

Numéro 70

avril 2014

Albiréo<sup>78</sup>

# L'ALBIREOSCOPE

www.albireo78.com



## SOMMAIRE

### I DOSSIER

## Tempêtes solaires

16 AL78 Rallye sélène

22 Aurores polaires  
3° : la Norvège

18 C'est arrivé ce jour-là...  
les anniversaires  
d'avril

30 Mots croisés

32 Galerie photos

## Le Soleil...

Il nous donne la vie  
mais c'est aussi une  
arme qui pourrait  
anéantir l'humanité

**Une arme des millions de fois plus puissante qu'une bombe atomique est braquée sur la terre et pourrait d'un seul coup anéantir tout un continent. En un éclair, l'humanité passerait de l'ère spatiale à l'âge de pierre. Une telle arme n'a pas été fabriquée par l'homme, il s'agit de notre Soleil.** La question est de savoir quand la prochaine tempête électromagnétique se produira, car c'est inévitable. Nous avons déjà été touché par le passé et sommes aujourd'hui de nouveau dans la ligne de mire. **Québec, Canada, 13 mars 1989** : l'hiver est loin d'être terminé et les

de secours mais cette situation de crise va durer 12 heures et cela aurait pu être pire. Aux Etats-Unis, quelques transformateurs ont tenu. Sans eux, des millions d'américains auraient connu la même mésaventure. « *Il s'en est fallu de peu pour que toute la Côte Est soit touchée elle aussi* ». Qu'est-ce qui a provoqué une surcharge aussi brutale des transformateurs ? **Pourquoi le Québec s'est-il re-**



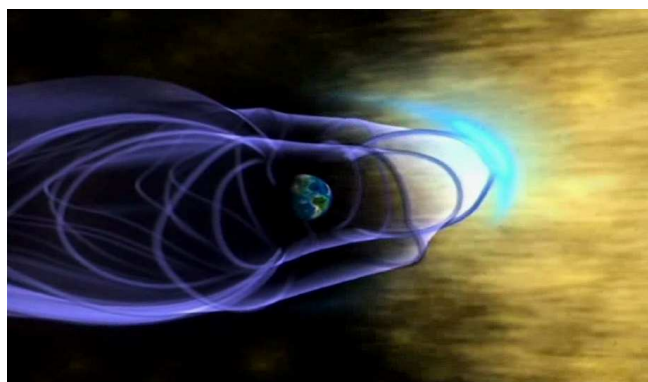
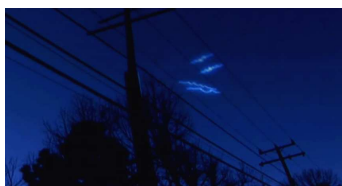
**trouvé dans le noir ?** Ce n'était dû ni à un attentat terroriste, ni à une erreur humaine. Le responsable ne se trouvait même pas sur la Terre. Cette gigantesque panne a été provoquée par une explosion cataclysmique à 150 millions de kilomètres de nous, sur le Soleil. Trois jours plus tôt, les astronomes du centre de prévisions météorologiques spatiales du Colorado observent une région active du Soleil ; tout d'un coup, une gigantesque éruption se produit à sa surface. Un éclair blanc de plusieurs milliers de km de large dégage une chaleur de



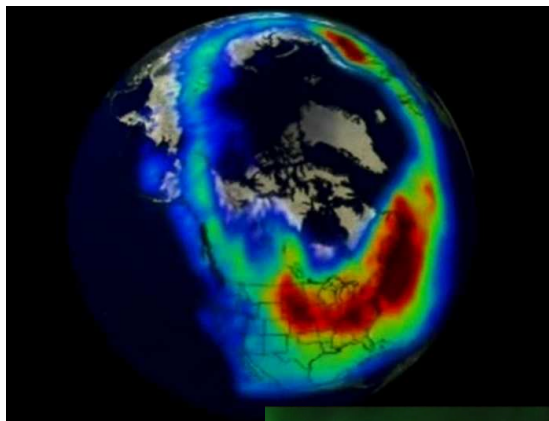
Montréal : hiver 1989

températures sont bien en dessous de zéro. A 2h44, un transformateur géant du réseau électrique de Montréal disjoncte ; c'est la panne générale ; la ville est plongée dans le noir. Six millions de personnes se retrouvent privées d'électricité. Sten Odenwald (astronome de l'Université Catholique d'Amérique) décrit l'incident :

« *toutes les lumières se sont éteintes, en l'espace de 90 secondes, plus aucun appareil électrique ne fonctionnait* ». A l'aube, il fait moins 13 degrés, et le courant n'est toujours pas rétabli. Les hôpitaux arrivent à fonctionner grâce à leur générateur



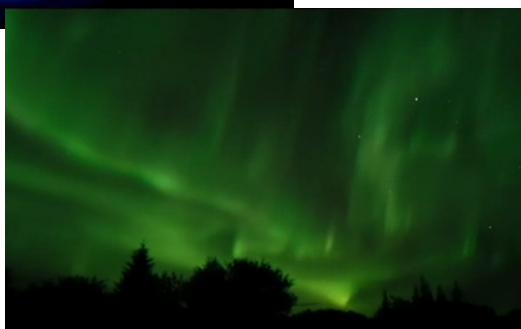
plusieurs millions de degrés et un immense flux de radiations vient violemment percuter l'atmosphère terrestre. De l'Alaska au Mexique, le ciel s'embrase de couleurs. Le Québec a été frappé par un phénomène naturel invisible mais d'une ampleur inimaginable : un orage magnétique. Une éruption solaire d'une



intensité exceptionnelle a provoqué un tel déferlement d'énergie qu'il est presque impossible de la mesurer. Joe Kunches,

spécialiste en météorologie spatiale (NOAA Centre de Météorologie Spatiale) explique qu'il est sidéré par la violence de ces orages :

« des millions de tonnes de matière sont éjectés du Soleil à une vitesse inimaginable ; la différence d'échelle avec les manifestations météorologiques terrestres est immense ; lors des ouragans ou des tor-



NOAA

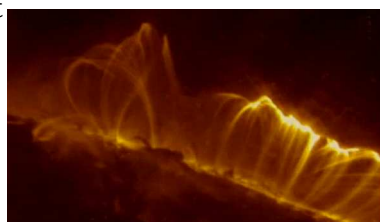
nades, les vents soufflent au maximum à quelques centaines de km/h alors que les vents solaires soufflent à 1,5 million de km/h ! ». De mémoire d'homme, l'orage magnétique qui a frappé le Québec est le plus violent de tous les temps mais la Terre peut craindre pire encore et la prochaine fois, nous aurons peut-être moins de chance. Le Soleil peut générer des orages pouvant plonger des continents entiers dans le noir ; toute l'Amérique du Nord pourrait être paralysée. Une défaillance même

temporaire du réseau électrique d'un continent perturberait considérablement notre mode de vie actuel car nous vivons dans un monde où nous sommes de plus en plus tributaire de la technologie mais le progrès qui nous libère de certaines tâches peut aussi causer notre perte. Tous les appareils branchés sur un réseau électrique sont

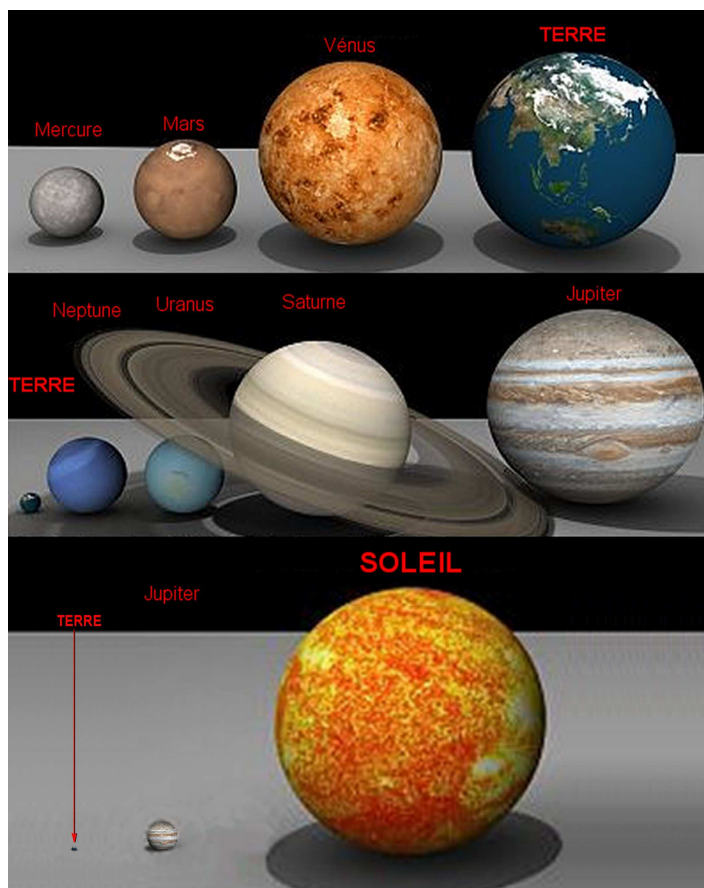


vulnérables lors d'une tempête électromagnétique. **Qu'est-ce qui déclenche ce phénomène ? Comment expliquer un tel pouvoir de destruction ? Avons-nous les moyens de nous protéger ?**

Répondre à ces questions nécessite de résoudre les mystères du Soleil ; l'enquête commence à quelques 150 millions de km de la Terre. Le Soleil est une boule de quelques 1,4 million de km de diamètre composée principalement d'hydrogène : c'est une étoile si vaste qu'on pourrait y loger plus d'un million de fois la planète Terre. Toute son énergie est produite à l'intérieur de l'étoile, dans le noyau central où les températures atteignent entre 15 et 20 millions de degrés et sont des milliers de fois supérieures à celles de nos pires feux de forêt. Chaque seconde, des millions de tonnes d'hydrogène sont converties en hélium ; la fusion nucléaire produit plus de 5 millions de tonnes d'énergie selon la célèbre formule  $E=mc^2$ . En une seconde, le Soleil dégage ainsi plus d'énergie que notre planète en a consommé depuis sa naissance. Ceci génère un magnétisme extrêmement puissant : d'immenses lignes de force forment des boucles à la surface du soleil ; elles jaillissent du noyau et s'élèvent à des milliers de kilomètres dans l'atmosphère solaire



avant de retomber ; ces boucles sont quelques fois si grandes qu'on pourrait y faire



Comparatif de la taille du Soleil avec celle des planètes

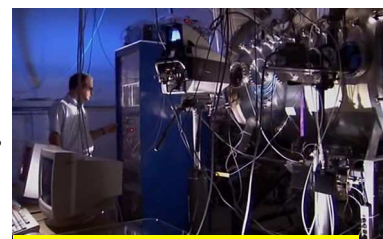
passer la Terre avec une marge de 160.000 km de chaque côté. Sur une planète rocheuse comme la Terre, chaque point de la surface effectue chaque jour une révolution complète mais le



Soleil est une boule gazeuse dynamique : un point situé à l'équateur effectue un tour complet en 25 jours, tandis qu'un point situé au pôle l'effectue en 35 jours, un phénomène qui provoque

la distorsion des arcs magnétiques. Le long des ces arcs, s'écoule des millions de tonnes de plasma brûlant, riche en protons et électrons. Un seul arc dégage une énergie équivalente à l'éruption simultanée de 10 millions de volcans et il peut être le premier signe annonciateur d'une tempête solaire. Afin d'expliquer ce mécanisme, le professeur Paul Bellan (California Institute of Technology - Caltech) a recréé la surface du Soleil en laboratoire. « On a tout ce qu'il faut

pour reproduire ce qui se passe sur le Soleil ; on a créé un arc magnétique, on a du plasma conducteur d'électricité comme le plasma solaire et



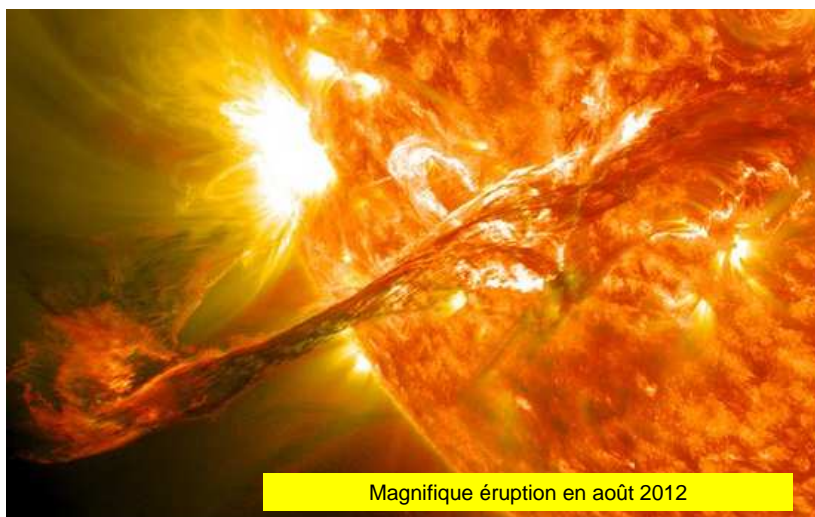
Paul Bellan dans son laboratoire

un courant électrique qu'on va faire passer le long de l'arc ». Tout est prêt, Paul envoie un courant électrique dans son soleil miniature.

L'expérience montre que les arcs sont instables ; ils se tordent et s'étirent dans tous les sens et, en retombant, provoquent un court-circuit,

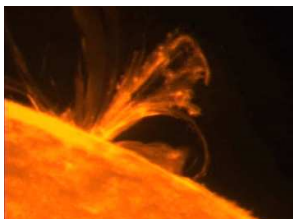


comme deux fils qui se touchent. Le brusque dégagement d'énergie se traduit par un éclair blanc aveuglant et c'est le même processus que celui qui se produit dans l'espace : une éruption solaire. « C'est comme si on observait la formation d'un ouragan ; on voit les signes avant coureurs d'une éruption à la surface du Soleil ; les courants magnétiques créent des lignes de force extrêmement puissantes et si elles se combinent correctement, ce sont celles qui déclenchent une éruption ». Celle que Bellan a recréé ne diffuse qu'une infime quantité d'énergie, mais dans le cas d'une véritable éruption solaire, l'explosion pourrait détruire des villes entières sur Terre et l'onde de choc serait ressentie aux antipodes, la vie serait presque totalement anéantie par une



Magnifique éruption en août 2012

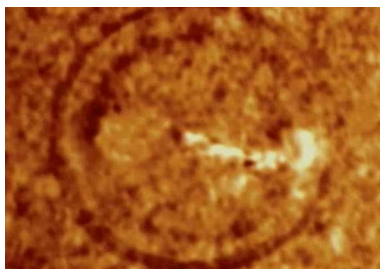
énergie supérieure à celle de l'arsenal nucléaire mondial. Karel Schrijver (centre d'innovation et de Technologie Lockheed Martin) étudie la puissance des éruptions solaires : « *Les éruptions les plus modestes équivalent à l'explosion de plus d'un million de bombes atomiques, les plus violentes à un milliard de bombes atomiques ! La quantité d'énergie dégagée par une grande éruption n'a pas d'équivalent sur Terre* ».



*explosion de plus d'un million de bombes atomiques, les plus violentes à un milliard de bombes atomiques ! La quantité d'énergie dégagée par une grande éruption n'a pas d'équivalent sur Terre*

». Cette énergie suffirait à alimenter l'Amérique pendant des milliers d'années. En 1997, la Nasa a filmé la surface du Soleil juste après une éruption. On y distingue une onde de choc, une ondulation qui parcourt des milliers de kilomètres à une telle vitesse qu'elle s'étendrait à toute la Terre en moins d'une minute. Malgré sa puissance considérable, ce n'est pas une telle éruption solaire qui a provoqué la panne du réseau électrique québécois. L'éruption n'est que la première phase d'une attaque dévastatrice, comme l'éclair jaillissant d'une arme à feu ; c'est la balle qui suit qui est mortelle. Une éruption solaire est presque toujours suivie d'un nuage de radiations et la Terre peut se trouver pile sur sa trajectoire. Toutefois, ses premières victimes sont dans l'espace. Les scientifiques sont conscients depuis de longues années de la menace que fait peser une tempête solaire mais les manifestations du soleil sont imprévisibles et parfois, même la Nasa est prise de court. Le 14 mai 1973 a eu lieu le lancement de Skylab, la première station orbitale américaine. Sa mission : démontrer que des hommes peuvent vivre dans l'espace pendant de longues périodes et prendre des photos de planètes et des étoiles lointaines. En tout, neuf

astronautes séjourneront dans la station, les trois derniers y passeront 84 jours. Mais Skylab connaît d'innombrables problèmes mécaniques et en 1974, la station est abandonnée en attendant d'être réparée. Cinq ans plus tard, quelque chose provoque la chute du vaisseau spatial. Les scientifiques découvrent



alors qu'entre 1974 et 1979, un véritable tir de barrage d'éruptions solaires a jailli en direction de la station. Pourtant, ce ne sont pas les éruptions qui l'ont fait tomber mais le phénomène qui a suivi. Quelques minutes après chaque éruption, une gigantesque vague de radiations déferle dans l'espace : une vague qui contient des quantités colossales d'énergie électromagnétique, des rayons X et gammas, expulsés de la surface du Soleil. Ceci circule à la vitesse de la lumière et vient heurter la haute atmosphère terrestre qui chauffe et se dilate. Sten Oderwald explique : « *les tempêtes solaires et en particulier les éruptions, projettent des quantités astronomiques d'énergie dans la haute atmosphère ; celle-ci réagit en chauffant et passe de 260 à plus de 800 degrés, déclenchant une dilatation qui peut aller jusqu'à 1.600 km* ».

Cette atmosphère gonflée a enveloppé la station orbitale qui s'est trouvée immergée dans une masse d'air, là où avant c'était le vide. L'air chaud a freiné la station, qui a quitté son orbite et commencé à tomber. En 1979, Skylab s'est écrasée au dessus de l'Océan Indien. Heureusement, la majeure partie de la station s'est désagrégée en rentrant dans l'atmosphère ; des milliers de satellites peuvent connaître le même sort. La station spatiale



Les satellites artificiels sont aux premières loges pour recevoir les radiations mortelles...

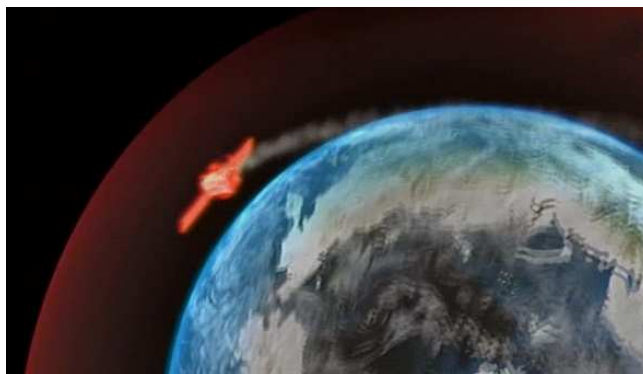
astronautes séjourneront dans la station, les trois derniers y passeront 84 jours. Mais Skylab connaît d'innombrables problèmes mécaniques et en 1974, la station est abandonnée en attendant d'être réparée. Cinq ans plus tard, quelque chose provoque la chute du vaisseau spatial. Les scientifiques découvrent



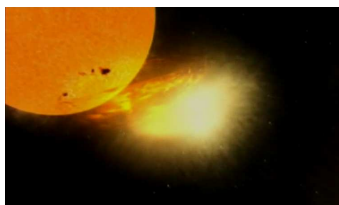
Skylab

alors qu'entre 1974 et 1979, un véritable tir de barrage d'éruptions solaires a jailli en direction de la station. Pourtant, ce ne sont pas les éruptions qui l'ont fait tomber mais le phénomène qui a suivi. Quelques minutes après chaque éruption, une gigantesque vague de radiations déferle dans l'espace : une vague qui contient des quantités colossales d'énergie électromagnétique, des rayons X et gammas, expulsés de la surface du Soleil. Ceci circule à la vitesse de la lumière et vient heurter la haute atmosphère terrestre qui chauffe et se dilate. Sten Oderwald explique : « *les tempêtes solaires et en particulier les éruptions, projettent des quantités astronomiques d'énergie dans la haute atmosphère ; celle-ci réagit en chauffant et passe de 260 à plus de 800 degrés, déclenchant une dilatation qui peut aller jusqu'à 1.600 km* ».

Cette atmosphère gonflée a enveloppé la station orbitale qui s'est trouvée immergée dans une masse d'air, là où avant c'était le vide. L'air chaud a freiné la station, qui a quitté son orbite et commencé à tomber. En 1979, Skylab s'est écrasée au dessus de l'Océan Indien. Heureusement, la majeure partie de la station s'est désagrégée en rentrant dans l'atmosphère ; des milliers de satellites peuvent connaître le même sort. La station spatiale



internationale est également menacée, car elle n'est pas à l'abri des orages magnétiques ; en temps normal, elle perd 69 mètres d'altitude par jour mais ce chiffre peut augmenter pendant un tel orage. Malgré tout, ce n'est pas la technologie qui court le plus de risques : les radiations sont aussi potentiellement mortelles pour l'homme. Neil Zapp (Centre spatial Johnson, Nasa) ne connaît que trop les dangers encourus par les astronautes de toutes les missions spatiales. « *Notre Problème principal est qu'on ne contrôle rien. Ce n'est pas aussi simple que d'éteindre une machine ; c'est très difficile de mettre les astronautes en sécurité lorsqu'ils sont sur orbite* ». On ignore quand se produira le prochain orage magnétique, de plus, il se déplace si vite qu'il est presque impossible de mettre au point un système d'alerte.



En 1972, la catastrophe a été évitée de justesse. En avril de cette année là, Apollo 16 s'est posé

sur la Lune, et 8 mois plus tard, Apollo 17 se pose à son tour. Entre ces deux missions Apollo, une énorme perturbation a eu lieu : une tempête éclate à la surface du Soleil ; des milliards de tonnes de radiation bombardent la Lune, qui, contrairement à la Terre, n'a pas d'atmosphère capable de protéger les astronautes des radiations. Si les hommes avaient été sur la Lune à ce moment là, ils auraient absorbé une dose potentiellement mortelle. « *Ce n'est pas parce qu'on avait prévu l'événement qu'il n'y avait personne là haut... C'est tout bonnement parce que nous avons eu de la chance !* ».

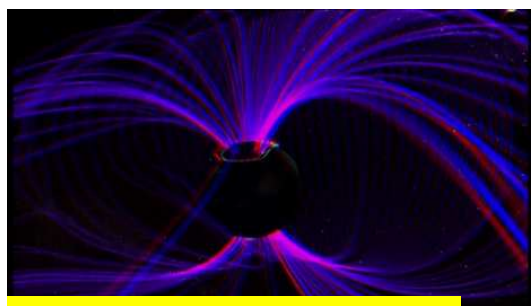


**Mais que se passe-t-il quand la Terre est directement menacée ?** La planète ne peut pas s'écarter pour laisser passer l'orage. Malgré leur puissance, ces vagues de radiations ne sont que des ondulations qui se propagent à travers l'espace interplanétaire mais la tempête électromagnétique qui a touché le Québec était d'une force colossale. Le 13 mars 1989, dans l'hémisphère Nord, des millions de gens sont témoins d'un spectacle magique en regardant une aurore boréale ; ce

phénomène lumineux est le seul signe visible d'une bataille qui se joue à des centaines de km au-dessus de la Terre,



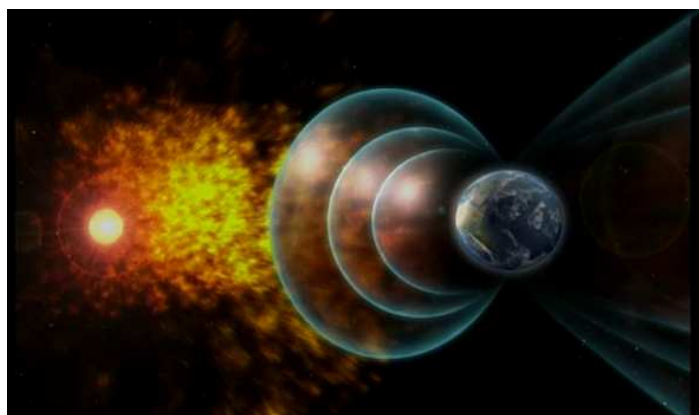
une bataille entre le Soleil et le bouclier de défense invisible de notre planète : la magnétosphère. Nicola Fox (centre de vol spatial Goddard, Nasa) connaît cette région comme sa poche : « *Le Soleil nous apporte tout ce dont nous avons besoin pour survivre sur Terre mais le reprendrait en une seconde sans la présence de la magnétosphère* ». La magnétosphère s'étend à environ 1.000 km d'altitude au-dessus de nous. Le champ magnétique jaillit du noyau de la Terre au Pôle Sud, enveloppe la



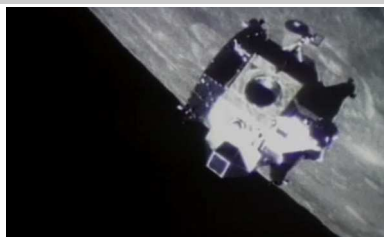
La magnétosphère protège la Terre

Terre dans un cocon protecteur, puis replonge dans le noyau au niveau du Pôle

Nord. Sans lui, toute la vie sur Terre serait exposée aux particules ionisées des radiations solaires qui pénétreraient dans les tissus vivants en occasionnant des dommages irréparables dans les cellules. Le 20 juillet 1969, pour la première fois, un homme marche sur



la Lune, un des plus grands exploits de l'humanité : « *l'Aigle s'est posé !* ». Durant le voyage de retour, Niel Armstrong et son co-pilote Buzz Aldrin aperçoivent des éclairs lumineux

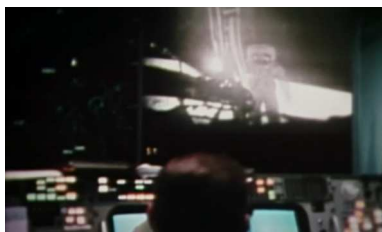


à l'intérieur de la capsule d'Apollo 11 et, bizarrement, les voient aussi les yeux fermés. Une fois sur Terre, les astronautes rapportent l'incident et les chercheurs de la Nasa sont perplexes. Six ans plus tard, ils émettent l'hypothèse suivante : ces éclairs ont été produits par

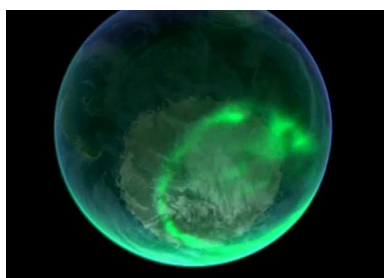


des rayons cosmiques de haute énergie qui ont pénétré dans la capsule et dans les yeux des astronautes.

Canada, 13 mars 1989 : quand le nuage de radiations



entre en collision avec notre bouclier, la majeure partie du flux est déviée tout autour de la Terre, et dissipé dans l'espace mais une petite quantité de radiations s'infiltré au niveau des pôles qui provoque un phénomène d'excitation de la magnétosphère qui prend alors une autre configuration mais comme la nature aime l'équilibre, les particules reviennent à leur état original et cela provoque les aurores polaires. L'apparition de ces lueurs colorées se produit quand les particules solaires entrent en collision avec les gaz neutres de l'atmosphère. Plus les vents solaires sont forts, plus les aurores sont spectaculaires et cette guerre en haute altitude représente un danger réel pour les avions longs courriers. Aux pôles, l'atmosphère est particulièrement perméable aux grosse

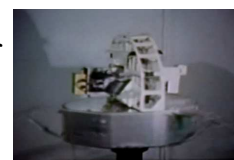


vagues de radiations ; l'énergie qui se propage dans la haute atmosphère dérègle les systèmes GPS, et brouille les signaux radio. Pendant les orages vio-

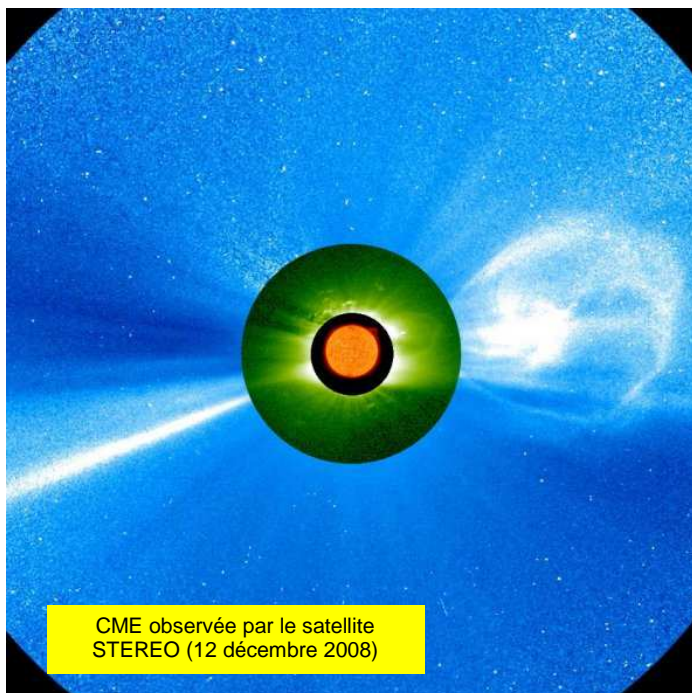
lents, les vols commerciaux doivent descendre à une altitude inférieure afin de conserver le contact avec le contrôle au sol. Le 9 mars 1989, le flux de radiation arrive dans la haute atmosphère terrestre et la bataille commence dans la magnétosphère ; au Québec, le réseau électrique fonctionne encore. Quatre jours plus tard, le 13 mars, une seconde vague de radiation entre en collision avec la magnétosphère et déclenche un spectacle féérique. Tandis que les lueurs des aurores boréales dansent dans le ciel, au Québec toutes les lumières s'éteignent brusquement.



**Comment un nuage de radiation aussi haut dans l'atmosphère a-t-il pu faire sauter tout un réseau électrique ?** Pour tenter de répondre à ce type de question, la Nasa a mis au point et lancé le satellite OSO 7 (Orbiting Solar Observatory) ; équipé d'une batterie de spectromètres spécialisé dans le domaine des rayons X et ultraviolets, et braqué sur le Soleil, le satellite devait fournir le premier aperçu d'un monstre. En apparence, cette tache blanche n'a rien d'impressionnant mais c'est la première image d'un des phénomènes les plus violents de notre système solaire : l'éjection de masse coronale ou CME. Une éruption gigantesque projette des milliards de tonnes de matière hors de l'atmosphère solaire ; sans notre bouclier magnétique, le flux de particules ionisées disperserait peu à peu notre atmosphère. Comparée à un pis-



toilet, la CME est la balle. On ne sait toujours pas ce qui provoque ce phénomène, qui se forme dans la couronne, la zone la plus extérieure du So-

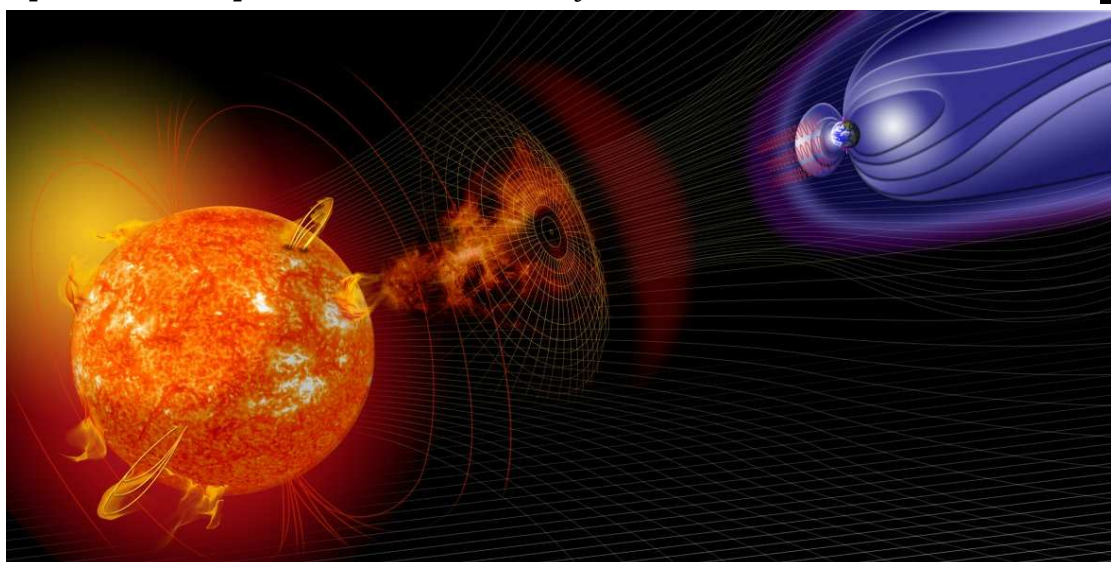
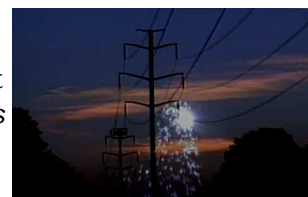


CME observée par le satellite STEREO (12 décembre 2008)

leil et qui s'étend à des millions de kilomètres dans l'espace, et où la température atteint 1,6 million de degrés. Joe Kunches (NOAA) : « *plus bas dans l'atmosphère solaire, des turbulences magnétiques déclenchent l'expulsion de matière dans l'espace* ». Une CME est un fouillis de plasma ionisé et de champ magnétique, une balle de matière surchauffée arrachée du Soleil ; elle ressemble à une éruption solaire mais elle est 100 fois plus puissante. « *Avant qu'on ne découvre leur existence, on pensait que les orages magnétiques observés sur Terre étaient la conséquence des éruptions solaires, mais au fil du*



*temps, on s'est rendu compte que les CME étaient la cause véritable de ces orages* ». Quand une éruption solaire se produit, elle est suivie dans 50% des cas par une éjection de masse coronale qui voyage dans l'espace des centaines de fois plus lentement. « *C'est une masse de matière arrachée au Soleil, emportée par les vents solaires qui soufflent à environ 1,6 million de km/h ; il lui faut donc 93 heures pour arriver jusqu'à la Terre* ». Le 9 mars 1989, une éruption solaire déclenche une vague de radiations qui déferle dans l'espace à la vitesse de la lumière et atteint la magnétosphère en à peine 8 minutes, mais la CME arrive 4 jours plus tard et c'est elle qui provoque la panne du réseau électrique canadien. Contrairement à une éruption, l'éjection de masse coronale n'est pas une pulvérisation de radiations, mais un véritable tir de barrage. « *D'un seul coup, un flux d'énergie 100.000 fois plus puissant arrive droit sur la Terre* ». La CME engendre des courants électriques énormes dans l'ionosphère : la haute atmosphère crépite littéralement et les aurores polaire illuminent le ciel jusqu'à la latitude du Texas. Des flots de particules ionisées pénètrent dans l'atmosphère et induisent des champs électriques puissants à une centaine de kilomètres au dessus de la surface terrestre ; brusquement, un énorme courant s'infiltré dans le réseau électrique et provoque une surcharge ; le Québec est plongé dans le noir. « *Des milliers de composants du réseau sont touchés*



La météorologie spatiale dépend du Soleil.

Cela débute par une éruption solaire, grand éclat de lumière et de radiations, ou par un gigantesque nuage de matière solaire appelée éjection de masse coronale (CME : Coronal Mass Ejection).

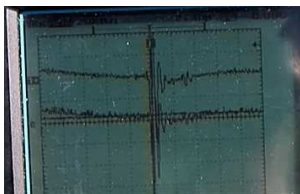
Les effets de ces éruptions se font sentir sur la Terre ou son proche environnement spatial. Les scientifiques observent ces événements « météo » classés en orages magnétiques, tempêtes solaires ou évènements radio.



simultanément, et on ne peut absolument rien faire ». Ce genre de panne est rare mais pas unique. **Quels risques courons-nous ? Devons-nous nous préparer à une prochaine tempête électromagnétique ?** « La question est juste de savoir quand la prochaine se produira, car c'est inévitable ». Afin d'évaluer la menace, les chercheurs se sont interrogés sur la fréquence de ce phénomène. Les tempêtes les plus violentes dans le système solaire ont laissé leurs empreintes dans une des régions les plus froides de notre planète : le cercle arctique. L'histoire de la terre est inscrite dans les couches de glace qui conservent la trace des orages magnétiques depuis des milliers d'an-



nées. Les chercheurs traquent un indicateur chimique enfoncé dans la glace : les nitrates. « En mesurant les quantités de nitrates présentes dans les carottes de glace, on s'est aperçu que les pics correspon- daient parfaitement aux tempêtes récentes les plus intenses ». L'analyse de ces carottes a permis d'établir qu'il y a environ 150

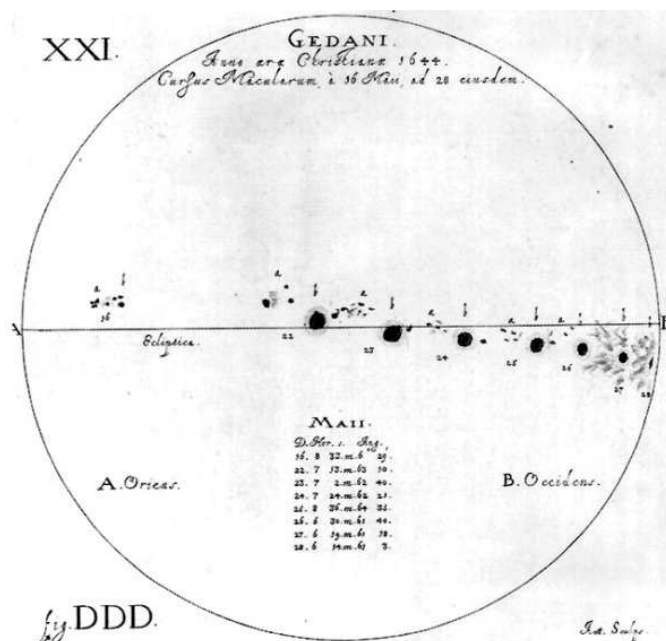


ans, une tempête gigantesque a frappé la Terre. A en juger par le pic élevé de nitrates qui lui correspond, en comparaison, l'orage magnétique de 1989 n'était qu'un pétard inoffensif. « Le pic le plus important date de septembre 1859 ; ce super orage a été d'une telle intensité, qu'il a mis hors service le télégraphe en Amérique du Nord et dans la majeure partie de l'Europe. Il a même été ressenti jusqu'à Calcutta en Inde : un phénomène mondial ».



L'orage magnétique de 1859 est né de l'éruption solaire la plus violente qui ait touché la Terre en 500 ans : trois fois plus puissante que celle qui a touché le Québec. Si elle avait lieu aujourd'hui, les conséquences seraient catastrophiques. « Quand on pense au nombre de sec- teurs qui dépendent de l'électricité, on a du mal

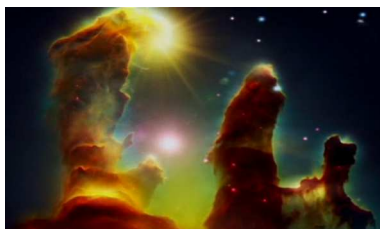
à imaginer les répercussions qu'aurait un tel orage de nos jours ». Après un super orage, le courant ne revient pas le lendemain. « La plupart des transformateurs des grands réseaux sont fabriqués sur mesure, et leur remplacement peut prendre des mois ». Imaginez plusieurs mois sans courant électrique : les transports sont paralysés, l'économie s'effondre, il n'y a plus d'eau courante, et les installations sanitaires ne fonctionnent plus, la nourriture est rare, les épidémies se généralisent ; en un éclair, l'humanité passe de l'ère spatiale à l'âge de pierre. « Une tempête solaire dérèglerait le réseau électrique d'un continent entier car c'est un phénomène planétaire mais il est peu probable que cela se produise de notre vivant. Sur une carotte de glace couvrant une période de 500 ans, on a identifié qu'un seul événement de ce type, en 1859. Mais on a recensé beaucoup d'orages moitié moins, voire un tiers moins puissants mais comme ils sont nombreux, les conséquences à long terme pourraient être bien pires que celles occasionnées par une grosse tempête ». En effet, cela pourrait être pire. Le Soleil n'est pas la seule étoile où se produit de violentes tempêtes car aujourd'hui, les astronomes sont en mesure d'observer l'espace lointain



Les taches solaires sont observées depuis longtemps : ici, un dessin de Johannes Hevelius fait en 1664 montrant l'évolution d'une tache pendant 8 jours consécutifs.

où naissent et meurent les étoiles. Une découverte fortuite leur a permis de constater à

quel point l'espace était dangereux. L'astrophysicien Eric Feigelson (université d'Etat de Pennsylvanie) scrutait l'espace profond en quête de flux de rayons X quand il est tombé sur quelque chose d'étonnant : « On a découvert des régions avec un intense rayonnement X



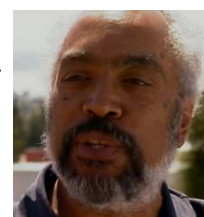
Orion, pouponnière d'étoiles



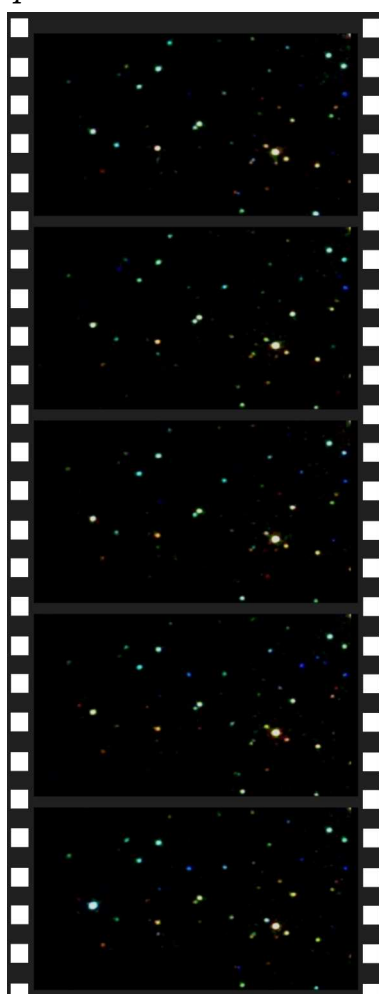
au voisinage de jeunes étoiles, ce qui nous a laissé perplexe pendant de longues années. Les étoiles émettent des flux absolument phénoménaux de rayonnement X. Les éruptions les plus violentes ont un rayonnement X 10.000 fois plus

puissant que la plus forte éruption solaire jamais observée. En étudiant simultanément un millier de jeunes soleils dans la nébuleuse d'Orion, on s'est aperçu que ce genre d'éruption se produisait couramment une à deux fois par semaine ». Un orage magnétique comme celui qui a touché le Québec peut libérer une énergie équivalente à un milliard de bombes nucléaires, mais sur les étoiles étudiées par Eric Feigelson, les éruptions sont 10.000 fois plus puissantes. Le télescope spatial Hubble a permis de voir une éruption stellaire à 450 années lumière de la Terre ; elle était si grande, que si une éruption de cette intensité touchait un jour une future colonie spatiale, elle ne dérèglerait pas seulement son alimentation en électricité mais elle anéantirait la planète entière. Les scientifiques appellent ce phénomène, une super-éruption. Dans certaines régions de l'espace, toutes les étoiles sont capables de produire des super-éruptions. La Nébuleuse d'Orion se trouve à 1500 années lumière ; c'est un nuage brillant et diffus de gaz et de poussière. Dans le rayonnement X, la poussière disparaît et on distingue les étoiles. Sur cet extrait d'images enregistrées sur une période de 13 jours, chaque éclair est une éruption des milliers de fois plus

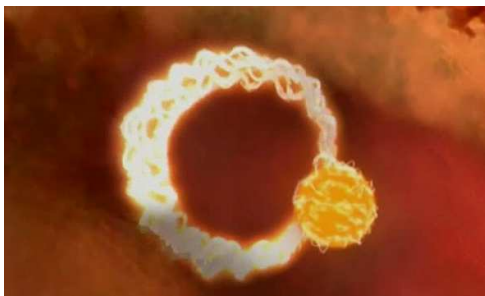
puissante que celles de notre Soleil. D'ailleurs, ces étoiles ressemblent au Soleil mais en beaucoup plus jeune. « Cet amas s'est formé il y a un million d'années ; cela peut paraître beaucoup mais comparé au Soleil qui est âgé de 4,5 milliards d'années, ce sont de toutes jeunes étoiles ». La Nébuleuse d'Orion est une pouponnière d'étoiles qui sont, pour le moment, comme notre Soleil lorsqu'il était jeune. L'astronome Gibor Basri (université de Californie, Berkeley) voudrait comprendre pourquoi ces jeunes étoiles génèrent des éruptions de cet ampleur. « Prenons une étoile, le Soleil par exemple, il y a un lien direct entre son activité magnétique et sa vitesse de rotation : moins elle tourne vite, moins elle est active sur le plan magnétique ». Comme le Soleil, ces étoiles donnent naissance à une quantité énorme d'énergie magnétique parce qu'elles tournent plus vite à l'équateur qu'aux pôles : plus la rotation



d'une étoile est rapide, plus les boucles magnétiques sont hautes, plus les éruptions sont violentes. Or, les jeunes étoiles tournent à toute allure. « Notre Soleil tourne sur lui-même en un mois terrestre environ, mais quand il était très jeune, il le faisait en deux ou trois jours ; il a donc nettement ralenti, ce qui veut dire qu'il est bien moins actif qu'autrefois ». De son côté, Eric Feigelson dresse un portrait étonnant du Soleil : « quand c'était un bébé étoile d'un million d'années, il était trois fois plus gros et d'une couleur orange tirant sur le rouge ; d'énormes taches stellaires tournait à toute allure à sa surface du fait que la rotation de l'astre était nettement plus rapide qu'aujourd'hui. Quant à ses champs magnétiques, impossibles à distinguer à l'œil nu, ils étaient dix fois plus grands que l'étoile, et crépi-



taient d'explosions répétées ». D'après certains scientifiques, si le Soleil n'avait pas été une étoile aussi agitée,



la Terre et toutes les planètes du Système Solaire n'existeraient peut-être pas. Il y a 4,8 milliards d'années, ce système n'était qu'un nuage de gaz interstellaire et de poussière en rotation autour de la jeune étoile. Comment a-t-il évolué vers sa forme actuelle ? Nous l'ignorons

toujours. « *Le disque était rempli de poussière, d'une consistance plus légère que la fumée de*



*cigarette mais qui a tout de même donné naissance aux astéroïdes... Il est plus facile de faire*



*une boule avec de la neige, qu'avec du sable ». D'après Gibor Basri, les turbulences du Soleil ont contribué à la formation des planètes du Système Solaire ; des tempêtes solaires gigantesques ont traversé la disque, en agglomérant les particules de poussière qui ont fini par se solidifier et donner naissance aux premiers*

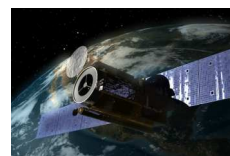
*embryons de planètes. Au fil du temps, le Système Solaire que nous connaissons s'est donc constitué, et avec*



*l'âge, le Soleil a commencé à ralentir ; s'il ne s'était pas calmé, la vie ne se serait sans doute jamais développée. Encore aujourd'hui, quand le Soleil tousse, la Terre frémit et il n'y a pas grand-chose à faire pour se protéger des conséquences de grosses tempêtes solaires. La seule façon de protéger nos réseaux électriques serait de les couper avant la tempête mais **com-***

**ment prédire une grosse colère de notre étoile ?**

En septembre 2006, le Japon a lancé le satellite HINODE. Sa mission était de cartographier les complexes champs magnétiques du Soleil. Les informations récoltées pourraient jouer un rôle déterminant pour la prédiction des tempêtes solaires. Hinode tourne en orbite à près de 600



Hinode (ex Solar-B)



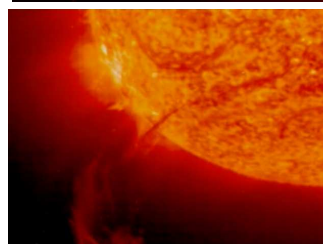
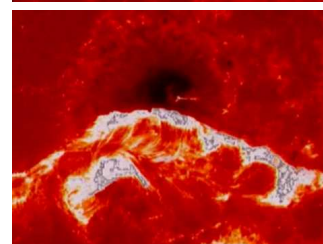
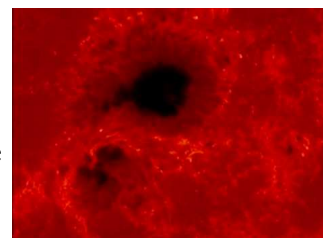
Transit de Vénus vu par Hinode en 2012

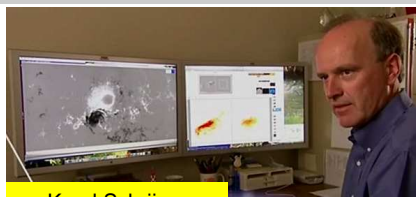
km au dessus de la Terre ; braquées en direction du Soleil, ses caméras ont transmis des images nettes de la surface solaire. Voici ce qu'elles ont filmé en décembre 2006 : la formation d'un arc magnétique, suivi d'une formidable éruption. De la matière a été éjectée dans

notre système solaire à plus d'1,6 million de km/h. Karel Schrijver du centre d'information et de technologie

Lockheed Martin a utilisé les données fournies par Hinode pour créer le premier modèle informatique d'une tempête solaire avant qu'elle n'éclate : une carte détaillée des champs magnétiques solaires. « *Le moteur des éruptions solaires, c'est le champ magnétique et plus précisément les courants électriques qui circulent dans ce champ ; chacune de ces lignes représente un courant électrique généré à l'intérieur du Soleil.*

*Il remonte à la surface, devient visible et déclenche une éruption ». C'est à l'endroit où les champs s'entrecroisent le plus que les courants sont les plus forts et Karel les a reproduit en trois dimensions. « Si on bascule l'image, on voit que les*





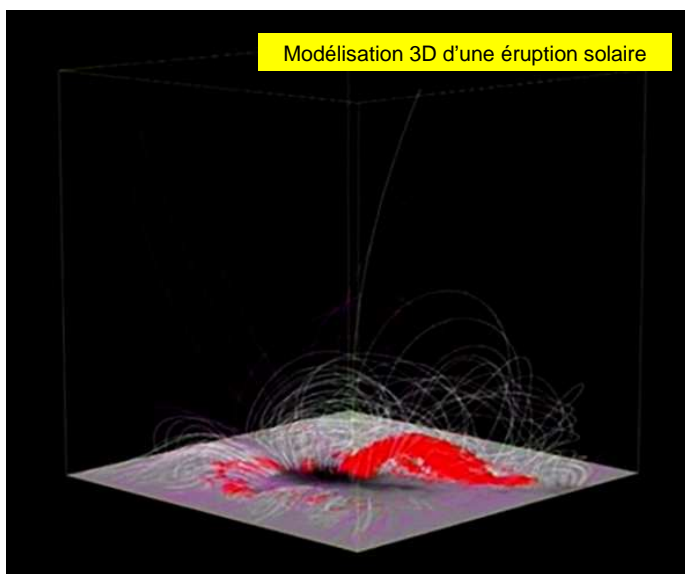
Karel Schrijver



*courants électriques jaillissent d'un point précis et s'élèvent à 15 ou 20.000 km au dessus de la surface du Soleil avant de replonger ». La modélisation montre un flux rouge d'énergie énorme, diffusé en quelques secondes à peine par l'éruption. « La quantité d'énergie générée par l'éruption est tout bonnement incroyable, c'est l'équivalent d'un milliard de bombes nucléaires qui exploseraient simultanément ». Avant, un*

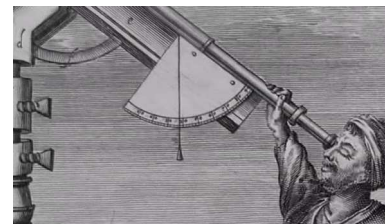


Modélisation 3D d'une éruption solaire



flux rouge de courant électrique plus épais que la Terre, et après... rien ou presque. C'est exactement ce qui s'est passé trois jours avant la panne historique au Québec. Si Hinode parvient à repérer ces enchevêtrements de lignes de force magnétiques qui annoncent une éruption, les scientifiques pourront (peut-être) prédire la date de la prochaine tempête solaire. En attendant, les spécialistes de la météorologie spatiale utilisent une méthode mise au point il y a presque quatre siècles pour analyser l'activité du Soleil : l'observation de ses taches. Les premiers témoignages écrits de leur existence remontent à 800

avant J.C. mais c'est Galilée qui, le premier, a étudié scientifiquement la chose et indiqué, par des dessins, la localisation des taches sur le Soleil. Pendant près de cinq siècles, l'Europe et l'Amérique du Nord ont connu un net refroidissement baptisé la petite âge glaciaire avec un pic entre 1645 et 1714. Pendant cette période de 70 ans, appelée minimum de Maunder, les astronomes ont constaté qu'il y avait très peu de taches solaires. Un hiver, il a fait si froid à New-York, qu'on pouvait traverser la baie d'Hudson à pied entre Manhattan et Staten Island ; à Londres, la Tamise fut prise par les glaces pendant plusieurs mois et la ville organisa les « fêtes de la glace ». Les chercheurs se sont interrogés sur le lien qu'il pou-



La Tamise gelée



vait exister entre ce refroidissement intense et la période de diminution des taches solaires. Sur le Soleil, les boucles magnétiques s'entremêlent et s'étirent ; à l'endroit où elles émergent à la surface, des taches sombres se forment : les fameuses taches solaires.

« Ces images proviennent du satellite japonais Hinode ; on peut voir deux immenses taches solaires. Pour vous

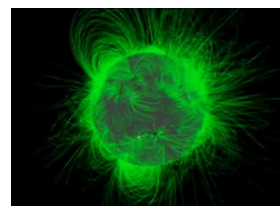
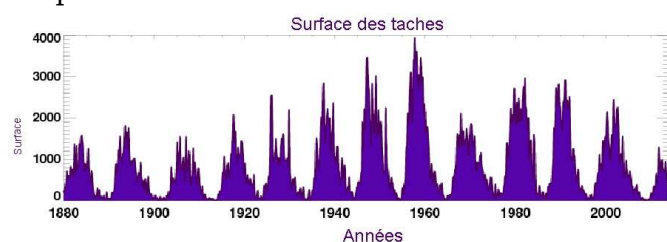


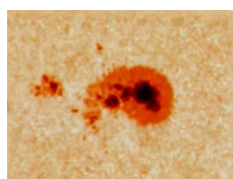
Image Hinode

donner une idée, la Terre fait à peu près cette taille (espace entre les doigts de Karel Schrijver) et certaines taches font jusque 2 à 3 fois la taille de la Terre, d'autres quelques centaines de km seulement, les plus petites que l'on puisse voir. Ce sont des concentrations de champ magnétique qui remontent à la surface. Ce champ est si fort qu'il arrête les vents dans l'atmosphère solaire ». L'atmosphère du Soleil est plus chaude que sa surface mais parce que les boucles de champ magnétique bloquent l'atmosphère, les zones qui correspondent aux taches refroidissent ; elles passent de 5540 à 3480 degrés. Les taches apparaissent et disparaissent au fil d'un cycle de 11 ans alternant des phases d'activité maximale et minimale. Pendant un minimum solaire, les taches et les éruptions sont moins nombreuses et lors d'un

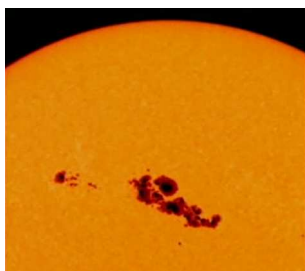


Cette image montre un enregistrement de la surface des taches solaires remontant au cycle 12 en 1898. Les surfaces sont mesurées en millions d'hémisphère solaire et moyennées sur trois rotations du Soleil.

maximum solaire, on voit apparaître de nombreuses taches dont émergent des arcs magnétiques. Une semaine avant la panne au Québec, les astronomes avaient repéré un groupe de taches dans la zone est de la surface du Soleil. Le « court-circuit » s'est produit pendant un maximum solaire (le prochain était annoncé pour 2012...). Le cycle des taches



solaires nous indique donc que l'arme est chargée mais on ignore où et quand la balle va être tirée et si elle va toucher la Terre. Le moment où les boucles magnétiques se croisent marque le début d'une éruption qui peut atteindre la Terre 8 minutes plus tard, un laps de temps bien trop court pour que nous puissions prendre des mesures ; cependant, le phénomène le plus dévastateur est plus lent : l'éjection de matière coronale met



jusqu'à quatre jours pour arriver. Si nous pouvions prédire ses manifestations, nous pourrions couper le réseau électrique, ou isoler des secteurs de distribution. Au centre de prévision météorologique spatiale, les chercheurs surveillent étroitement le Soleil et



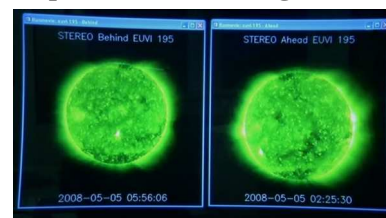
cherchent les signes d'une recrudescence d'activité, en particulier, la formation de taches. Joe Kunches (NOAA centre de météorologie spatiale) : « Actuellement, les météorologistes analysent les données afin de comprendre l'activité du Soleil, puis prédire ses effets sur la Terre ».



Joe Kunches

Les satellites solaires sont une technologie encore récente et n'ont observé que 4 maximums ; quant à la météorologie spatiale, elle en est au même stade que la météorologie terrestre, il y a une cinquantaine d'années. « Imaginez qu'on essaye de prévoir le passage d'un ouragan sans connaître... ni la vitesse des vents, ni la pression atmosphérique dans l'œil du cyclone, ni aucun autre élément et vous aurez une idée de notre niveau dans le domaine de la météorologie spatiale ».

On peut voir arriver une tornade mais pas une tempête solaire. Dès qu'elle a quitté la surface du Soleil, elle est pratiquement invisible même si elle contient parfois 10 milliards de tonnes de matière car elle s'étend sur des millions de km, ce qui fait seulement une poignée d'atomes par m<sup>3</sup>... Pour Sten Odenwald, il est impossible de les voir arriver à l'œil nu : « elles sont tellement diffuses que même en laboratoire, on n'arrive pas à reproduire un vide pareil ». Les instruments à bord des satellites sont assez sensibles pour les détecter mais il y a un hic : il est très difficile de déterminer à quelle vitesse elle se déplace vers nous. C'est un peu comme au base-ball, au moment où la balle fonce vers le batteur ; il est incapable



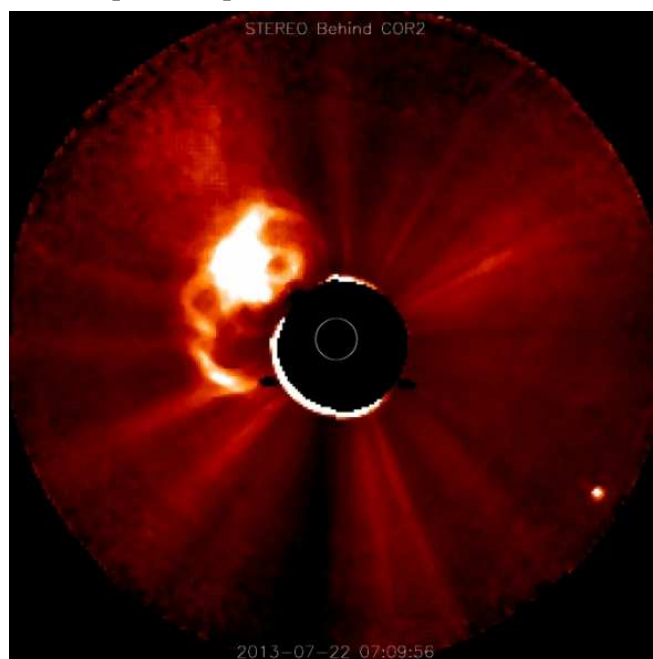
d'évaluer sa vitesse exacte et s'il rate trois fois, c'est l'élimination. Si les scientifiques sous-estiment la vitesse d'une tempête solaire, l'humanité tout entière risque d'être ramenée des siècles en arrière. Pour mieux



res vues stéréoscopiques du Soleil en 3D ! Désormais, les chercheurs peuvent prédire assez rapidement à quel moment un orage magnétique risque de frapper la Terre. « Nous allons affiner nos prévisions et atténuer si possible les répercussions d'une tempête solaire sur notre planète ». La Nasa espère qu'avec les informations fournies par STEREO, nous aurons d'avantage de temps pour nous préparer : deux ou trois jours au lieu de quelques heures. Cela éviterait que des pannes massives comme cel-



comprendre le processus de tempêtes solaires, en 2006, la Nasa a lancé un satellite à deux étages baptisé STEREO. « Stéréo est génial ; grâce à lui, on observe des éjections de masse coronale sous un angle vraiment nouveau, et plus important encore, cela permet de voir ce qui se passe sur la trajectoire Soleil Terre ». Après le lancement, les deux étages du satellite se sont séparés puis ont utilisé la force gravitationnelle de la Lune pour se mettre en orbite. Presque identiques, les deux engins orbitent autour du Soleil et ont transmis les premiè-



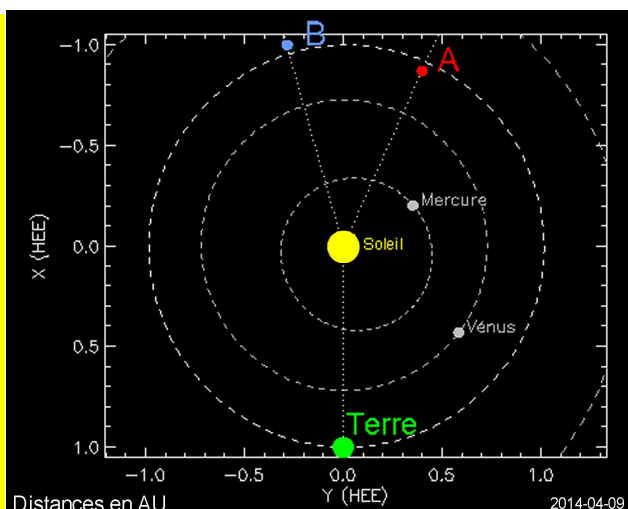
STEREO : observation d'une magnifique CME le 22 juillet 2013. Heureusement, elle n'était pas dirigée vers la Terre.

le du Québec en 1989 ne se reproduisent. Et un jour, des satellites encore plus sophistiqués prédiront l'arrivée des tempêtes solaires avant même qu'elles ne se forment, chose envisageable dans les années qui viennent. Karl Shrijver : « On progresse rapidement en approfondissant les connaissances ; la résolution est de plus en plus précise, et les modèles informatiques plus justes ; nous sommes au stade de pouvoir dire ce qui se passe vraiment à la surface du Soleil ». STEREO pourrait dans une certaine mesure nous préserver des orages magnétiques. Depuis de milliards d'années, le Soleil bombarde la Terre de particules et heureusement la magnétosphère nous protège, mais dans l'es-

Position du couple de satellites STEREO le 9 avril 2014.

En bleu : STEREO behind

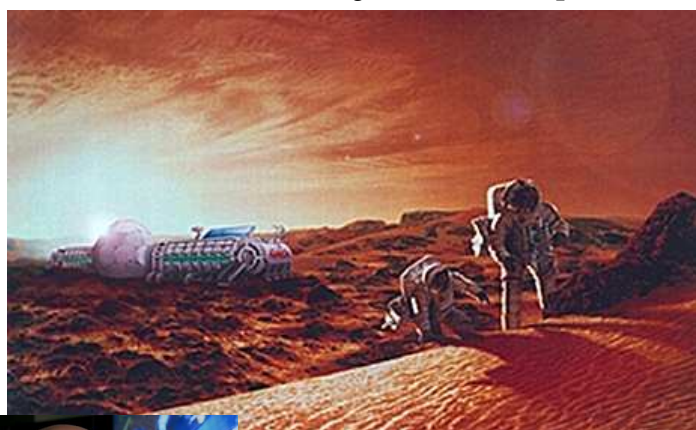
En rouge : STEREO ahead



pace, les astronautes restent très exposés, ce qui risque de poser quelques graves problèmes pour les futures missions d'exploration. La NASA projetait d'installer une base lunaire en 2020 et d'envoyer un homme sur Mars en 2025 mais ni la Lune, ni Mars n'ont un bouclier efficace contre les radiations solaires ; la Nasa s'attaque donc à la conception d'abris et teste des boucliers artificiels et travaille même sur des médicaments capables d'éliminer ou de diminuer les effets des radiations sur le corps. Pour Neal Zapp (centre spatial Johnson NASA) c'est un magnifique projet : « *des hommes sur un sol étranger, une autre planète,*



Mission STS-103 : les astronautes n'étaient pas à l'abri des émissions nocives du Soleil.



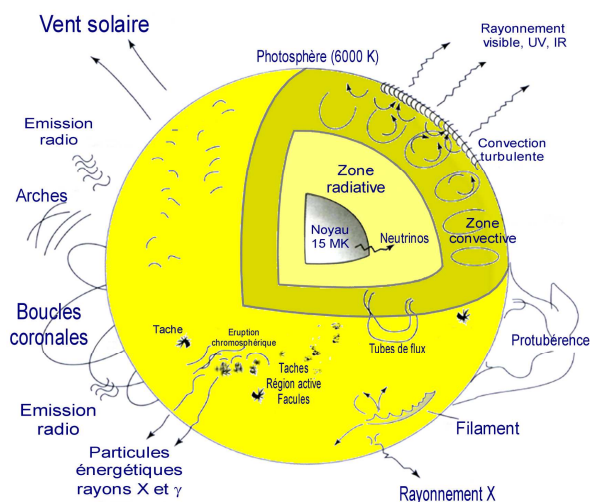
Neal Zapp

*un autre corps céleste, c'est vraiment passionnant* ». Mais pour l'instant la Nasa ignore quelle quantité de radiations se trouve dans l'espace. « *La quantité de radiations à laquelle on est exposé est très variable, en une minute cela peut passer de l'ordre des dizaines à celui des milliers mais il n'y a aucun contrôle là-dessus* ». En 2001, la Nasa a lancé la sonde Mars Odyssey avec à son bord l'instrument MARIE (Mars Radiation Environment Experiment) qui mesurait le niveau des radiations solaires mais dès la première CME, l'appareil a rendu l'âme (le 28 oct. 2003). « *La CME a été d'une telle ampleur, qu'elle a détruit l'instrument qui était censé la mesurer ; d'une certaine façon, c'est l'illustration parfaite du danger que cela représente* ». Mars Odyssey a prouvé combien la vie dans l'espace pouvait être risquée pour l'homme. Pendant des millions



Mars Odyssey

d'années, les tempêtes solaires n'ont posé à l'homme aucun problème, mais il y a moins de deux siècles, nous avons appris à maîtriser l'électricité et c'est là que les ennuis ont commencé. Personne ne peut dire quand la prochaine tempête aura lieu. Fort heureusement, le maximum solaire qui était prévu en 2012 n'a pas mis la terre dans sa ligne de mire (au grand dam des prévisionnistes en tout genre) mais le grand black-out est peut-être pour demain...

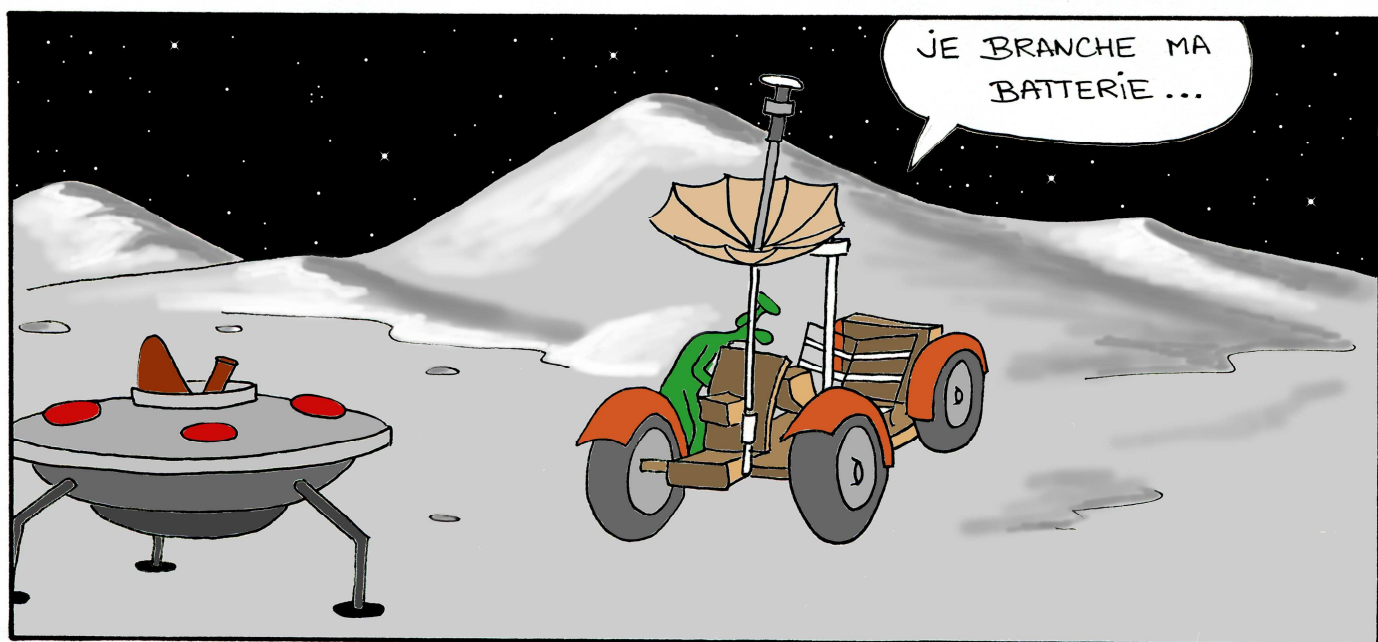
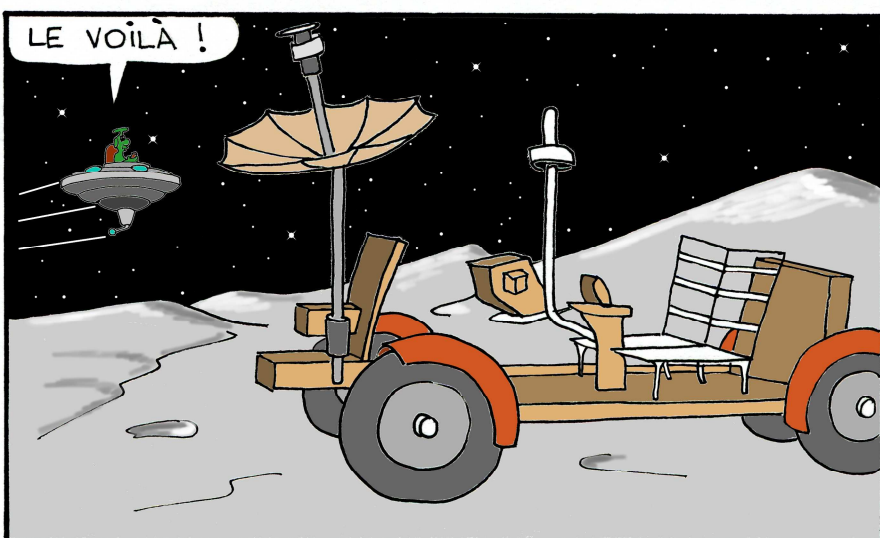
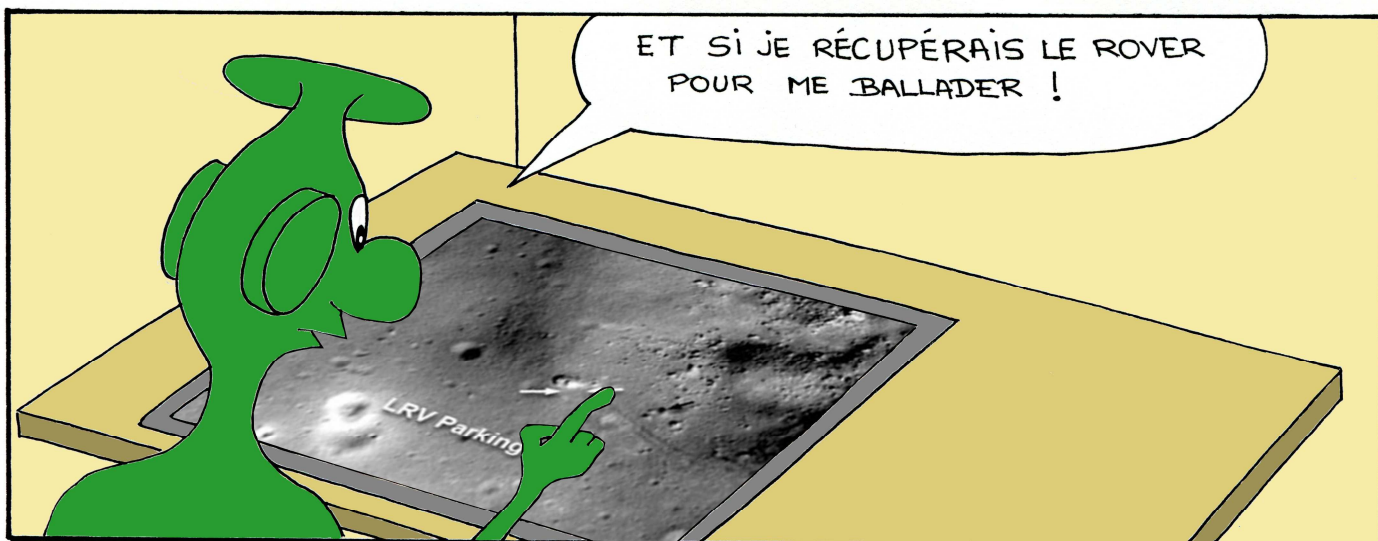


**LE SOLEIL** : les taches solaires ont été observées par Galilée et ses contemporains et, bien avant eux, par les Chinois. En Chine, les tempêtes de poussière des plaines du Nord affaiblissent suffisamment la lumière solaire pour que notre étoile puisse être regardée à l'œil nu, et voir ainsi ses taches. En 1878, l'observation d'une éclipse va attirer l'attention sur la ressemblance entre les jets coronaux et les lignes de force magnétiques d'un aimant. C'est Eddington qui va publier en 1926 un traité décisif dans lequel il fait valoir que la seule source possible d'énergie ne peut être que la fameuse conversion de la masse en énergie donnée par la célèbre formule d'Einstein ( $E = mc^2$ ). L'énergie solaire provient des réactions de fusion thermonucléaire dans ce milieu très chaud (15 millions de degrés) et très dense, dont la densité au centre atteint 150 fois celle de l'eau liquide ( $150 \text{ kg/dm}^3$ ). Avec sa masse élevée, la force gravitationnelle solaire est suffisante pour éviter l'échappement des particules (sauf pour les plus énergétiques) et du rayonnement, dont la masse est nulle et qui, à ce titre, est faiblement couplé à la gravitation.

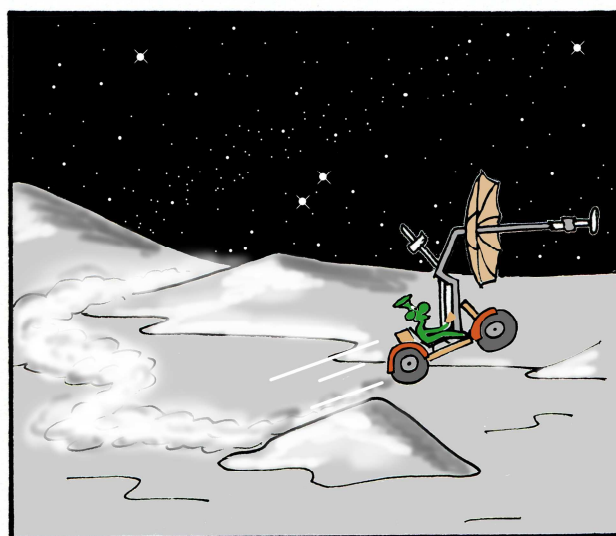
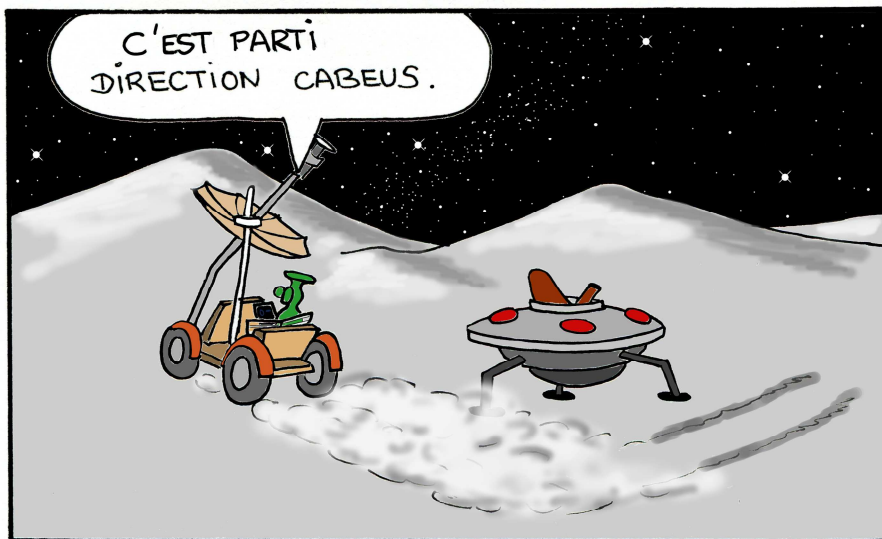


# AI 78

## Rallye sélène





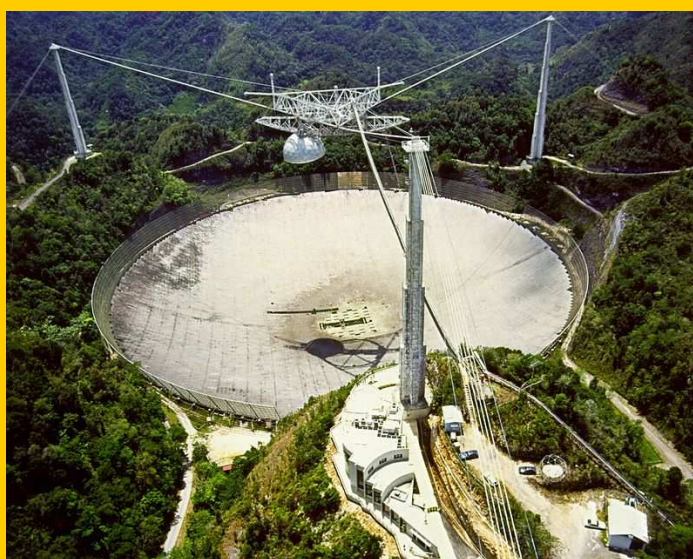


# C'est arrivé ce jour-là...

## Avril 1964, il y a 50 ans

Le 7 avril 1964, peu après son inauguration, le radiotélescope d'Arecibo est utilisé pour déterminer la période de rotation de Mercure sur elle-même. On pensait jusqu'alors que Mercure avait une rotation synchrone, ce qui veut dire qu'elle montrait toujours la même face au soleil et donc que sa rotation était égale à sa révolution autour du Soleil, soit 88 jours. Or, les observations avec le radiotélescope montrent que Mercure tourne sur elle-même en seulement 59 jours. Le radiotélescope d'Arecibo est installé sur l'île de Porto Rico. Avec ses 305 mètres de diamètre, c'est la plus grande antenne de radiotélescope, et elle est construite à l'intérieur d'une dépression naturelle. Le collecteur sphérique est fixe et c'est le récepteur, fixé sur une plateforme de 900 tonnes suspendue à 150 m au-dessus de l'antenne, qui se déplace. Des réflecteurs secondaires et tertiaires permettent d'observer des cibles dans un cône de 40° autour du zénith ; heureusement, la latitude de Porto Rico permet de pointer le zodiaque et donc d'observer les planètes. La

construction commence à l'été 1960, et il était conçu à l'origine pour étudier l'ionosphère de la Terre. En 1974, le radiotélescope est utilisé pour envoyer un message à destination de l'amas globulaire M13. En Août 1989, il fait la cartographie de l'astéroïde (4789) Castalia, et l'année suivante permet la découverte d'un pulsar.



*Le radio-télescope d'Arecibo*

## Avril 1914, il y a 100 ans



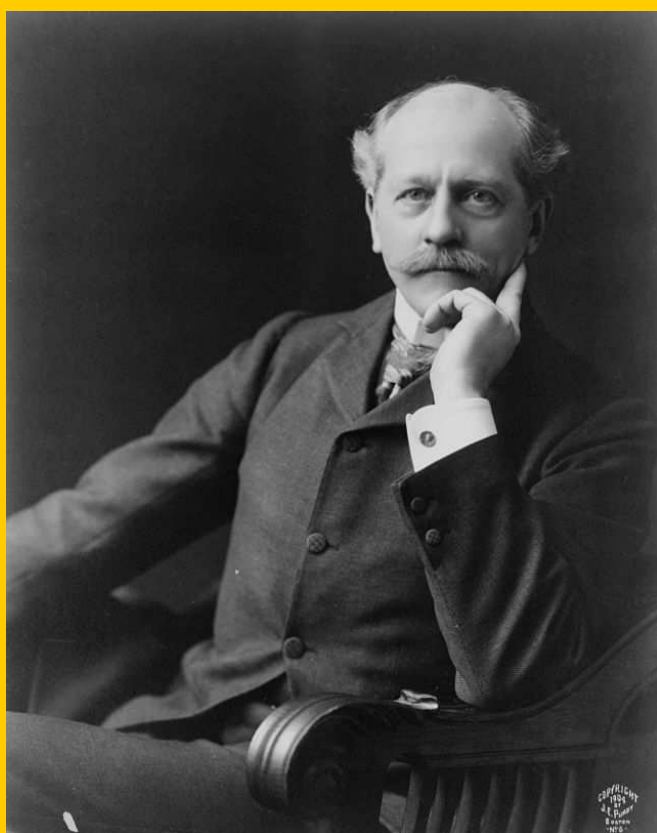
*Charles Fehrenbach (1914 - 2008)*

Charles Fehrenbach est né à Strasbourg le 29 avril 1914. D'abord astronome amateur, il entre au groupe d'Alsace de la SAF. Il termine ses études à Strasbourg puis passe l'agrégation de physique pour être nommé en 1937 professeur au lycée Saint Charles à Marseille. En 1942, il est détaché à l'Observatoire de Marseille dont il sera directeur de 1948 à 1971. En 1947, il soutient une thèse sur la mesure des vitesses radiales grâce à la spectroscopie. Il sera nommé directeur de l'Observatoire de Haute Provence de 1966 à 1983 où sera découverte, en 1995, la toute première exoplanète justement par la méthode des

vitesse radiales. Il participe à la création de l'ESO (l'Observatoire européen austral), l'un des plus grands du monde avec des télescopes de 3,60 m à La Silla et Hawaï puis les 8,60 m du VLT en Atacama. On doit à Charles Fehren-

bach la mise au point du prisme-objectif qui a permis la mesure des vitesses radiales de nombreuses étoiles simultanément. Il a appliqué cette méthode à l'étude de la dynamique des Nuages de Magellan. Il nous quitte le 9 janvier 2008.

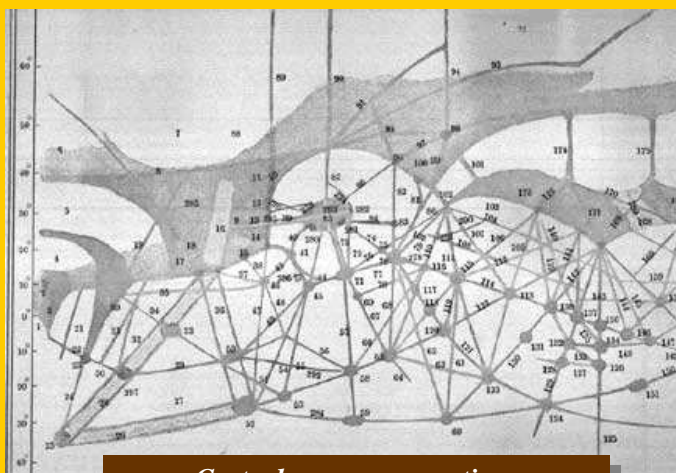
## Avril 1894, il y a 120 ans



*Percival Lowell (1855 - 1916)*

Percival Lowell est un astronome amateur aisé. En 1876, il obtient un diplôme de mathématiques à l'université de Harvard. Jusqu'à l'âge de 28 ans, il travaille dans l'industrie textile de son grand-père où il fait fortune. En 1890, à l'occasion d'une rencontre avec William Pickering, il commence à s'intéresser à l'astronomie. Il se prend de passion pour la planète Mars après avoir lu *La planète Mars* de Camille Flammarion. Avec sa lunette de 6 pouces il cherche le meilleur site pour l'observation de la planète rouge. Le 16 avril 1894, à Flagstaff en Arizona, il commence la

construction d'un observatoire à 2300 m d'altitude sur une montagne qu'il appelle « Mars Hill ». Il poursuit les travaux de Giovanni Schiaparelli qui avait dressé en 1877 une carte de Mars avec des mers et des lacs. Lowell croit en l'existence des Martiens qui doivent lutter contre la sécheresse de la planète rouge. Pour cela, ils doivent construire des canaux, que Lowell dessine depuis son observatoire. Ces canaux d'irrigation qui amènent l'eau des calottes polaires vers les régions équatoriales sont sûrement équipés d'un système de pompes et d'écluses. A partir de 1905, les nouveaux équipements de l'observatoire permettent d'obtenir les premières photos de la planète Mars. Lowell identifie 40 canaux sur ces premiers clichés et, par la suite, en dénombrera plus de 400. Il établit aussi une carte de Vénus en 1894 et une de Mercure en 1896 avec des canaux similaires à ceux de Mars. En 1909, l'existence des canaux martiens est définitivement démentie par un télescope installé au sommet du Pic de Midi dans les Pyrénées. Percival Lowell entreprend



*Carte des canaux martiens*

en parallèle la recherche d'une planète au-delà de Neptune. Il compte étudier les perturbations de l'orbite de Neptune, mais les instruments de l'époque n'ont pas la puissance requise, il se rabat alors sur les perturbations d'Uranus. Une première campagne d'observation de 3 ans se solde par un échec. Il fait l'acquisition d'un appareil qui permet de comparer les images 2 à 2 pour faire plus facilement apparaître les différences entre elles. Après une nouvelle campagne qui se solde aussi par un échec, il abandonne la recher-

che de cette neuvième planète. Il meurt en 1916, non sans laisser dans son testament de quoi poursuivre la recherche. C'est Clyde Tombaugh qui, après une série d'acquisitions d'images qui prend fin le 29 janvier 1930, découvre l'objet recherché le 15 février. Cette planète n'aura pas les caractéristiques attendues pour la planète X de Percival Lowell. On se rendra compte plus tard que les perturbations qui ont servi de base pour la recherche de la planète X ne venaient en fait que de valeurs erronées données à l'époque aux masses d'Uranus et de Neptune.

## Avril 1874, il y a 140 ans



*Frank Ross (1874 - 1960)*

Frank Elmore Ross est né le 2 avril 1874 à San Francisco. Après un doctorat à l'Université de Californie, il travaille chez Eastman Kodak. En 1924, il accepte un poste à l'Observatoire Yerkes et son premier travail concerne la détermination précise des éléments orbitaux de Phoebe, un satellite de Saturne. Il calcul aus-

si les orbites des satellites de Jupiter, Himalia et Elara. Il utilise pour un usage astronomique, les émulsions photographiques et les lentilles grands champs sur lesquelles il avait travaillé quand il était chez Kodak. A l'observatoire de Yerkes, il est le successeur d'Edouard Barnard. Il hérite de sa collection de plaques photographiques. Il décide de refaire ces mêmes clichés afin de comparer les champs stellaires. C'est de cette manière qu'il découvre, avec un comparateur d'images, plus de 400 d'étoiles variables et plus de 1000 étoiles ayant un mouvement propre élevé. Il en établit un catalogue et certaines comme Ross 154 conserve encore aujourd'hui leur dénomination de l'époque. En 1926, lors de l'opposition de Mars, il photo-



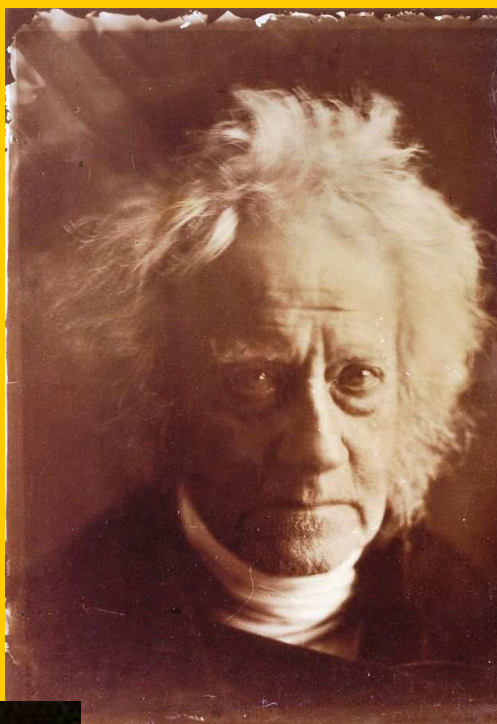
*Etoile de Barnard dans la constellation d'Ophiucus*

graphie la planète rouge en plusieurs couleurs avec le télescope de 60 pouces du Mont Wilson. L'année suivant-

te, il photographie Vénus en UV qui montre pour la première fois des détails dans sa structure nuageuse.

## Avril 1834, il y a 180 ans

John Herschel, fils de William Herschel, est né le 7 mars 1792. Il découvre des milliers d'étoiles doubles, d'amas globulaires et de nébuleuses planétaires. Il cartographie le ciel de l'hémisphère austral à partir de l'observatoire du Cap de Bonne Espérance. Le 1er avril 1834, il découvre NGC 2867, une nébuleuse planétaire située dans la constellation de la Carène. En 1849, le *Outlines of Astronomy* devient le *General Catalogue of Nebulae and Cluster*, qui devient le *New General Catalogue*, le catalogue NGC, qui est toujours le catalogue standard de référence aujourd'hui. On lui doit aussi l'utilisation des jours Juliens pour dater les événements astronomiques.



John Herschel (1792 - 1871)



NGC 2867

Constellation de la Carène

Distance : 1700 al

Âge : 2750 ans

L'étoile centrale est une étoile de Wolf-Rayet.

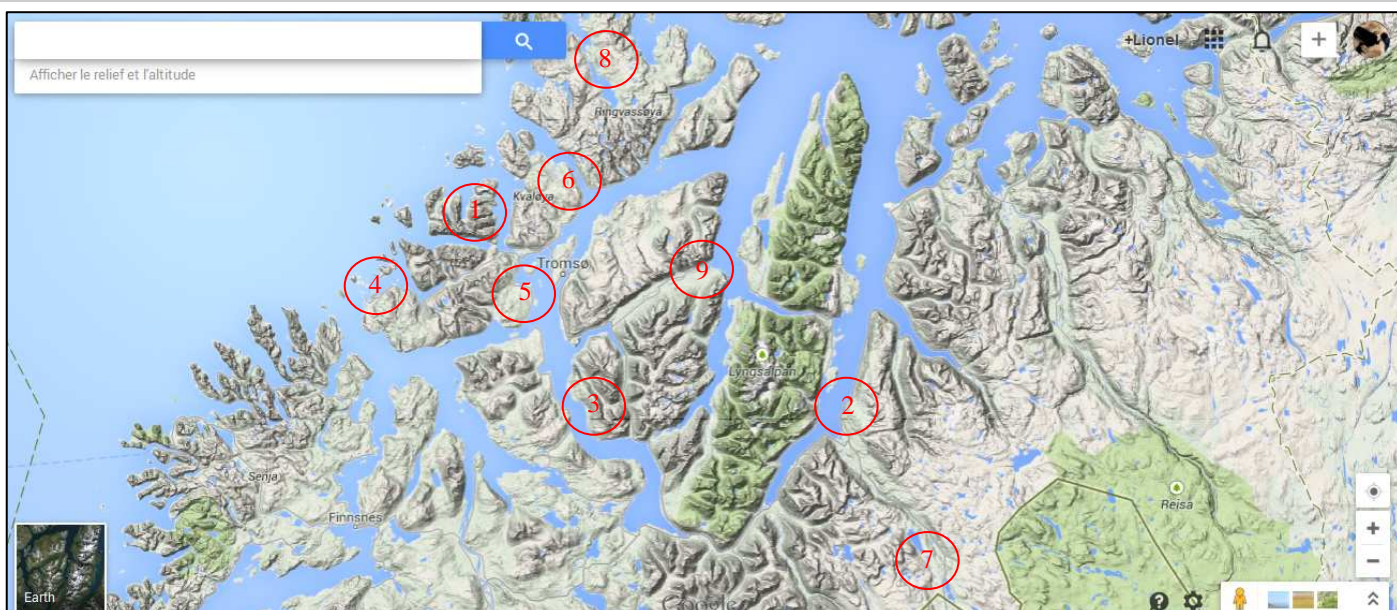
# Chasseurs d'aurores : 3e partie

**Lionel**

Pour notre troisième tentative dans notre chasse aux aurores, nous avons cette fois-ci décidé d'aller dans le nord de la Norvège, à Tromsø (dites « tromse ») sous le cercle polaire arctique, soit plus haut encore en latitude que l'Islande. D'après les photos faites et publiées sur certains sites spécialisés, c'est là qu'il faut être pour voir des aurores. Pendant tout le mois de janvier je surveille le ciel de Tromsø grâce à la webcam de l'institut polaire situé justement dans la ville, ou plutôt sur un mont des alentours. Pratiquement tous les soirs j'ai pu assister en direct, par webcam interposée, au spectacle des aurores qui évoluent au rythme du rafraichissement de la page internet : 25 soirées d'aurores sur tout le mois de janvier, c'est remarquable, notre choix semble être le bon, encore faut-il que l'activité solaire se maintienne en février et jusqu'à début mars.

## **Lundi 24 février**

Après une escale dans la nuit à Oslo sous la neige, nous arrivons à Tromsø dans la matinée sous la pluie, ça commence bien ! Nous récupérons une voiture et avant de nous rendre dans notre hôtel nous allons nous promener du côté de la cathédrale arctique et dans le centre ville. Ici les routes sont recouvertes par une croûte de glace, tout est gelé et la méthode adoptée par les Norvégiens pour pouvoir néanmoins sortir et marcher en ville c'est de saupoudrer les rues et les trottoirs de gravillons, ça permet de ne pas dérapier, attention toutefois à bien poser les pieds là où il y a des cailloux sous peine de finir en grand écart ! Nous partons ensuite sur l'île à l'ouest de Tromsø (n°1 sur la carte). On trouve des maisons dispersées un peu partout dans le paysage et il semble que cela ne les déran-



ge pas vraiment au quotidien. Ce soir les prévisions sont mauvaises, il pleut, et pas d'éclaircies envisagées dans la région...

### Mardi 25 février

Dans la nuit, une gigantesque éruption a eu lieu : classe X 4.9, c'est la plus importante de tout le cycle 24, heureusement qu'elle n'était pas dirigée directement face à la Terre, une grosse quantité de matière est partie droit dans l'espace. Cette région active du soleil baptisée AR 1990 se trouve juste en bordure et elle devrait passer sur tout le disque du soleil durant les 15 prochains jours. C'est une région particulièrement active puisque c'est son 3<sup>e</sup> tour du soleil et elle est toujours là ! Au premier tour elle avait pour nom AR 1944, puis AR 1967 au 2<sup>e</sup> et maintenant AR 1990. Bien qu'elle soit sur le limbe du soleil des particules ont été éjectées dans toutes les directions et les prévisionnistes semblent

penser qu'il pourrait y avoir quelques retombées chez nous dans 2 jours, le temps qu'elles atteignent la Terre. En attendant décidons d'aller visiter le musée polaire qui retrace toutes les expéditions pour conquérir le pôle nord, avec bien évidemment tou-



te la biographie de Roald Amundsen. En rentrant vers l'hôtel, nous passons par l'université, au centre de l'île, où se trouve le planétarium. De retour à l'hôtel nous planifions notre soirée pour s'éloigner de la couche nuageuse au-dessus de nous, il faut qu'on aille en direction de la frontière finlandaise. 120 km plus loin, nous nous arrêtons dans un parking sur la « route des aurores », les panneaux nous indiquent que nous sommes sur la bonne route : Northern lights road. J'installe mon appareil photo sur son pied et je commence à



m'entraîner à prendre quelques images, appareil réglé sur la position « manuelle », avec des poses allant de 5s à 20s. Pendant ce temps nous entamons nos sandwiches dans la voiture et au bout de quelques minutes, il me semble apercevoir une lueur assez inhabituelle dans une trouée de nuages vers l'ouest. La belle couleur verte de l'image sur l'appareil me confirme qu'il s'agit bien d'une aurore, notre toute première ! Nous décidons de revenir un peu sur nos pas pour nous diriger vers l'ouest sur le bord de la côte (n°2 sur la carte). Excellente initiative, nous assistons au balai d'une aurore au-dessus des nuages pendant une vingtaine de minutes. Les nuages qui envahissent le ciel nous décident à rebrousser chemin vers Tromsø mais en gardant un œil sur le ciel au-dessus de nos têtes. Il ne nous faut que quelques kilomètres pour qu'on me suggère expressément de me garer dans les plus brefs délais, il se passe quelque chose dans le ciel. Je m'arrête dans le village que nous étions en train de traverser, dans le premier parking, et en sortant de la voiture nous voyons de magnifiques rideaux qui tombent du ciel et qui bougent à une vitesse incroyable : avec mes poses de plusieurs secondes je ne peux que flouter les images, mais tant pis, je ne peux rien faire d'autre. Le spectacle ne dure que quelques minutes,

mais c'était intense, on n'en revient toujours pas, notre 2<sup>e</sup> nuit à Tromsø et notre objectif est déjà atteint. En rentrant vers Tromsø, on s'arrête à nouveau dans un parking dont le nom semble indiquer qu'il est dédié à l'observation des aurores (n°3) : le ciel n'est toujours pas dégagé, un voile persistant en couvre une bonne partie, mais les photos que je fait montre qu'en fait tout le ciel est vert...

### **Mercredi 26 février**

Aujourd'hui notre objectif est la petite ville de Sommarøy sur l'île de Kvaløya (n°4 sur la carte). Magnifique petite village, typique de ce qu'on imagine de la Norvège, des maisons de toutes les couleurs, des cabanes sur pilotis en bordure de l'océan, du poisson pendu dans les séchoirs. En contournant l'île nous croisons un occupant dont la présence nous était signalée







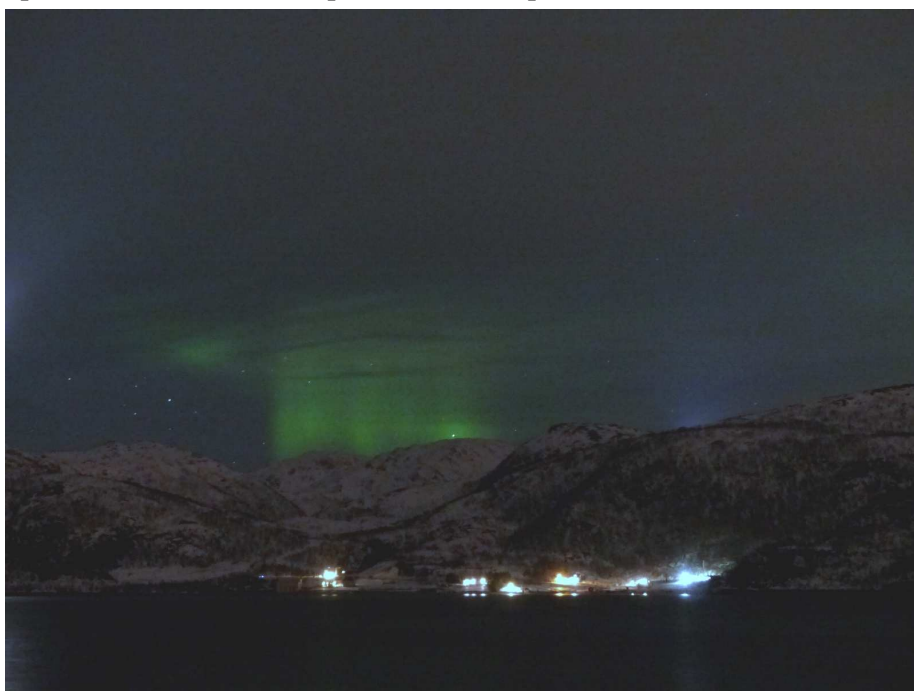
depuis notre arrivée mais que nous n'avions encore jamais rencontré : un renne qui brou-tait tranquillement sur le bord de la route. Nous en apercevons encore quelques autres un peu plus loin. Tout en observant le paysage, je cherche surtout un endroit dégagé pour y revenir éventuellement lors de nos prochaines soirées. Nous nous arrêtons dans un pré qui descend en pente douce vers le fjord. Le décor est splendide, au loin on peut apercevoir l'île sur laquelle se trouvent l'aéroport et notre hôtel et le pont qui mène sur l'île du côté nord. Une voiture est déjà garée et, en discutant avec ses occupants j'apprends qu'ils sont venus pour entraîner leurs chiens de traîneaux. Dans le pré on peut voir 5 rennes qui sont tranquillement

allongés (n°5). On me dit qu'on peut les approcher sans crainte, ce que nous faisons, mais ils ne se laissent pas approcher aussi facilement et s'en vont brouter un peu plus loin. On est content d'avoir vu des rennes de si près, on les baptise Rudolph, bien qu'aucun d'eux n'ait de nez rouge. Le soir à l'hôtel, la surveillance de la webcam commence, et après un excellent repas au resto de l'hôtel, elle nous montre que les aurores ont commencé : préparation du matériel et départ pour le nord, le seul coin un peu dégagé sur les cartes météo. En approchant de notre objectif nous pouvons constater

que nous sommes sur la bonne voie, certains parkings sont déjà occupés par des groupes de photographes déjà en action. Dès notre arrêt (n°6) on découvre l'objet de leur présence, une magnifique aurore au-dessus de l'île d'à côté. Les nuages empêchent de profiter pleinement du spectacle, mais on peut quand même discerner la forme des rideaux qui tombent du ciel. Elle se déplace vers la droite, mais encore une fois la couverture nuageuse met fin au spectacle. On est enchanté, 2<sup>e</sup> soirée d'aurores, le site est bien plus sûr que l'Islande pour en voir.

#### **Jeudi 27 février**

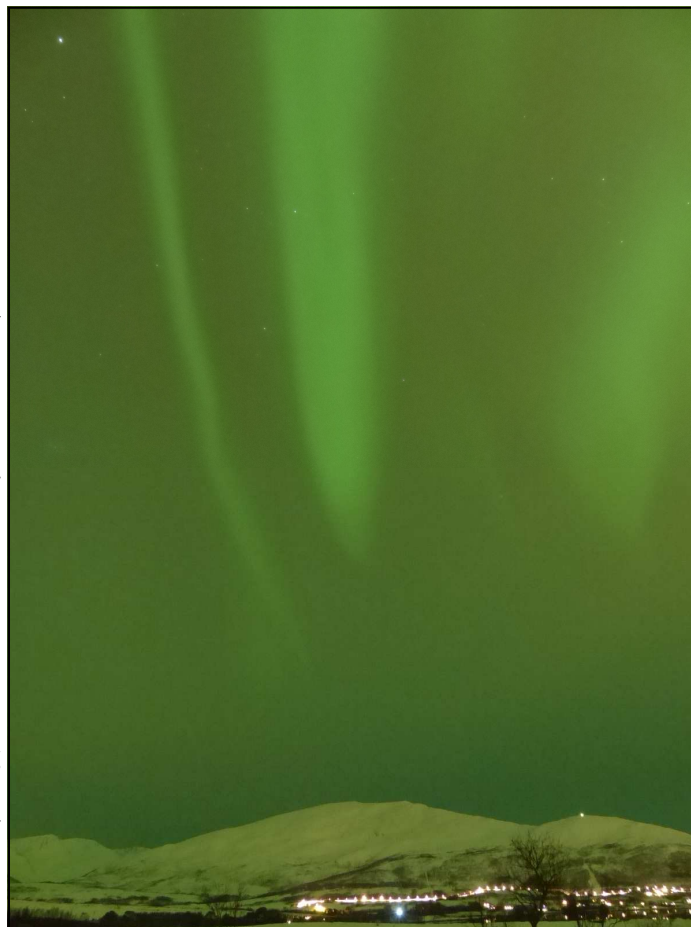
Aujourd'hui nous savons que nous ne pourrions pas rester sur place pour espérer voir les conséquences de l'éruption du 25 février. Aussi nous n'allons pas faire trop de kilomètres dans la journée, nous en ferons ce soir. L'hôtel est situé près d'un grand centre commercial, c'est ce que nous allons visiter aujourd'hui. Comme prévu, la tempête solaire arrive mais les nuages sont là aussi. Dans l'espoir d'augmenter nos chances d'avoir des éclaircies entre les nuages, nous nous éloignons le plus possible des côtes, droit vers l'est dans le continent, près de la frontière finlandaise. Sur la route E8 qui mène jusqu'en Fin-



lande, il y a des travaux et la circulation ne s'effectue que sur une seule voie. Alternativement les voitures sont menées en convoi sur plusieurs kilomètres. Sur place nous prenons le temps de savourer nos sandwiches, mais force est de constater que le ciel est complètement bouché. Nous reprenons le chemin du retour en gardant un œil sur le ciel mais ce soir, il n'y aura rien à voir pour personne en Norvège. En reprenant la route E8 dans l'autre sens, nous tombons inévitablement sur le passage des travaux. Nous devons attendre que la voiture qui nous servira de navette arrive pour nous ouvrir la route. Pendant les 7 kilomètres des travaux, nous sommes en première position pour suivre notre guide, il faut dire qu'on est les seuls, contrairement au passage aller où nous étions en 4<sup>e</sup> position. A défaut du ciel, pour nous distraire nous ne pouvons que regarder notre voiture pilote, sous le gyrophare, il est écrit : « Ledebil følg meg ». La fin de la phrase n'est pas très éloignée de son équivalent anglais « follow me », quant au premier mot, on n'en devine pas le sens, donc, on s'est arrêté à cette traduction, qui n'est forcément qu'approximative : « Les débiles, suivez-moi ! ». Pendant le reste du trajet jusqu'à Tromsø, le ciel n'offre aucune occasion de pouvoir admirer ce qui se passe au-dessus, pire, en approchant du but, il neige...

### **Vendredi 28 février**

Au réveil je consulte les sites d'aurores : la tempête a bien été au rendez-vous, de magnifiques aurores ont été vues en Ecosse, en Angleterre, et, à Reykjavik en Islande ! Une



seule photo de Tromsø par une photographe très patiente qui en a aperçu un bout entre deux nuages vers 2h 30 du matin. Les spécialistes avouent qu'il pourrait y avoir des réminiscences de la tempête encore plusieurs soirs de suite, rien n'est perdu finalement. Au programme de la journée, l'île de Ringvassøya au nord de Tromsø. A mesure que nous avançons, le temps se gâte. Arrivés à Mikkelvik il pleut. Au retour à Tromsø le temps se dégage à nouveau. Nous décidons d'aller au bout d'une autre île sur laquelle est indiqué un site d'observation des aurores. Sur place nous constatons qu'il n'y a rien de spécial et que l'horizon n'est pas particulièrement dégagé, ce n'est donc pas là que nous reviendrons dans la soirée. Les prévisions nous indiquent qu'il faudra se rendre sur le pré des rennes. Après le repas nous reprenons la voiture pour nous installer au milieu du pré, les aurores sont au rendez-vous, la danse des rubans et des rideaux est en cours. Le ciel n'est pas particulièrement dégagé, mais



le léger voile de nuage ne nous empêche pas d'assister au spectacle aux premières loges. Avec mon objectif de 24mm je ne peux largement pas capter le phénomène dans toute sa grandeur, je dois choisir une direction. Après près de 2h de spectacle nous rentrons : 3<sup>e</sup> soirée d'aurores, largement plus spectaculaire que les précédentes, effectivement il restait quelques particules de la tempête solaire du 25.

### **Samedi 1<sup>er</sup> mars**

Notre dernier jour en Norvège. Nous retournons vers le point d'observation n°3 pour immortaliser les cascades de glace qui bordent la route. Nous nous rendons également à Breivikeidet (n°9), d'après les cartes c'est un point de vue remarquable. On y trouve un charmant petit village, comme tant d'autres, avec une église de 1862 tout en bois. C'est d'un calme ! On n'entend pas un bruit. Au retour nous retournons au centre ville pour quelques achats de souvenirs et nous rentrons à l'hôtel pour préparer notre der-

nière nuit d'observation. Au repas nous mangeons du renne, c'est très bon, mais nous ne pouvons nous empêcher d'avoir une pensée pour Rudolph, c'est peut-être lui qui se trouve dans nos assiettes ! Dernier coup d'œil à la webcam pour confirmation que le spectacle a déjà commencé. Nous sommes tellement pressés de commencer les photos que nous nous arrêtons à seulement quelques centaines de mètres de l'hôtel, le long de la côte de notre île pour admirer le spectacle : un long ruban fend le ciel d'un horizon à l'autre, mais les photos montrent



immédiatement que nous sommes bien trop près de l'aéroport, au bout de la piste, même en regardant de l'autre côté le ciel est bien trop lumineux pour profiter pleinement du phénomène. C'est donc

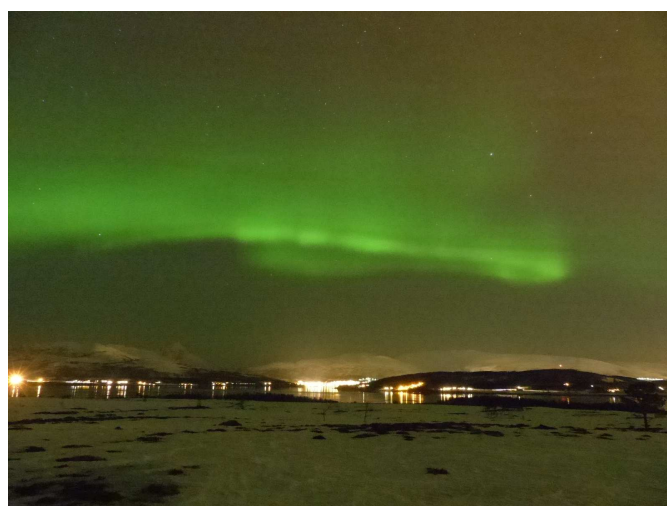
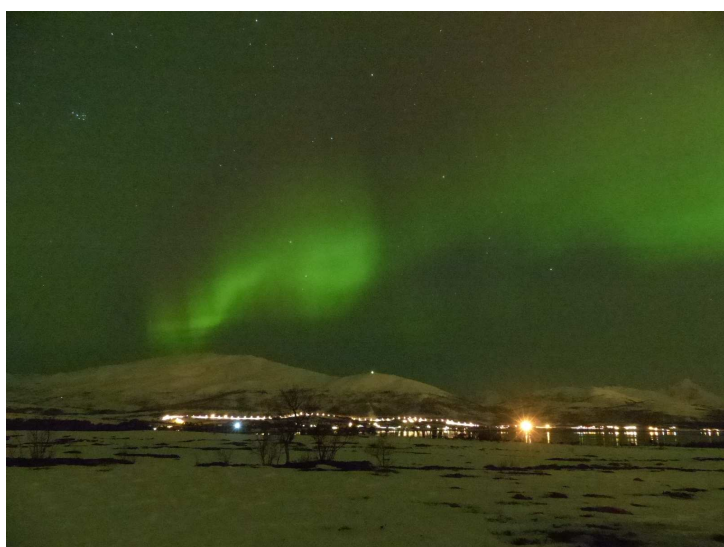
parti pour le pré de Rudolph. En arrivant, dans un ciel bien plus noir, le spectacle est éblouissant. Je prépare tous les réglages de l'appareil tout en me dirigeant sur le monticule qui me sert de point d'observation.





Pour ce soir j'utilise l'intervallomètre pour ne rien rater et je trierai les photos plus tard. Alors que Maguy et Véro étaient retournées dans la voiture, j'entends des bruits de pas juste derrière moi, je pensais que c'était Véro qui revenait, mais non, c'est Rudolph qui vient voir de près ce que je suis en train de faire au beau milieu de son champ, ce n'est donc finalement pas lui que nous avons dégusté tout à l'heure. Il va s'allonger non loin de moi et je continue à mitrailler le ciel. L'intensité varie dans le temps si bien que je change la direction de l'appareil régulièrement et tout en admirant les fantastiques volutes, je me vois déjà en train de faire un timelapse avec toutes les photos que je suis en train de prendre, une séquence par point de vue sélectionné, ça devrait être super, d'autant plus qu'aujourd'hui il n'y a pas de

nuages pour gâcher le spectacle, les images sur l'appareil sont fantastiques. Plus de 2h après notre arrivée, il ne reste pratiquement plus rien dans le ciel. Nous reprenons la direction de l'hôtel. Au bout de 2 km je m'arrête brusquement, il semble que cela reprend, je ressors l'appareil pour quelques photos supplémentaires, et tout disparaît à nouveau. Arrivé à l'hôtel, nous assistons au bouquet final, depuis le parking. Une intensité formidable, apparemment corrélée à la vitesse d'évolution qui est impressionnante, impossible de faire des photos avec une telle vitesse, le rendu ne refléterait pas du tout ce que nous avons devant les yeux. Quelques minutes plus tard, le ciel est à nouveau calme, nous pouvons rentrer : des images plein les yeux, des photos plein l'appareil. 4 nuits d'aurores, avec un spectacle qui est allé



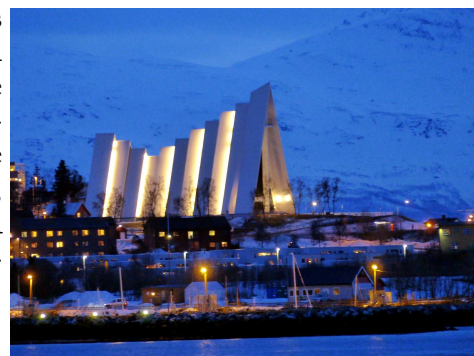


croissant tout au long de la semaine pour s'achever en apothéose, on était venu pour en voir, nous avons largement rempli notre objectif, on n'en demandait pas tant, mais apparemment Tromsø, c'est l'endroit rêvé pour en voir, ici les aurores semblent banales. Autre chose que nous avons aussi remarquée, on le doit sans doute à ce que nous avons constamment un œil dirigé vers ce qui se passe dans le ciel, c'est l'allongement de la durée du jour. Entre notre arrivée ici lundi et aujourd'hui, soit 5 jours après, on a l'impression d'avoir gagné énormément dans la longueur du jour. En rentrant à l'hôtel, je me jette sur l'ordi pour confirmer avec Stellarium ce que nous pensions : alors qu'au plus fort de l'année chez nous, nous gagnons 3 min de jour par jour, soit un quart d'heure de nuit en moins en l'espace de 5 jours, et encore autour de l'équinoxe, à Tromsø entre le 24 février et le 1<sup>er</sup> mars, nous avons gagné 1h, soit 12 min par jour, et effectivement ça se voit !

C'est donc notre 3<sup>e</sup> voyage qui nous aura comblés au-delà même de toutes nos espérances...

### **Epilogue**

Dans le voyage de retour, petit retard à Oslo : entre les ballets des chasse-neige, les avions tentent de se frayer un chemin pour atteindre les portes, ici il neige abondamment. Par contre à Paris, le ciel n'est que très légèrement couvert et il fait relativement doux. Le timelapse de la soirée du 1<sup>er</sup> mars est fidèle à ce que j'imaginai lorsque j'étais sur mon monticule au beau milieu du pré de Rudolph, ça nous fera des souvenirs...



## Solution du n°69 de février

|  |   |                     |                |                 |   |                 |   |                                       |   |   |   |                                 |                           |   |   |   |   |                |
|--|---|---------------------|----------------|-----------------|---|-----------------|---|---------------------------------------|---|---|---|---------------------------------|---------------------------|---|---|---|---|----------------|
|  | Reste de dent<br>Atterrisseur pour comète | Choisit<br>Avancera |                | Lune de Jupiter |   | Préparer l'oeuf |   | Fin du tube digestif<br>Tente Premier |   |   |   |                                 |                           |   |   |   |   |                |
|  | P   | H                   | I <sup>4</sup> | L               | A | E               | Seconde planète<br>Prendre note                   | V                                     | E | N | U | S                               |                           |   |   |   |   |                |
|  |   | I                   | R              | I               | S |                 | Pas une<br>Crayonnes                              | A                                     | U | C | U | N                               | E                         |   |   |   |   |                |
| Stade de foot de Mayence<br>Monde extérieur                                      | C   |                     | S              | C               | A | T               | Nais<br>Borde                                     | E                                     | C | L | O | S                               | Fais la grimace<br>Combat |   |   |   |   |                |
|  | N   | O                   | N              | M               | O | I               | 8 bits<br>Petit tas                               | O                                     | C | T | E | T                               | Brome<br>Débuts           | B | R |   |   |                |
| Ballon rond<br>Association   | F   | O                   | O              | T               |   |                 | Enfermer<br>Tic                                   | M                                     | U | R | E | R                               | Pas juif<br>Choisir       | G | O | I |   |                |
|  | G   | A                   | N              | G               |   |                 | Se faire<br>Attraper                              | M                                     | U | R | I | R                               | Désire<br>Calmante        | V | E | U | X |                |
| Cérium<br>Gaz pour propulseur ionique  | C   | E                   |                |                 |   |                 | Salles<br>Cuisine                                 | H                                     | A | L | S | Engin spatial<br>Géante gazeuse | S                         | O | N | D | E |                |
|  | X   | E                   |                |                 |   |                 | Canot<br>Etiquettes                               | C                                     | A | N | O | E                               | Digue<br>Achévé           | J | E | T | E | E              |
|  |   |                     |                |                 |   |                 | de jade sur la Lune<br>Doulueur musculaire<br>TSF | L                                     | A | P | I | N                               | Raides<br>Répand          | R | U | D | E | S              |
|  | C   | R                   | A              | M               | P | E               |   | Isolées<br>Existera                   | S | E | P | A                               | 3                         | R | E | E | S | Près de Dieppe |
| Prêtre<br>Parfum   | A   | B                   | B              | E               |   |                 | Châtie  | S                                     | E | V | I | T                               | Midi<br>Femme douée       | S | U | D |   |                |
|  | O   | D                   | E              | U               | R |                 | Sensible<br>Métal précieux                        | E                                     | M | O | T | I                               | F                         |   |   |   |   |                |
|  |   |                     |                |                 |   |                 |   |                                       |   |   |   |                                 |                           |   |   |   |   |                |
| Sert à atterrir<br>Poursuit une comète   | I   | L                   | S              |                 |   |                 | Coupe   | P                                     | R | E | L | E                               | V                         | E |   |   |   |                |
|  | R   | O                   | S              | E               | T | T               | A   | Produit par le foie                   | U | R | E | E                               |                           |   |   |   |   |                |



**G<sub>1</sub> R<sub>2</sub> A<sub>3</sub> I<sub>4</sub> L<sub>5</sub>** Gravity Recovery and Interior Laboratory, était composé de deux sondes : Ebb et Flow. Depuis leur lancement en septembre 2011, elles ont pris plus de 115.000 images de la Lune et ont également collecté un grand nombre de données sur le champ de gravitation du notre satellite naturel, qui ont permis d'établir une carte. Ceci apporte de nouveaux éléments pour une meilleure compréhension de sa formation et de son évolution, mais aussi de celle de la Terre et des autres planètes rocheuses du système solaire. Ebb et Flow ont percuté une montagne au niveau du pôle nord de la Lune à la vitesse de 1,7 km/s le 17 décembre 2012. La NASA a baptisé le site d'impact en l'honneur de Sally Ride, première femme astronaute américaine à avoir voyagé dans l'espace, décédée en juillet 2012 et qui avait contribué au succès de cette mission.

# Jeux

|  |                              |                       |                                     |                                   |                             |                           |                              |   |        |                            |
|--|------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|---|--------|----------------------------|
| Conté de Californie                          | Adjectif démonstratif        | Amusé                 | Tasses                              | Petit cervidé                     | Excessif                    | Nobélium                  | Donner un apprêt             | Réaction interne au Soleil<br>Bonnes gardiennes | UTC +1 | Premier                    |
| Abordons<br>1ère page                        |                              | 1                     |                                     |                                   |                             |                           | Mélée<br>Chers               |   |        |                            |
|  |                              | Enviaient<br>Attachai |                                     |                                   |                             | 2                         |                              |   |        |                            |
| Fabriqué par le Soleil                       | Règles<br>Libère d'une dette |                       |                                     |                                   | Manquer<br>Cochonne         |                           |                              |   |        | Différent<br>Contestée     |
|  |                              |                       | 9                                   | Gri-gri<br>Déchaussées            |                             |                           |                              |   |        |                            |
| Réfutai<br>Mézigue                           |                              |                       |                                     | Appeler<br>Groupe d'êtres vivants |                             |                           |                              | Ok<br>Lames                                     |        |                            |
|  |                              |                       | Promenade<br>Attirent les électrons |                                   |                             |                           | Grefte<br>Détienne           |   |        |                            |
| Equerre<br>Liée aux taches solaires          |                              | Associé<br>Effectuées |                                     |                                   |                             |                           | Vérifié<br>Elément d'atome   |   | 3      |                            |
|  |                              |                       |                                     |                                   |                             | Fille du frère<br>Absorbe |                              |   | 4      | Brûles                     |
| Se fait taper dessus                         | Sans pied<br>Terme de blason |                       |                                     |                                   | Plante stimulante<br>Etendu |                           |                              |   |        | Défaut de respiration<br>8 |
|  |                              |                       |                                     |                                   |                             |                           | Récipient<br>Numéro d'Uranus |   |        |                            |
| Structure de confinement de plasma<br>Fruits |                              | 5                     |                                     | Abris                             |                             |                           |                              | Rouge et sucré<br>Trois fois                    |        |                            |
|  |                              |                       |                                     | Maintins<br>Note                  |                             | 6                         |                              |   |        | 7                          |
| Vieille colère<br>Divinités                  |                              |                       | Désert de pierres                   |                                   |                             | Sort de table             |                              |   |        |                            |
|  |                              |                       |                                     |                                   |                             | Débuts de repas           |                              |   |        | 10                         |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

## Un projet de l'ESA

L'ESA développe plusieurs missions "Sentinel" pour répondre au besoin de ce nouveau projet.

Ces missions emporteront des technologies radar et d'imagerie spectrale pour la surveillance des terres, des océans et de l'atmosphère de notre planète.

*Solution dans le n°71 de juin*

**Michel**

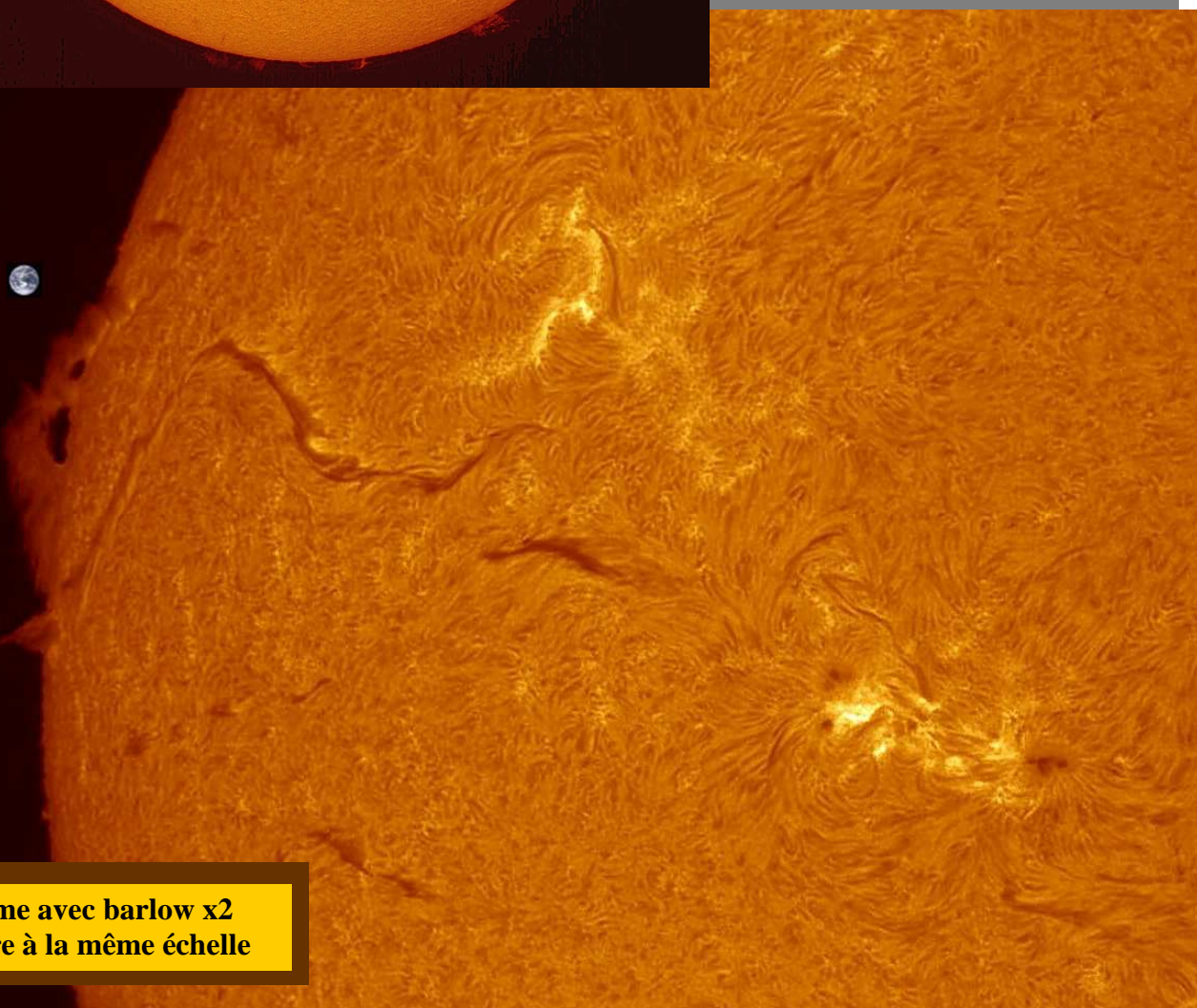
# Galerie



**Soleil**

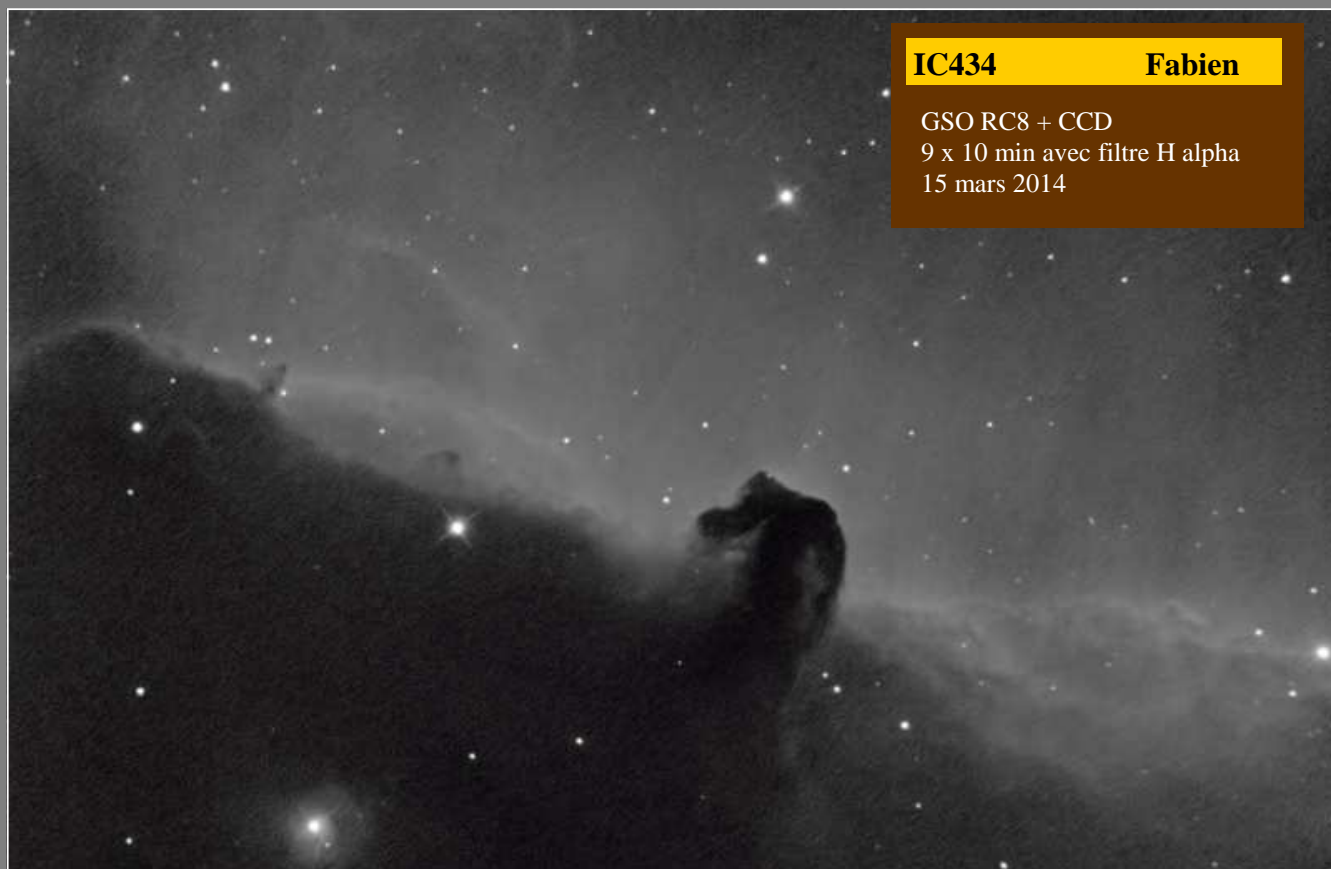
**Lionel**

Lunt 60 double stack  
12 mars 2014



**La même avec barlow x2  
la Terre à la même échelle**

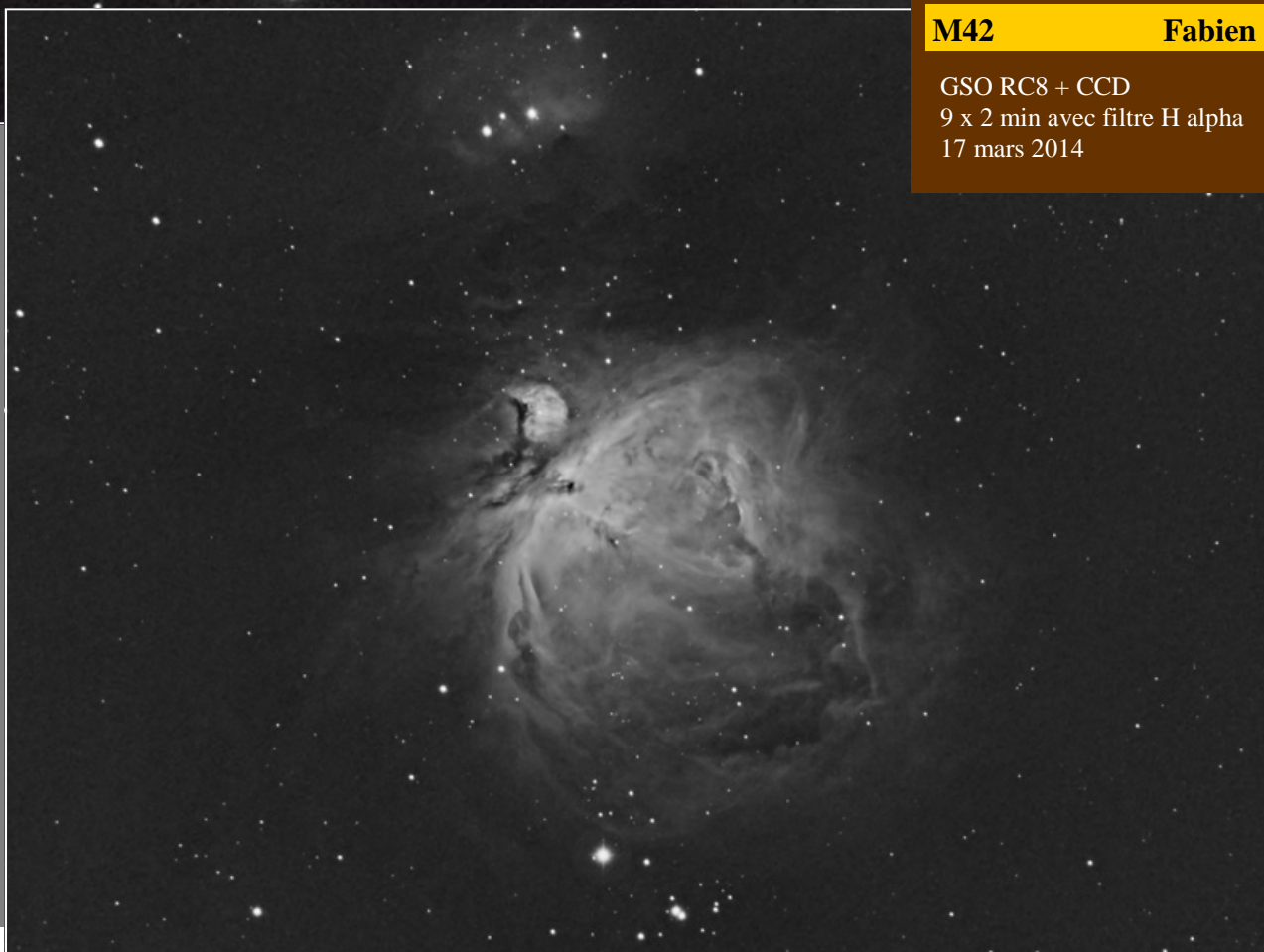




**IC434**

**Fabien**

GSO RC8 + CCD  
9 x 10 min avec filtre H alpha  
15 mars 2014



**M42**

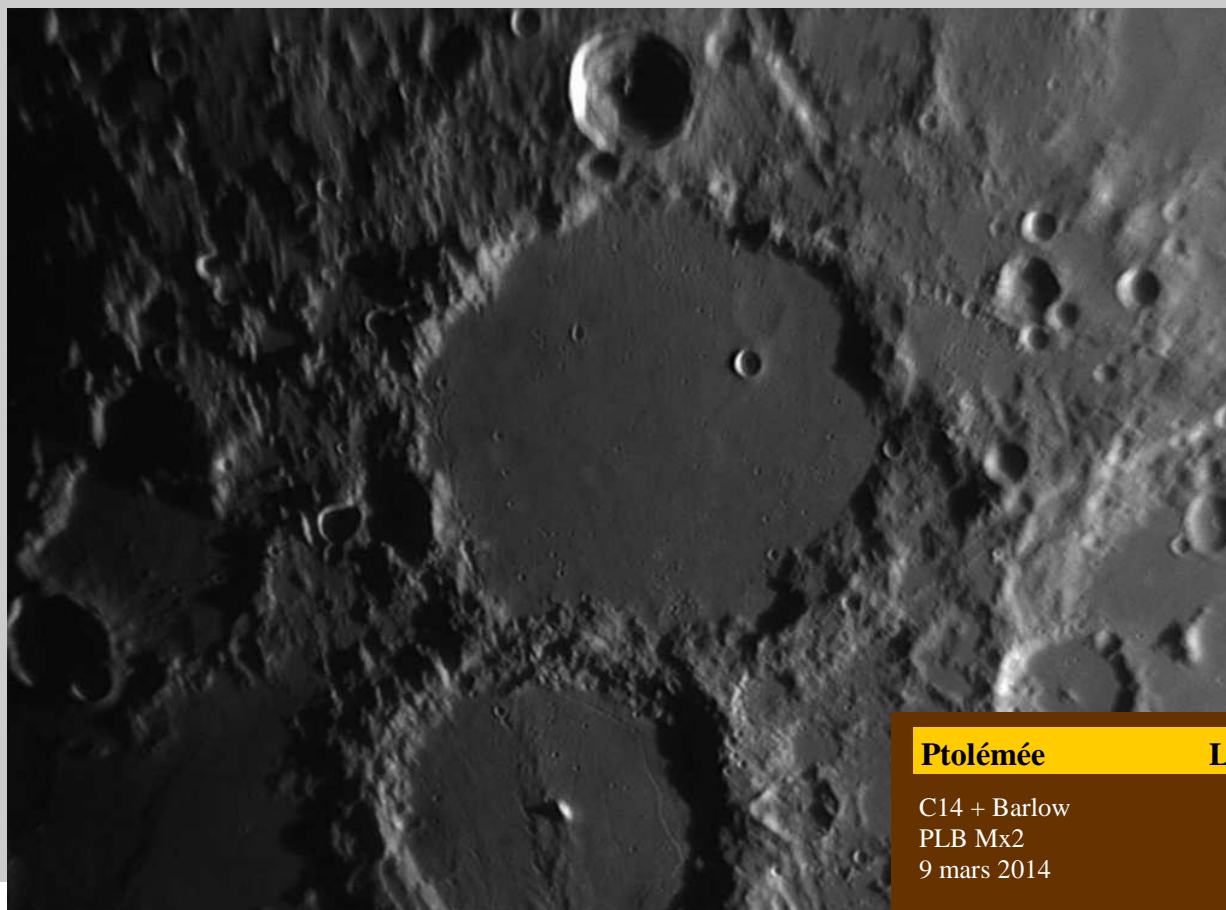
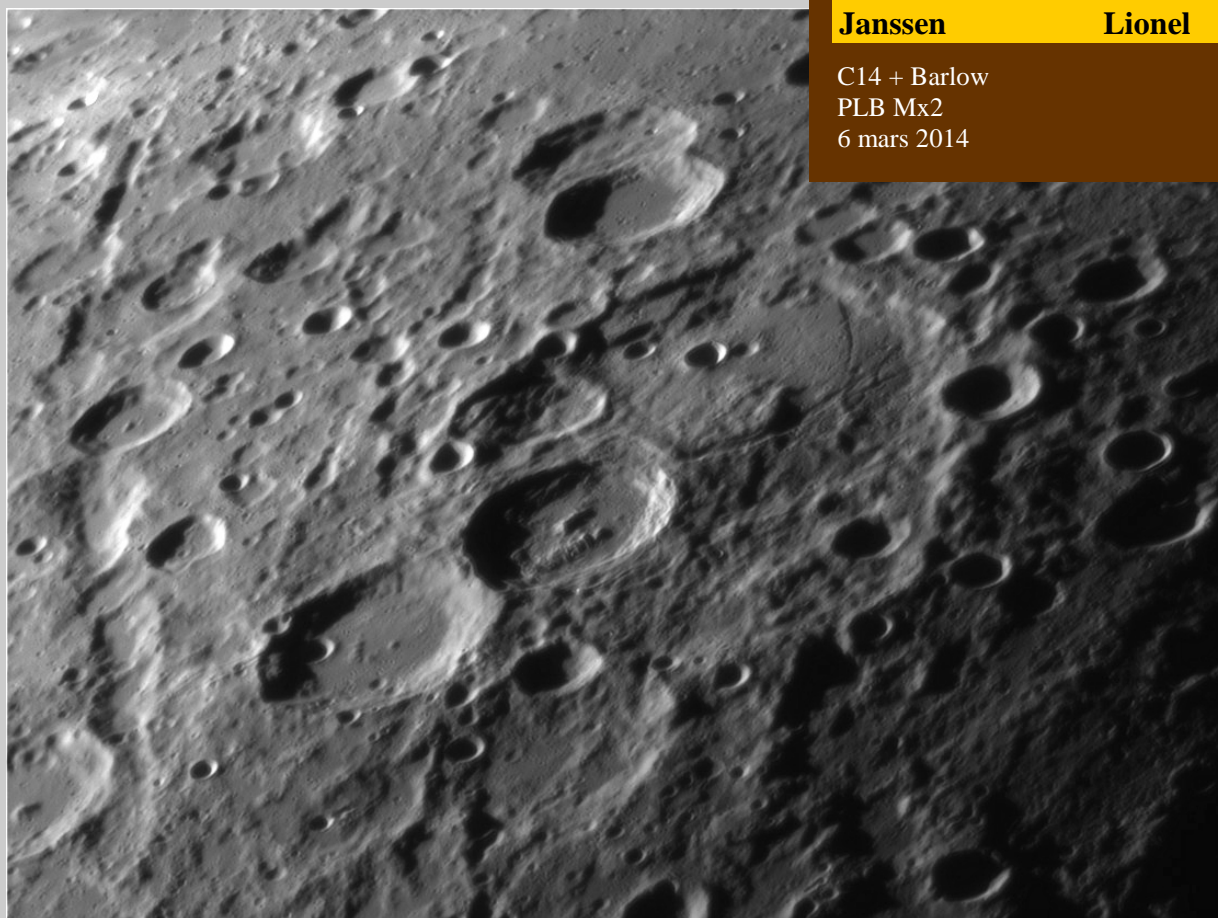
**Fabien**

GSO RC8 + CCD  
9 x 2 min avec filtre H alpha  
17 mars 2014

**Janssen**

**Lionel**

C14 + Barlow  
PLB Mx2  
6 mars 2014



**Ptolémée**

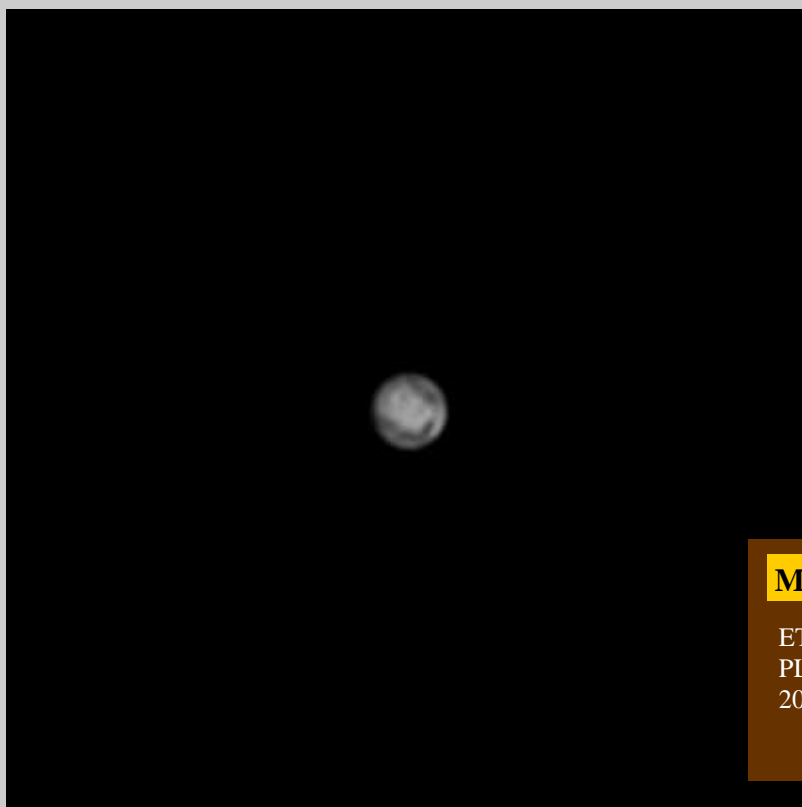
**Lionel**

C14 + Barlow  
PLB Mx2  
9 mars 2014



**Jupiter et Callisto**     **Lionel**

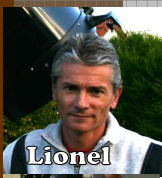
C14 + Barlow  
PLB Mx2  
22 février 2014  
Bonville



**Mars**     **Philippe**

ETX 90 + Barlow  
PLA Mx + filtre IR  
20 mars 2014

**Albireo78**  
saison 2013-2014



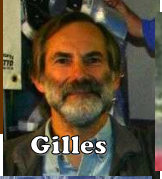
Lionel



David



Sébastien



Gilles



Maguy



Christian



Philippe



Pierre



Michel



Stéphane



Alain



Willy



Dominique



Jean-Claude



Marie-Claire



Fabien



Jean-Claude



Christiane



Simone



Jean-Pierre



Guy



Henri



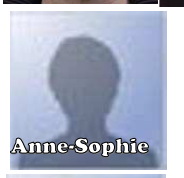
Bruno



Jean



Serge



Anne-Sophie



Nicolas



Francis



Bruno



Florence



Christophe



Jean-François



Jérôme



Marie-Christine

Sortie du n°71 : juin 2014



www.albireo78.com

**Albireo<sup>78</sup>**

**Siège social**

18 rue du 11 novembre  
78690 Les Essarts le Roi  
Mail : albireo78@dbmail.com

**Président**

Lionel Bourhis  
34 rue du four à chaux  
28700 Bleury

**Ont participé au n°70**

Michel Gantier  
Lionel Bourhis

**Imprimé à Chartres**

Chartres Repro  
5 rue du Maréchal Leclerc  
28110 Lucé

