

L'ALBIREOSCOPE

www.albireo78.com



Le champ magnétique de la Terre
va t-il disparaître ?

SOMMAIRE

I DOSSIER

le champ magnétique de la Terre va-t-il disparaître ?

16 C'est arrivé ce jour-là...

les anniversaires de février

20 AL78 Un astéroïde
peut en cacher un autre...

22 les filtres

28 Célestia I

32 Mots croisés

33 Galerie photos

Il y a une zone de notre planète où personne ne s'est approché, hormis quelques personnages imaginés par Jules Verne dans un célèbre roman. Personne ne l'a vu, et pourtant ce qui s'y passe nous concerne tous, chaque jour de la vie. C'est une zone située à 2900 km sous nos pieds :

Le noyau en fusion de la Terre

Là, un océan de fer liquide génère un champ invisible :

le champ magnétique terrestre.

Le champ magnétique protège la planète entière des dangers de l'espace. Cependant les



scientifiques ont fait une alarmante découverte : un orage couve au plus profond de la Terre et il pourrait détruire notre précieux bouclier magnétique. Le champ magnétique terrestre nous protège depuis des millénaires mais il



semble en passe de disparaître ; en effet, il s'affaiblit rapidement et il n'est pas du tout garanti qu'il soit encore là dans

mille ans. Ce bouclier invisible va-t-il disparaître ? On ne se demande pas si cela arrivera, mais QUAND cela arrivera !

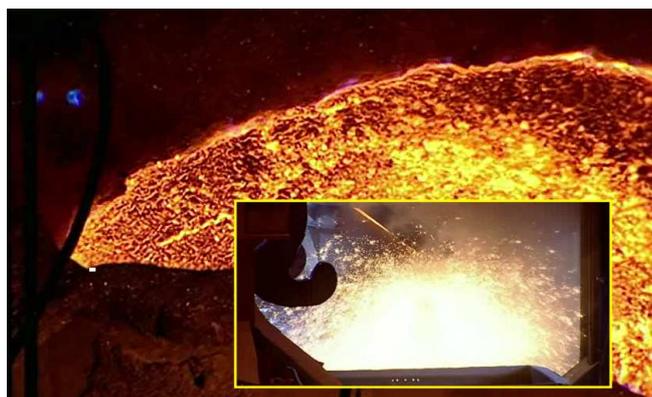
La Terre peut-elle vraiment perdre son champ magnétique ? Et qu'arrivera-t-il alors ?

Une chaleur étouffante, une pression écrasante et des milliards de milliards de tonnes de fer en fusion : ce sont les conditions du centre de la Terre. Pour Peter Olson, être devant un haut fourneau d'une aciérie est ce qui se rapproche le plus des conditions qui règnent sous terre, dans le noyau terrestre. Le noyau de la Terre restera a priori



Dr Peter Olson - Université John Hopkins de Baltimore - USA

toujours inaccessible mais le géophysicien Peter Olson sait que son influence s'étend à toute la planète. A mi-chemin environ du centre de la Terre on atteint la partie externe du noyau, qui est une immense boule de fer liquide en fusion et c'est là qu'est généré



le champ magnétique de la Terre. Mais un problème vient récemment d'être détecté au centre de la Terre par les scientifiques : la capacité du noyau à générer du champ magnétique diminue. Il se passe une chose très étrange au niveau du champ magnétique terrestre : l'intensité décroît très rapidement ; tellement rapidement qu'à ce rythme il ne durera plus que 1000 ans et cette découverte a déclenché une recherche intense dans le monde entier. En fait, il est étonnant qu'on sache aussi peu de choses sur le champ magnétique terrestre et la manière dont il est généré. A mesure que les scientifiques explorent la complexité du magnétisme, ils réalisent que ce qui se passe au centre de la Terre pourrait modifier notre monde. Le magnétisme est la force oubliée de la Terre. Nous subissons la force de gravité exercée par notre planète mais nous ne nous rendons pas compte du champ magnétique qu'elle génère également. Mais il est important, nous dit le géophysicien Andrew Coates : c'est la plus grande chose que nous ayons sur Terre. Le magnétisme, comme l'électricité, circule ; il est généré par le noyau terrestre, s'échappe près du Pôle Sud, tourne autour de la planète, et revient au noyau

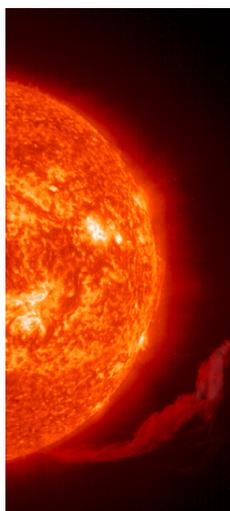


Andrew Coates
UCL & Mullard Space Science
Laboratory, University College
London

par le Pôle Nord magnétique. C'est le champ protecteur de la Terre et, sans lui, nous serions en danger car il nous protège des « intempéries » spatiales et des radia-

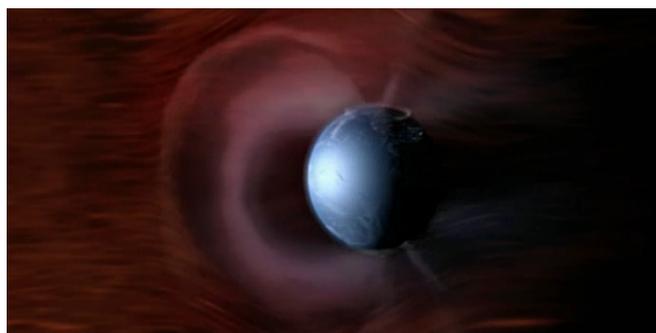


tions. La « météo spatiale » est mauvaise : les vents qui soufflent dans la galaxie sont radioactifs ; les plus dangereux proviennent d'étoiles qui explosent, de jets de trous noirs mais peuvent aussi provenir de bien plus près : du Soleil. En effet, le Soleil est une fournaise thermonucléaire qui éjecte d'énormes quantités de matière dangereuse lors des éruptions solaires. Il arrive alors, dans certains cas, qu'une masse de matière équivalente à celle de l'Everest se dirige vers nous. Le Soleil éjecte périodiquement des milliards de tonnes de particules chargées : c'est le vent solaire. Et la Terre se trouve souvent sur sa trajectoire. Mais le magnétisme dévie les particules chargées et le vent solaire ne parvient pas à franchir le bouclier magnétique de la Terre et la contourne sans la menacer. Les seules incidences pour nous



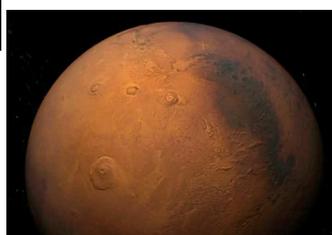
Eruption solaire du 23 avril 2001

raconte le Dr Mario Acuna. Même après cette mission américaine, russe ou autre, on ne savait toujours pas si Mars avait ou non un champ magnétique intrinsèque. Cette question restée longtemps en suspend, Mario Acuna et son équipe de la Nasa espéraient finalement y répondre. Cependant, ce qu'ils ont découvert est encore plus important : c'est la relation entre le magnétisme et la vie. La nature nous réserve des surprises qui dépassent l'imagination. Les données transmises par Mars Global Surveyor indiquent que Mars n'est pas entouré par un champ magnétique mais la sonde décèle aussi que cela n'a pas toujours été le cas. D'immenses champs magnétiques ont été trouvés dans la croûte et Mars s'est révélé être une planète inattendue et inconnue. Le noyau de Mars ne génère aucun magnétisme alors que de larges zones



sont en général les belles lueurs observées près des pôles : les aurores polaires, provoquées par les particules qui sont piégées par le champ magnétique, et attirées par les pôles, une fois dans l'atmosphère. Nous avons cette chance d'avoir un champ magnétique qui dévie les particules et nous protège et sans lui, ces radiations létales nous atteindraient.

Dangereux ? A quel point ? Quelles seraient les conséquences sur la Terre si le champ magnétique disparaissait ?

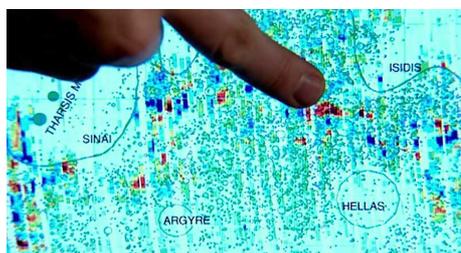


L'inquiétante réponse est connue depuis peu. En 1996, la NASA lance une sonde sur Mars ; c'est une planète qui a été difficile à atteindre avec un vaisseau nous

raconte le Dr Mario Acuna. Même après cette mission américaine, russe ou autre, on ne savait toujours pas si Mars avait ou non un champ magnétique intrinsèque. Cette question restée longtemps en suspend, Mario Acuna et son équipe de la Nasa espéraient finalement y répondre. Cependant, ce qu'ils ont découvert est encore plus important : c'est la relation entre le magnétisme et la vie. La nature nous réserve des surprises qui dépassent l'imagination. Les données transmises par Mars Global Surveyor indiquent que Mars n'est pas entouré par un champ magnétique mais la sonde décèle aussi que cela n'a pas toujours été le cas. D'immenses champs magnétiques ont été trouvés dans la croûte et Mars s'est révélé être une planète inattendue et inconnue. Le noyau de Mars ne génère aucun magnétisme alors que de larges zones



Dr Mario Acuna
Nasa Goddard Space
Flight Center



en surfaces sont extrêmement aimantées. Sa croûte est surtout composée de laves gelées qui datent de l'époque où Mars était recouverte de volcans actifs, or la roche volcanique ne s'aimante que d'une seule façon : si la lave refroidit à l'intérieur d'un champ magnétique. La magnétite qu'elle contient s'oriente dans la direction du champ magnétique et la roche volcanique sera donc elle aussi aimantée. L'aimantation de la croûte martienne prouve



donc que lors des coulées de lave, Mars avait un champ magnétique. Cela devait être un champ de l'ordre de 20 à 30 fois plus intense que celui de la Terre. L'équipe de Mario sait maintenant que la planète a eu un bouclier magnétique et cette découverte est-elle la réponse



à un des grands mystères du Système Solaire ? Les scientifiques pensent que Mars ressembla un temps à la Terre avec une atmosphère épaisse et des océans propices à une vie primitive mais, il y a environ 4 milliards d'années, la planète a connu un déclin catastrophique. Petit à petit, atmosphère et océans ont disparu. Deux questions :

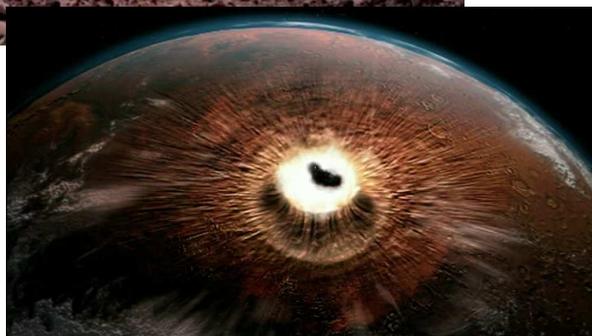
- Où est allé l'eau ?
- et par quel processus ?

Deux événements importants survenus au début de l'histoire de Mars peuvent lui appor-

ter des réponses. On a découvert deux grands bassins d'impact dans l'hémisphère sud de Mars qui n'ont aucun champ magnétique : Hellas et Argyre. Dans ces bassins d'impact de deux énormes météorites, les roches ne sont pas, bizarrement, aimantées. Cela est surprenant car ces impacts ont dû faire fondre la croûte et lors du refroidissement, ces roches auraient dû s'aimanter par le fort champ magnétique de Mars. Il n'y a cependant aucune aimantation dans Hellas et Argyre. Ces bassins se sont donc formés après que Mars ait perdu son champ magnétique. On estime que les impacts ont eu lieu il y a plus de 4 milliards d'années. C'est l'époque où Mars a commencé à perdre son eau et son atmosphère et Mario pense que c'est directement lié à la perte du champ magnétique. En effet,

si le champ magnétique est détruit, le vent solaire arrive directement dans l'atmosphère de Mars et le processus est l'équivalent de l'érosion dans le désert où le vent souffle et emporte le sable. Sur Mars, le vent solaire emporte les particules atmosphériques, lentement, mais sûrement ; et les gaz atmosphériques, qui sont composés de beaucoup d'eau, sont balayés de la surface de Mars. La perte de son bouclier magnétique a signifié la mort pour la Planète Rouge. Exposée à la radiation solaire,

son atmosphère est emportée durant des millions d'années laissant derrière le monde stérile actuel. Si on détruisait le champ magnétique de la Terre, il se passerait la même chose car l'atmosphère serait exposée à l'effet érosif du vent solaire, en étant lentement emportée. Le destin de Mars suggère que sans protection de son champ magnétique la Terre deviendrait aussi une planète morte ce qui rend encore plus inquiétant la



baisse rapide de celui-ci. La planète Mars a perdu assez tôt son champ protecteur et avec lui, sa capacité à abriter la vie. Et les scientifiques ont aujourd'hui la preuve que notre propre champ magnétique diminue rapidement. Cette preuve vient de civilisations disparues.



Les hommes font des poteries depuis des milliers d'années ; elles apprennent beaucoup aux

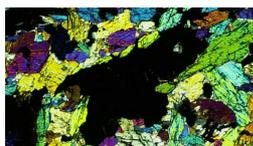
archéologues mais elles ont une autre histoire à raconter. La poterie est une sorte d'enregistreur du champ magnétique ambiant lors de sa fabrication. Une poterie ancienne est une sorte de capsule temporelle magnétique.



Prof. John Shaw
Université de Liverpool

John Shaw a appris à en extraire une mesure précise de l'intensité du champ magnétique à l'époque de création. Comme la roche volcanique, l'argile contient aussi de la magnétite qui la rend très légèrement aimantée. L'intérêt se trouve dans la phase des cristaux. L'argile est soumise à l'intense chaleur du four dont la température détruit toute aimantation, puis en refroidissant, l'argile est ré-aimantée par le champ magnétique ambiant. Chaque poterie

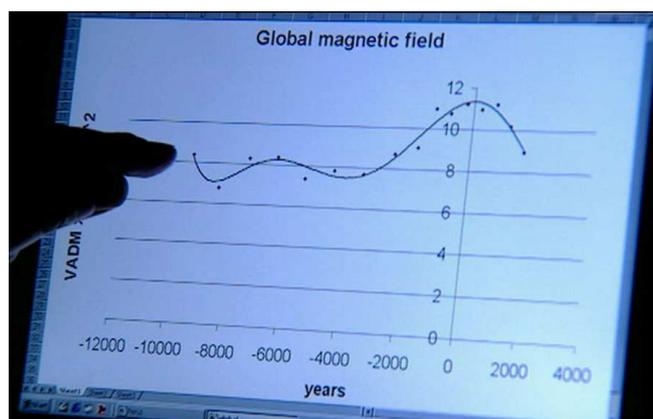
contient l'enregistrement du champ magnétique terrestre au moment et à l'endroit où elle a été cuite. Comme cette poterie qui vient du Pérou, qui a refroidi dans le champ magnétique terrestre ambiant et a été aimantée ; avec un champ intense, la poterie sera fortement ai-



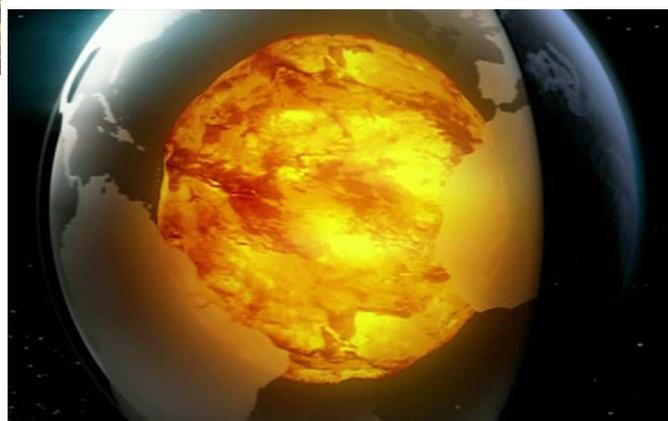
mentée et inversement si le champ est faible. En étudiant des poteries de la préhistoire à nos jours, John a découvert combien le champ magnétique avait changé au cours des derniers siècles. En faisant la synthèse des résultats on obtient ceci : de légers changements autour de 12000 ans, une légère croissance puis un rapide déclin jusqu'à nos jours. La variation est beaucoup plus

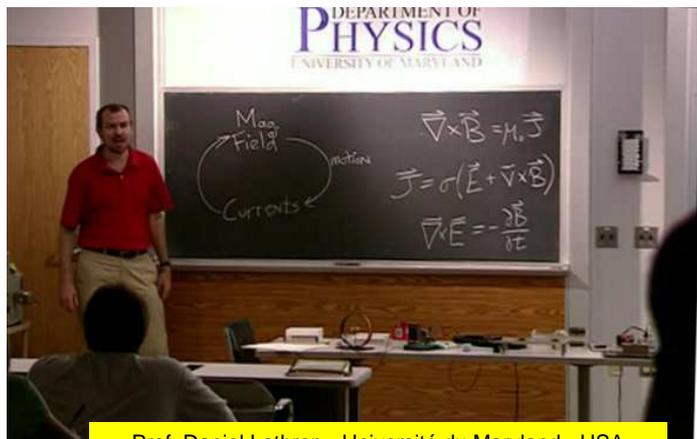


importante depuis 300 ans qu'au cours des derniers 5000 ans. La champ intense devient faible et cela très rapidement. En 300 ans, le champ a perdu 10 %. Si l'accélération continue, le champ aura disparu d'ici quelques siècles. La Terre aura t-elle le même sort que Mars ? La réponse ne peut se trouver qu'à un seul endroit : l'inaccessible zone où ce champ est généré, le noyau de la Terre.



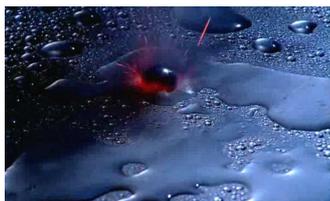
Mais, ne pouvant y accéder, le professeur Daniel Lathrop et ses étudiants jouent avec le feu en essayant de reproduire le noyau terrestre dans leur laboratoire. Il veulent trouver ce qui maintient le champ magnétique et ce qui pourrait entraîner sa disparition. Ils reproduisent le liquide du noyau



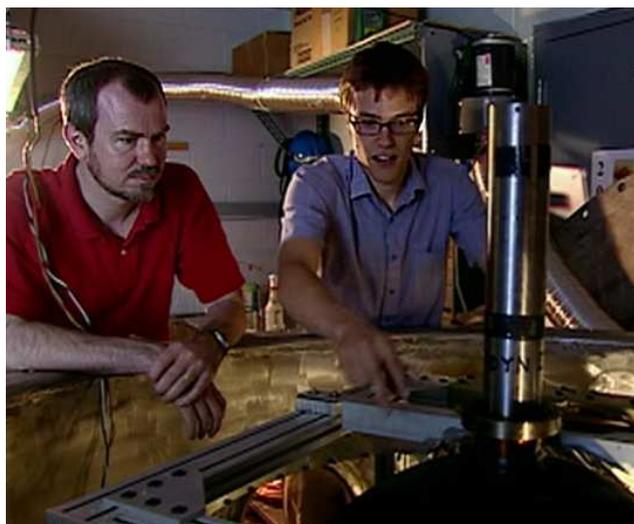


Prof. Daniel Lathrop - Université du Maryland - USA

avec du sodium, plus facile à faire fondre que le fer mais qui est une opération dangereuse ; à la température ambiante, le sodium est un métal très mou qui, chauffé à 90°C, devient liquide et utilisable pour les expériences. Cependant, à ce stade, le laboratoire devient dangereux car le sodium peut réagir de manière explosive avec l'eau et projette des jets brûlants.



Daniel Lathrop et Woodrow Shew montrent ici une sphère qui contient 110 kg de so-



dium :L'expérience consiste à faire tourner la sphère de la même manière que la Terre et mesurer son propre champ magnétique généré. Ils essayent ainsi de créer une dynamo électromagnétique autonome car ils pensent que la Terre en est une. Les scientifiques ex-

pliquent comment le noyau génère le champ magnétique en se basant sur la relation magnétisme/électricité et sur le fait que des courants électriques produisent des champs magnétiques. Au départ, pas de courant électrique dans la bobine, et la limaille de fer saupoudrée sur la table va se répartir uniformément ; dès l'application



du courant, la limaille de fer s'aligne avec le champ magnétique produit par le courant



dans la bobine et c'est ce qui se passe a priori dans le noyau terrestre. Mais qu'est-ce qui donne naissance aux courants électriques ? C'est là que cela devient complexe. Selon les scientifique, de même que les courants électriques produisent le champ magnétique, le champ magnétique produit les courants électriques. Le secret réside dans le mouvement constant du métal du noyau. Avec un conducteur en mouvement et un champ magnétique, les courants s'établissent à l'intérieur du conducteur. Dans la Terre, le conducteur en mouvement, ce sont les milliards de tonnes de fer en fusion mais le résultat peut être expliqué simplement. En faisant bouger cette boucle conductrice dans le champ magnéti-

que terrestre, on génère du courant. Ces mêmes courants donnent à leur tour naissance à des champs magnétiques et c'est une étrange boucle qui se met en place dans le noyau terrestre : un peu de champ magnétique, couplé au mouvement du liquide donne naissance à des courants circulants dans le noyau ; ces courants produi-



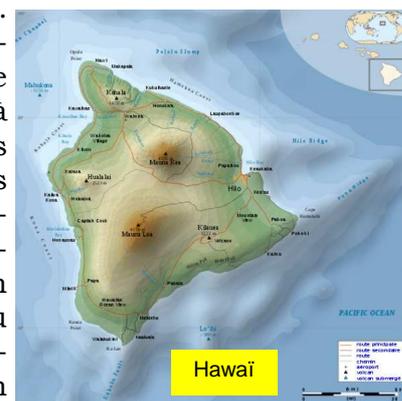
Laboratoire du Prof. Lathrop

sent plus de champ magnétique, ce qui produit plus de courant etc.. C'est cette boucle qui est à l'origine du champ magnétique. Si ça marche dans la Terre, ça doit aussi marcher au laboratoire ! En théorie, il faut juste un peu de champ magnétique pour démarrer tout le processus. On ne sait pas bien ce qui a démarré le champ magnétique terrestre mais Daniel utilise un gros électro-aimant. On applique un large champ magnétique au sodium qui est dans la sphère dont la force peut-être devinée quand on active l'électro-aimant : la chaîne est attirée



vers l'intérieur, de quoi démagnétiser pas mal de cartes de crédits... Si la théorie de la

dynamo électromagnétique est exacte, le champ généré par le noyau miniature sera plus fort que le champ de départ, le champ magnétique s'intensifiant grâce au mouvement du sodium liquide. Daniel n'y est pas encore arrivé mais a découvert ce qui peut entraîner le déclin du champ magnétique d'une planète. Les expériences ont montré que le liquide en mouvement était essentiel à la naissance du champ magnétique, alors si le noyau refroidissait au point de solidifier le fer liquide, la dynamo s'arrêterait, faute de mouvement. C'est peut-être pourquoi Mars a perdu si tôt son champ magnétique. Comme Mars est plus petite, elle a refroidi plus rapidement que ne le ferait la Terre ; elle est devenue trop froide pour activer sa dynamo et le liquide du noyau a dû geler à un moment donné. Ce qui est arrivé à Mars, arrivera un jour à la Terre. Le noyau terrestre refroidit toutefois très lentement, d'environ 25 °C par milliard d'années, donc un jour, il gèlera et la dynamo s'arrêtera. Heureusement pour nous, le noyau terrestre est encore loin de geler. Le champ magnétique de la Terre est là depuis au moins deux milliards d'années et il puise son énergie dans la chaleur du noyau hérité de sa formation initiale et des phénomènes radioactifs internes ; la Terre pourra donc garder son champ magnétique pendant des milliards d'années. Avec suffisamment de chaleur en réserve pour faire marcher la dynamo pendant encore des milliards d'années, ce n'est donc pas un manque d'énergie qui provoque la diminution de notre bouclier magnétique ; un autre processus doit être en marche, très loin sous nos pieds. La clé de ce processus se trouve peut-être sur une chaîne d'îles volcaniques au milieu du Pacifique. Ici, l'enregistrement magnétique ne remonte pas à des milliers mais à des millions d'années et il indique que nous n'allons pas vers un déclin graduel du champ magnétique mais vers un



bouleversement spectaculaire. A Hawaï, où la



La lave du Kilauea plonge dans l'océan

chaleur qui entraîne la dynamo remonte à la surface, ce qu'on y a trouvé pourrait expliquer pourquoi le champ magnétique décline aussi vite. Depuis plusieurs années, le volcan Kilauea est en éruption permanente. Des scientifiques du centre de recherche géologique



Mike Fuller - Université d'Hawaï

américain échantillonnent la lave pour surveiller le volcan, une lave qui se solidifie assez rapidement. Mais le géophysicien Mike Fuller s'en intéresse pour autre chose : ce qu'elle révèle sur le champ magnétique. Tout commence quand la lave arrive dans l'eau. On peut voir les coulées volcaniques qui arrivent jusqu'à la côte sous forme de tubes



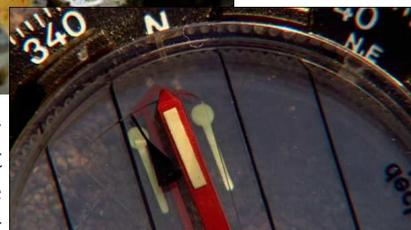
de lave et forment la nouvelle partie de la chaîne hawaïenne. La lave est refroidie très rapidement dès son arrivée dans l'eau et une chose merveilleuse se produit : la lave enregistre le champ magnétique de la Terre. Une fois solidifiées et refroidies, ces roches volcaniques gardent la trace du champ magnétique actuel mais les volcans d'Hawaï sont en activité depuis des millions d'années et ont formé ces îles. Chaque coulée de lave garde la trace du champ magnétique au moment de

l'éruption et l'archipel hawaïen constitue donc une chronique du magnétisme terrestre remontant jusque 5,5 millions d'années. Elles montrent de nombreuses fluctuations du champ mais ce n'est pas le plus important ; dans la lave refroidie, chaque particule de magnétite est une petite boussole figée qui indique non seulement l'intensité mais aussi la direction du champ magnétique à

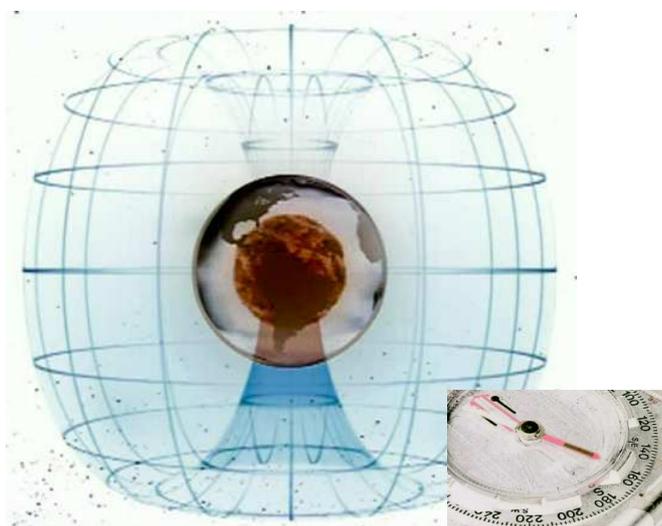


l'époque où la lave s'est refroidie. Actuellement, les

courants magnétiques vont du Sud vers le Nord et c'est



pourquoi les aiguilles des boussoles indiquent le Pôle Nord et les laves récentes sont aimantées en direction du Nord. Mais l'étude de laves plus anciennes par les scientifiques les amènent à découvrir qu'en remontant vers 700.000 ans, celles-ci sont aimantées à l'envers, vers le Sud. Il y a 780.000 ans, les laves hawaïennes ont refroidi dans un champ magnétique orienté au Sud, exactement le contraire d'aujourd'hui, ce qui implique qu'à un moment donné, le champ magnétique de notre planète s'est inversé, modifiant totalement la direction des courants magnétiques.



Un aspect des choses difficile à accepter, et il a fallu 50 ans pour convaincre les gens récalcitrants. Mais le travail effectué sur ces îles a donné raison aux découvreurs, et en creusant plus encore, on observe que la polarité change tous les 200.000 ans. Plus les échantillons de lave sont vieux, plus les inversions sont nombreuses, et si le champ s'est tant de fois inversé dans le passé, il le fera encore. Voilà donc un processus extraordinaire mais assez commun ; la dernière inversion remonte à 780.000 ans, et la précédente 200.000 ans avant, et ainsi de suite, tous les 200.000 ans en remontant. Nous avons donc dépassé le cap théorique de l'inversion...

Sommes-nous dans la phase transitoire d'un changement de polarité ? Se prépare t-il une inversion ?

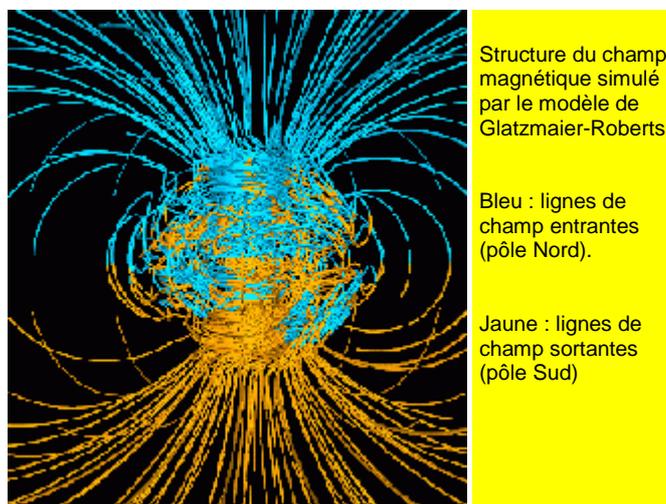
Les scientifiques ont cherché un lien entre le changement d'intensité et le changement de polarité et l'un d'eux a été témoin d'une inversion magnétique... sur son ordinateur. C'était une question intrigante qui devait se voir apporter une réponse. Et les ordinateurs devenaient assez puissants pour résoudre toute une série d'équations décrivant la convection dans le noyau terrestre et la façon dont le mouvement génère un champ magnétique. Dans les années 90, le physicien Gary Glatzmaier entame une expérience très ambitieuse.



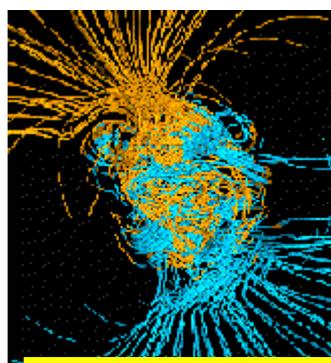
Prof. Gary Glatzmaier - Université de Californie, Santa Cruz, USA

Il rentre toutes les données scientifiques connues sur le noyau en fusion dans un programme informatique puis laisse le programme tourner pour voir comment le champ évolue durant des centaines de milliers d'années.

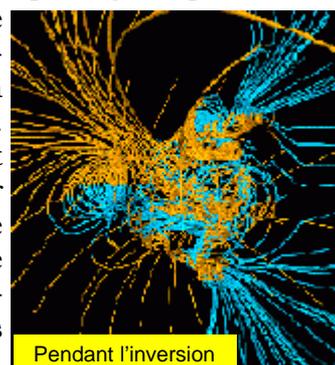
Il est important de comprendre le temps pris par ces simulations. Chaque fois que l'ordinateur résout les équations, le résultat final avance d'un cran, qui équivaut à 10 jours, et

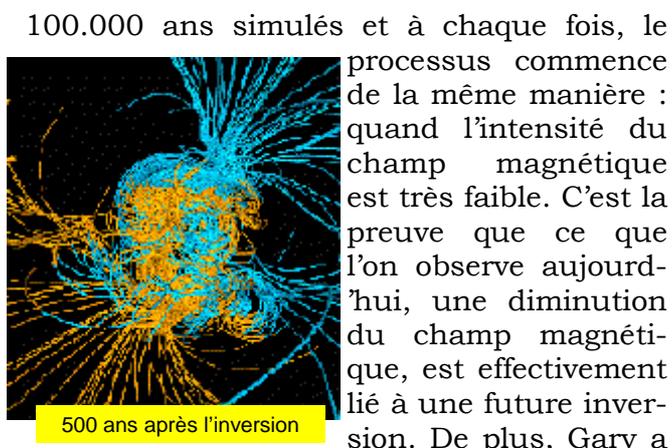


en 10 jours, cela ne change guère. Donc le nombre d'équations à résoudre est faramineux : des millions et des millions de fois, pour traverser les centaines de milliers d'années nécessaires à la simulation. Les supers ordinateurs du Département de l'Energie, de la Nasa, et de la Formation Nationale de la Science sont mis à contribution et pour des durées qui avoisinent



les 6 mois pour chaque cas : un travail qui a duré plus de 4 ans sans interruption. C'est lors d'un retour de cycle de conférences en université que le professeur examine les données : après plusieurs semaines de calcul, la polarité du champ magnétique avait changé. L'examen de l'historique des données montrait un changement spontané. Les chercheurs étaient impatients de publier ces résultats. Alors que les simulations se poursuivent, les inversions arrivent tous les





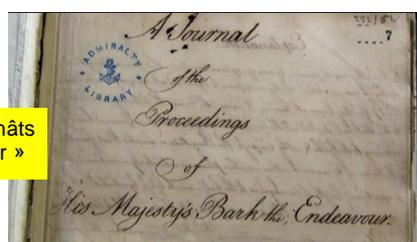
500 ans après l'inversion

100.000 ans simulés et à chaque fois, le processus commence de la même manière : quand l'intensité du champ magnétique est très faible. C'est la preuve que ce que l'on observe aujourd'hui, une diminution du champ magnétique, est effectivement lié à une future inversion. De plus, Gary a pu voir pourquoi les inversions sont annoncées par un champ magnétique décroissant ; les images précédentes sont extraites d'une partie de la simulation d'une inversion de champ magnétique : le bleu représente le champ dirigé vers l'intérieur, le jaune le champ dirigé vers l'extérieur. Sur la simulation, les inversions commencent avec des plages de bleu dans le jaune et vice versa ; ce sont des anomalies magnétiques à savoir des zones du noyau où le champ va déjà dans la mauvaise direction. En grossissant, ces plages inversées prennent le dessus sur le champ principal, le rendant plus faible et plus enclin à se renverser. A mesure que le temps s'écoule, le champ devient de plus en plus compliqué, des anomalies s'échappent dans l'hémisphère nord et puis, c'est l'inversion : le champ magnétique est externe dans l'hémisphère nord et interne dans l'hémisphère sud.

Mais la modélisation de Gary est-elle transposable à la Terre ? La diminution de notre champ depuis 300 ans est-elle due à des anomalies qui courent dans le noyau ?

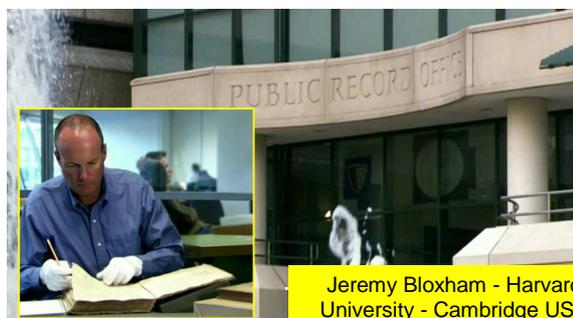
Si c'est le cas, une inversion nous guette !

Or, il existe des écrits très détaillés qui couvrent ces 300 ans :



Journal de bord du trois-mâts barque « The Endeavour »

Ce sont les livres de bord de la Marine Royale, comme l'a découvert le géologue Jeremy Bloxham ; les marins des 18^{ème} et 19^{ème}



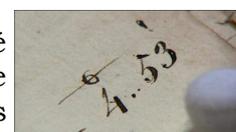
Jeremy Bloxham - Harvard University - Cambridge USA

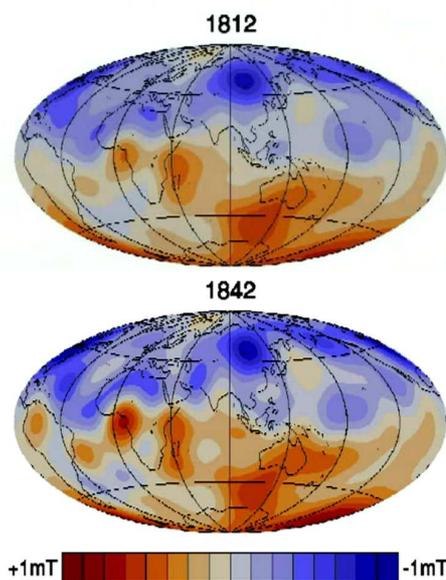
siècles étaient obsédés par le champ magnétique. Au temps de James Cook, quand il faisait ses explorations, la boussole était l'outil de navigation principal. Cependant, l'aiguille de la boussole n'indique pas le nord vrai (le nord géographique), mais le nord magnétique. Pour les marins, connaître la différence entre le nord vrai et le nord magnétique était question de vie ou de mort. Et ils savaient bien que le champ magnétique change constamment, au gré du nord magnétique qui se déplace autour du pôle. Alors, au fil des siècles, les navigateurs ont dû mesurer l'angle entre le nord géographique et le nord magnétique, direction qu'indiquait leur boussole : la déclinaison magnétique. La difficulté était de trouver le nord géographique : ils le faisaient



en regardant le soleil à midi, au plus haut dans le ciel, ou en regardant l'angle du soleil au lever et au coucher.

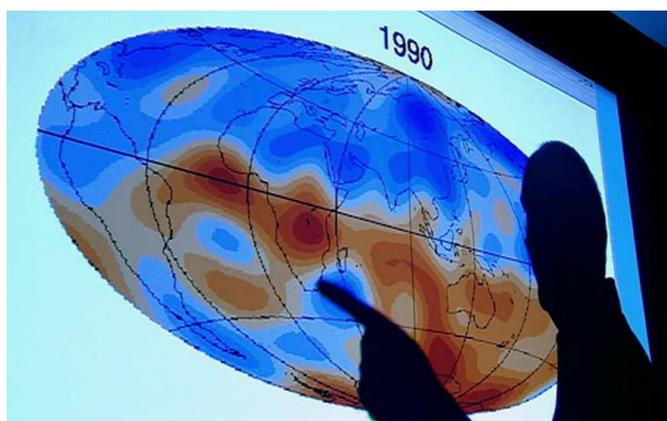
Ici, le 8 juin 1770, est noté une déclinaison magnétique de 4°53' est. Des milliers d'observations méticuleuses comme celle-là ont permis à Jeremy de faire





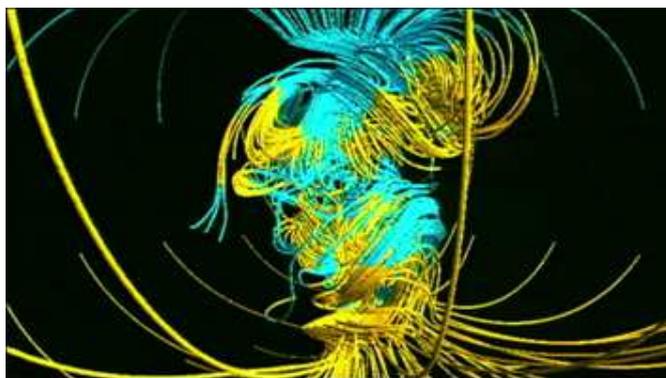
un film en accéléré de la variation du champ magnétique durant les trois derniers siècles. Sur un endroit en particulier, ce film révèle des choses significatives : on observe des changements d'orientation brutaux sous l'O-

céan Atlantique Sud ; ce sont des anomalies magnétiques, et elles grossissent. Au début du 20^{ème} siècle, il y a émergence d'une nouvelle plage de flux inversé, un endroit où les lignes du champ magnétique, au lieu de sortir du noyau, y entrent. Cette plage se déplace vers l'ouest et s'accroche à une autre zone et forme ce qu'on appelle aujourd'hui l'anomalie de l'Atlantique Sud où le champ est 30% plus faible. C'est une zone



qui a grossi énormément ces 100 dernières années. Notre champ magnétique décline parce qu'il s'est déjà partiellement inversé. Si cela continue, nous pourrions vivre un phénomène magnétique qui ne s'est pas produit depuis plus de 780.000 ans... avec des conséquences sans doute dramatiques pour l'homme.

Il y a donc un trou dans le champ magnétique de la Terre et il s'agrandit. Sous l'Atlantique Sud, les lignes de champ magnétique vont dans le mauvais sens et affaiblissent notre bouclier. Les modélisations numéri-



ques indiquent que cela pourrait être le début de l'ultime orage magnétique : une inversion totale du champ. Pour Jeremy, il n'y a aucun doute sur une inversion du champ magnétique terrestre et la question aujourd'hui est :

Quand cela va t-il arriver ? L'heure a t-elle sonné ?

La race humaine, depuis l'Homo sapiens, il y a 35.000 ans, n'a jamais vécu d'inversion magnétique. Si on observe des signes avant-coureurs, que va t-il se passer ensuite ? Le géologue Rob Coe a peut-être la réponse. Il a passé des années à étudier les inversions, en étudiant les montagnes jusqu'à leur sommet, et en découvrant du haut des Steens Moun-



tains (dans l'état de l'Orégon) un spectacle grandiose, un empilement de coulées datant d'intenses périodes volcaniques : il y a 16 millions d'années, une série d'éruptions s'est produite là. Des centaines de coulées sont superposées sur



la paroi, où l'on voit bien les traces qui les délimitent sur plus de 900 mètres de hauteur. La particularité de Steens Mountains est que ces éruptions se sont produites au moment où le champ magnétique s'inversait. Rob et ses collègues espéraient donc que les



Rob Coe - Université de Californie
Santa Cruz - USA

roches allaient leur fournir une image détaillée de la progression d'une inversion magnétique. Pour Rob, le champ magnétique terrestre est une chose mystérieuse et l'idée qu'il puisse s'inverser subitement est vraiment stupéfiant, et il veut en savoir plus. Rob et ses collègues se sont donc mis à échantillonner des douzaines de coulées sur toute la hauteur. Ils ont observé que les couches inférieures étaient aimantées



à l'envers et indiquaient le sud alors que les couches supérieures, vers le sommet, indiquaient le

nord. Les couches intermédiaires témoignaient d'un chaos magnétique. L'inversion a duré plusieurs milliers d'années mais le plus



surprenant est l'activité du champ pendant tout ce temps. Au début de l'inversion, l'intensité du champ a diminué de façon importante, de 80

à 90 % et, durant cette disparition, pendant environ 300 ans le champ était très irrégulier ; sa direction a changé constamment pour finalement opérer un virage à 180° vers le nord puis a recommencé à s'intensifier. Mais il n'a pas gardé cette polarité, et après une diminution, s'est à nouveau inversé. Une fois encore, le bouclier magnétique de la Terre disparaît complètement, cette fois pour 3.000 ans, et le champ magnétique change tellement vite que Rob a trouvé une coulée qui a enregistré ces folles variations lors de son refroidissement. Voilà, Rob nous montre



ici la coulée échantillonnée :

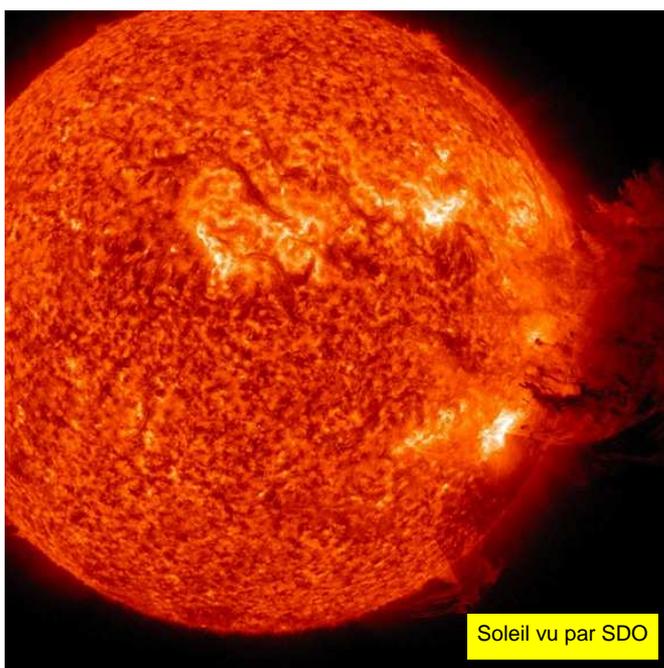
une trouvaille difficile à croire ; en effet, la couche inférieure et supérieure ont la même polarité car elles se sont refroidies rapidement, alors qu'on observe une variation de

60° dans les couches intermédiaires de cette même coulée qui se sont refroidies plus lentement : 6° par jour ! Par conséquent, avec



une boussole, on aurait pu observer cette variation quasiment à l'œil nu : époustouflant. En se basant sur l'examen des laves de

Steens Mountains, la prochaine inversion entraînera des siècles de chaos magnétique, avec un nord magnétique changeant chaque jour de direction ! Durant cette longue période, le champ magnétique sera trop faible pour nous protéger et cela aura des conséquences sur la santé humaine, et la vie sur Terre en général. Pendant cette période, le champ magnétique sera 10, ou 100 fois plus



Soleil vu par SDO

faible qu'aujourd'hui et les radiations cosmiques, solaires et galactiques, pourront nous atteindre en pénétrant directement dans l'atmosphère. On estime que l'exposition aux radiations sera deux fois plus élevée, voire pire en certains endroits.

Aujourd'hui, les radiations spatiales sont canalisées vers les Pôles Nord et Sud où peu de gens vivent mais quand le champ principal disparaît, le faible champ qui reste a une

structure bien plus complexe. Au lieu de 2 pôles magnétiques, il peut y en avoir quatre

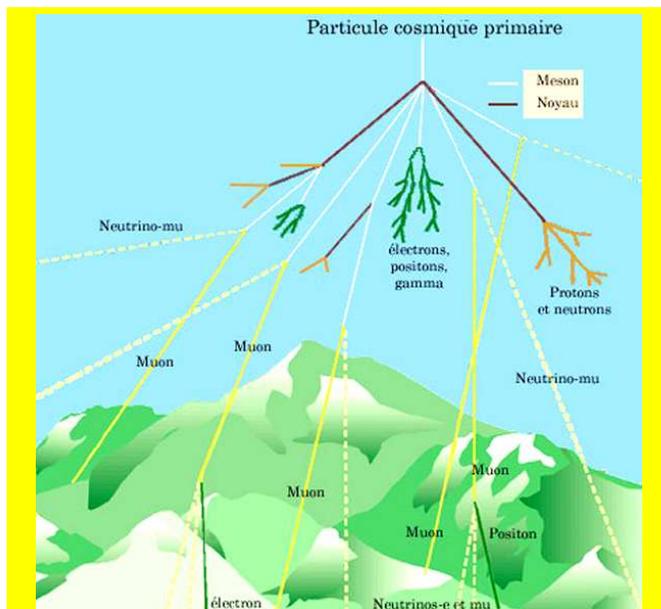


ou plus qui se déplaceront lentement à la surface de la Terre. Cela ne sera pas la structure dipôle connue aujourd'hui, régulière et lisse ; au lieu de cela, il y a aura plusieurs pôles, peut-être du côté de l'Equateur où ils canaliseront les radiations cosmiques vers les basses latitudes où les gens vivent, donc c'est plus de morts liés aux cancers (15 personnes sur un million et par an) et compte-tenu du nombre d'habitants sur la planète, cela devient significatif. Sans en être certain, mais on peut supposer que chaque année 100.000 personnes seraient tuées par les taux élevées des radiations spatiales.

Sur la durée d'une inversion complète, on compterait des centaines de millions de morts, ce qui représenterait toutefois une faible augmentation du taux des cancers... Pas une catastrophe, mais quelque chose dont il faudra se soucier et le temps donnera sans doute le moyen de vivre avec.

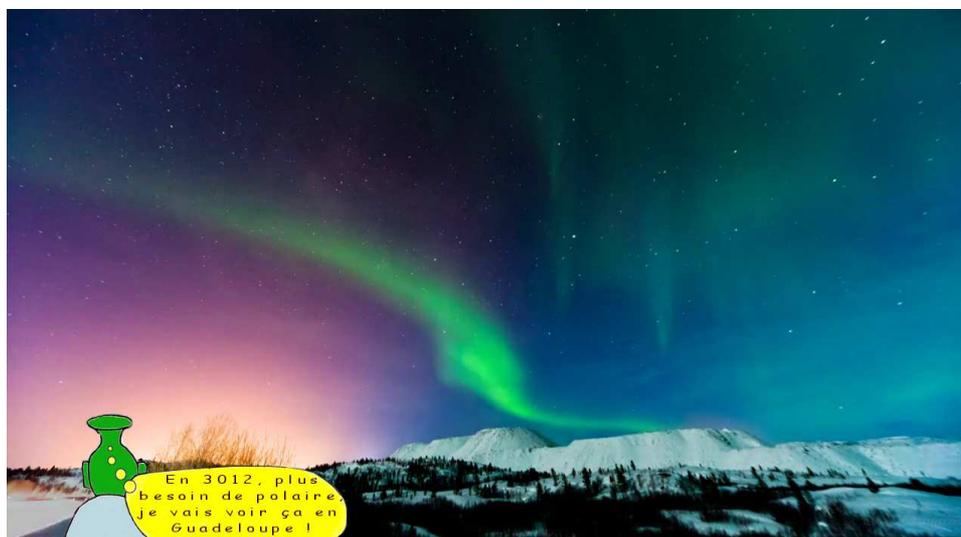
Les scientifiques savent maintenant qu'un jour nous devrons apprendre à vivre sur une planète sur laquelle quelques kilomètres d'at-





La Terre est en permanence bombardée par des particules de très haute énergie en provenance de l'espace galactique et extragalactique. Notre corps est traversé par des centaines de particules chargées par seconde. L'intensité du rayonnement subi croît avec l'altitude. Dans les premiers kilomètres de l'atmosphère, le taux de radiation double tous les 1500 mètres. Ainsi, les Indiens des Andes et les Tibétains de l'Himalaya reçoivent une exposition au rayonnement cosmique quatre fois supérieure à celle de Paris. Le passager d'un vol Londres New York reçoit une dose de 0,032 mSv, l'équivalent d'une radiographie dentaire panoramique. L'exposition moyenne en France est d'environ 0,30 mSv.

Vivre une inversion... captivant, et ça doit être formidable, mais cela veut aussi dire vivre beaucoup plus longtemps que prévu et cet aspect des choses risque fort d'être le point faible de l'histoire. Une grande tragédie de la vie : on ne voit jamais comment les choses fonctionnent.



Cela semble incroyable, mais c'est vrai : le Pôle Nord bouge, et plus vite que dans toute l'histoire humaine ! Mais cela peut aller jusque nuire à la sécurité des transports modernes ainsi qu'à la traditionnelle migration des animaux. Les scientifiques nous disent que le Pôle Nord magnétique a été localisé pendant deux siècles dans les étendues glacées du Canada mais il se déplace aujourd'hui à la vitesse d'environ 75 km par an. Et cette vitesse s'est accrue d'un tiers dans les dix dernières années, ce qui a relancé la spéculation sur l'éventuelle inversion des Pôle Nord et Sud. Mais déjà ce phénomène engendre des problèmes pour l'aviation. Car les pistes sont numérotées selon leur orientation relative par rapport au pôle magnétique (à la dizaine de degrés, exemple : piste 25 pour un QFU de 252°) mais vue la dérive actuelle, plusieurs aéroports ont dû modifier les inscriptions au sol, ce qui représente un gros investissement, en travail ainsi que financier. Au rythme actuel, le Pôle Nord magnétique fait, en moyenne, dévier la boussole d'un degré tous les 5 ans mais ce taux peut varier en plus ou moins selon les régions. Il avait été localisé pour la première fois en 1831 et il est suivi de près depuis. C'est en 1904 qu'il a vraiment commencé à bouger de manière significative vers le nord-est. Il est vrai que le système GPS a relégué la boussole à ceux qui se déplacent par leurs propres moyens mais celle-ci est encore très utilisée par les amateurs et lecteurs de cartes... Toutefois, certains environnements (sous l'eau, sous terre, les industries pétrolières...) ne peuvent être desservis par les signaux des satellites ou ont besoin de références autres. Les oiseaux qui partent en migration vers le Sud, les baleines etc... pourraient « perdre le nord », et les espèces qui vivent longtemps devraient être amenées à « recalibrer leur instinct ». Personne ne peut prédire effectivement l'impact d'une inversion des pôles mais les scientifiques semblent d'accord pour dire que ces mouvements du pôle préfigurent une inversion mais nous ne serons sans doute pas concernés par un phénomène qui dure plusieurs milliers d'années, et 10.000 ans laisse de quoi voir disparaître une, ou plusieurs, civilisations...

mosphère seulement nous protègent de la radiation spatiale.

Mais en attendant que le nord devienne le sud, nos descendants découvriront qu'un monde privé d'intense champ magnétique offre des compensations :

une aurore boréale,

chaque nuit,

partout sur la Terre !



M42

Philippe

Canon 350D
300 mm
27 x 5 min

C'est arrivé ce jour-là...

Février 1969, il y a 43 ans

8 février 1969, 1h 05 du matin : le ciel dans le nord du Mexique s'embrace sur des centaines de kilomètres et la plus grosse météorite de la classe des chondrites carbonées s'écrase près du petit village de Pueblito d'Allende. A plus de 16 km par seconde, la météorite, de la taille d'une voiture, se fragmente avant de toucher le sol. Un des fragments manque de peu le bureau de poste. Les milliers de fragments se répartissent sur une zone de 8 km de large et 50 km de long. C'est la météorite la plus étudiée de l'histoire pour plusieurs raisons : elle est tombée seulement quelques mois avant le début du programme Apollo et le retour d'échantillons lunaires, et sa composition est différente de celle des roches terrestres, lunaires et de la majorité des autres météorites ce qui met en évidence des processus qui ont eu lieu dans d'autres étoiles voisines du soleil avant même sa formation. Pendant près de 25 ans, plus de 2 tonnes sont récoltées. Les morceaux sont de tailles variées, leurs poids varient de 1 g à 110 kg. Les chondres incluses dans la météorites sont considérées comme étant la plus vieille matière connue (4,567 milliards d'années) ; ce matériau est plus vieux que la formation de la Terre de 30 millions

d'années. L'âge de ces chondres est même considérée comme l'âge du système solaire. En 2011, une étude de grains microscopiques montre que la porosité initiale des roches de la météorite était de l'ordre de 70 à 80% avant d'être comprimés par l'onde de choc de la supernova qui a provoqué la contraction du nuage à l'origine du système solaire. La météorite Allende contient également l'isotope ^{26}Al , une forme rare de l'aluminium. Il agit comme une horloge qui date l'explosion de la supernova à 2 millions d'années avant que le système solaire ne se forme.



Image © by AEROLITE METEORITES www.aerolite.org All rights reserved

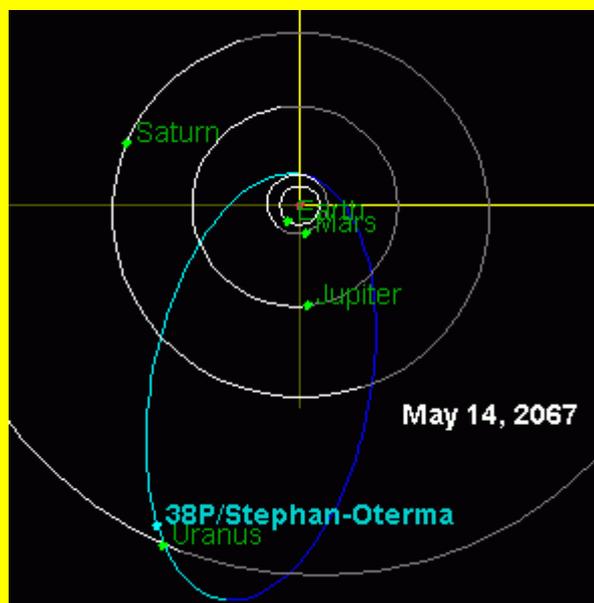
Février 1942, il y a 70 ans



Liisi Oterma (1915 - 2001)

Liisi Oterma est une astronome finlandaise. Elle est née en 1915. C'est la première femme à obtenir le titre de docteur en astronomie en Finlande. En 1935, trois ans avant d'obtenir son diplôme, elle utilise les toutes dernières techniques photographiques à l'observatoire de Turku pour découvrir les astéroïdes. En comparant des champs stellaires pris à des moments différents, les étoiles restent fixes alors que les astéroïdes se sont déplacés. En plus d'avoir découvert plus de 200 astéroïdes dont 10 rien qu'au mois de février 1942, elle découvre 3 comètes dont la plus connue est la

comète Oterma 1942 VII qui apparaît sur une photographie de Mars 1943. Ses calculs montrent que la comète avait une orbite elliptique avec une période de 18 ans jusqu'en 1937 et qu'à partir de cette date les interactions avec Jupiter ont modifié l'orbite jusqu'à la rendre circulaire avec une période de 8 ans. Ses calculs prédisent aussi que des perturbations similaires rendront son orbite à nouveau elliptique en 1962 – 1963, chose qui s'est effectivement produite. En 1955, elle publie une étude, non sur les astéroïdes mais sur les optiques des télescopes : elle y décrit l'optimisation de l'utilisation des grands télescopes. En 1956, elle est élue femme de l'année. En 1962, elle devient professeur d'astronomie à l'université de Turku. Elle a pris sa retraite en 1978.



Comète Oterma

Février 1882, il y a 130 ans



Giovanni Schiaparelli (1835 - 1910)

Les observations de janvier et février 1882 de Giovanni Schiaparelli, astronome à l'observatoire de Milan, montrent que « des centaines de milliers de kilomètres carrés de surface sont devenus sombres tandis qu'ailleurs, des régions sombres se sont éclaircies ». Un exemple des changements observés par Schiaparelli se trouve dans la région du lac du soleil : Solis Lacus. Au-dessous de ce lac, les astronomes ont observé une tache foncée en 1830. Cette tache est baptisée Agathodémon par Schiaparelli. En 1877, à Cambridge, Trouvelot cherche à nouveau à retrouver cette région avec de bien meilleures conditions qu'en 1877 et il ne trouve rien. Par contre, entre 1881 et 1882, alors que la planète Mars est plus éloignée, il observe la fameuse tache, aussi sombre que le lac de Solis Lacus. Il semble donc évident que cette région est le siège de grandes variations. L'hypothèse d'inondations et d'assèchements successifs est largement acceptée

par la communauté des astronomes. C'est la variation de la quantité d'eau qui explique la variation de contraste de la région d'Agathodémon. Reste à expliquer le phénomène à l'origine des variations : avec deux satellites, mais de masse ridiculement faible, on ne peut pas invoquer les effets des marées. Dans ces changements, Mars révèle en fait une étonnante complexité et une richesse où sont mêlés des phénomènes océaniques, atmosphériques et climatologiques. Dans le lac Schiaparelli, on peut voir depuis

longtemps une petite tache blanche appelée, « l'île neigeuse ». Elle est parfois bien visible, sa blancheur est alors due à une couverture neigeuse sur les montagnes, ou à des nuages d'altitude, à d'autres moments, probablement lorsque la neige a fondu, l'île neigeuse est invisible à l'oculaire des instruments. En 1884, Camille Flammarion rejoint les idées de ses contemporains : l'hypothèse des changements observés sur la planète rouge attribués à des inondations et à des retraits des eaux est considéré « comme la plus probable, on pourrait presque dire comme certaine ».

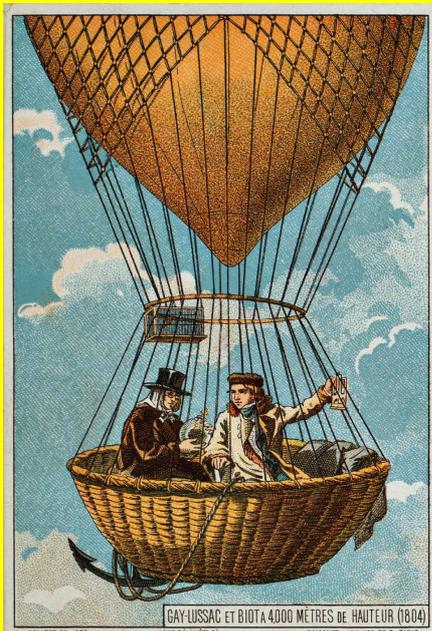
Carte de Mars par Giovanni Schiaparelli



Jean-Baptiste Biot (1774 - 1862)

Février 1862, il y a 150 ans

Jean-Baptiste Biot est un physicien, mathématicien et astronome français. Il est notamment pionnier dans l'utilisation de la lumière polarisée pour l'étude des solutions. En tant qu'astronome, adjoint puis titulaire au bureau des longitudes, Jean-Baptiste Biot est chargé de plusieurs missions scientifiques. En 1803, il se rend à l'Aigle dans l'Orne où une météorite est tombée le 26 avril 1803. Son rapport est consi-



déré comme la première preuve de l'origine extraterrestre des météorites. Avec Gay-Lussac, il effectue, en 1804, une ascension en ballon à une altitude d'environ 4000 mètres pour étudier les caractéristiques magnétiques, chimiques et électriques de l'atmosphère. En 1806, il est chargé avec Arago de continuer la mesure du méridien en France et en Espagne. Il formule avec Félix Savart, la loi qui porte leur nom, loi de Biot-Savart, qui donne la valeur du champ magnétique produit en un point de l'espace par un courant électrique en fonction de la distance à ce conducteur. Un minéralogiste allemand lui a dédié une espèce minérale, la biotite, en hommage à son travail sur les lois optiques permettant de classer les micas. Il est nommé chevalier de la Légion d'honneur par Louis XVIII en 1814 puis par Napoléon en 1815. Il disparaît à Paris, le 3 février 1862.

Février 1842, il y a 170 ans

Agnès Mary Clerke est née le 10 février 1842 à Skibbereen en Irlande. Elle s'intéresse à l'astronomie dès son plus jeune âge et écrit même un livre sur l'histoire de l'astronomie à 15 ans. Elle n'est pas une observatrice, mais plutôt une collectrice de données, qui résume et interprète les données des astronomes. En 1888, elle est invitée à l'observatoire Royal du Cap, en Afrique du Sud, où elle devient suffisamment familière avec la toute nouvelle branche de l'astronomie, la spectroscopie, pour être capable d'en faire des articles. En 1890, elle publie *The systems of the Stars* qui traite de l'univers visible, contenu et structure. En 1903, *Problems in Astrophysics*, relate les données les plus récentes de l'époque sur l'astrophysique et son dernier livre en 1905, *Modern Cosmogonies*, regroupe les théories de l'évolution de l'univers. Elle a été nommée membre honoraire de la Société Astronomique Royale en Angleterre. Un cratère de la Lune porte son nom en son honneur près du site d'alunissage d'Apollo 12.

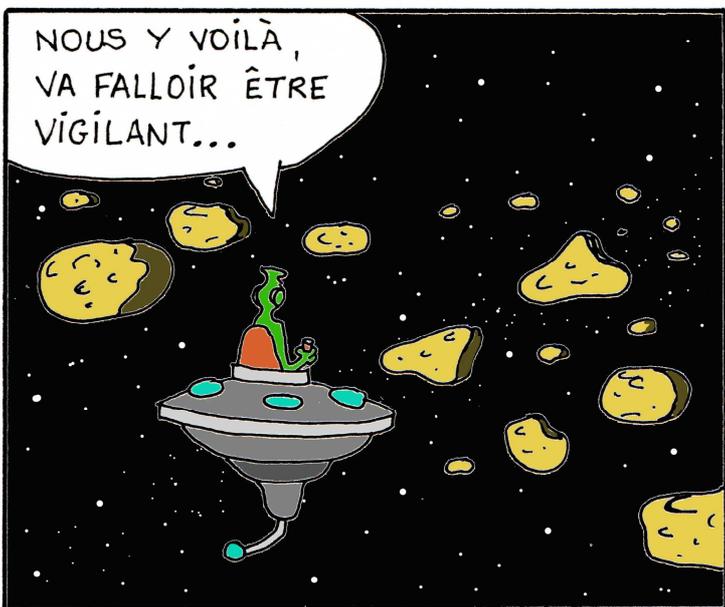
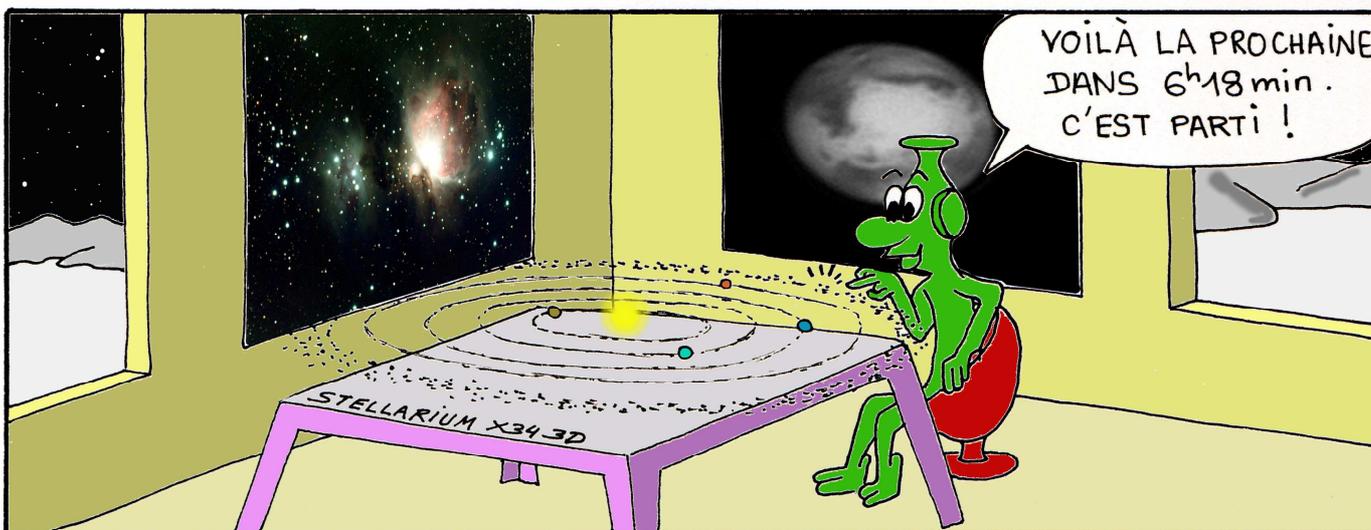
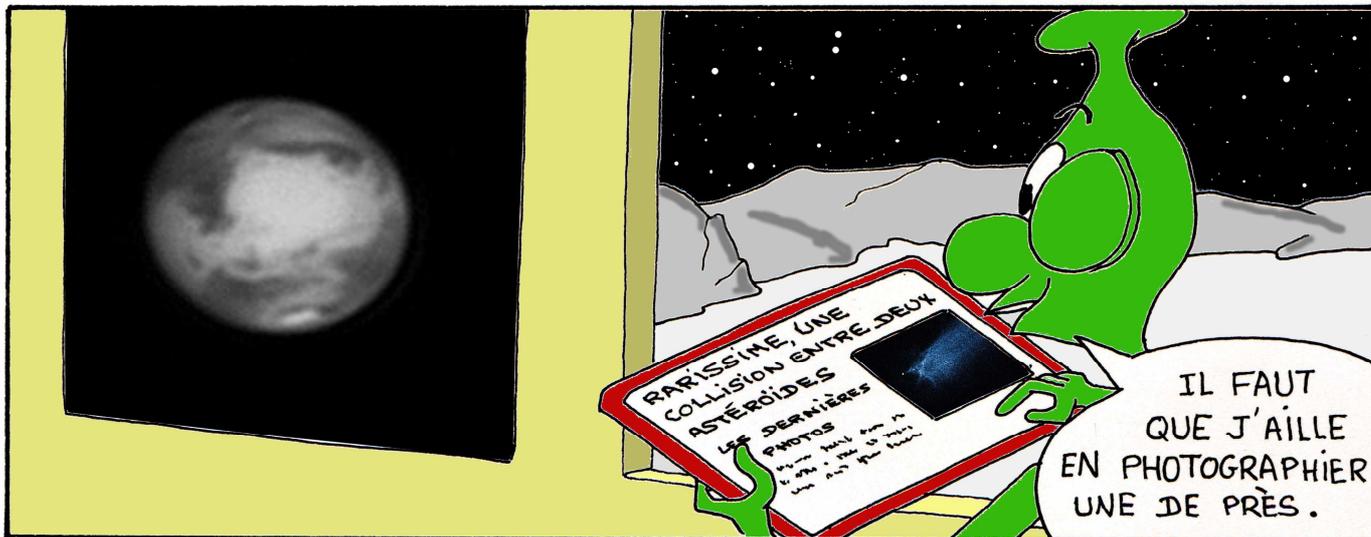


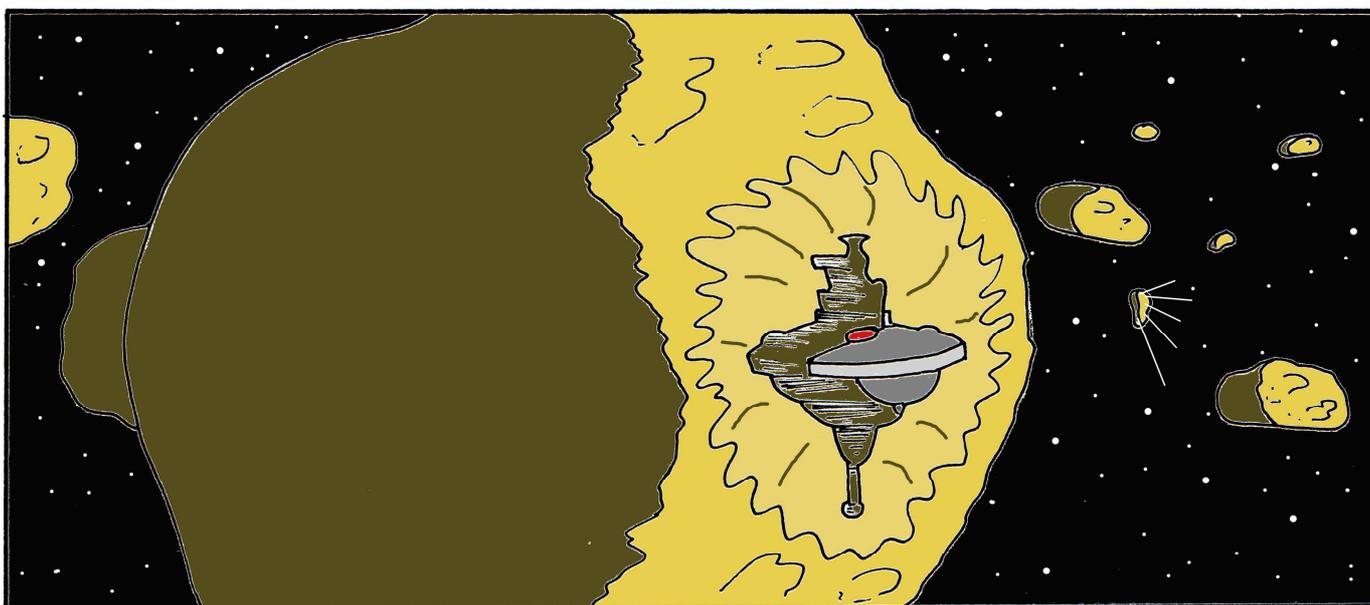
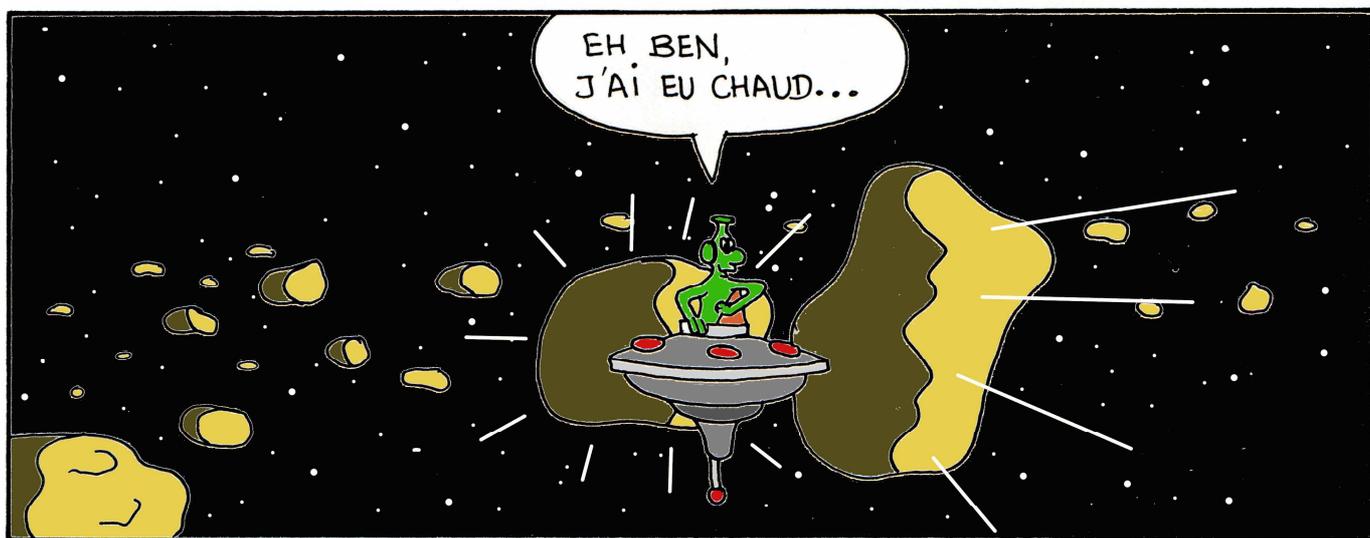
Agnès Marie Clerke (1842 - 1907)



AI 78

Un astéroïde peut en cacher un autre

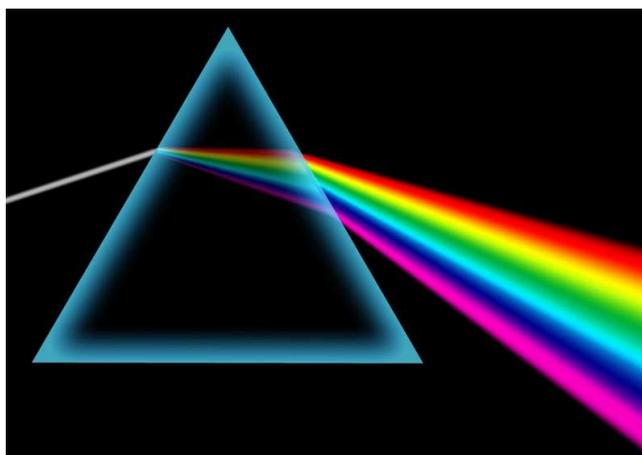




Les filtres



La lumière est composée de petites particules : les photons. Ils se déplacent tous à la même vitesse dans le vide, la célèbre vitesse de la lumière : $c = 300\,000\text{ km/s}$ (c pour célérité), mais ils n'ont pas tous la même énergie. A chaque énergie correspond une longueur d'onde et, pour nous : une couleur. C'est Isaac Newton qui en 1675 a décomposé la lumière avec un prisme. Il a mis en évidence que la lumière blanche est la combi-



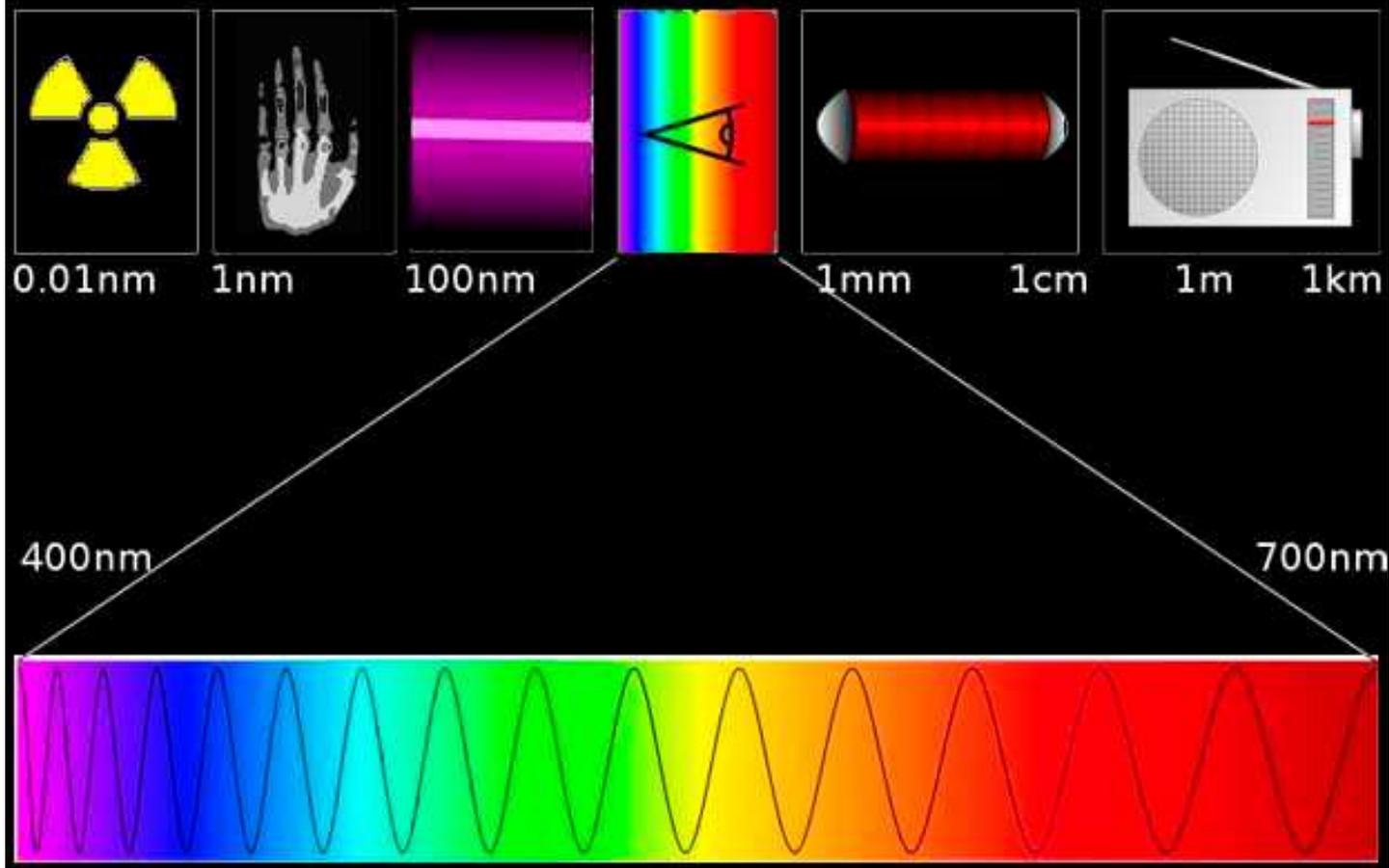
Décomposition de la lumière blanche par un prisme

raison de toutes ces longueurs d'ondes, des plus grandes, le rouge, aux plus petites, le bleu. En 1801, Johann Wilhelm Ritter montre qu'au-delà du bleu, il existe des photons dont la longueur d'onde est encore plus petite, c'est l'ultraviolet. Cette lumière est invisible pour nous mais elle impressionne des pellicules qui lui sont sensibles. L'énergie dans l'UV est plus grande que dans le bleu : les rayons UV pénètrent la peau et la brûle, c'est ce qui provoque les coups de soleil. Au-delà encore, les rayons sont plus pénétrants. C'est le cas des rayons X qui nous servent à faire des radios (à consommer à petites doses). Les rayons les plus énergétiques au bout du spectre sont les rayons gamma. Les filtres permettent de ne sélectionner que certaines parties du spectre.

Les filtres pour la couleur

Ils sont utilisés par exemple pour recréer une image couleur avec une caméra noir & blanc. A l'instar d'un écran de télévision do-

Les ondes électromagnétiques, la lumière visible n'en est qu'une toute petite partie !



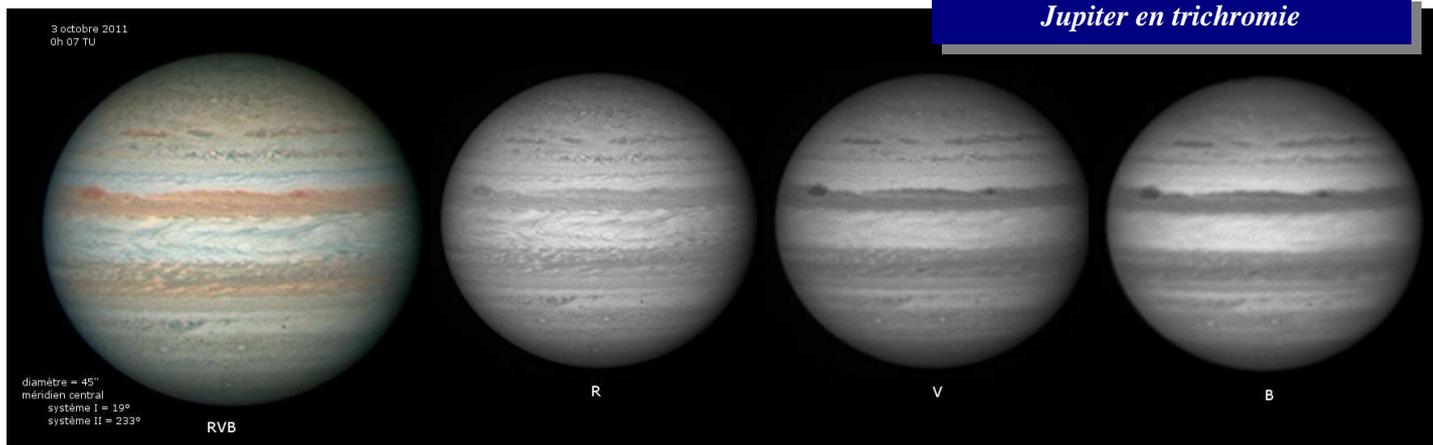
té de pixels pour le rouge, le vert et le bleu, c'est la combinaison de ces trois couleurs qui permet de créer une image couleur, c'est la trichromie. Sur chacune des images prise à travers les différents filtres, apparaissent des détails qui ne se retrouvent pas sur les deux autres. La grande tache rouge de Jupiter, par exemple, sera bien plus lumineuse sur l'image prise avec le filtre rouge (normal, elle est rouge) qu'avec le filtre bleu où elle apparaît

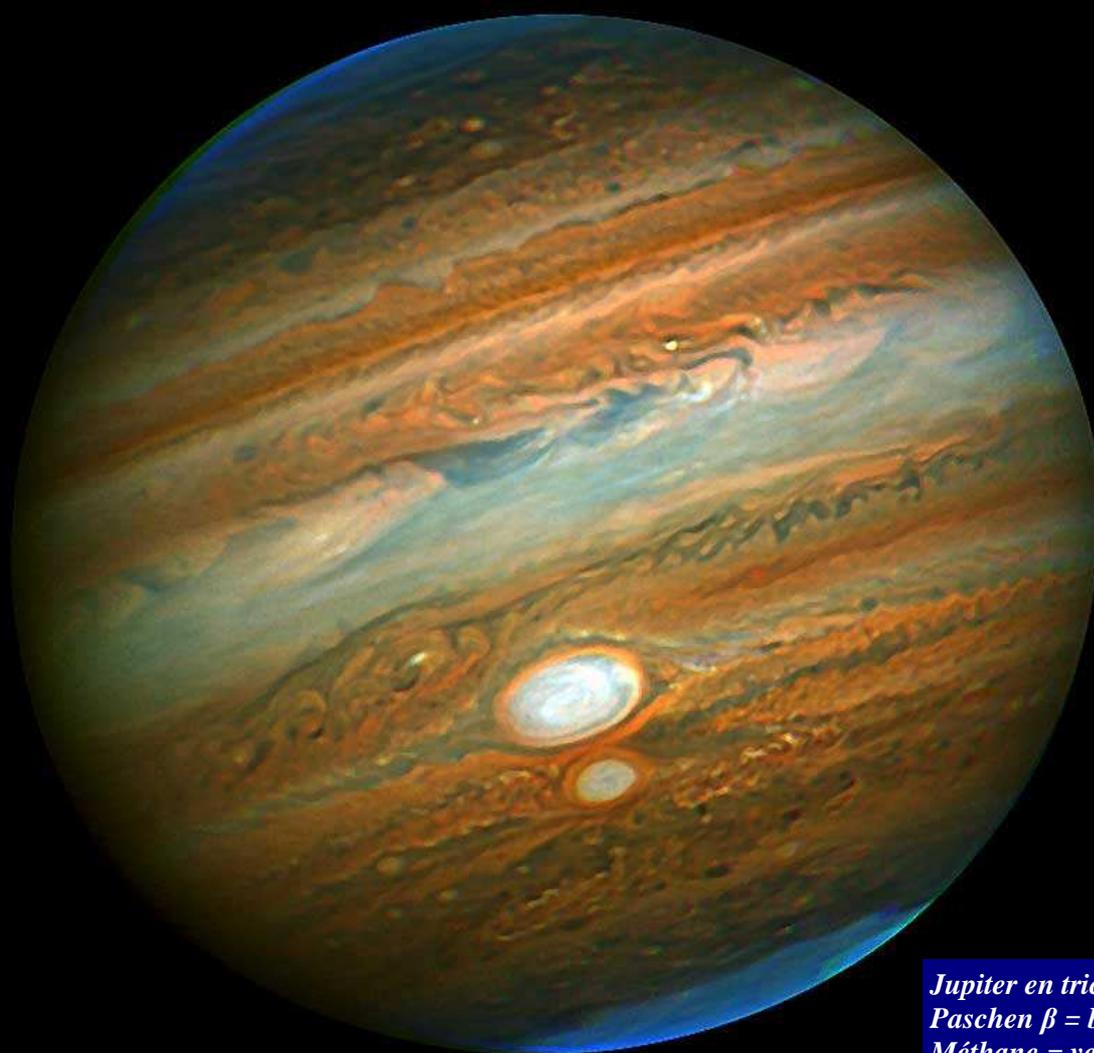
très sombre (la couleur qu'elle nous renvoie ne contient pas de bleu).

Des filtres pour voir des détails

L'atmosphère de la Terre ne réagit pas de la même façon aux différentes longueurs d'ondes. Elle en absorbe certaines, on dit qu'elle est opaque, et elle en laisse passer d'autres, ce sont des fenêtres dans le spectre. Mais pour celles qui ne sont pas absorbées, l'at-

Jupiter en trichromie





*Jupiter en trichromie
Paschen β = bleu
Méthane = vert
Calcium K = rouge
Télescope 8,10m
Gemini North (Hawaï)*

mosphère n'est pas équitable face aux longueurs d'ondes. Elle est par exemple bien moins agitée dans les grandes longueurs d'ondes (rouge et infrarouge) que dans les petites (vert et bleu), c'est pourquoi l'interférométrie (la combinaison de faisceaux lumineux issus de plusieurs instruments) ou l'optique adaptative (la compensation de la turbulence) se sont d'abord faites dans l'infrarouge. Ce qui vaut pour notre atmosphère est également valable pour les autres planètes.

Sur Mars par exemple, les détails sont bien plus nombreux et contrastés dans l'IR que dans le visible ; cela ne vaut bien sûr que pour les planètes n'ayant pas une atmosphère trop épaisse. Inutile donc de tenter de percer les atmosphères de Vénus ou de Jupiter avec un filtre IR !

Malgré tout, sur Jupiter, les détails sont bien plus nombreux en IR qu'en visible, mais ce n'est peut être dû qu'à une moindre agitation de notre propre atmosphère



*Jupiter en infrarouge
T1m du Pic du Midi*

dans cette longueur d'onde.

Pour Vénus, c'est l'utilisation d'un filtre UV qui permet de déceler des structures dans son épaisse atmosphère.

On peut, de la même manière sélectionner un élément avec un filtre approprié, comme le soufre, l'oxygène, ou aussi le méthane qui révèle des détails inédits sur les planètes géantes.

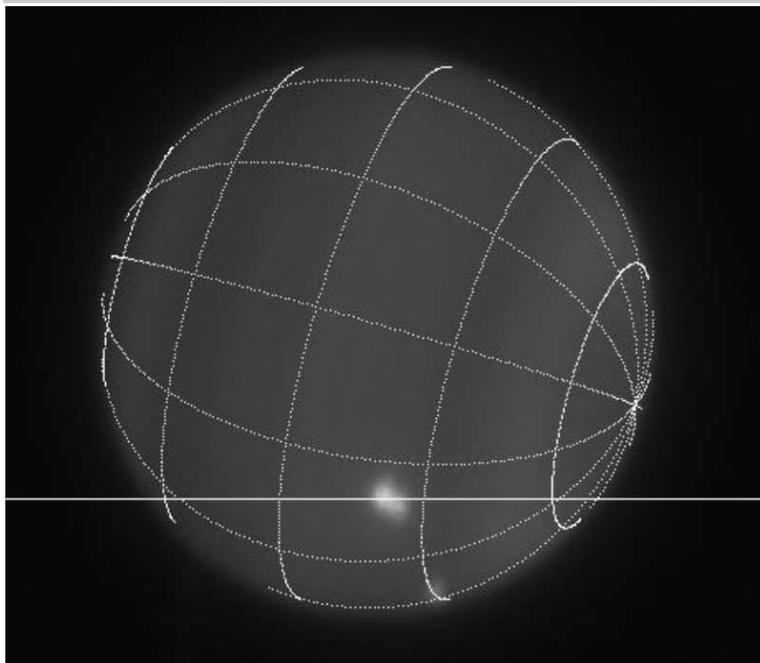
Des filtres pour sélectionner des éléments

On peut également filtrer la lumière pour observer les astres dans des longueurs d'ondes bien précises pour mettre en évidence certains phénomènes. Le plus utilisé est le célèbre filtre

H alpha pour observer le soleil. C'est dans cette longueur d'onde (653 nm), qu'on peut voir l'hydrogène emprunter les arches magnétiques pour former de magnifiques protubérances.

Le filtre qui sélectionne la bande K de la raie du Calcium permet, quant à lui, d'augmenter les détails à la surface du soleil : la photosphère. Il accentue les contrastes entre les zones les plus claires (car plus chaudes) qu'on appelle les facules et les zones les plus froides (donc sombres) que sont les taches. On découvre aussi plus aisément la granulation.

Alors, tous à vos filtres !



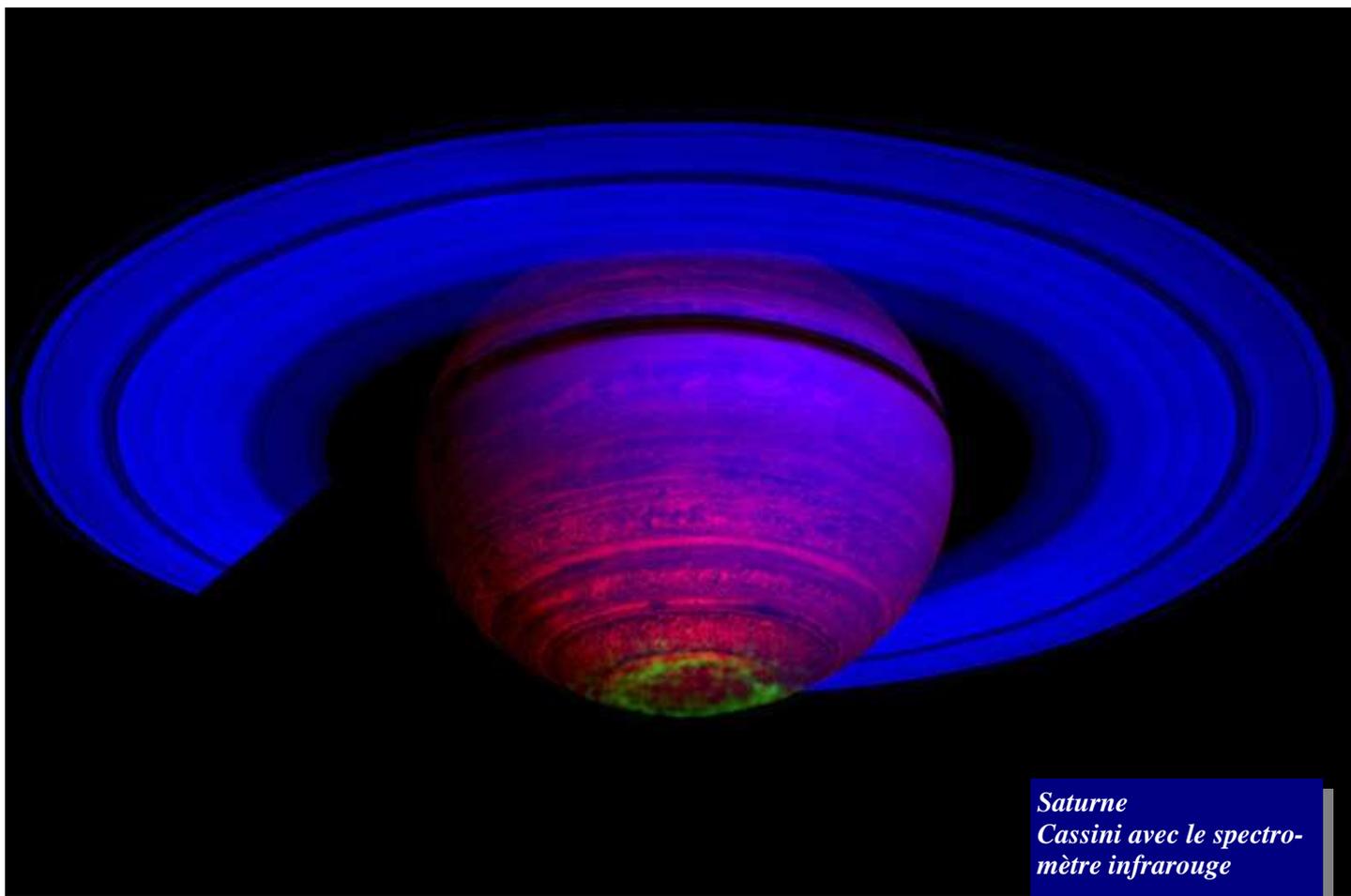
5/8/2007

23:49 UT



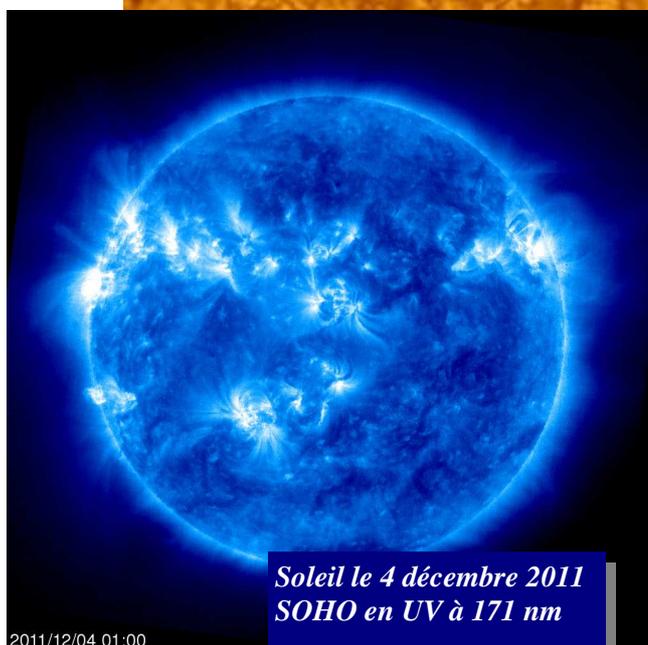
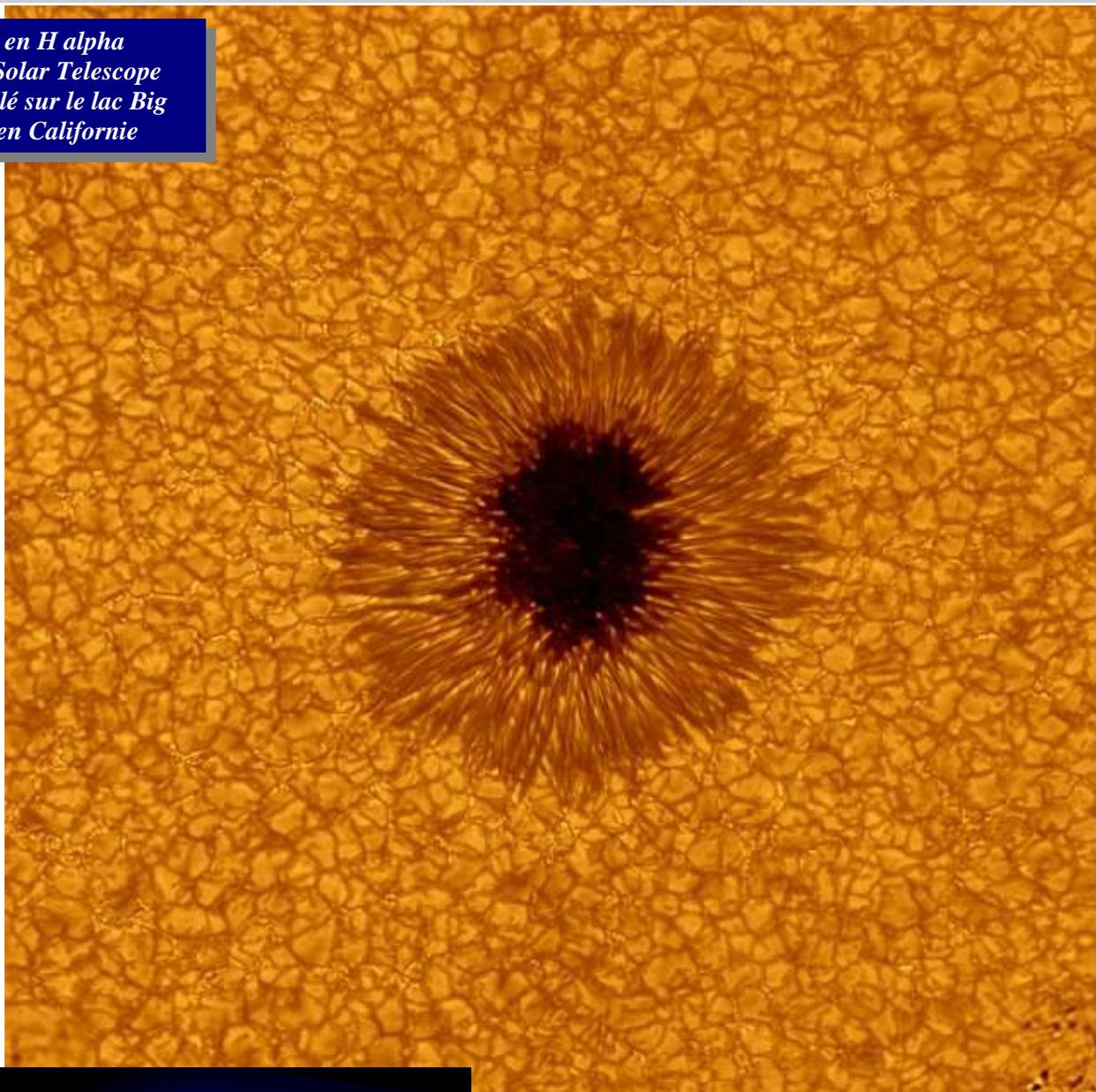
12.5" NEWTONIAN, F/40
BAADER UV, TELE VUE 5X POWERMATE

SEAN WALKER



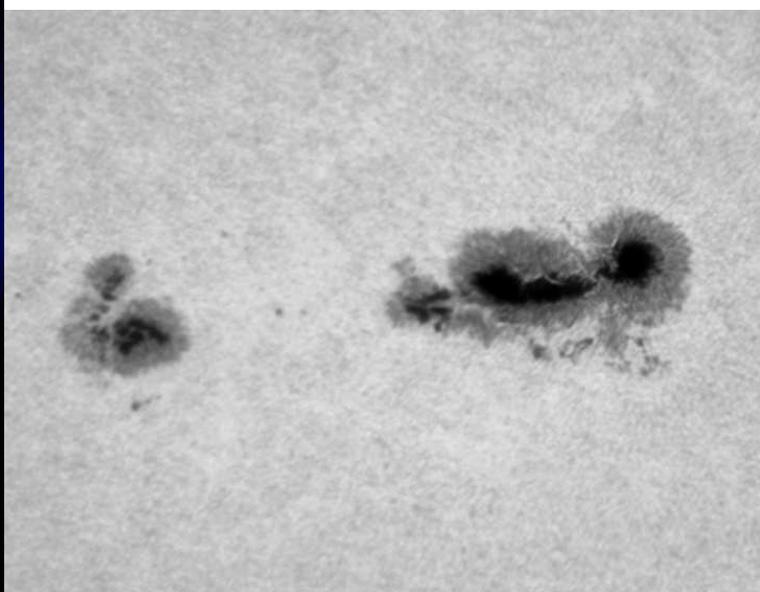
*Saturne
Cassini avec le spectro-
mètre infrarouge*

*Soleil en H alpha
New Solar Telescope
Installé sur le lac Big
Bear en Californie*



*Soleil le 4 décembre 2011
SOHO en UV à 171 nm*

2011/12/04 01:00



Célestia 1

Premier voyage dans le système solaire

Célestia est un logiciel qui permet de voyager dans l'espace et le temps. Il permet de découvrir l'Univers à partir de n'importe quel point de vue dans notre système solaire, ailleurs dans notre galaxie et même au-delà, de quoi se perdre dans l'espace...

A partir du logiciel de base on peut ajouter plus de 10 Go d'options (textures de planètes, vaisseaux spatiaux, les nouveaux systèmes d'exoplanètes, etc). Philippe nous a déjà décrit les fonctionnalités du logiciel dans un précédent article (Albiréoscope n°46, juin 2009), et comme il était précisé dans son article, Philippe insistait bien sur la différence entre Célestia et Stellarium : Célestia n'est pas un planétarium comme l'est Stellarium. Il ne nous sera pas d'un grand secours pour préparer une soirée d'observation, c'est un voyage spatial 3D en temps réel. Il nous sera par exemple utile pour certaines de nos soirées à Bracou, lorsque le ciel ne daigne pas se dégager. Dans le présent article, je vais vous décrire une version particulière de Célestia : la version 160-ED (ED pour éducation). En option de cette version, on peut télé-

charger 12 activités pour découvrir l'univers. Chaque activité consiste en un voyage à bord du Célestia 1, un vaisseau spatial qui peut se déplacer dans l'espace et dans le temps, pour découvrir notre système solaire ou par exemple la formation de la Terre.

Les activités sont essentiellement destinées à l'enseignement de l'astronomie, en classe ou dans le planétarium. Chaque activité nécessite entre 1 et 4h pour être accomplie entièrement. Outre l'écran qui représente la vue de l'espace à travers le cockpit de notre vaisseau spatial, chaque activité contient une fiche documentée des étapes du voyage et des commandes à effectuer pour ne pas s'égarer. On y trouve aussi une feuille de questions pour les élèves comme contrôle des acquisitions tout au long du voyage. Dans l'idéal, il faut donc travailler avec le mode d'écran étendu, pour garder les commentaires et surtout les liens interactifs sur un écran et le voyage proprement dit sur l'autre.

Le premier voyage que je vais vous faire découvrir c'est celui de l'activité 1 pour se rendre compte de l'immensité de l'espace qui



En position pour un voyage vers la Lune

nous entoure.

Notre point de départ se situe quelque part dans l'atmosphère à près de 2 km d'altitude. Curieusement notre vaisseau spatial est immobile au dessus du sol. En suivant les consignes, nous accélérons tout d'abord à 200 m/s (720 km/h), c'est la vitesse des avions de ligne. Le sol et les nuages commencent à se déplacer lentement autour du cockpit. A la vitesse de 800 m/s, nous allons aussi vite que les avions de chasse les plus rapides. En poussant jusqu'à 8 km/s, nous atteignons la vitesse de la navette spatiale en orbite. Le sol se déplace visiblement plus rapi-

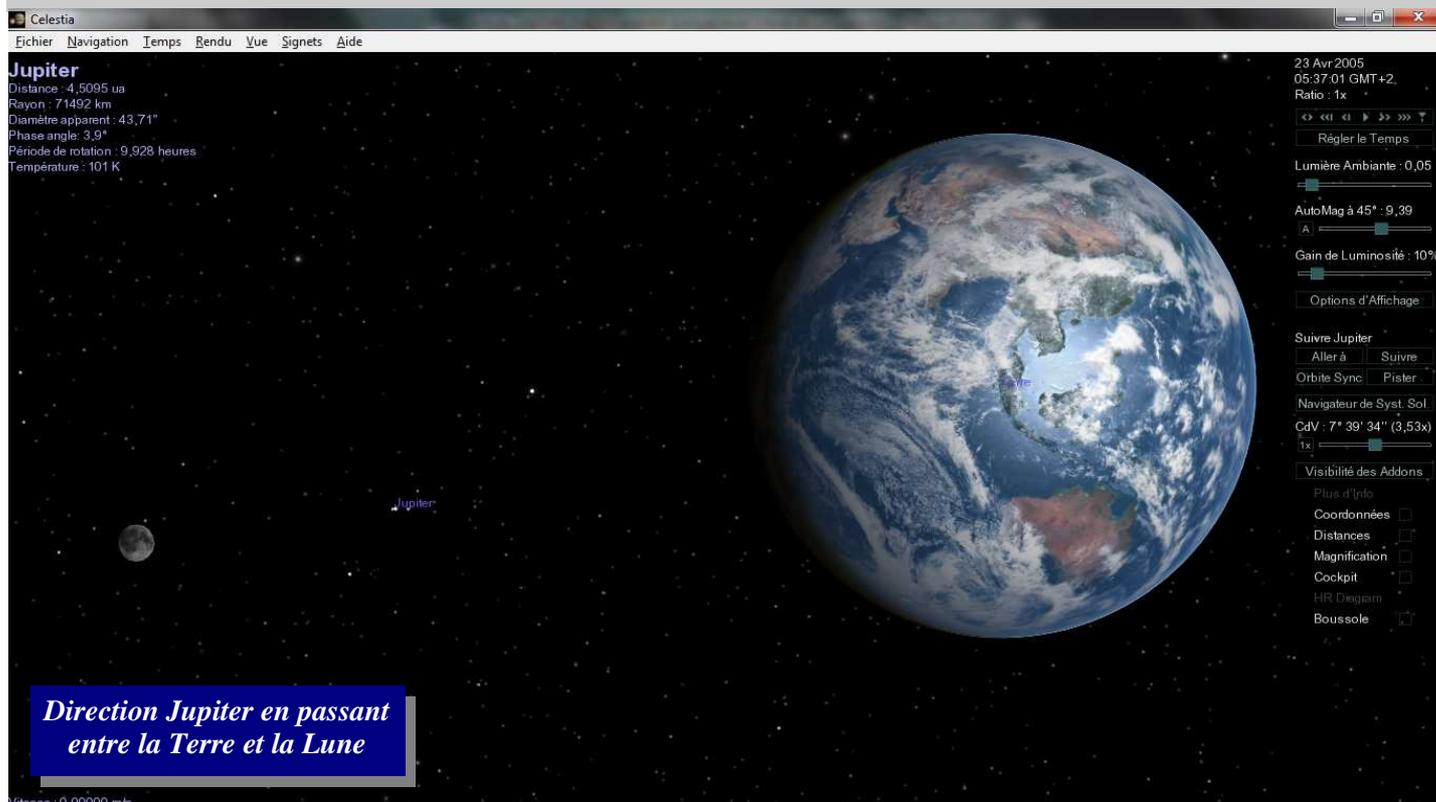
dement, mais même à cette vitesse (28 000 km/h), il faut 1h 30 pour faire le tour de la Terre. En montant en altitude jusqu'à 300 km, on peut admirer la fine couche d'atmosphère qui nous permet de vivre sur notre planète. On peut apprécier également la courbure de l'horizon, là, on en est sûr, la terre est ronde !

La première étape de notre voyage, c'est la Lune. Le vaisseau est toujours en orbite autour de la Terre, mais maintenant il pointe vers notre satellite. Comme nous le

constatons régulièrement lors de nos observations, la Lune sous-tend un diamètre apparent non négligeable dans le ciel, et pourtant, à la vitesse de 100 km/h, il nous faudrait 5 mois d'un trajet sans interruption pour y arriver. Mais, un tel voyage est irréalisable car à cette vitesse on ne pourrait pas s'arracher à l'attraction gravitationnelle de la Terre, irrémédiablement on retomberait au sol bien avant d'avoir atteint la Lune. Il faut dépasser la vitesse de 11 km/s pour espérer atteindre



En route vers la Lune, la Terre diminue à l'arrière du vaisseau



Direction Jupiter en passant entre la Terre et la Lune

notre satellite. C'est à cette vitesse que les astronautes des missions Apollo ont quitté notre planète, c'est également la vitesse la plus élevée jamais atteinte par un être humain, près de 40 000 km/h. A cette vitesse il ne faut plus que 10 heures pour arriver sur la Lune. Avec les commandes du logiciel, on peut, une fois arrivé à destination, se déplacer autour de l'objet pour en admirer tous les côtés. On reconnaît facilement les principaux cratères et mers de la face visible, mais dès qu'on survole la face cachée, c'est une autre histoire...

Pour l'étape suivante, le Célestia 1 (n'oubliez

pas, c'est le nom de notre vaisseau spatial) se met en position pour se rendre sur Jupiter. Notre point de départ se situe quelque part en orbite autour de la Terre et la trajectoire est choisie pour nous faire passer entre la Terre et la Lune. Evidemment, à cette distance, Jupiter n'apparaît que comme un point brillant parmi les étoiles. La planète géante est tellement éloignée qu'on ne parle de sa distance qu'en unités astronomiques (UA), c'est la distance entre la Terre et le Soleil. Au-delà de Mars, les kilomètres se comptent en millions et en milliards, il est plus commode d'utiliser une autre unité pour laquelle les nombres sont plus petits. C'est ainsi qu'on dira que Jupiter se trouve à 4,5 UA de la Terre plutôt qu'à 675 millions de km. Ne vous méprenez pas, bien que Jupiter ne soit que la 5^{ème} planète dans notre système solaire, cette distance est déjà phénoménale : à 130 km/h il faudrait près de 600 ans pour la couvrir. Heureusement notre vaisseau est pourvu d'une hyper propulsion qui nous permet d'accélérer jusqu'à atteindre la vitesse de la lumière, soit 300 000 km/s (cette vitesse est notée c par les physiciens). A cette vitesse on passe rapidement entre la Terre et la Lune, mais la distance à Ju-



Maguy à l'oculaire de la lunette

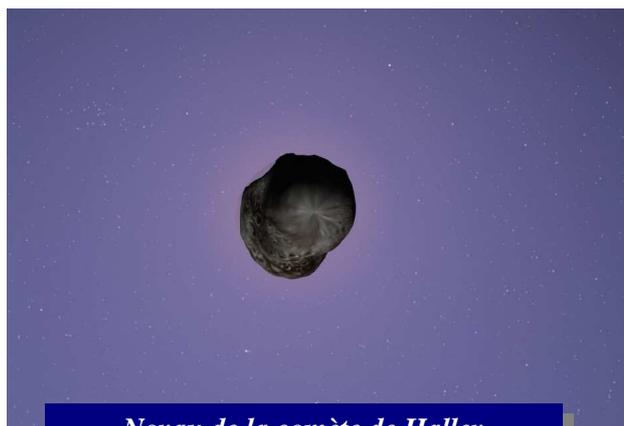


Comète de Halley

puter ne décroît que très lentement : avec de la patience, il faudrait attendre 40 minutes pour arriver en orbite autour de Jupiter. C'est là qu'on utilise une propulsion encore plus performante qui nous permet d'atteindre Jupiter en seulement quelques secondes à la vitesse de 30c (soit 30 fois la vitesse de la lumière). Il ne faut pas oublier d'enfoncer énergiquement la touche S pour stopper le vaisseau avant de s'écraser sur la planète (ou de passer au travers). Quelques touches de réglages pour affiner l'orbite et on peut admirer les ombres des satellites sur les nuages de la planète géante ou les méandres des turbulences dans le sillage de la tache rouge. Pour finir ce premier périple dans le système solaire, nous rejoignons la comète de Halley à l'époque de sa dernière splendeur, en 1986. Le Célestia 1, remonte dans le temps pour se positionner près de la comète. Une fois de plus on peut se déplacer autour de l'astre et constater l'incroyable finesse de la queue. Dans le ciel étoilé, le soleil n'est qu'une grosse étoile, mais ici il n'éclaire pas suffisamment pour empêcher d'admirer le reste de la voûte étoilée. La dernière étape nous fait franchir la distance qui nous sépare du

noyau de la comète. Telle la sonde Giotto en 1986, notre vaisseau spatial survole le noyau à l'intérieur même de la chevelure. Pour finir notre vaisseau file vers le nuage de Oort, le réservoir des noyaux cométaires à longue période. Aux confins du système solaire la température ambiante avoisine les -240°C . C'est là que se termine notre premier voyage. Les vitesses nécessaires pour passer d'un astre au suivant mettent en relief les immenses vides de l'espace, et pour ce premier périple nous ne sommes restés que dans le système solaire ; les distances donnent le vertige...

A bientôt pour un nouveau voyage.



Noyau de la comète de Halley

Jeux

	vêtement pour le froid Luanda est sa capitale	instrument chinois canal du Sud	serviles article défini	plante qui soignait les blessures	rendais dense pièce de soutien	bonne saison pronom personnel		
				permet de souffler évite				
	peut servir à décorer préfixe multiplicateur			1				
espace architectural faïc d'église	voiture ancienne baisser la pression			cédai tel le hareng			avec du bon sens	greffe
			longue charcuterie fléchi					
bois solide arbuste stupéfiant			symbole du WWF sagacité			unité du Japon visita souvent		
		instrument à vent passages étroits				université norvégienne reviennent		2
fleuve d'Italie rebouche		à ce moment là exilé forcé			panier à charbon entre			
				4	a de l'esprit dérobe les biens d'autrui			début de relativité
pour les fruits rendue blanche creusé				souffla cire d'hiver			conjonction	
			il y coule de l'eau ville de Bavière					
prend un goût vineux (se...) Satellite avec cratère Herschel			tirer				terre de poterie adjectif possessif	
			angles de diamant préfixe					6
pays de la Champagne humide oiseau			sixième planète					7
				pièges				8

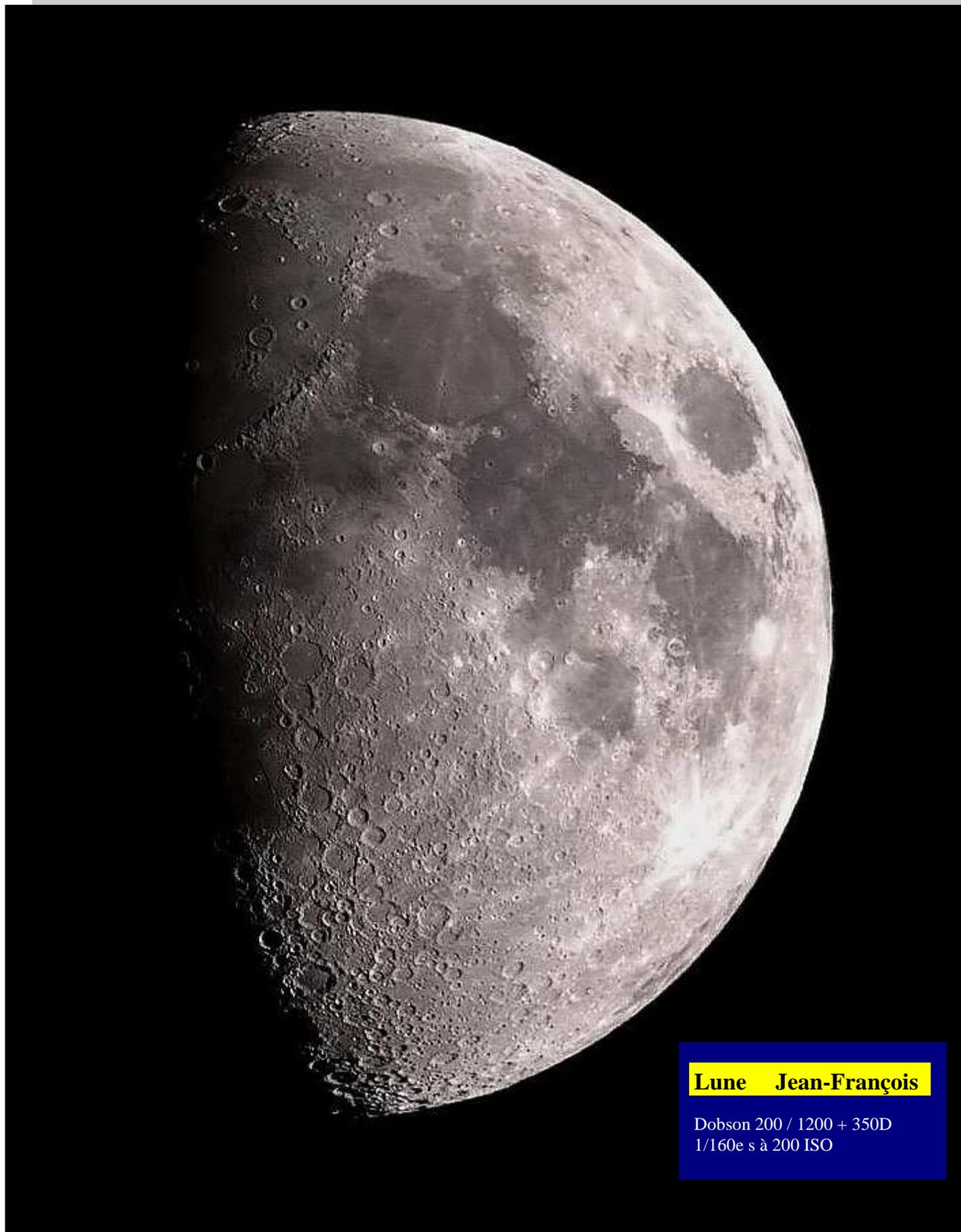
1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Satellite à geysers

Solution en dernière page

Michel

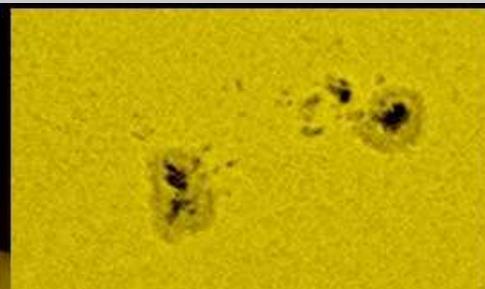
Galerie



Lune Jean-François

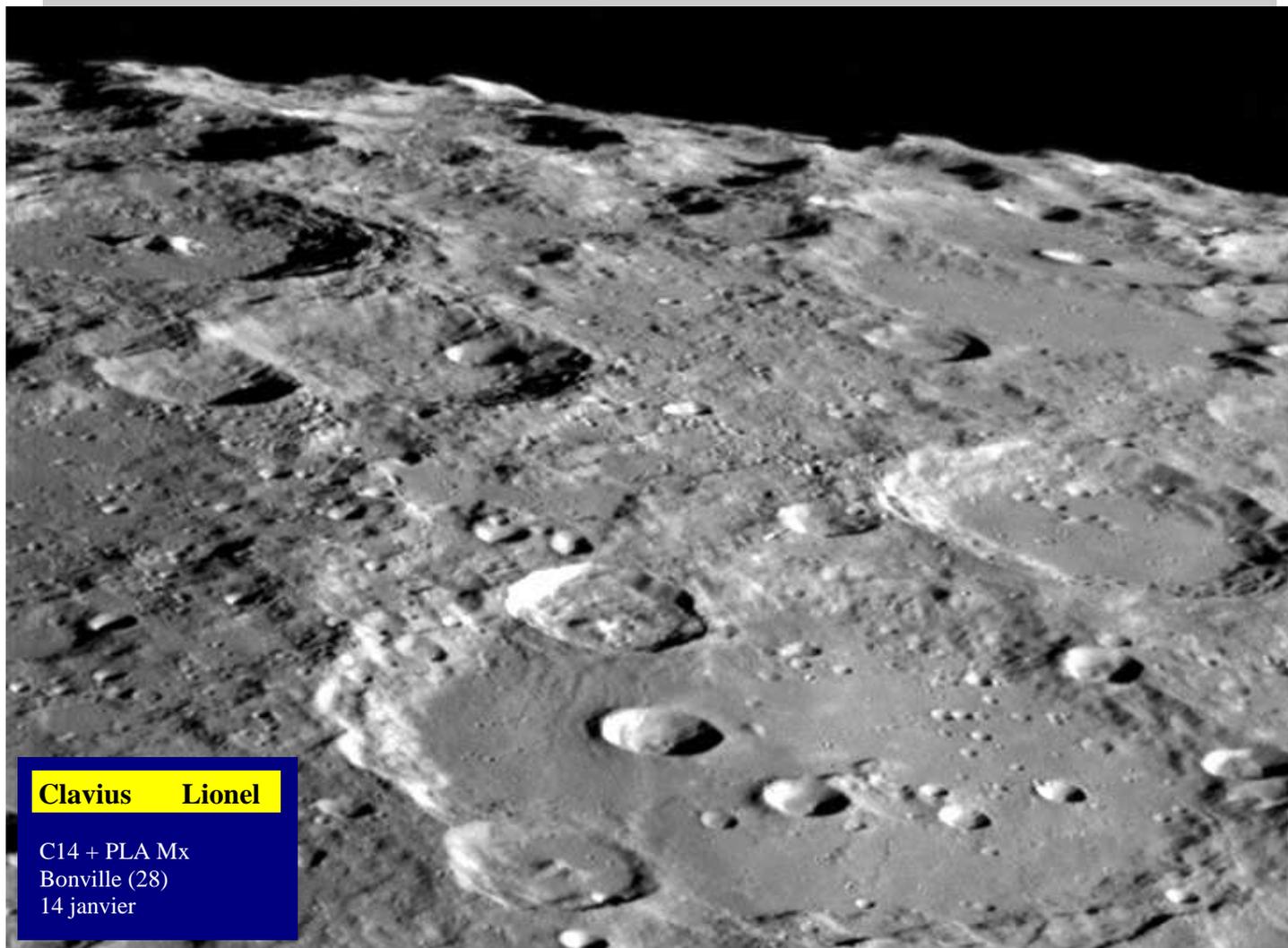
Dobson 200 / 1200 + 350D
1/160e s à 200 ISO

Soleil le 11 février 2012 vers 11h30 TU
Lunette ZS70ED + filtre Astrosolar
Cam ORION 4SIII + filtre n° 56
au foyer (ensemble) ou sur barlow 2,4
Turbulence modérée, pas de vent, ciel clair
Traitement RS6 (150 meilleures frames)
Finition Irfanview + GIMP



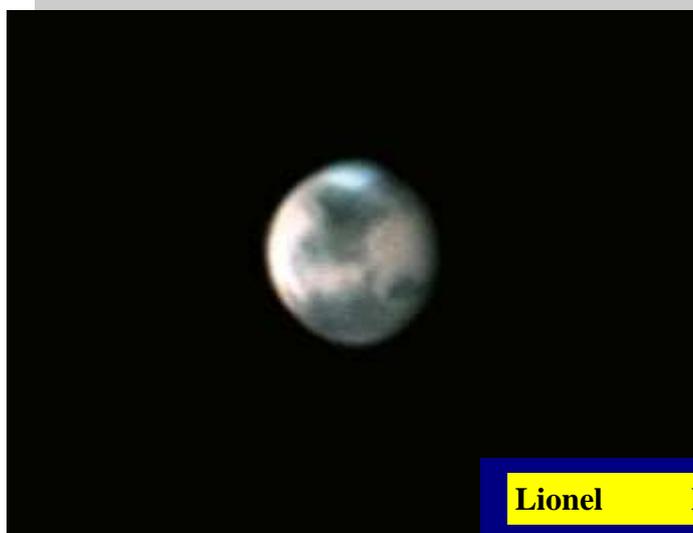
1417

1416



Clavius Lionel

C14 + PLA Mx
Bonville (28)
14 janvier



Lionel Mars Christian

Gauche : C14 à 138 millions km
Droite : C11 à 104 millions km

