qu'ils respirent. Dès l'instant où les êtres vivants meurent, ils cessent de renouveler le ^{14}C qui, en se désintégrant modifie ses proportions par rapport aux autres variétés de carbone. Le taux de transformation du ^{14}C en ^{14}Ne (Néon) s'appelle période de demi-vie. A chaque période de 5730 ans, la moitié du ^{14}C s'est transformée en ^{14}Ne . Si dans l'échantillon, il ne reste qu'un quart de ^{14}C , c'est qu'il s'est écoulé 2 périodes de 5730 ans, soit 11460 ans. L'inconvénient de la datation au ^{14}C c'est sa petite période de demi-vie, au-delà de 50 000 ans, le ^{14}C n'est plus présent qu'à l'état de traces, et devient indétectable.



Lucie avait 3 ans il y a 3,3 millions d'années.

aérolithes ne contiennent pas de chondres, se sont les achondrites, elles proviennent de la croûte ou du manteau d'un astéroïde. Elles ont vraisemblablement subi une cristallisation suite au refroidissement d'un magma en fusion. Elles ressemblent par leur texture et leur composition aux basaltes terrestres d'origine volcanique.

Les sidérites

6% des météorites contiennent des alliages métalliques à base de fer ou de nickel. On pense qu'elles proviennent du noyau même du corps parent. Ces météorites contiennent des structures très particulières que les minéralogistes ont pu mettre en évidence en découpant des lames minces polies, avant d'y ajouter un peu d'acide nitrique: les figures de Widmanstätten. Il s'agit de lames de nickel/fer de teneurs différentes (kamacite et taenite) qui traversent la masse métallique de la météorite. L'attaque au bain d'acide favorise la taenite ce qui permet la différenciation des zones. Ces structures cristallographiques sont issues d'un lent refroidissement du

Déterminer l'âge des météorites

Contrairement aux êtres vivants dont le traceur privilégié est le ^{14}C , dans le cas des météorites il existe des traceurs dont les périodes de demi-vie sont nettement plus longues. Les scientifiques ont alors le choix entre différents couples d'atomes : le Potassium 40 se désintègre en Argon 40 avec une période de 1,3 milliards d'années (tous les 1,3 milliards d'années, la moitié des atomes de Potassium 40 se sont transformés en atomes d'Argon 40). L'Uranium 238 se désintègre en Plomb 206 avec une période de 4,5 milliards d'années, ou encore le Rubidium 87 en Strontium 87 en 47 milliards d'années. Il existe bien d'autres éléments encore avec des périodes très variées. Comme dans le cas des êtres vivants pour lesquels l'horloge se met en route dès le décès, date à partir de laquelle le ^{14}C n'est plus renouvelé, l'âge de référence

des roches est leur date de formation, la solidification ou leur cristallisation. C'est ce qui explique que des météorites issues d'objets massifs qui ont subi une différenciation sont plus récentes que celles issues d'objets non différenciés, qui donnent naissance aux chondrites, les éléments les plus anciens de la nébuleuse primitive. Mais lors de son parcours dans l'espace, la météorite est exposée aux rayonnements solaire et cosmique qui altère les éléments. Ces rayonnements donnent naissance à de nouveaux éléments, ce sont des éléments cosmogéniques. Ils servent à mesurer le temps que la météorite a passé dans l'espace, par exemple, le Magnésium 24 se transforme en Néon 21. L'abondance en Néon 21 permet donc de connaître le temps de séjour de la météorite dans l'espace.

noyau de l'astéroïde (1 à 100 degré par million d'année) qui a permis cette lente organisation des composants à partir du mé-

tal en fusion. Aucun laboratoire sur Terre ne peut obtenir ces figures : elles sont la signature indiscutable de l'origine extraterrestre.

Les sidérolithes

Elles ne représentent que 2% des météorites, elles contiennent des mélanges de silicates et fer-nickel. Elles proviennent de la zone interface entre le noyau et le manteau des astéroïdes. Leur beauté, leur rareté, et l'impossibilité de les falsifier leur donnent une grande valeur. Elles sont présentées en coupes de quelques millimètres d'épaisseur et dévoilent par transparence les cristaux d'olivine jaunes ou verts. On en fait des bijoux (pendentifs) et chacun est unique car il n'existe aucun arrangement identique des cristaux dans la matrice métallique de NiFe.

Les astroblèmes et impactites



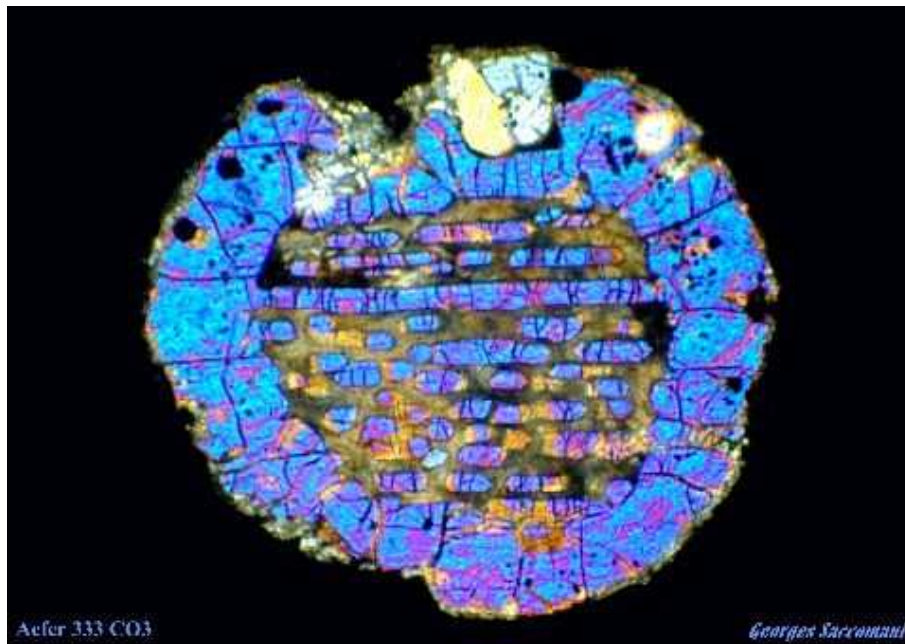
Meteor crater en Arizona, 1,2 km de diamètre, âge 50 000 ans.

Le métamorphisme

C'est la transformation d'une roche sous l'effet de la température et de la pression.

Granite	→	gneiss
Argiles	→	ardoises, schistes
Calcaires	→	marbres
Sables et grès	→	quartzites

Sur son orbite autour du Soleil, la Terre rencontre 10 tonnes de poussières de tous calibres chaque jour. La plupart sont si légères qu'elles se consomment entièrement dans l'atmosphère et forment de magnifiques étoiles filantes la nuit, mais les plus grosses parviennent jusqu'au sol. On estime que chaque jour, 2000 à 3000 météorites de plus de 1 kg tombent sur Terre. Environ 500 pierres de la taille d'une balle de tennis atteignent le sol chaque année. Les plus grosses forment un cratère d'impact dont la taille (le diamètre) est estimée à 20 fois celle de la météorite qui lui a donné naissance. Ces cratères sont appelés astrolabes. Suite aux impacts certaines roches terrestres sous-jacentes sont elles-mêmes transformées par les énormes pressions résultant de l'impact (des millions de Pascals). Ce sont des impactites dont les « quartz choqués », « shutter cones » ou « veines de choc » qui sont les formations les plus caractéristiques. A l'impact, des roches en fusion peuvent être éjectées à des dizaines ou centaines de km. Longtemps on les a assimilées à des météorites, on sait maintenant, grâce à leur répartition géographique autour des cratères, qu'elles se forment lors de l'impact. On trouve les tectites, (du grec tēktos = fondu). Ce sont des petits globules de verre fondu de quelques millimètres à quelques centimètres. Résultant de la fusion du sable, le verre ly-



bique provient, comme son nom l'indique du désert lybien. C'est un verre naturel de couleur jaune à vert clair. On trouve des fragments de diverses tailles, les plus petits sont centimétriques, le plus gros pesait 26 kg mais il s'est cassé en 2 parties. Ces roches terrestres modifiées ont, bien sûr, le même âge que le cratère qui les a formées.

Les météorites primitives et leur implication en archéobiologie

Dans la chondrite carbonée Murchison tombée en Australie, on a trouvé 70 avides aminés. La vie terrestre n'en utilise en tout que 26 ! Le nuage présolaire et

ses poussières ont servi de réacteur chimique pour synthétiser, sous l'action des rayons ultraviolets et X, à partir de molécules simples (radicaux libres) des molécules aussi complexes que les molécules à la base de notre vie organique.

Il y a 4 milliards d'années, le manteau terrestre étant formé et suffisamment froid pour ne plus vaporiser la glace de comètes qui tombaient dur. Avec les comètes « pleuvaient » les météorites porteuses d'acides aminés. Elles contenaient aussi un pourcentage non négligeable d'eau. Comment ne pas penser à la formation d'organi-



tes dans l'océan primitif ainsi constitué etensemencé. Ces organites sont devenues des archéobactéries et...la suite fait partie de notre histoire. C'est l'hypothèse de la panspermie que Georges a défendu avec conviction, et qui est une hypothèse partagée par de nombreux scientifiques.

Les météorites primitives et leur importance en astrophysique

L'analyse minéralogique et isotopique des météorites nous donne non seulement un aperçu des éléments constitutifs de la nébuleuse primitive à partir de laquelle le système solaire s'est formé mais aussi une indication sur le moment de la formation. Jusque vers l'année 2000, on avait une idée précise d'un scénario probable pour expliquer la formation du système solaire. Les éléments lourds, fer, cuivre, nickel, ou même uranium, plutonium qu'on trouve sur Terre et qu'on exploite dans les carrières, sont synthétisés dans les étoiles. Au cours de leur vie, les étoiles évoluent dans leur manière de produire de l'énergie et transforment les atomes depuis les plus légers vers les plus lourds : c'est la nucléosynthèse. Le Soleil qui est toujours dans sa première phase, la séquence principale, pendant laquelle il transforme les atomes d'hydrogène en atomes d'hélium n'en est pas encore arrivé au moment où il produit ces éléments lourds. Si ils sont présents dans la croûte terrestre, cela veut dire qu'ils proviennent d'une autre étoile, qui elle est arrivée en fin de vie et qui aensemencé l'espace environnant. Notre nébuleuse primitive a été enrichie en éléments lourds provenant de l'explosion d'une supernova située à proximité. La nébuleuse s'est par la suite contractée pour donner naissance au Soleil et aux planètes, mais combien de temps après ? Là encore la datation des

radioéléments, les atomes radioactifs, permet de lever le voile sur la question.

Les objets les plus anciens qu'on ait pu dater sont les inclusions des chondrites, les chondres. Leur âge varie légèrement à cause de l'évolution de la température lors de leur formation mais on trouve en moyenne 4,566 milliards d'années à 2 millions d'années près. Ce sont probablement les premiers solides qui se soient formés dans le système solaire, c'est leur âge que l'on adopte pour le système solaire lui-même. Mais la mémoire des chondrites va bien au-delà de la naissance du système solaire car elles contiennent des minuscules cristaux de diamants, de carbure de silicium, de graphite et d'alumine. L'analyse minéralogique de la météorite Allende découverte en 1969 dans le nord du Mexique vient remettre en cause ce scénario. En 1976, 3 chimistes ont découvert dans les chondres de la météorite Allende une teneur anormalement élevée en magnésium 26. C'est un sous-produit de la désintégration de l'aluminium 26, dont la période de demi-vie est de seulement 740 000 ans. Pour coller au scénario, il faut alors que ce soit la supernova elle-même qui en explosant ait à la fois mis la nébuleuse primordiale en rotation et en contraction et en même temps injecté des éléments lourds dans le futur système solaire. En 2000, le cosmochimiste Kevin McKeegan découvre dans cette même météorite un nouvel élément, le béryllium 10 qui lui est consommé dans les étoiles mais en aucun cas produit par l'explosion d'une supernova ! Fin 2003, la découverte de béryl-

lium 7 dont la période de demi-vie n'est que de 53 jours remet en cause l'idée qu'une supernova, aussi grosse soit-elle puisseensemencer toute une nébuleuse. Il faut donc trouver une nouvelle théorie : les nuages interstellaires ont tendances d'eux-mêmes à se scinder en morceaux pour former différents « grumeaux » qui donnent chacun une proto-étoile. Chaque proto-étoile émet un fort rayonnement ultraviolet et X qui interagit avec la nébuleuse qui les entoure, d'où la présence d'aluminium 26 et de béryllium 7 et 10. Mais dernièrement on vient de trouver un isotope du fer, le fer 60 dans les météorites les plus anciennes. Cette forme de fer ne peut en aucun cas avoir été produite par l'irradiation du milieu interstellaire par une proto-étoile mais est au contraire produite par l'explosion d'une très vieille étoile !

Il reste bien des choses à découvrir sur notre système solaire et sur notre propre genèse et ce sont les météorites qui détiennent probablement beaucoup de réponses...

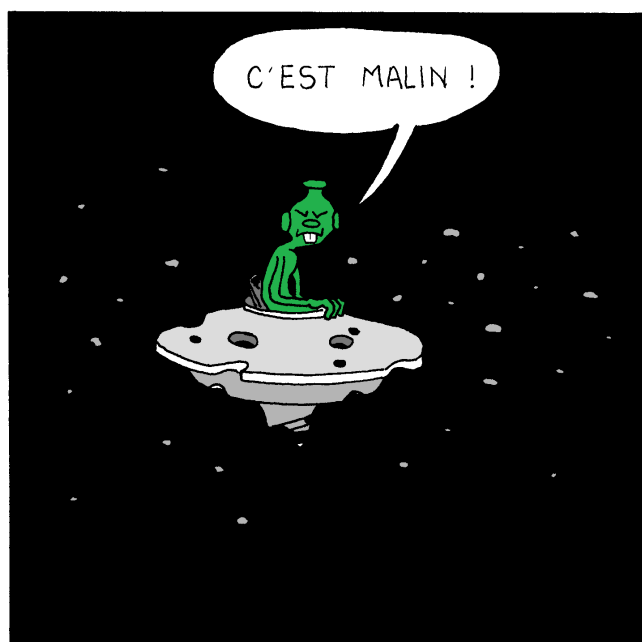
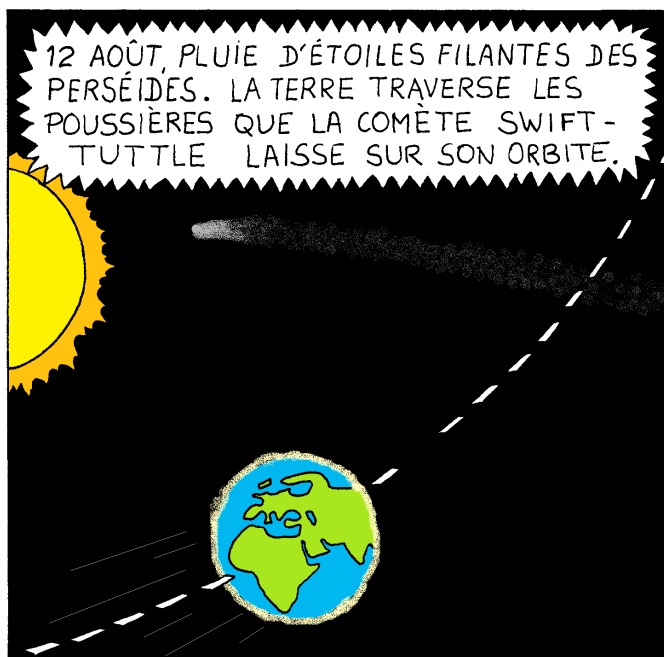


Pallasite Imilac



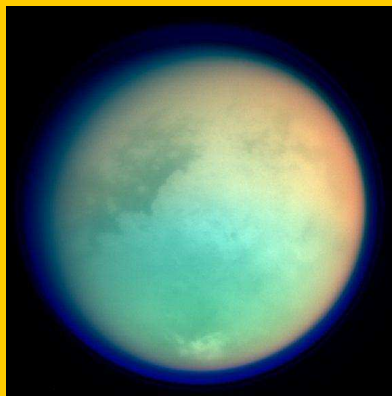
A1 78

Les Perséides



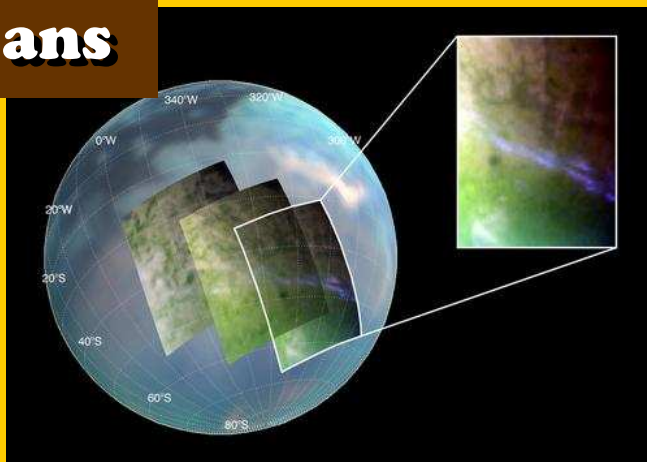
C'est arrivé ce jour-là...

Juillet 1989, il y a 20 ans



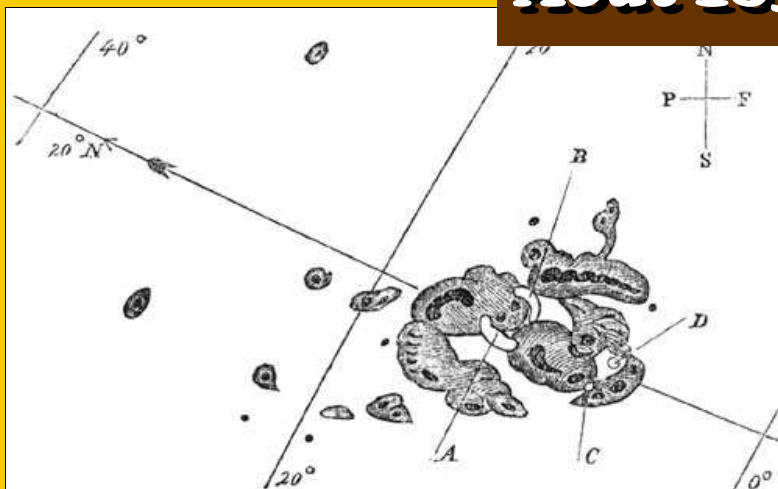
Photographie en fausses couleurs montrant les détails de la surface et de l'atmosphère. Xanadu est la région brillante située au centre à droite.

Le 3 juillet 1989, l'occultation de l'étoile Sgr28 par Titan permet d'observer l'atmosphère du plus gros satellite de Saturne qui est opaque sur de nombreuses longueurs d'onde. Entre juillet 2004 et décembre 2007, les scientifiques de la mission Cassini ont observé plus de 200 nuages dans les longueurs d'onde de l'infrarouge. Leur présence autour de Titan est en général accord avec les modèles. Le nuage allongé caractéristique sur la photo était toujours ac-



tif en 2007 alors que les modèles prévoient qu'il disparaîtrait en 2005. Les scientifiques vont continuer à observer les changements climatiques sur Titan puisque la mission Cassini a été étendue jusque fin 2010.

Août 1859, il y a 150 ans



Croquis du groupe de taches solaires à l'origine de la seconde phase de l'éruption solaire, dessiné par Richard Carrington.

Cette année-là on observe la plus grosse tempête solaire. Elle s'est déroulée en deux phases. La première a atteint la Terre dans la soirée du 28 août, elle a provoqué des aurores polaires très lumineuses et spectaculaires visibles jusque dans la mer des Caraïbes. Les lumières inhabituelles du ciel ont souvent été interprétées à tort par les observateurs comme des incendies lointains. La seconde phase a débuté le 1^{er} septembre. Les taches apparues depuis plusieurs jours étaient devenues tellement grandes qu'elles

venance de ce groupe de taches qui subsiste pendant 10 min. Cela correspond au début d'une nouvelle éruption solaire extrêmement violente. Elle atteint la Terre 17 heures plus tard dans la nuit du 2 au 3 septembre et est visible dans tout l'hémisphère Nord. Le ciel reste si lumineux que certains notent qu'il était même possible de lire le journal en pleine nuit même à une latitude aussi basse que Panama. La vitesse de cette éruption est tout à fait anormale comparée aux 60 heu-

étaient habituellement mises pour atteindre la Terre. En fait cette rapidité est la conséquence de la première éruption qui a nettoyé l'espace entre le Soleil et la Terre. La violence de la seconde tempête a comprimé la magnétosphère terrestre de 60 000 km à seulement quelques centaines de km d'où l'intensité des aurores polaires. On estime que 5% de l'ozone atmosphérique a été détruit lors de cette tempête. La température de l'éruption qui a atteint 50 millions de degrés à sa naissance dans la couronne solaire a accéléré les protons qui ont atteint des énergies de 30 MeV voire même 1 GeV. En interagissant avec les atomes d'azote et d'oxygène ils ont formé des nitrates que l'on a retrouvé dans des carottes glaciaires au Groenland et en Antarctique. La quantité mesurée correspond à celle ordinairement formée par le vent solaire pendant 40 ans. Les aurores ont également généré des courants électriques dans le sol. On rapporte de nombreux cas de télégraphistes victimes de décharges électriques ainsi que des incendies de stations de télégraphie suite aux courants très intenses qui se propageaient dans le sol.



Observateur infatigable, William Herschel fait de nombreuses découvertes grâce à la puissance de ses télescopes. Avec son télescope géant de 1m 20 de diamètre et 12 m de focale il observe les étoiles de la Voie Lactée, les nébuleuses, même celles de notre galaxie voisine M31 dans Andromède, les

Juillet 1789, il y a 220 ans

étoiles doubles avec pour certaines la détermination de la période de révolution. Les observations des étoiles variables l'amènent à supposer que les variations d'éclat sont dues à la rotation de des étoiles sur elles-mêmes qui nous présentent des faces plus ou moins lumineuses. A partir du mouvement propre de 36 étoiles, il en déduit que le système solaire tout entier se déplace dans la Galaxie. Dans le système solaire, il aperçoit 2 satellites autour d'Uranus. Il découvre aussi Mimas le 18 juillet 1789 et Encelade le 29 août suivant. Alors qu'il n'a qu'un

diamètre de 400 km, Mimas présente un énorme cratère de 130 km de diamètre, baptisé Herschel. Les remparts font 5 km de haut, on y trouve des gouffres de 10 km de profondeur et un pic central de 6 km d'altitude. Sa ressemblance avec l'Etoile de la Mort de la « guerre des étoiles » n'est que fortuite.



Août 1499, il y a 510 ans



Statue du piazzale des Offices de Florence

Amerigo Vespucci est né le 9 mars 1454. Il est successivement marchand, bijoutier et navigateur. Il est originaire de Florence en Italie. Il est le premier à penser que la côte de l'Amérique du Sud constitue un nouveau continent alors que tous les navigateurs de l'époque, y compris Christophe Colomb, pensaient débarquer en Asie. Le rôle de Vespucci dans la découverte de l'Amérique a donné lieu à beaucoup de controverses, les seuls documents qui lui sont attribués consistent en 3 lettres qui ont longtemps été considérées comme fausses. Il est probable que c'est la publication de ces lettres qui a poussé Martin Waldseemüller à nommer le nouveau continent **America** sur sa carte de l'univers de 1507. A l'époque bien sûr, ce terme ne désigne que les quelques îles et terres découvertes, on ne se doutait pas que l'on venait de baptiser un continent qui s'étend de l'Alaska à la Terre de Feu. Les lettres litigieuses indiquent que Vespucci a fait 4

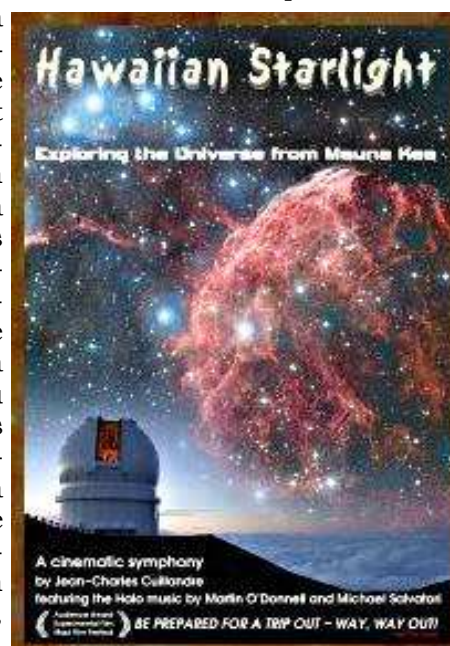
voyages vers l'Amérique alors que seuls 3 sont confirmés par d'autres sources. Son premier voyage en 1497, n'aurait jamais eu lieu. En 1499 il débarque en Guyane, puis il navigue vers l'embouchure de l'Amazonie. C'est lors de ce second voyage qu'il met en pratique une méthode proposée par Hipparque pour déterminer la longitude d'un lieu : utiliser un phénomène astronomique visible par une grande partie de la Terre. Le 23 août 1499 la planète Mars est occultée par la Lune. Mais cette méthode ne donne pas de bons résultats si on ne tient pas compte de la parallaxe de Mars pour des observateurs terrestres situés en des lieux différents. Il prétend même avoir développé la méthode lunaire pour mesurer la longitude et ainsi calculer la longueur du degré de longitude, alors que ses simples relevés de latitudes sont souvent imprécis, voire farfelus. Lors de son 3^e voyage en 1502, il arrive dans une grande baie qu'il nomme Rio de Janeiro, puis descend jusqu'en Patagonie. On ne sait quasiment rien de son dernier voyage en 1503, ni même si il a réellement eu lieu. Amerigo Vespucci meurt le 22 février 1512 à Séville.



Pour la première fois cette année, l'observatoire de Meudon organise des rencontres entre les astronomes professionnels et les amateurs. Par pure coïncidence, le dossier de la revue de la SAF « l'Astronomie » du mois de mai porte également sur cette liaison professionnels – amateurs, et décrit les domaines dans lesquels les amateurs peuvent apporter leurs contributions pour les astronomes professionnels. Je passe chercher Sébastien en passant à Versailles, et nous nous retrouvons derrière la voiture de Gilles à l'entrée de l'observatoire. Nous retrouvons Eric et Daniel accompagné de son épouse à l'accueil où on nous distribue outre le programme de la journée, un gilet, un porte clé et d'autres documents. L'après midi commence dans un des amphis par trois présentations.

La première par un astronome qui en plus de son travail de professionnel a réalisé un film sur le télescope de 3,60 m d'Hawaï. Quand on apprend qu'il a fait 160 000 photos pour en garder 60 000 pour le film et que toutes les vidéos sont le résultat de l'enchaînement de photos faites avec un appareil photos, on imagine le travail que ça lui a demandé : plusieurs années pour faire le film. Nous apprécions d'autant plus en connaisseurs, non seulement la beauté des images, mais également la technique de réalisation : du time lapse dans toutes les conditions. A partir d'images individuelles, les images prises à quelques secondes d'intervalle permettent d'apprécier un phénomène en accéléré, l'évolution des nuages, la rotation du ciel, les coupoles qui suivent leur ci-

ble ou qui s'orientent pour en changer. Mais là la technique est poussée dans ses derniers retranchements : on y voit en plus des travelling, des zooms, des variations de poses ou de diaphragme. La cerise sur le gâteau, des cumulations de poses qui font allonger les traînées des étoiles au cours d'une nuit. Nous nous sommes regardés en nous demandant comment il avait pu obtenir ce genre d'effet. Nous sommes impressionnés par le résultat obtenu, c'est époustoufflant. La deuxième présentation est celle d'un astronome amateur qui nous raconte son hivernage dans la station Concordia en Antarctique. Une véritable aventure humaine qui mérite le respect tant les conditions de vie sont extrêmes. Ce qui est remarquable aussi dans cette aventure c'est la confiance que les astronomes professionnels ont accordée à un amateur pour passer un an complet à faire de la science. Un exposé passionnant illustré par de magnifiques photos, ça donnerait presque envie d'y aller, si il n'y avait la température pour refroidir d'un coup toutes les





Un télescope givré en Antarctique

ardeurs. La troisième présentation porte sur les différentes observations du Soleil, dans toutes les longueurs d'ondes. Là encore des vidéos à couper le souffle, où l'on voit l'évolution de la granulation avec une résolution de 0,15". Dans ce domaine, la collaboration entre professionnels et amateurs fonctionne apparemment bien : nous avons en effet appris qu'un des télescopes installé au Pic du Midi est dédié à l'observation quotidienne du Soleil et que l'association qui le gère a été créée spécialement pour que des amateurs réalisent des missions d'une semaine au sommet du Pic pour faire des photos dans différentes longueurs d'ondes. Avis aux amateurs, si vous avez des semaines dont vous ne savez pas quoi faire, vous pouvez adhérer à cette association, vous serez former, pendant plusieurs missions si il le faut et lorsque vous serez prêt, que vous saurez utiliser correctement l'instrument, vous pourrez partir, en binôme, pour une voire deux semaines par an au Pic du Midi. Gilles et moi réfléchissons à cette éventualité, cela doit être une sacrée expé-

rience ! Enfin pour terminer l'après-midi, un exposé sur Saturne et surtout Titan avec la mission Cassini-Huygens. Là encore les reconstitutions en 3 dimensions du paysage lors de la descente de Huygens sur Titan sont étonnantes. Encore un exposé passionnant sur l'atmosphère du satellite et les zones d'ombre qu'il reste quant à la production continue du méthane. Une après-midi qu'on n'a

pas vue passer tant nous étions absorbés par les images, les films et les commentaires, un pur moment de bonheur. Entre les exposés des pauses nous permettent d'aller discuter avec Hélène Reyss dans le hall du bâtiment qui présente des lames minces de météorites sous un microscope, notamment des météorites martiennes. C'est émouvant de se rendre compte qu'on regarde une roche venue de la planète rouge... A l'extérieur, le temps ne semble toujours pas décidé à nous permettre d'observer cette nuit, les télescopes restent pour l'instant dans les voitures. La soirée se poursuit par l'apéritif et le dîner sous la forme d'un buffet. C'est un moment convivial où les amateurs et les professionnels peuvent discuter entre eux. Eric et Sébastien on d'ailleurs fait la connaissance d'un amateur un peu particulier : son discours manque de cohérence, et lorsqu'ils ont été interpellés ils se sont d'abord demandé si c'était vraiment à eux qu'il s'adressait ! La dernière partie de la soirée, avant de passer aux éventuelles observations, c'est



La table ronde après dîner



Le télescope de 1m

une table ronde entre amateurs et professionnels au cours de laquelle est professionnels tentent d'expliquer ce que peuvent leur apporter les amateurs. Tour à tour, les intervenants se présentent, en expliquant pour certains comment ils se sont passionnés pour l'astronomie, pour d'autres des exemples de travaux avec des amateurs. Il y a parmi eux, Thierry Midavaine, président de l'AFA (l'Association Française d'Astronomie) qui est justement l'auteur de l'article sur les contributions des amateurs dans l'astronomie professionnelle paru dans le numéro de l'Astronomie du mois de mai. Le contraste est saisissant entre les présentations de l'après-midi, avec des images magnifiques, des films époustoufflant, et l'évocation plutôt austère du relever

des courbes de lumière des astéroïdes, des phénomènes mutuels des satellites de Jupiter ou de l'obtention des spectres des étoiles Be. L'ambiance retombe subitement sur l'amphi. Le président du club

Magnitude 78, prend la parole pour avouer que ce genre de chose ne l'intéresse absolument pas, certains le font comprendre d'une autre manière, en provenance du haut de l'amphi nous parviennent les ronflements d'un auditeur apparemment très peu convaincu. Eric fait alors remarquer que ce qui manque probablement c'est la communication. Il suggère que sur internet, il y ait un site, qui serait un portail sur lequel les amateurs trouveraient les différentes mesures attendues par les professionnels avec les protocoles d'observations à suivre à la lettre, mais aussi les sites auxquels communiquer les mesures et bien sûr les résultats ainsi obtenus. Il nous apparaît effectivement évident que pour nous inciter à faire des mesures régulières de phénomènes particuliers, la moindre des choses est de nous

montrer des exemples de résultats obtenus, qu'avec très peu de moyens, des observations qui suivent un protocole strict suffisent pour étudier certains phénomènes et que ce n'est pas à nous, comme cela semblait être sous-entendu, d'aller au devant des professionnels, de nous renseigner sur ce qu'ils attendent de nous et de rechercher nous-mêmes les interlocuteurs susceptibles d'être intéressés par nos mesures. L'auditoire est d'ailleurs si peu enthousiaste, qu'il n'y a pratiquement aucune question, leurs propositions ne nous font visiblement pas envie. Alors que Brigitte Bourdin, nous annonce qu'à l'extérieur il pleut, que les observations sont donc annulées et que pour finir la journée nous sommes invités à visiter les coupoles du 60cm et du télescope de 1m. Nous nous rendons dans la coupole du 1m. Rien que le chercheur nous suffirait comme instrument. Pendant qu'Eric filme le miroir à l'intérieur du tube, je regarde dans le porte-oculaire pour constater qu'une bonne collimation est nécessaire. En sortant de la coupole, il pleut toujours, nous reprenons la route chacun de notre côté. Certains courageux venus probablement de loin restent camper sur le site !



Quelques secondes de poses à main levée, ça bouge !

Europe
 Distance : 8073,5 km
 Rayon : 1560,8 km
 Diamètre apparent : 18° 38' 47,7"

2009 Mar 12 16:53:00 heure d'été
 1000x plus vite (en pause)

Celestia

*Un voyage virtuel
 dans le système solaire*

Philippe Chatelain

Vitesse : 0,00000 m/s

Suivre Europe
 CdV : 25° 46' 54,9" (1,00x)

Avant tout, il est important de préciser que Celestia est un logiciel totalement gratuit et téléchargeable sur son site officiel. Il est facilement trouvable via un bon moteur de recherche comme google ou par les liens de notre site. Un ordinateur pas trop vieux suffira à le faire fonctionner et il marche très bien sur mon portable premier prix, « deux ans d'âge ». Une carte graphique 3D sera le mieux pour une manipulation confortable. Celestia est un logiciel de carte 3D de notre système solaire en temps réel. Contrairement à Stellarium, il ne s'agit pas d'un planétarium et ne sera pas d'une grande aide à nos observations. Le point de vue n'est pas le plancher des vaches mais plutôt la cabine d'un vaisseau spatial qui nous emmène à proximité des objets du système solaire et même au-delà. Son intérêt péda-

gogique se situe donc bien plus dans la visualisation de la mécanique céleste de notre système solaire. Et bonne nouvelle : la toute dernière version de Celestia est en Français.

Cet article vous apprendra petit à petit les manipulations de base de ce logiciel qui n'est pas d'un abord évident mais d'une manipulation assez facile.

Une fois le logiciel téléchargé, installez-le. Si l'icône d'exécution n'apparaît pas sur votre bureau, allez le chercher dans : Poste de travail/Disque local (C:)/Program files/Celestia. En tout cas, c'est comme ça qu'il faut faire sur Windows xp, et il en est sûrement tout autrement sur Vista, Linux ou Mac pour lesquels Celestia est également disponible. Puis faites un raccourci de l'icône avec Jupiter et Io et mettez le sur votre bureau.

C'est bon, vous êtes prêt pour le voyage interplanétaire (et inters-

tellaire). Cliquez sur l'icône Celestia.

La première image est un bref passage devant notre étoile, le Soleil puis Celestia se fixe sur la Terre (si la fenêtre est petite au lancement, agrandissez-la). Voici donc notre belle planète bleue telle qu'elle est à l'heure et au jour où vous avez lancé le logiciel.

La toute première manipulation consiste à tourner autour de la Terre. Pour cela, maintenez le bouton de droite de votre souris appuyé et faites pivoter la Terre avec votre souris. Lorsque vous êtes totalement dans l'ombre de la terre, vous apercevez le soleil au loin. Vous pouvez dès maintenant changer l'intensité de l'ombre des planètes en allant dans le menu Rendu/Lumière ambiante, puis choisissez Basse ou Moyenne.



tervalle. Cliquez enfin sur « Calculer ». Après quelques secondes de calculs, Celestia affiche toutes les éclipses qui ont lieu sur Jupiter entre les deux dates choisies classées par lunes, par dates ainsi que les heures du début et la durée du passage des ombres. Pour aller observer l'une de ses éclipses, cliquez deux fois sur celle de votre choix. Celestia vous montre maintenant l'ombre sur le disque de Jupiter à la date choisie. Vous pouvez répéter cette opération sur toutes les planètes concernées par ce genre de phénomène.

A noter que Celestia respecte tous les diamètres apparents et ceux des ombres et pénombres des éclipses également.

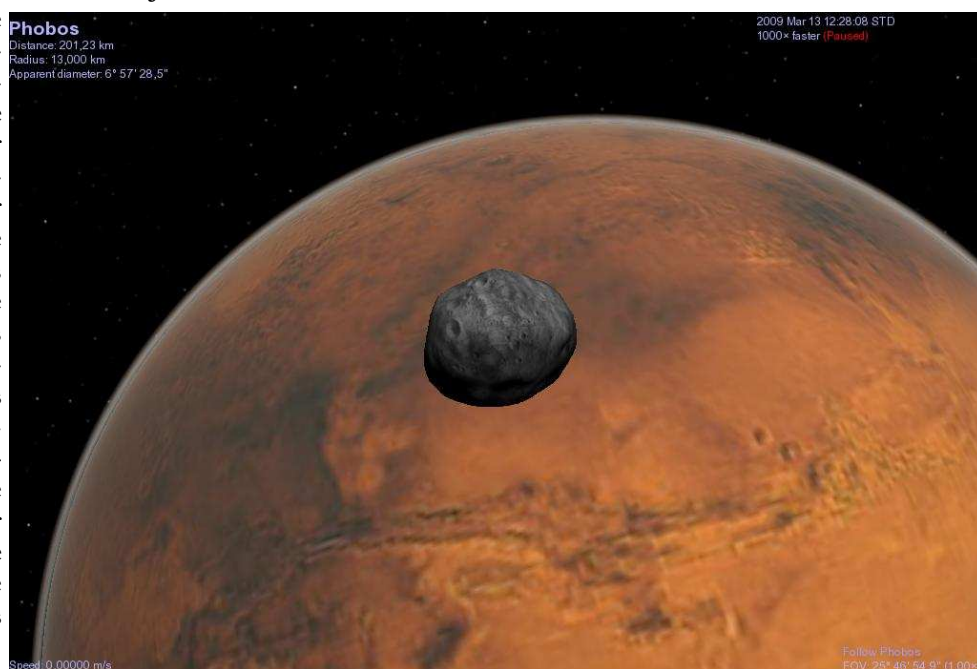
Maintenant voyageons dans l'espace interstellaire. Allez dans le menu Navigation/ Navigateur céleste, Vous avez le choix entre les étoiles les plus proches, les plus brillantes ou bien encore celles qui sont accompagnées de planètes, Par exemple, dans les étoiles les plus brillantes choisissons l'étoile Sirius A puis cli-

Maintenant, avec la mollette de votre souris vous pouvez zoomer ou dézoomer sur la Terre. En dézoomant très fort, le petit point de la lune apparaît à proximité. Cliquez dessus avec le bouton de droite et sélectionnez « allez à ». Celestia fait alors un cadre entier sur notre satellite. Vous pouvez à nouveau l'observer sous tous les angles comme avec la Terre.

cherche d'éclipse provoquée par une de ses lunes principales. Dans les paramètres de recherche du menu Navigation/ Découvreur d'éclipses, sélectionnez « éclipses solaires », « Jupiter », et les deux dates entre lesquelles vous recherchez les éclipses. Celles-ci étant très fréquentes sur Jupiter, je vous conseille de choisir deux dates avec juste une seule année d'in-

Allons voir les planètes de notre système solaire. Choisissons Jupiter et son système spectaculaire. Dans le menu Navigation/Navigateur de système solaire, sélectionnez Jupiter puis cliquez sur « allez à ». Celestia se dirige immédiatement sur la plus grosse planète du système solaire. Toutes les étapes précédentes peuvent être répétées à nouveau sur les nombreuses lunes de Jupiter. Dans le menu Navigation/Navigateur de système solaire, vous pouvez choisir votre destination dans la liste des astres du système solaire ainsi que certains satellites artificiels.

Mais restons sur Jupiter pour l'instant et faisons une re-



Phobos au-dessus de Valles Marineris.

Saturne
 Distance : 7 39920 km
 Rayon : 60268 km
 Diamètre apparent : 8' 38" 20,1"

2009 Mar 16 04:19:19 heure d'été
 1000x plus vite



Suivre Saturne
 CdV : 25° 46' 54,9" (1,00x)

Saturne sous un angle impossible à voir depuis la Terre.

quer sur « aller à ».

Voici Sirius et son aspect très blanc, Si vous jouez sur la molette de votre souris vous pourrez apercevoir dans son proche voisinage sa

compagne naine blanche Sirius B,

Les exoplanètes sont représentées de manière imaginaire mais le plus fidèlement possible de ce que nous savons d'elles.

Un petit conseil très pratique : si vous êtes totalement perdu dans l'espace immense de notre galaxie, sélectionnez Navigation / Sélectionner le Soleil, puis Navigation / Aller à la sélection.

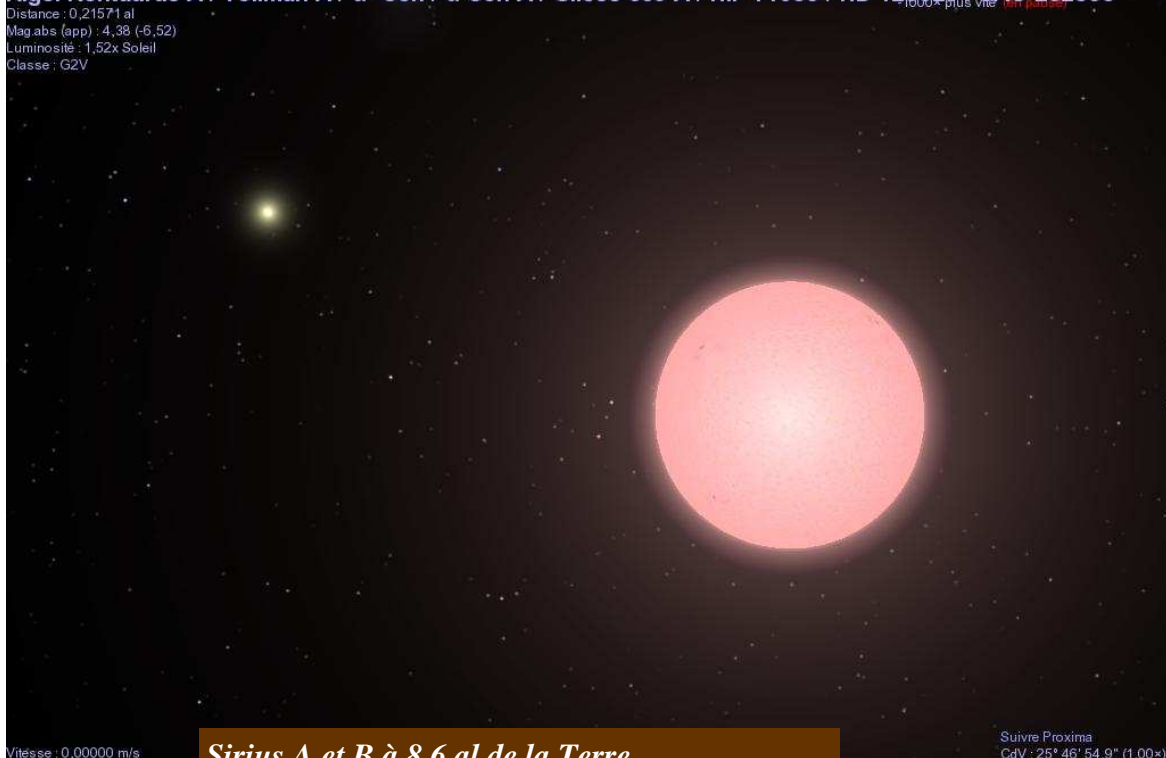
lestia retournera vers notre bonne vieille étoile et nous pourrions retrouver nos repères. Dans le menu « Temps » vous pouvez manipuler le temps exact

reste plus qu'à vous faire la main en prenant les commandes de votre propre vaisseau qui fera sûrement de vous, 400 ans après Galilée, les nouveaux messagers des étoiles.

Rigel Kentauros A / Toliman A / α^1 Cen / α Cen A / Gliese 559 A / HIP 71683 / HD 128620 / SAO 252838

Distance : 0,21571 al
 Mag.abs (app) : 4,38 (-6,52)
 Luminosité : 1,52x Soleil
 Classe : G2V

2008 Déc 10 17:08:01 heure d'été
 1000x plus vite



Vitesse : 0,00000 m/s

Suivre Proxima
 CdV : 25° 46' 54,9" (1,00x)

Sirius A et B à 8,6 al de la Terre

M3 : Christian

CANON EIS 400D
Lunette 80mm
60 x 20s
Les Essarts
2 juin 2009



M3 : Lionel

CANON EOS 300D
Objectif MTO 500mm
Bonville (28)
29 mai 2009



NGC 5263

Et quand on ne voit pas les étoiles...



Orage à Bonville

CANON EOS 300D
Poses de 30s
25 mai 2009

Lionel



et à Versailles

CANON EOS 450D
Poses 10s

25 mai 2009
Sébastien

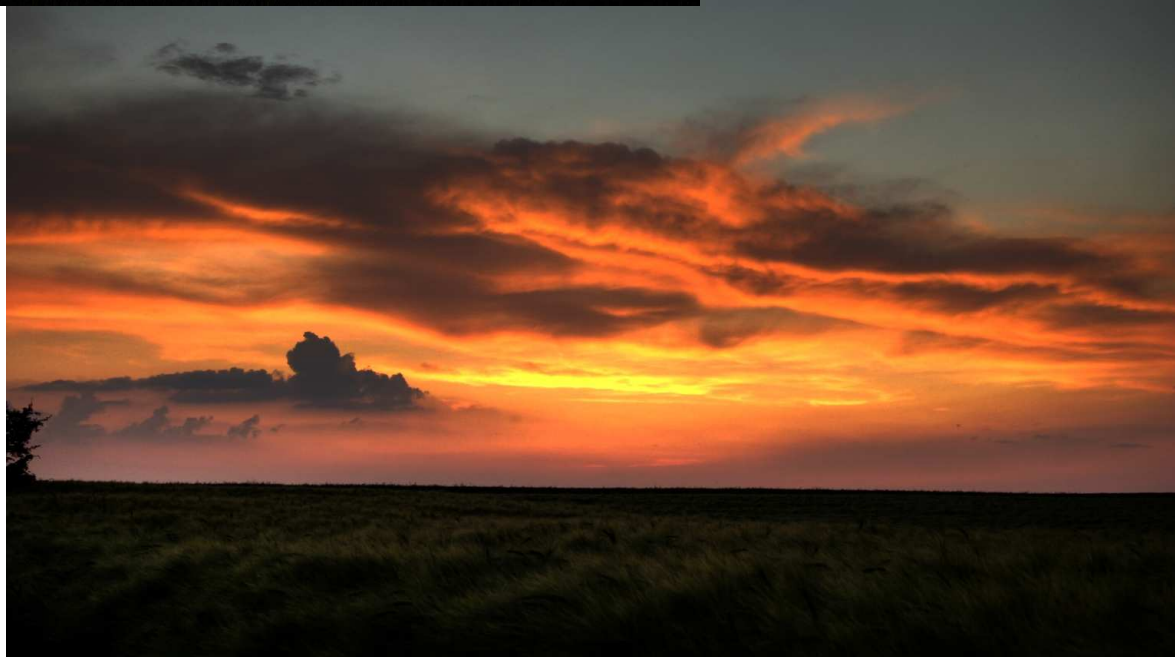
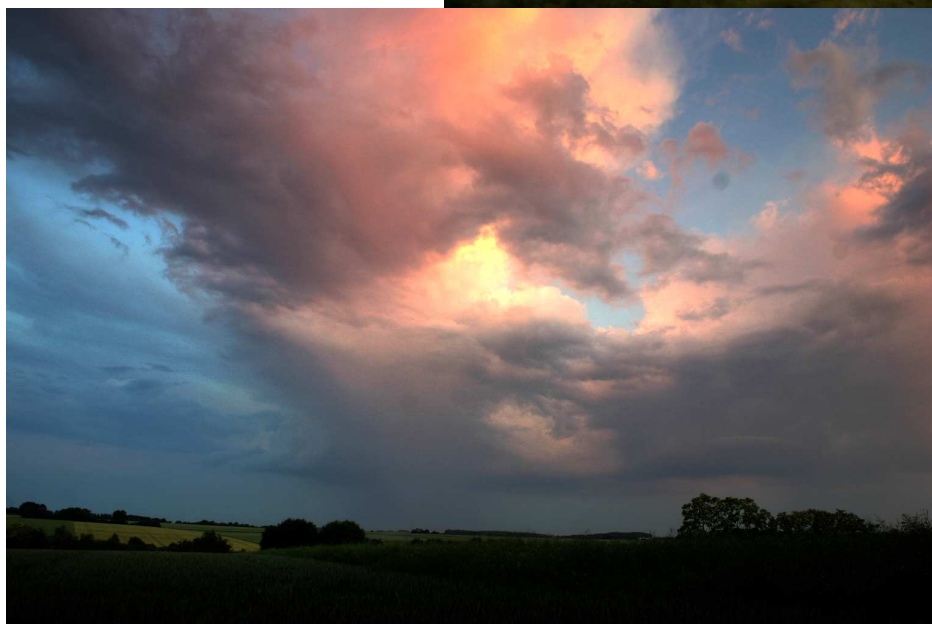
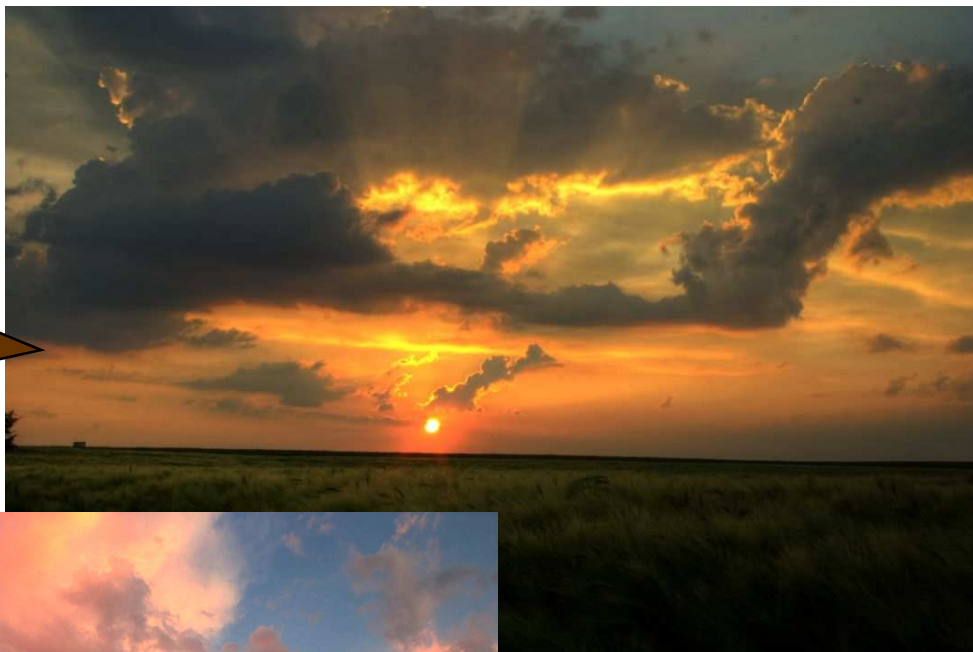


Après le déluge, le beau temps !

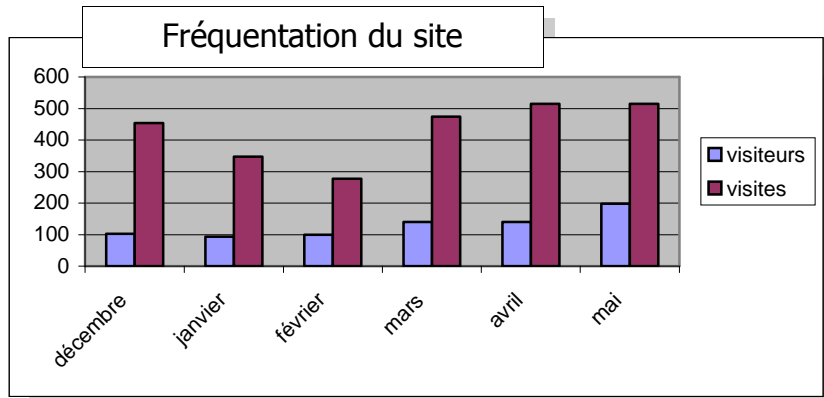
Coucher de Soleil

CANON EOS 300D
Technique HDR
Bonville (28)
1^{er} juin 2009

Lionel



**Albireo78
saison 2008-2009**



Sortie du n°47 : octobre 2009

La fête du Solstice

Observation du Soleil dimanche 21 juin de 12h 30 à 18h à l'observatoire de Meudon, avec la participation d'Albireo78. Expositions, conférences, rencontres avec les chercheurs, ateliers pour les enfants. Entrée libre.

Participants : Gilles, Sébastien, Lionel

**Dossier du n°47
La Z-machine**

