

L'ALBIREOSCOPE

www.albireo78.com

Biographie d'une équation

$$E = mc^2$$

Michel

SOMMAIRE

I DOSSIER

$$E = mc^2$$

Biographie d'une équation

20 AL78 Bételgeuse b 34 la lune 60
les 1^{res} images

22 C'est arrivé ce jour-là...
les anniversaires 38 Mots croisés
d'avril

28 l'astrolabe 40 Galerie photos

Au début du XX^{ème} siècle, une simple formule $E=mc^2$ composée de quatre symboles allait permettre de comprendre comment le monde est né, et comment il fonctionne...

Il y a tout juste un siècle, une formule composée de quatre symboles voyait le jour. Sa géniale simplicité nous a permis de comprendre comment le monde est né, et comment il fonctionne. Elle nous a permis d'accéder aux secrets les plus intimes de la matière et aussi aux régions les plus éloignées de notre univers. Son auteur était un tout jeune homme : **Albert Einstein**. Grâce à une extraordinaire intuition, il est parvenu à dépasser tous ceux qui l'avaient précédé. Ce document raconte l'histoire de ce génie de la physique et aussi celles de savants qui, au cours des siècles passés, ont contribué à l'édification de sa théorie mais c'est aussi une histoire d'amour, heureuse ou contrariée, d'ambition et de trahison.

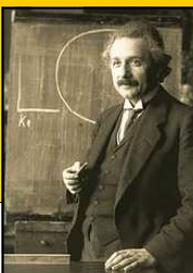


Albert Einstein (1931)

$$E = mc^2$$

est une des équations les plus importantes de l'histoire, et certainement la plus célèbre !

Albert Einstein est né le 14 mars 1879 à Ulm (Empire Germanique) et décédé le 18 avril 1955 à Princeton Hospital (New Jersey - USA). Il est considéré comme un des pères de la physique moderne et son nom est souvent considéré comme un synonyme de « génie ».



Albert Einstein (1921)

Si nous avons tous entendu parler de l'équation d'Einstein, nous sommes en fait très peu à en comprendre la signification.

En réalité, l'équation $E = mc^2$ est tellement remarquable qu'Einstein lui-même n'était pas entièrement sûr de sa pertinence. Mais les Dieux ne se moquaient pas d'Einstein. Guidé par une géniale inspiration, il va faire aboutir tout le travail de ceux qui l'ont précédé, les scientifiques qui se sont battus et ont même donné leur vie pour révéler chaque élément de l'équation. L'histoire de $E = mc^2$ commence longtemps avant Einstein, avec la découverte de **E**, pour **énergie**. Au début du 19^{ème} siècle, les physiciens ne pensaient pas encore en ter-

me d'énergie mais en terme de puissances individuelles : des forces déconnectées, sans rapport les unes avec les autres (la puissance du vent, la force d'une porte qui se ferme, le craquement d'un éclair...). L'existence d'une énergie globale et unificatrice derrière toutes ces forces reste à révéler. Et c'est la détermination d'un homme modeste à comprendre les mystères de la nature qui va commencer à changer tout cela. Le jeune **Michaël Faraday** détestait son métier. Cet homme sans instruction, fils de forgeron, aurait du être heureux d'avoir pu



Michael Faraday est né le 22 septembre 1791 à Newington Butts (Angleterre) et décédé le 25 août 1867 à Ampton Court (Middlesex - Angleterre). Ses plus grands travaux connus concernent l'électricité ; il a donné son nom au Farad, unité de capacité électrique, et on lui doit la fameuse « cage de Faraday » et le moteur électrique mais c'était aussi un bon chimiste (il a découvert le benzène...).

devenir apprenti relieur, mais Faraday ne rêvait que d'une chose : le savoir. Il lisait tout ce qui lui passait entre les mains, et développait une passion pour la science. Il consacrait tout son temps libre et son maigre salaire à s'instruire et il était sur le point de faire un voyage extraordinaire dans le monde invisible de l'énergie. En effet, impressionné par Faraday, un des clients du jeune relieur va lui offrir un billet qui va changer sa vie.

Au début du 19^{ème} siècle, la science était une occupation de gentlemen, ce que Faraday n'était pas. Il avait une éducation rudimentaire. Cependant, il lisait beaucoup et allait aux conférences publiques ; mais en 1812, il a reçu un billet pour aller écouter Sir Humphrey Davy, le plus éminent chimiste de l'é-



Statue de Davy dans sa ville natale de Penzance (Cornouailles)

poque. En ces temps, les scientifiques sont considérés comme des vedettes et leurs conférences sont très courues : les places sont donc rares. Et Davy raffole de la célébrité. Il est adepte de la dernière mode : oxyde nitreux ou gaz hilarant (Protoxyde d'azote N_2O : classe des anesthésiques généraux, et catégorie des hallucinogènes) .



Image satirique des conférences de la « Royal Institution »

Davy affirme y trouver tous les bénéfices de l'alcool sans la gueule de bois. « *L'électricité, mesdames et messieurs, est une bien curieuse force capable de défaire le mélange déroutant des substances qui nous entourent et de produire des éléments d'une pureté étonnante.* »

Davy était un scientifique de premier ordre mais beaucoup diront que sa plus grande découverte reste Michael Faraday. En effet, Faraday n'est peut-être pas de noble extraction mais il ne laissera pas la barrière de classe l'empêcher de poursuivre une carrière scientifique ; il passe des nuits entières à relier ses notes de conférence pour son nouveau héros et lui présente.

« *Oui... Excellent travail Faraday. Dites-moi, que comptez-vous faire de votre vie ?* »

« *Mon souhait, Monsieur, est de me mettre au service de la science, laquelle j'imagine, ne peut que former des êtres aimables et ouverts.* »

« *Aimables et ouverts... Eh bien, quelques années d'expérience viendront modifier à coup sûr ce point de vue... Ecoutez, je n'ai rien pour vous en ce moment, si quelque chose se présente, je vous en aviserai.* »

Malgré cet échec humiliant, Faraday est décidé à



échapper à sa condition et sa patience va être récompensée après un accident de Davy dans son laboratoire.

« *Young man, voici Michael Faraday, il m'assistera pendant ma convalescence. Ce jeune homme est bon chrétien, paraît-il. Peut-être qu'avec Dieu et Faraday en charge de ces produits chimiques nous travaillerons en paix.* »

« *Merci professeur Davy !* »

« *Bienvenue Faraday !* »

« *Merci à vous et merci professeur.* »

« *Faites seulement ce qu'on vous demande et tout ira bien Faraday.* »

Devenu assistant de laboratoire, il absorbe avidement la moindre miette de savoir que Davy daigne lui transmettre. Mais avec le temps, l'élève va arriver à surpasser le maître. Le grand sujet du moment est l'électricité. La pile vient d'être inventée. Toutes sortes d'expériences sont réalisées mais personne ne comprend vraiment ce qu'est cette étrange force : l'électricité. Les autorités académiques de l'époque imaginaient l'électricité comme un fluide circulant à



Pile électrique

travers un tube en s'y frayant un passage. Mais en 1821, un chercheur danois montre que si l'on fait passer du courant électrique dans un câble avec à côté une boussole, le courant dévie l'aiguille à angle droit. C'est la première fois que les chercheurs voient l'électricité affecter un aimant. C'est le premier élément indiquant que deux forces qu'on estimait jusque là totalement distinctes sont unies par un lien inexplicable. Pourquoi la boussole est-elle déviée à angle droit et, d'ailleurs, pourquoi l'électricité affecte-t-elle la boussole ? Comme bien d'autres, Davy est confondu.



Mais pour Faraday, le sujet tourne à

l'obsession. Sa fascination trouve son origine dans la foi car en résolvant le problème, il espère comprendre les secrets de Dieu. Il y avait à Londres un petit groupe presque persécuté, les sandémانيين ; c'était un groupe religieux plutôt qu'une secte, un peu comme les quakers, et Faraday en était membre. Des gens doux qui pensaient que sous la surface de la réalité, tout avait été créé par Dieu de façon unifiée et qu'il suffisait d'en soulever un coin pour voir comment tout était relié. Michael Faraday, comme Einstein, pensait en terme d'image. Faraday était différent des autres, il savait comprendre ses expériences, comprendre ce qui se passait à l'intérieur. En déplaçant méthodiquement la boussole autour d'un câble électrisé, Faraday remarque un schéma récurrent. A l'époque, on enseignait que les forces voyageaient en ligne droite mais Faraday a imaginé que des lignes de force invisibles circulaient autour du câble électrique, puis a imaginé que l'aimant avait des lignes



similaires, et qu'elles étaient prises dans ce flux comme un drapeau dans le vent. Mais la véritable trouvaille du jeune chercheur est d'avoir inversé l'expérience. Au lieu de dévier la boussole avec un câble élec-

trique, il essaye de déplacer le câble avec un aimant statique. C'est l'expérience du siècle, l'invention du moteur électrique. Prenez des aimants et des câbles beaucoup plus grands, attachez-y des poids lourds et ils seront entraînés. Plus important encore, il invente un nouveau type de physique ; Faraday ne s'en rend pas compte mais il vient d'inventer un principe fondamental : les produits chimiques de la pile ont été transformés en courant électrique dans le câble et cette électricité s'est combinée à l'aimant pour produire une force mécanique et produire un mouvement. Derrière toutes ces



Le conducteur électrique plongeant dans un bol de mercure peut tourner librement autour de l'aimant placé au fond du bol.

forces, il y a une énergie commune. Quelques mois plus tôt, Davy avait été élu président de la Société Royale, le corps d'élite de la science britannique, et il a vu cette découverte majeure publiée dans le *Quarterly Journal of Science*. Était-il envieux ? Mais il savait sûrement que son ancien assistant, ce simple fils de forgeron, avait fait l'une des plus grandes découvertes de l'ère victorienne. Davy accuse Faraday d'avoir plagié les travaux d'un autre imminent scientifique britannique : William Wollaston. Faraday est cependant élu à l'institution royale. Davy meurt cinq ans après, victime de ses nombreuses inhalations gazeuses.

Plus tard, l'univers des forces invisibles de Faraday aboutira à une nouvelle compréhension de l'énergie car il vient d'initier ce qu'Einstein appellera « la Grande Révolution ». C'est dans cet univers passionnant de l'énergie que ce dernier va grandir. Le père et l'oncle d'Albert voulaient faire fortune en éclairant toutes les rues d'Allemagne grâce à l'électricité. Dès son plus jeune âge, il adorait regarder les machines et voir comment elles fonctionnaient. A l'école, il ne s'intéressait qu'à la physique, aux maths, à la philosophie et au violon ; tout le reste l'ennuyait. Ses professeurs s'évertuent cependant à lui faire admettre que non seulement l'énergie peut-être convertie d'une forme dans une autre comme le proposait Faraday mais encore que toutes les formes d'énergie ont été découvertes. Einstein va leur prouver le contraire en découvrant une nouvelle énergie, cachée là où nul autre scientifique n'a pensé à la chercher : au cœur même de la matière.

Un siècle avant la naissance d'Albert Einstein, la France est encore une monarchie absolue. Le roi Louis XV règne sur un pays qui croule sous les impôts et les privilèges de l'aristocratie mais c'est aussi une période d'effervescence intellectuelle qui dessine un nouvel horizon. *L'époque des lumières* est celle où le progrès humain passe par la science, où pour décrire le monde on a besoin de la classification, de la nomenclature. Il faut classer, nommer afin de comprendre

les différents éléments, la nature du monde et ses transformations. **Antoine Lavoisier** a grandi parmi les plus grands esprits scientifiques de son temps et voue une passion particulière à la chimie. A 24 ans, il est devenu un des fermiers généraux qui, pour le compte du roi, perçoivent les impôts auprès du peuple. Cela ne l'empêche pas d'essayer de parfaire la connaissance du monde naturel,

Laboratoire de Lavoisier au musée des Arts et Métiers



Lavoisier (Palais du Louvre)

aussi donner des leçons de dessin pour qu'elle puisse illustrer ses dessins dont ceux du *Traité Élémentaire de Chimie* dont il fait les planches.

Dans la société de l'Ancien régime, l'Académie des Sciences a pour fonction de dire la science. Les scientifiques, comme Marat, proposent à l'Académie leurs travaux. L'Académie les expertise et les valide éventuellement.

« Ah monsieur Marat ! »

« Monsieur, J'ai inventé un système qui projette une image de la substance du feu sur un panneau. Vous voyez... Quand une lanterne est placée devant une flamme, un motif se met à briller au dessus de la flamme. Mon système peut rendre la substance du feu visible. »

« Avez-vous recueilli cette substance du feu ? Avez-vous réussi à la piéger, à la mesurer ? »

« Euh...Bien...Non... Mais elle est visible ! »

« Je suis désolé mais là, vous manquez de mesure exacte, de précision, d'observation aboutie et en raisonnement rigoureux, ce ne sont que des conjectures, ce qui est loin de la Science ! »

« Je ne suis pas un fervent de conjectures, Monsieur ! »

« Ah non ! Excusez-moi, je vous prie, je suis extrêmement occupé aujourd'hui. Merci. »

« Et ce sera tout ? Bien le bonjour Monsieur ! »

En 1779, 10 ans avant la Révolution, les travaux de Marat ne sont pas reconnus par l'Académie des Sciences. Marat va en concevoir une haine qui, plus tard sous la Révolution, va aboutir à la suppression des Académies.

« Laissez-moi deviner Marat... Ce grand scientifique du roi, ce despote a décrété que votre invention n'est pas conforme à la version de la vérité établie par l'Académie. »

« Lavoisier, il ne sait parler que de faits. La vérité l'obsède plus que tout. »

« Ecoutez-moi, mon ami... Elles se ressemblent toutes, ces académies royales ! Elles insultent la liberté de penser. Ils s'imaginent être les seuls arbitres de la vérité ; ils sont pourris jusqu'à la moelle, tout comme les au-

Antoine Laurent de Lavoisier, né le 26 août 1743 à Paris et guillotiné le 8 mai 1794 à Paris. C'est la père de la chimie moderne : ses expériences ont permis de montrer que « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

ni de tenter de comprendre comment la matière est constituée.

En 1771, Lavoisier épouse Marie-Anne Paulze, fille d'un des directeurs de la Ferme Générale.

Professionnellement, Lavoisier est d'abord fermier général, à savoir banquier de l'état et collecteur d'impôt ; il est membre de l'académie des sciences deux fois par semaine et, l'après-midi, il est surtout chimiste. Quant à Madame Lavoisier, elle participe à sa façon aux travaux de son mari car il lui a fait donner des leçons de chimie et des leçons d'anglais afin qu'elle



Lavoisier et sa femme

Marie-Anne Pierrette Paulze, née le 20 janvier 1758 à Montbrison, et décédée le 10 février 1836 à Paris. C'est elle qui a fait publier les mémoires inachevées de son mari après son exécution en 1794.

puisse traduire la chimie anglaise. Il lui a fait

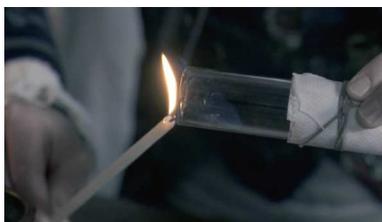
tres... tentacules du Roi ! Le peuple, c'est lui qui saura distinguer le vrai du faux. »

Pour Lavoisier, la science reine, ce sont les mathématiques. Son but permanent est que la chimie atteigne le niveau de rigueur des mathématiques. Et le samedi, qu'il appelle son jour de bonheur, est le jour où il reçoit ses collègues scientifiques pour partager les expériences.

« Messieurs, j'ai pour ambition de démontrer que la nature est un système fermé, que dans toute transformation, même si la quantité de matière et de masse est importante, rien ne se perd, rien ne se crée. Suivez-moi, je vous prie... Au préalable, je chauffe une quantité d'eau précise jusqu'à évaporation. La vapeur traverse un canon à fusil incandescent enfui dans les braises. A l'autre bout, nous refroidissons la vapeur et premier constat : nous récoltons moins d'eau que nous en avons au départ. Il est clair que nous avons perdu une certaine quantité d'eau. Cependant nous avons récolté un gaz, et le poids de notre canon à fusil a augmenté. Or, quand nous combinons ces deux augmentations du nouveau poids du canon à fusil et du gaz que nous avons récolté, le résultat est exactement égal au poids de l'eau que nous avons perdu. »

« Mais, est-ce de l'air atmosphérique, monsieur Lavoisier ? »

« Non, parce que je le mesure avec soin jusqu'au dernier grain et je constate qu'il est plus léger que l'air qui nous entoure et de plus, il est inflammable... Voilà ! »
pfuff



Lavoisier vient de décomposer l'eau et il a obtenu d'un côté l'oxygène qu'il appelle « air vital », capté par le canon à fusil, et de l'autre l'hydrogène qu'il appelle « air inflammable » et qu'il a recueilli dans un gazomètre. Il pèse donc le canon à fusil (accru de la masse de l'oxyde qui s'est fixé dessus) puis celle de l'hydrogène et cette masse totale représente exactement la masse de l'eau qui a été consommée. Rien ne s'est perdu, la matière s'est seulement transformée. Et il lui reste

maintenant, pour le prouver, à opérer l'expérience inverse, c'est à dire partir de l'hydrogène et de l'oxygène pour recomposer à l'eau.

Le **grain** est une ancienne unité de masse représentant un soixante-douzième de gros, valant environ 53,114 mg en France (division de la livre de Paris). C'est sensiblement la masse d'un bon grain d'orge ou de froment.

La grande originalité de Lavoisier est d'avoir recours à une instrumentation de précision, d'une qualité jamais obtenue auparavant. Lavoisier a l'argent pour financer ses recherches et en l'occurrence fait fabriquer des instruments spécialement adaptés à ses besoins par les meilleurs constructeurs d'instruments scientifiques. C'est ainsi qu'il fait fabriquer des gazomètres afin de recueillir le gaz mais aussi de le peser avec une très grande précision de l'ordre du grain, c'est à dire 50 mg ce qui, pour l'époque, était tout à fait exceptionnel. En quelques années, Antoine Lavoisier a fait de son laboratoire un haut lieu de la chimie moderne. Il est l'auteur de centaines d'expériences qu'il a fait en chauffant, corrodant, mélangeant, ou enflammant tous les matériaux possibles. Grâce aux instruments de haute précision qui lui permettent de mesurer scrupuleusement



Les travaux de Lavoisier ont même été traduits en japonais



les liquides, les poudres, les gaz produits lors de ses expériences, il démontre que lors

de ces transformations, aucune masse ne disparaît. Les liquides peuvent bien devenir des gaz, les métaux se corroder, le bois se transformer en cendre, rien ne perd, rien ne se crée et tout se transforme. Et la révolution chimique entreprise par Lavoisier trouve son couronnement lorsqu'il parvient à combiner l'hydrogène et l'oxygène pour former de manière synthétique, et pour la première fois, de l'eau. Quand la Révolution éclate en 1789, Lavoisier vient de publier le traité élémentaire de chi-



mie, catéchisme de cette nouvelle science. Favorable à la révolution, il met à la disposition du nouveau pouvoir ses compétences de financier et de chimiste. Il va donc travailler à des travaux collectifs pour l'état, l'essentiel étant la réforme des poids et mesures qui va conduire au système métrique.

A l'automne 1793, peu après l'assassinat de Marat, le gouvernement révolutionnaire impose la terreur. Les aristocrates et les riches sont alors directement menacés. Quelques mois plus tard, les fermiers généraux



La mort de Marat (tableau réalisé en 1875 par Santiago Rebull)



qui avaient collecté l'impôt pour le roi sont mis en état d'arrestation. Tous sont condamnés à mort à l'issue d'un procès rondement mené. Le 8 mai 1794, Antoine Lavoisier est exécuté avec ses vingt-sept collègues fer-

miers généraux en moins de 35 minutes. Mais ce qu'a fait Lavoisier est absolument essentiel à la science en particulier à $E=mc^2$, car ce qu'il dit, c'est que si l'on prend un petit bout de matière, on peut le diviser, le recombinaison, lui faire faire tout ce qu'on veut, mais la matière elle-même ne disparaît pas. Par exemple, si la foule brûle et rase entièrement Paris, broie les briques et réduit les immeubles en fumée, si vous avez un grand dôme au dessus de Paris et que vous pesez la fumée, les cendres, les débris de toute sorte, vous obtiendrez exactement la masse initiale de la ville et de l'air qui l'entourait. Rien ne se perd !

Un siècle plus tard, la nature tout entière a été divisée en deux grands domaines :

- l'énergie, les forces qui animent les objets et la masse,
- et la matière physique dont se composent ces objets.

La science du 19^{ème} siècle repose entièrement sur ces deux puissants piliers ; les lois qui gouvernent la première ne s'appliquent pas à l'autre. Mais Albert Einstein, jeune étudiant en physique, ne peut se satisfaire de cette contradiction.

Pour être physicien, il faut d'abord croire que la matière, ou même l'univers, nous sont (en partie) intelligibles. Et ce principe d'intelligibilité de la matière est ce en quoi croit Einstein et qui le fascinait, car il voulait découvrir les lois qui pilotent l'univers aussi bien à l'échelle microscopique qu'à l'échelle cosmologique. D'après ses lettres, nous savons qu'à 16 ans déjà, Einstein était littéralement obsédé par la nature de la lumière. Il harcelait tous les gens à qui il parlait, ses amis, ses collègues et même Mileva Maric, sa petite amie et future épouse, avec cette question : qu'est-ce que la lumière ?

« Dites-moi... Que verrai-je si je chevauchai un rayon de lumière ? »

« Un rayon de lumière ? Et quelle méthode utilisez-vous pour chevaucher un rayon de lumière ? »

Cette quête incessante de la lumière va en-

traîner une révolution scientifique car avec la lumière, Einstein va réinventer l'univers et trouver un chemin secret réunissant l'énergie et la masse.

La lumière se propage extraordinairement vite (approximativement 300.000 km/s) et c'est pourquoi les scientifiques utilisent le terme **c** pour *celeritas*, la vitesse en latin. La vitesse de la lumière a été mesurée bien avant le 19^{ème} siècle mais personne ne connaît vraiment la nature de la lumière or, en Angleterre, un homme que nous avons déjà rencontré a sa petite idée sur la question. A près la mort de Sir Humphrey Davy, Michael Faraday est devenu le professeur Faraday, un des plus grands savants du monde. Sa théorie selon laquelle l'électricité et le magnétisme sont deux aspects d'un même phénomène qu'il nomme électromagnétisme, n'est pas encore pleinement acceptée du milieu scientifique mais Faraday a

lectricité coure le long d'un fil, elle crée un peu de magnétisme. Mais cette charge magnétique, en se déplaçant, crée aussi un peu d'électricité. Electricité et magnétisme s'entremêlent comme une tresse sans fin. Ils sont continuellement en mouvement. C'est merveilleux ! Michael, il y a quelque chose de crucial dans les calculs ; cette électricité produisant du magnétisme et le magnétisme produisant de l'électricité... Tout ça ne peut arriver qu'à une



James Clerk Maxwell : né le 13 juin 1831 à Edimbourg (Ecosse) et décédé le 5 novembre 1879 à Cambridge (Angleterre). Il a unifié en un seul ensemble d'équations l'électricité et le magnétisme. Il a aussi réalisé la première photographie en vraie couleur et a produit un essai théorique sur la stabilité des anneaux de Saturne, confirmé de manière expérimentale avec la sonde Voyager dans les années 1980.

vitesse particulière en fait. Les équations sont très claires : on tombe sur le même nombre, cela donne 300.000 km/s. C'est la vitesse de la lumière ! Et vous aviez raison sur toute la ligne, la lumière est une onde électromagnétique. »

Maxwell a prouvé la théorie de Faraday : l'électricité et le magnétisme sont deux aspects d'une unité plus vaste, une force désormais appelée électromagnétisme et qui se propage à 300.000 km/s. Dans sa forme visible, ce n'est rien d'autre que la lumière elle-même. Et rien ne fascine plus le jeune Einstein que la lumière.

« Les équations de Maxwell contiennent un incroyable postulat : selon elles, on ne peut pas rattraper un rayon de lumière. Même en voyageant à 300.000 km/s, vous verrez encore la lumière avancer devant vous à 300.000 km/s ! »

Le jeune homme Einstein commence à comprendre que la lumière ne ressemble à aucune autre onde. Il est sur le point de pénétrer dans un univers surréaliste où l'énergie, la masse et la vitesse de la lumière s'entremêlent de façon totalement insoupçonnée. Mais il reste un élément mathématique dont il va

La vitesse de la lumière : la première mesure indépendante d'une autre mesure a été réalisée par Hippolyte Fizeau en 1849 avec un dispositif à roue dentée en opérant entre Suresnes et Montmartre. La valeur trouvée est alors de 315.000 km/s, soit une erreur de + 5% ce qui, avec les moyens utilisés, est un très bon résultat pour l'époque .

une idée encore plus audacieuse à communiquer à son public.

« Que peut-on faire de tout ça ? Des lignes invisibles peuvent émaner de l'électricité dans un fil, ou d'un aimant, ou même du Soleil. Car je suis persuadé d'une chose : cette lumière, elle-même, est juste une forme de ce phénomène de lignes oscillantes d'électromagnétisme. »

Pendant 15 ans, il va tenter de convaincre les sceptiques que la lumière est une onde électromagnétique mais ses compétences en mathématiques sont trop limitées pour qu'il parvienne à prouver sa théorie, jusqu'à ce que quelqu'un lui vienne enfin en aide. Le professeur James Clark Maxwell croit en cette intuition clairvoyante et dispose de la connaissance mathématique nécessaire pour la démontrer. Maxwell et le vieux professeur Faraday deviennent amis.

« ... Tous vos travaux montrent que lorsque l'é-

avoir besoin : la simple élévation au carré.

Au début du 18^{ème} siècle, la science n'est pas encore parvenue à quantifier le mouvement de manière infallible. Et c'est un personnage

inattendu qui va apporter la contribution décisive à cette recherche, une jeune aristocrate de 16 ans, fille d'un des courtisans les plus en vue du roi Soleil : **Emilie du Chatelet**.

Emilie du Chatelet laissera



Gabrielle Emilie Le Tonnelier de Breteuil, marquise du Châtelet.

Emilie du Châtelet : née le 17 décembre 1706 à Paris, et décédée à Lunéville le 10 septembre 1749. Mathématicienne et physicienne, elle a traduit en français les « Principia Mathematica » de Newton.

une empreinte durable sur la science physique ; son audace et son ambition lui ont permis de publier, au début du 18^{ème} siècle, plusieurs traités scientifiques, chose inconcevable pour les femmes de cette époque. Sa traduction et son commentaire des Principia de Sir Isaac Newton (traité qui révolutionne la prose scientifique du monde) restera un ouvrage de référence jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle.

Madame du Chatelet est exceptionnelle ; d'abord, c'est une aristocrate qui a une grande conscience d'elle-même, de n'être pas comme les autres, et de pouvoir avoir des comportements différents. Puis aussi, elle décide d'être une grande savante, ce qu'aucune femme avant elle n'avait fait. Elle est un concentré d'excès. A 19 ans, Emilie épouse le général du Chatelet qui lui donne trois enfants ; après avoir abondamment profité des plaisirs de La Cour, elle décide de renouer avec les mathématiques de son enfance et c'est à un homme de science de premier plan, Pierre de Maupertuis, que reviendra l'honneur de lui enseigner les mathématiques les plus avancées. La jeune Emilie, qui n'a encore que 23 ans, a une liaison avec le professeur qui lui fait découvrir

Pierre Louis Moreau de Maupertuis est né le 28 septembre 1698 près de St Malo et mort à Bâle (Suisse) en 1759. Il fut un ardent défenseur des théories de Newton.

Newton. Elle tombe ensuite éperdument amoureuse de Voltaire, alors au firmament de sa gloire intellectuelle. Acerbe critique des obscurantismes scientifiques et religieux, Voltaire est régulièrement la cible du pouvoir

royal ; il connaît à plusieurs reprises la prison et il est parfois forcé à l'exil. C'est à Londres qu'il découvrira les travaux de Newton, et deviendra un de ses fervents avocats. Alors que Voltaire est à nouveau menacé, Emilie l'emmène hors de Paris,



Voltaire



Château de Cirey

dans son château de Cirey pour une retraite studieuse et voluptueuse. C'était entre eux, une union des cœurs et des esprits, puis évidemment des corps, qui ne s'est jamais dissoute. A la fin, c'est un couple étonnamment intellectuel, artistique, aimant le théâtre et en jouer qui va ainsi jouir de la vie de toutes les façons.

Emilie du Chatelet a eu ce désir extrême d'attirer à elle les plus grands hommes de son temps, mathématiciens, physiciens, et elle les suppliait alors de venir passer quelques temps à Cirey pour profiter de leur savoir pendant quelques jours. Mais Emilie va vite développer sa propre opinion. Contre l'avis de tous, elle ose même soupçonner une faille dans la grande théorie de Sir Isaac Newton. Ce dernier affirme que l'énergie d'un objet, la force avec laquelle il heurte un autre objet, est tout simplement égale à sa masse multipliée par sa vitesse. Grâce à ses travaux avec un mathématicien suisse, Sa-

muel Koëning, Emilie du Chatelet découvre une autre hypothèse, celle de Gottfried Leibniz. Il avance que les objets en mouvement sont dotés d'une sorte d'âme qu'il appelle *vis viva*, la force vive en latin. Beaucoup écartent



ses idées mais Leibniz est convaincu que l'énergie d'un objet est égale à sa masse multipliée par sa vitesse au carré. Elever quelque chose au carré est une procédure ancienne. Quand on dit qu'un jardin fait quatre au carré cela

Gottfried Wilhelm Leibniz : né à Leipzig le 1er juillet 1646 et décédé à Hanovre le 14 novembre 1716. Il a jeté les bases du calcul intégral et différentiel, et s'est même intéressé à l'arithmétique binaire, adoptée bien plus tard par nos ordinateurs. Son concept de force vive (*vis viva*) est une formulation de la conservation de l'énergie.

signifie qu'il fait quatre dalles de long sur quatre de large, donc le nombre total de dalles est égal à $4 \times 4 = 16$, et pour un jardin de huit au carré : $8 \times 8 = 64$ dalles... Cette énorme multiplication, cet accroissement au carré, se retrouve partout dans la nature.

Bien que l'opinion générale soit en faveur de



Newton, madame du Chatelet ne change pas d'avis et, finalement, une expérience réalisée par un scientifique hollandais, Willem's Gravesande, qui fait tomber des billes dans de l'argile, va lui donner raison.

« *Il a laissé tomber des billes de plomb dans de l'argile... Alors messieurs, voulez-vous faire un*

pari ? »

« *Des billes de plomb dans de l'argile ? Oh ! Quelle imagination !* »

« *... et bien la bille s'enfonce quatre fois plus qu'avant !* »

Il s'avère que c'est Leibniz qui a raison sur la meilleure façon d'exprimer l'énergie d'un ob-



jet en mouvement ; si vous conduisez une voiture à 30 km/h, il faut un

certain temps pour vous arrêter si vous freinez. Mais à 90 km/h, si vous freinez, il vous faudra non pas trois fois mais neuf fois plus de temps pour vous arrêter.

Quand Emilie du Chatelet publie en 1740 sa *proposition* de physique, cela fait un grand bruit dans le landerneau scientifique parce qu'elle a pris le parti de la force vive de Leibniz et elle adopte cette opinion ; c'est se poser contre Newton. Et Voltaire est Newtonien, et elle l'a même aidé dans ses travaux sur Newton, et il a donc un peu l'impression d'une trahison.

Par la suite, quand Madame du Chatelet apprend qu'elle est enceinte, elle n'a plus qu'une obsession : terminer avant son accouchement la traduction des *Principia* de Newton et de son commentaire très scientifique. Elle était saisie du pressentiment qu'elle allait

mourir et elle a pris la peine, le matin de l'accouchement, d'envoyer son manuscrit à la bibliothèque du roi pour qu'il soit conservé. Elle est morte quelques jours plus tard. Après sa mort, il faudra attendre un siècle

La marquise du Châtelet et Alexis Clairaut firent une traduction française des *Principia* sous le titre « *Principes mathématiques de la philosophie naturelle par feu Mme la marquise du Châtelet* ». Le nom de Newton ne figure pas sur la page de titre, mais des préfaces abondent : préface de l'auteur, préface de l'éditeur et aussi de Voltaire qui célèbre en prose et en vers les mérites de la traductrice. Lorsque cette première traduction française paraît, 70 ans se sont écoulés depuis la parution du texte original, et Newton est mort depuis 29 ans...

pour que la conviction d'Emilie du Chatelet selon laquelle l'énergie d'un objet est fonction du carré de sa vitesse soit acceptée, juste à temps pour permettre à Einstein d'utiliser cette géniale découverte pour enfin réunir l'énergie et la masse avec la lumière. Sans doute à cause de son indé-



Notons que c'est **Henri Poincaré** (1854-1912), en l'année 1900, qui est le premier à avoir découvert, mais sans l'expliquer, l'équivalence entre masse et énergie.

«... L'énergie électromagnétique se comportant donc au point de vue qui nous occupe comme un fluide doué d'inertie, on doit conclure que si un appareil quelconque après avoir produit de l'énergie électromagnétique la renvoie par rayonnement dans une certaine direction, cet appareil devra reculer comme recule un canon qui a lancé un projectile.... ». Poincaré termine son texte en indiquant qu'on ne pourrait pas mettre en évidence la force nécessaire pour maintenir en place le canon car cette force est bien trop faible (toujours à cause du facteur gigantesque c^2).

Pourtant un nouveau phénomène venait d'être découvert lorsqu'il écrivait ces lignes, qui allait permettre de vérifier par l'expérience la fameuse formule. Cette découverte, c'est la radioactivité.

pendance d'esprit, Einstein n'a pas pu obtenir de poste universitaire à la fin de ses études. Pour subvenir aux besoins de son couple, il accepte un travail d'expert de troisième classe, plutôt mal payé, à l'office fédéral de la propriété intellectuelle de Berne. Il est chargé d'examiner la pertinence des nouvelles inventions que proposent les ingénieurs. Assez vite, il se spécialise dans l'examen des brevets du do-

maine électromagnétique. Il avait lu les livres de Maxwell. Il avait une grande compréhension de la thermodynamique et de l'électromagnétisme et il était vraiment expert sur ces questions.

Il y avait chez Einstein quelque chose de charmant mais peut-être aussi d'égoïcentrique car il ne s'intéressait qu'à ses propres obsessions ; tant mieux si le reste du monde s'en arrange, sinon peu importe. Parmi les questions qu'Einstein étudie au bureau des brevets, il en est une qui lui paraît tout à fait intéressante. L'Allemagne s'était unifiée, les gens commençaient à prendre le train et il fallait qu'à l'intérieur d'un état, les heures soient les mêmes en tout point. Un voyageur partant d'une gare vers une autre ne devait pas avoir à régler sa montre à chaque étape. Les solutions proposées alors s'appuient sur l'électromagnétisme. Mais pour Einstein, cette théorie ne paraît pas satisfaisante.

« ... vos calculs sont justes, bien que peu conventionnels mais cela ne marche que pour les grands systèmes, tout s'effondre quand vous l'appliquez aux petits systèmes »

« Je veux savoir comment Dieu a créé ce monde... je veux connaître ses pensées... Le reste n'est que détail. »

« Je crains que la bonté divine ne soit pas très nourrissante »

Michel Besso, à l'époque un des meilleurs amis d'Einstein, est une des rares personnes qui partage son questionnement sur l'univers.

« Vous voyez cette horloge là-bas... »

« Oui »

Alors que Einstein et Besso débattent une fois de plus de la difficile synchronisation des horloges, Einstein a une intuition phénoménale.

« Merci, merci. Je viens enfin de comprendre comment résoudre le problème. Quand vous synchronisez deux horloges, c'est à dire que vous mettez leurs aiguilles à la même position, et que vous les éloignez l'une de l'autre,

c'est à dire qu'il y en a une qui est en mouvement par rapport à l'autre, les temps qu'elles indiquent vont se désynchroniser. Il va y avoir un phénomène de dilatation des durées, le mouvement de l'horloge va ralentir ses battements pour un observateur resté immobile. »

A l'instant même où Einstein a eu cette idée géniale que le temps pouvait ralentir, la porte s'est ouverte. Avant ça, les gens pensaient que le temps était une sorte de montre au poignet de Dieu ; elle trottait à un rythme constant à n'importe quel endroit de l'univers. Einstein a dit non : le tic-tac de cette montre est en fait le clic-clac de l'électricité qui se transforme en magnétisme, qui se transforme en électricité et ainsi de suite. En d'autres termes, c'est le rythme régulier de la lumière elle-même.

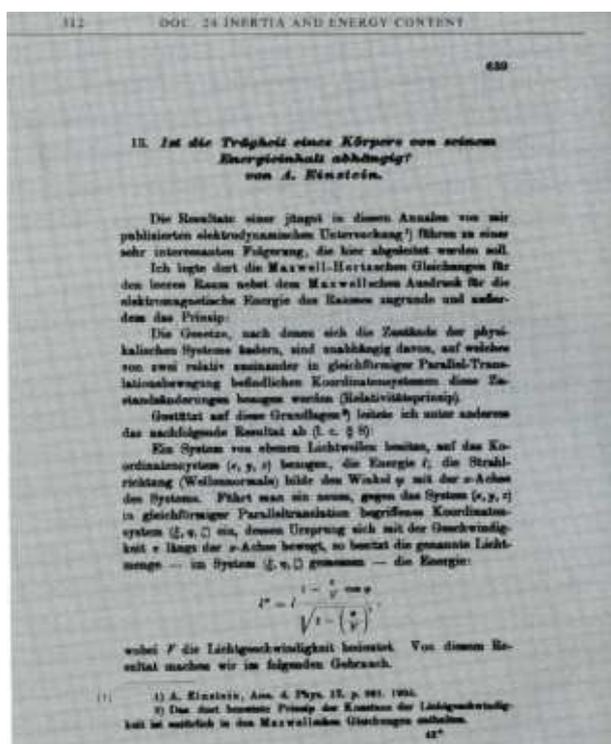
1905 est une année miraculeuse pour Einstein et la physique. Il fait preuve d'une créativité débordante ; d'abord, il publie un article sur la nature de la lumière qui lui vaudra le prix Nobel. Deux mois plus tard, il explique comment calculer la véritable taille de l'atome. Le troisième article, tout juste un mois après, décrit le mouvement des molécules quand on les chauffe et clos enfin le débat sur l'existence de l'atome. Le quatrième article est publié à la fin du semestre, Einstein y expose sa théorie sur la lumière, le temps et l'espace : la théorie de la relativité restreinte. Elle a changé notre façon de voir le monde. Dans le nouveau monde d'Einstein, ce ne sont plus ni le temps, ni l'espace, qui sont absolus et universels. C'est désormais la vitesse de la lumière qui est identique pour tous les observateurs où

qu'ils se trouvent dans l'univers. Mais l'année de tous les miracles n'est pas finie, au printemps 1905, Einstein formalise une nouvelle inspiration ; après avoir révolutionné les concepts d'espace et de temps, il donne une impulsion encore plus extraordinaire à sa théorie en proposant une vision radicalement nouvelle des concepts d'énergie et de masse. Au lieu de les maintenir séparés comme chez Newton, il relie la masse et l'énergie par la vitesse de la lumière.

Einstein montre que de la matière peut se transformer en énergie, que l'énergie peut se transformer en masse et puis surtout, ce que dit Einstein : quand le corps est immobile, l'inertie, c'est sa masse mais dès que le corps est mis en mouvement son énergie augmente, son inertie augmente et cela veut dire que plus un corps va vite, plus il est difficile de le faire aller encore plus vite et donc on aboutit à une vitesse limite. Einstein réalise que la vitesse de la lumière est une sorte de limite cosmique, rien ne peut aller plus vite. Imaginons un train fonçant à toute allure et disons qu'il atteint la vitesse de la lumière ; même si on lui fournit de plus en plus d'énergie pour aller encore plus vite, il se heurtera toujours à la vitesse de la lumière. Où va toute cette

énergie ? Elle va forcément quelque part, et chose incroyable, c'est dans la masse de l'objet qu'elle va. Ainsi, pour nous, le train devient plus lourd : l'énergie se transforme en masse.

Le miracle se poursuit, en septembre 1905, Einstein publie un cinquième article et en trois pages, il pose simplement que l'énergie et la masse sont reliées par le carré de la vitesse de la lumière : $E = mc^2$. Grâce à ces

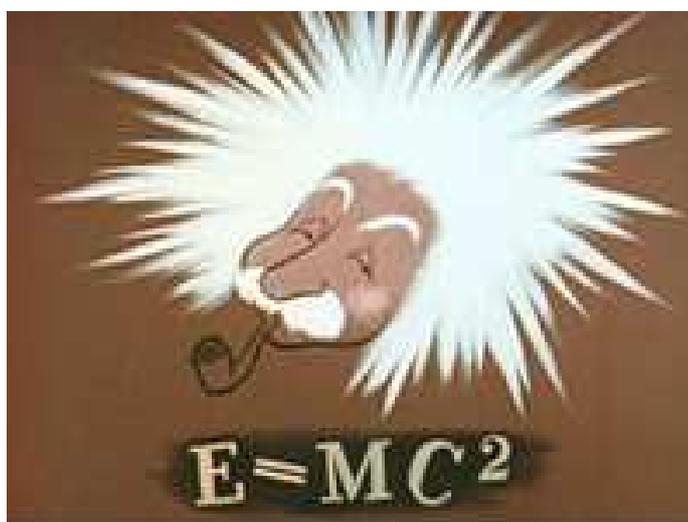


Article où Einstein introduit la fameuse formule $E=mc^2$ (Annalen der Physik)

quatre symboles, ce jeune physicien qui n'a pas encore son doctorat, refonde totalement la vision du monde, point d'orgue de son voyage dans la lumière. Depuis des milliers d'années, on croyait d'un côté à l'univers d'objets et de matière et de l'autre un univers totalement distinct de mouvements, de forces et d'énergie. Mais Albert Einstein dit non, ils ne sont pas distincts : l'énergie peut se transformer en masse et surtout la masse peut aussi se transformer en énergie ; il existe une profonde unité entre énergie, matière et lumière. $E=mc^2$, cette équation démontre que chaque élément de matière de notre univers a emmagasiné une quantité fantastique d'énergie ; la vitesse de la lumière, par exemple, est d'environ 300 millions de mètres par seconde

c^2 est le carré de la vitesse de la lumière (notée c pour célérité) soit 90 000 000 000 000 000 m^2/s^2 . Cela veut dire qu'un gramme de matière « contient » une énergie de cent mille milliards de joules, l'équivalent d'environ vingt milles tonnes d'un explosif puissant. L'énergie nucléaire tire partie de cette équivalence, mais on ne sait aujourd'hui « brûler » qu'une très faible partie de la masse.

et si on la multiplie par elle-même on obtient un chiffre faramineux. En d'autres termes, qu'est-ce que la matière ? Ce n'est rien d'autre que la condensation de vastes quantités d'énergie et si l'on pouvait réussir à libérer toute l'énergie emmagasinée dans un stylo, elle jaillirait avec une force comparable à celle



d'une bombe atomique !

La publication des cinq articles ne va susciter cependant aucune réaction et l'année la plus exceptionnelle pour la science s'achève dans le silence le plus total. Et puis tout doucement cela démarre. Une lettre, puis une autre, puis encore une autre... Einstein répond à chacun minutieusement en essayant d'expliquer ses idées complexes à une communauté scientifique perplexe. Max Planck qui est le responsable de la revue *Analog der Physik*, qui publie tous les articles d'Einstein cette année-là, est le premier à reconnaître l'importance du résultat d'Einstein et l'importance de la théo-



Max Karl Ernst Ludwig Planck :

né à Kiel le 23 avril 1858 et mort le 4 octobre 1947 à Göttingen (Allemagne). Il a reçu le prix Nobel de physique en 1918 pour ses travaux en théorie des quanta mais c'est Einstein qui va consolider cette théorie.

rie de la relativité ; et cette formule, cette théorie, il la diffuse dans les années qui vont suivre.

Le « fan club » d'Einstein ne comptait qu'un seul membre, heureusement, c'était justement le plus célèbre de tous les physiciens vivants.

Grâce à la caution de Max Planck, la communauté scientifique prend enfin Einstein au sérieux. Il peut quitter le Bureau de la Propriété Intellectuelle de Berne pour rejoindre l'Université de Leipzig en tant que professeur de physique ; dès lors, sa carrière connaît une progression fulgurante. D'abord professeur à Prague, il est nommé professeur de physique à Berlin. Il acquiert une réputation et une célébrité internationale. Désormais, il est le père incontesté de physique moderne. Einstein reçoit le prix Nobel en 1921 pour ses travaux sur la lumière (et non pour sa théorie de la relativité). Mais au succès d'Einstein correspond la crise de son couple ; il va divorcer de Miléva pour épouser sa cousine Elsa.

Dès cet instant, $E=mc^2$ et les théories d'Einstein vont constituer une rampe d'accès à un

monde physique totalement nouveau. Einstein n'imaginait nullement que ses théories allaient modeler l'histoire aussi rapidement, mais comment les hommes auraient pu rester indifférents aux promesses de tant d'énergie accumulée au sein de la matière ?

A 28 ans, Lise Meitner, à peine son doctorat es physique obtenu, quitte son Autriche natale pour Berlin et espère pouvoir rejoindre l'avant-garde de la recherche sur la radioactivité ; et en 1907, elle devient l'assistante de Max Planck qui lui offre de travailler avec Otto Hahn.



« Mademoiselle Meitner ? »

Lise Meitner : physicienne autrichienne née le 7 novembre 1878, décédée le 27 octobre 1968.

Otto Hahn : chimiste allemand né le 8 mars 1879, décédé le 28 juillet 1968.

C'est Otto Hahn qui a reçu le prix Nobel de chimie pour la découverte de la fission nucléaire mais beaucoup de physiciens diront que ce prix aurait du être partagé avec Lise Meitner.

« Oui. »

« Vous savez que l'étude des atomes devient de plus en plus une collaboration entre chimistes et physiciens de nos jours ? »

Lise Meitner vient d'embarquer pour un voyage qui va infléchir radicalement l'histoire du monde.

Un voyage commencé avec la découverte de la radioactivité par

Henri Becquerel et Marie & Pierre Curie à la fin du 19^{ème}



Marie-Curie dans son laboratoire

siècle et qui connut une impulsion majeure lorsque que Einstein tenta d'élucider le mouvement des particules dans un milieu liquide.

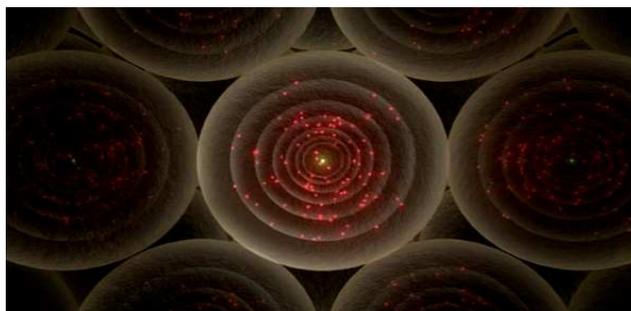
Les calculs qu'il va faire à partir des mouvements browniens vont aboutir à une loi théorique, celle de la diffusion des particules au sein

d'un liquide, et cela va convaincre les physiciens de l'existence de l'atome. Meitner et Otto Hahn entament une collaboration, qui va durer des années, pour pénétrer les secrets de l'atome mais qui souffre du traitement que l'Université réserve aux fem-

Le mouvement brownien est l'une des meilleures preuves directes de la réalité moléculaire et les observations suggérées par Einstein seront effectivement réalisées avec une précision étonnante par le français Jean Perrin.

mes. « Si l'institut de chimie est ouvert aux femmes, elles se mettront le feu à la tête... » disait son directeur. Il a fallu des années à Lise pour vaincre sa timidité. En 1912, Hahn et elle ont rejoint le tout nouvel institut de chimie Kaiser-Wilhelm ; ils étaient alors vraiment traités en égaux. Lise est ainsi devenue la première femme d'Allemagne à avoir le titre de professeur.

A l'époque, on connaissait encore mal l'atome ; on a d'abord cru que c'était une sorte de système solaire miniature avec un noyau solide au centre et des électrons gravitant autour comme les planètes autour du Soleil. Plus tard, des chercheurs ont suggéré que le noyau lui-même n'était pas un élément solide mais un ensemble de particules distinctes, des protons et des neutrons. Mais dans ce qu'on appelle les



La presque totalité de la masse de l'atome est concentrée dans le noyau, pourtant minuscule (quelques millièmes de milliardième de millimètre). Si le noyau avait la dimension d'une tête d'épingle, les électrons de l'atome tourneraient sur un cercle centré sur le noyau à une distance de 100 mètres !

matériaux radioactifs comme le radium ou l'uranium, le noyau lui-même semblait instable ; il perdait de l'énergie et des particules. Peut-être était-ce un exemple de $E=mc^2$: la masse d'un noyau se transfor-

mant en énergie. Ce qui est extraordinaire, c'est la vitesse avec laquelle s'est développé la physique nucléaire dans ces années là. En 1932, on découvre le neutron, on comprend que le noyau est un ensemble de protons et de neutrons qui sont couplés par une nouvelle force que l'on appelle la force nucléaire, très solidaire, très difficile « à casser » qui contient potentiellement beaucoup d'énergie et on va se rendre compte que les réactions nucléaires sont possibles. On peut donc transmuter des éléments : on envoie des neutrons sur la matière et cela crée de nouveaux éléments et c'est Fermi qui découvre ça ; Joliot Curie à Paris découvre avec sa femme la



Irène et Frédéric Joliot-Curie dans leur laboratoire.

radioactivité artificielle et à partir de ce moment là, l'histoire va s'accélérer. Meitner et Hahn sont engagés dans une course vers le cœur de la matière, c'est-à-dire vers le noyau. Dans leur laboratoire, ils bombardent l'atome d'uranium, structure condensée de 238 protons et neutrons, avec l'espoir de créer un nouvel élément.

Lise Meitner est sur le point de faire une découverte majeure mais l'Allemagne des années 30 est un endroit dangereux même pour une scientifique de renommée internationale, car Lise est autrichienne et juive. Quand les nazis sont arrivés au pouvoir, ils ont presque aussitôt chassé les chercheurs juifs des instituts et des universités. Einstein y est très célèbre et c'est pour ça qu'il a été un des premiers à partir. On l'a expulsé d'Allemagne en 1933. Lise n'a pas été renvoyée tout de suite, elle a pu rester parce qu'elle était autrichienne mais en mars 1938, l'Autriche a été annexée à l'Allemagne et sa situation est alors devenue intenable. Pour Lise Meitner, la pression devient insupportable ; elle est réputée pour être en désaccord avec les nazis ; Hahn

fait cependant de son mieux pour la protéger.

Lorsqu'il devient évident que Meitner va être renvoyée, et probablement arrêtée, les physiciens lui écrivent de toute l'Europe pour l'inviter à des conférences, lui procurant ainsi un prétexte pour quitter l'Allemagne mais les nazis refusent de la laisser partir. En juillet 1938, un collègue hollandais vient à Berlin et repart en l'emmenant clandestinement avec lui ; malgré le danger, elle réussit à fuir. Elle avait tout perdu, sa maison, son poste, ses livres, son salaire, sa retraite et même sa langue natale. On avait douté des ses travaux alors même qu'elle était la meilleure dans son domaine, au point de faire une découverte scientifique majeure. Mais en dépit de toutes les privations, Lise ne pense qu'à la physique. Miraculeusement, Hahn et elle parviennent à correspondre par courrier.

« Mon cher Otto, j'espère qu'après ces trente années de travail en commun et cette amitié à l'Institut, vous serez au moins en mesure de m'informer autant que possible de tout ce qui se passe là-bas » .

Une vieille amie de l'université l'invite à passer Noël sur la côte ouest de la Suède. Son neveu, Otto Frisch, lui aussi physicien, est venu la rejoindre là-bas. A Berlin, Hahn obtient des résultats étranges : le bombardement du noyau d'uranium par des neutrons ne permet pas d'en augmenter la taille. En revanche, les analyses auxquelles il procède montrent que ses expériences sont contaminées par du baryum, un atome plus petit. Il met Meitner au courant de ces surprenants résultats. Elle suspecte que quelque chose de très différent se produit.

« Nous cherchons un élément beaucoup plus lourd et nous trouvons un élément plus petit » .

Imaginez une grosse goutte d'eau, elle est instable et sur le point de se diviser. Or, un gros noyau comme l'uranium se comporte de la même façon. Pendant quatre ans, Meitner et les autres physiciens ont

cru que si on bombardait ce noyau avec des neutrons, il ne ferait que grossir et s'alourdir mais Meitner et Fritsch, en se promenant dans la neige, on soudain compris que ce noyau pouvait devenir si gros qu'il se diviserait en deux.

« Si le noyau a du mal à rester soudé parce qu'il est gros, serait-il possible que la poussée infime d'un neutron... »

« Oui mais si le noyau se divisait, les deux moitiés se sépareraient avec une énorme quantité d'énergie... d'où pourrait-elle venir ? »

« Combien d'énergie ? »

« Nous avons calculé que la répulsion mutuelle des noyaux générerait environ 200 MeV ! Mais il faut bien que quelque chose fournisse cette énergie ! »

« Laisse-moi calculer l'énergie de liaison.... Les deux noyaux sont plus légers que le noyau d'uranium initial d'environ 1/5^{ème} de proton en masse ».

« Quoi ? Alors de la masse a été perdue : c'est le $E=mc^2$ d'Einstein ! »

« Si on multiplie la masse perdue par la vitesse de la lumière au carré, on obtient 200 MeV ! »

« Le neutron a divisé l'atome... ».

C'était une découverte extraordinaire. Bien sûr, au laboratoire, on manipule de petites quantités d'uranium et donc de petites quantités d'énergie mais l'important était que la quantité d'énergie était relativement importante et qu'elle venait de la masse même de l'uranium. L'énergie libérée correspondait exactement à l'équation d'Einstein : $E=mc^2$.

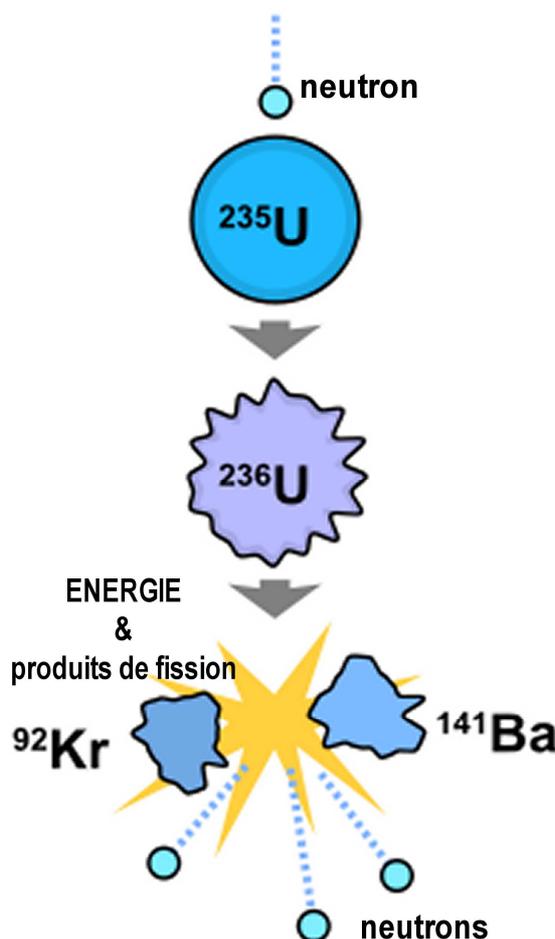
Meitner et Fritsch publient dans la revue *Nature* (*Naturwissenschaften*), un article très remarqué sur ce qu'ils appellent la fission nucléaire. En 1944, le prix Nobel de chimie est attribué à Otto Hahn pour son rôle dans la découverte de la fission nucléaire. Dans son discours, il mentionne le rôle clé joué par sa collègue, sans arriver à dissiper la gêne que lui seul ait été récompensé. Heureusement, en 1966, Lise Meitner, Otto Hahn et Fritz Strassmann se verront attribuer conjointement le prix Fermi pour cette découverte capitale. Lise Meitner travaillait là-dessus depuis trente ans, elle n'avait divisé qu'une poignée d'atomes mais cela

suffisait. **Dès la première fission, le génie est sorti de la bouteille.**



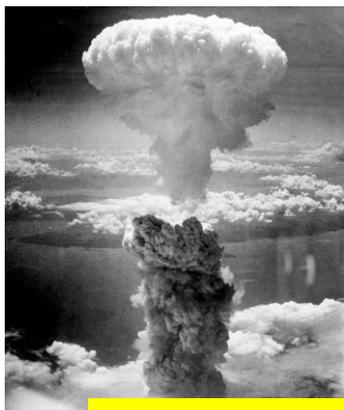
Le physicien italien **Enrico Fermi** (1901-1954) rate de peu, en 1934, la découverte de la fission. Il irradie en effet systématiquement tous les éléments, y compris l'uranium, avec des neutrons. La chimiste allemande Ida

Noddack en lisant les publications de Fermi et de son équipe avait écrit : « On pourrait imaginer que, lors du bombardement de noyaux lourds avec des neutrons, ces noyaux se désintègrent en plusieurs gros fragments », mais cette remarque passe inaperçue. En décembre 1938, Hahn et Strassmann remarquent que l'irradiation de l'uranium par des neutrons semble produire des éléments plus légers. Ils hésitent sur leur conclusion, mais Lise Meitner n'a aucun doute, il s'agit bien de fission : sous l'impact du neutron, le noyau d'uranium est « coupé » en deux.

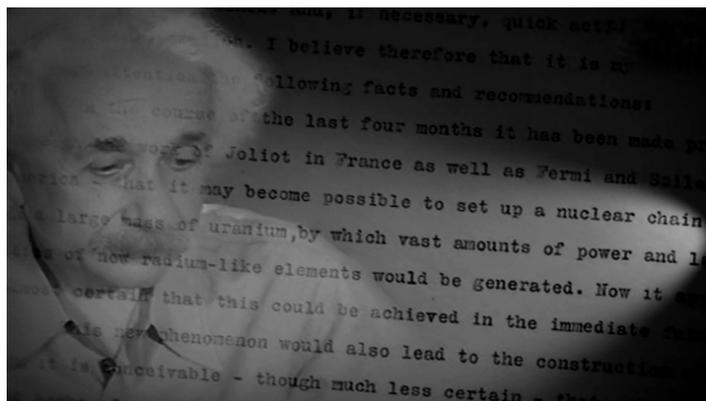


On découvre que lorsqu'il y a fission de l'uranium 235, il y a aussi émission de neutrons, qui eux-mêmes peuvent répéter l'opération en faisant fissionner de nouveaux atomes qui vont aussi libérer des neutrons etc.. On comprend que cette réaction en chaîne peut éventuellement conduire à la fabrication d'armes atomiques. En 1939, plus aucun doute n'est possible quant au caractère belliqueux du gouvernement allemand et Einstein alerte le Président Roosevelt sur le danger de voir l'Allemagne nazi se doter d'une arme atomique. En 1941, les Etats-Unis lancent dans le plus grand secret un colossal projet de recherche nucléaire militaire : le projet Manhattan. On a invité Meitner à rejoindre ce projet mais elle a refusé car elle ne voulait rien avoir à faire avec la bombe atomique mais Robert Frisch a joué un rôle important dans l'équipe car il était convaincu de la nécessité de battre les nazis dans la course aux armes nucléaires.

Les bombes lâchées sur Hiroshima et Nagasaki ont révélé la terrible puissance de destruction cachée dans la matière ; en libérant les gigantesques quantités d'énergie contenues dans quelques grammes de plutonium et d'uranium, sous forme de radiations électromagnétiques, on avait semé une telle désolation que le Japon capitulait sur le champ. Einstein est l'initiateur de la bombe, non pas parce qu'il a inventé $E=mc^2$, qui n'est pas une formule qui conduit en elle-même à la bombe mais parce qu'il a écrit une lettre (poussé par



Le champignon atomique de Nagasaki

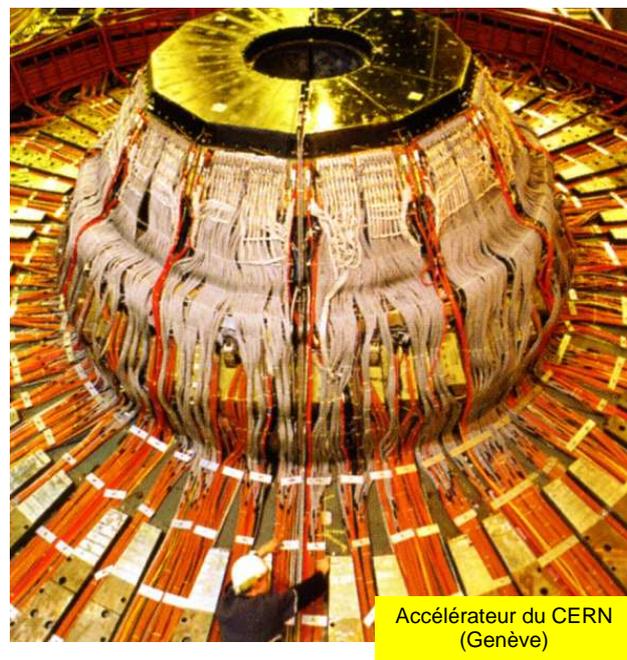


Leó Szilárd, Edward Teller et Eugene Wigner), et dans cette lettre, il ne dit pas au Président Roosevelt : « *vous devez faire la*



bombe », il dit : « *les allemands sont sans doute en train de la faire* ». Il a regretté cette lettre toute sa vie puisque les allemands étaient très, très loin du compte à la fin de la guerre.

L'exploration de la matière par les physiciens, à la suite d'Einstein, a amené une arme de destruction massive mais $E=mc^2$ a parallèlement permis de percer les secrets du mystère de la création de notre univers. Aujourd'hui, le travail commencé



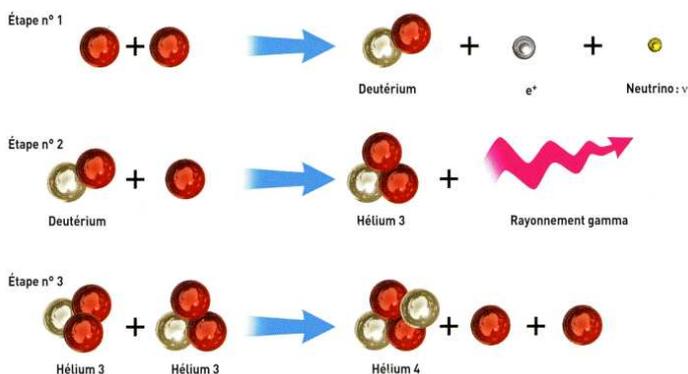
Accélérateur du CERN (Genève)

par Einstein se poursuit. Depuis sa naissance, la célèbre équation a été utilisée pour aller fouiller les profondeurs de notre temps et pour répondre à la question des questions : **quelle est notre origine ?**

Dans les accélérateurs de particules, on parvient aujourd'hui à imprimer des vitesses absolument faramineuses, proches de la vitesse de la lumière, à des particules microscopiques et à provoquer leurs collisions. Ces expériences reproduisent les conditions du Big Bang. L'idée de Big Bang repose sur la relativité restreinte, le $E=mc^2$, puisqu'on s'est aperçu dans les années 1930, avec le développement de la physique nucléaire, que les étoiles libèrent de l'énergie en leur centre en convertissant une partie de leur masse, essentiellement de l'hydrogène, en énergie.

Le Big Bang nous raconte l'histoire de l'univers comme un gigantesque refroidissement et une dilatation de l'espace ; et au cours de cette dilatation et de ce refroidissement sont générées toutes les structures, depuis les plus petites avec les premières particules élémentaires, jusqu'aux premières étoiles, les premières galaxies etc.. Notre Soleil, flottant dans l'espace, est une énorme fournaise thermonucléaire et grâce à $E=mc^2$, on sait aujourd'hui qu'à chaque seconde, il perd quatre millions de tonnes de masse solide qui ressort

Transformation de l'hydrogène en hélium dans le Soleil

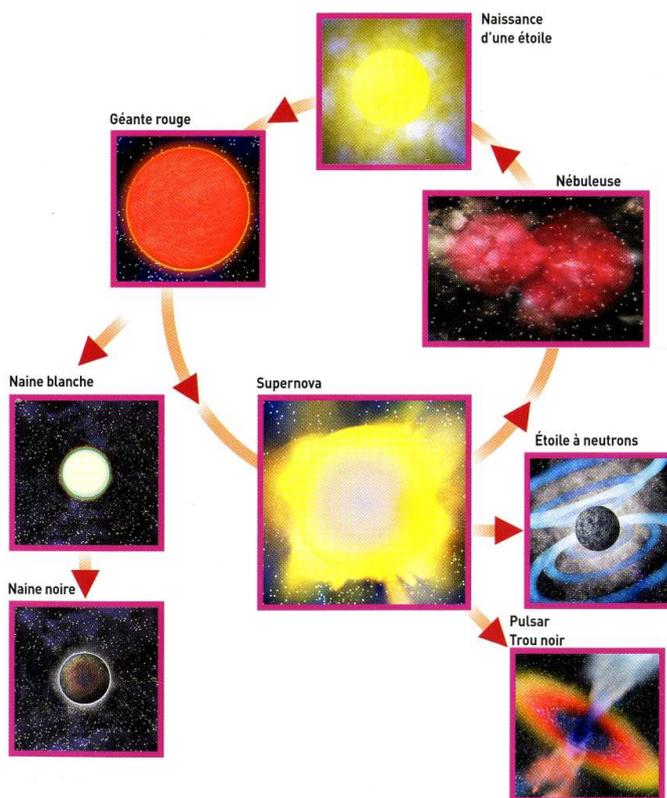


Le soleil : centrale thermonucléaire à confinement gravitationnel. Les réactions nucléaires ont lieu en son cœur (porté à une température de 15 millions de degrés et avec une densité de 150 g/cm^3) et transforment, en trois étapes, l'hydrogène en hélium. La masse du soleil (M_{\odot}) est de $1,991.10^{30} \text{ kg}$. Il devrait encore briller pendant 5 milliards d'années...

sous forme d'énergie, rayonnant de chaleur et de lumière, suffisant pour illuminer tout notre système solaire. Non seulement les étoiles émettent de l'énergie en accord avec $E=mc^2$ mais l'ensemble du processus crée aussi la vie elle-même !

Un jour, une gigantesque étoile meurt dans une explosion cataclysmique (nova), ses débris flottent dans l'espace, s'amassent ensemble, sont attirés dans l'orbite d'une autre étoile en formation et forment une planète.

Cycle de vie des étoiles



Les étoiles nourrissent la galaxie en éléments lourds par les différentes étapes non explosives de la fusion thermonucléaire. Plus l'étoile à l'origine est grosse, et plus cette contribution est forte, mais plus sa fin de vie sera cataclysmique (supernova). La combustion successive de l'hydrogène, l'hélium, le carbone, le néon, l'oxygène et le silicium engendrera aussi azote, magnésium, soufre, fer et nickel. Quant à l'or, tant convoité par l'homme, il sera créé par la formidable énergie libérée par la supernova dont l'onde de choc va contribuer à la genèse d'autres étoiles dans le milieu interstellaire pour que le cycle continue.

La Terre sur laquelle nous vivons, nous les humains, sommes faits de poussières d'étoile.

Nous sommes un produit direct de $E=mc^2$.

Einstein lui-même le savait bien, le chemin de la découverte est souvent douloureux, parfois joyeux, c'est un chemin qui remonte aussi loin que la curiosité humaine et il est sans fin.



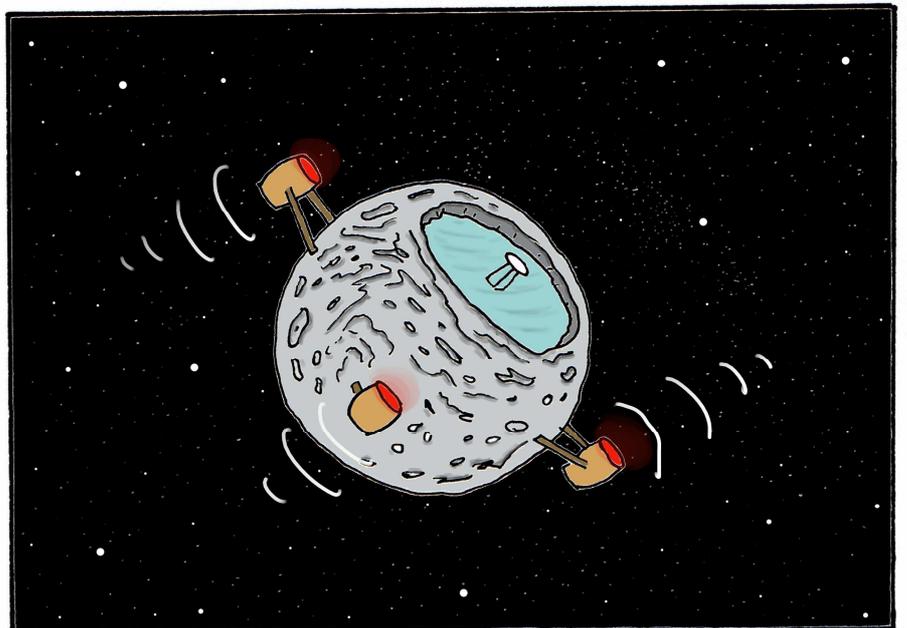
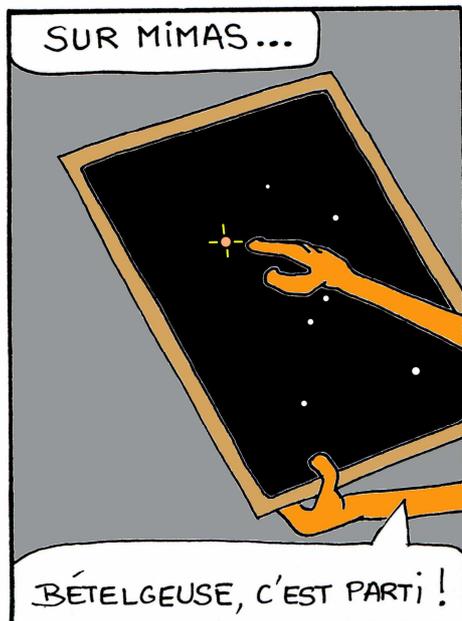
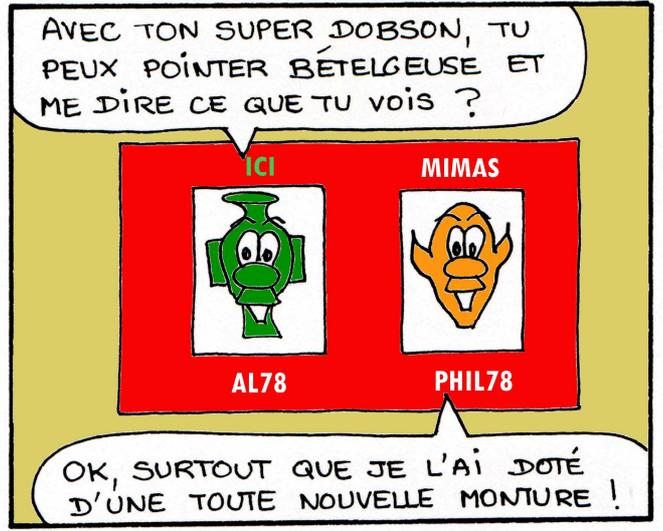
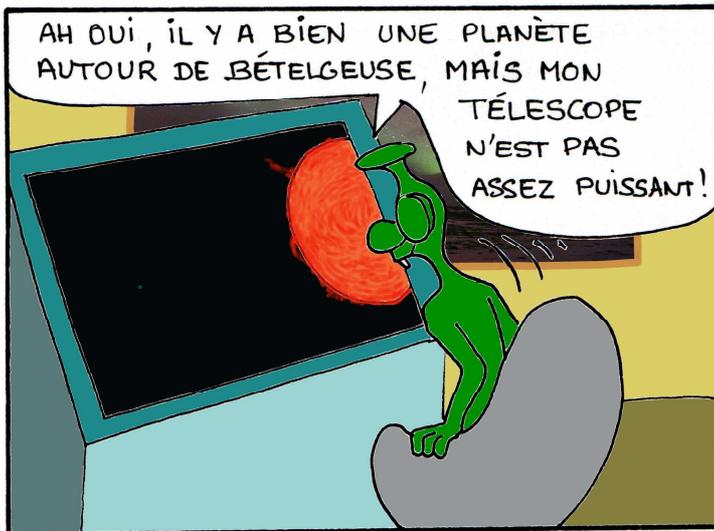
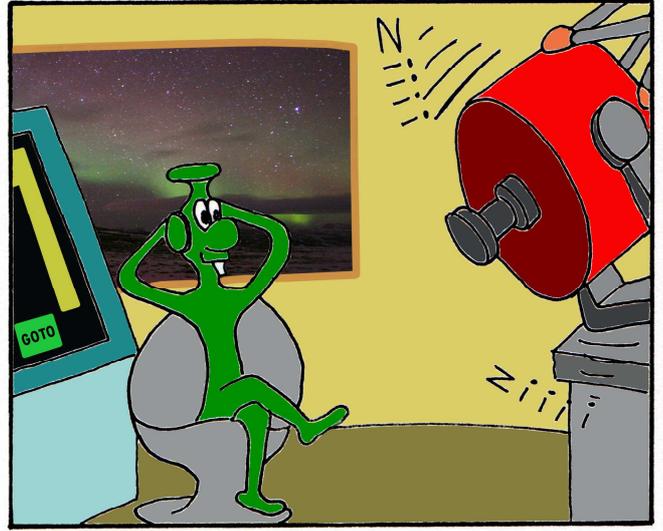
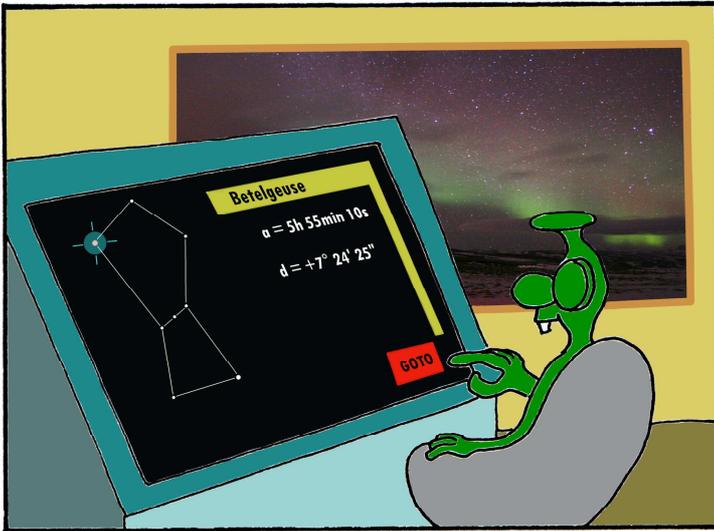
Nébuleuse de la Rosette Fabien

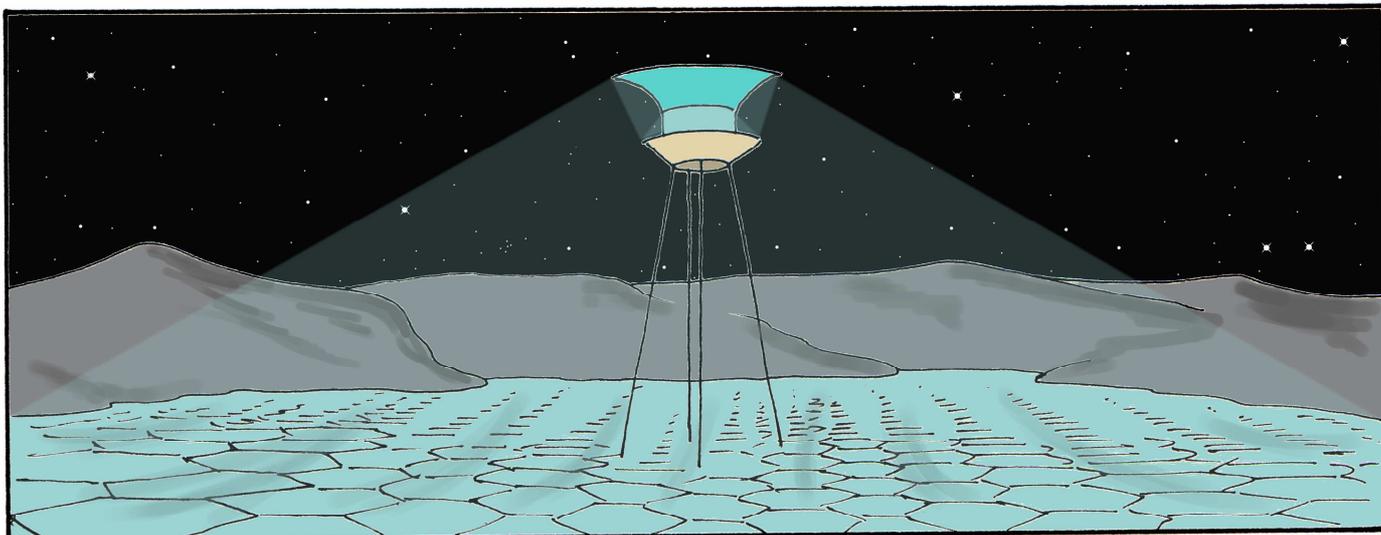
La nébuleuse de la Rosette, NGC2237.
Photo prise entre les nuages.
Telescope newton 200/900 + EOS1100
Autoguidage PHD 8 x 5mn Traitement
PixInsight+Photoshop



AL 78

Bételgeuse b



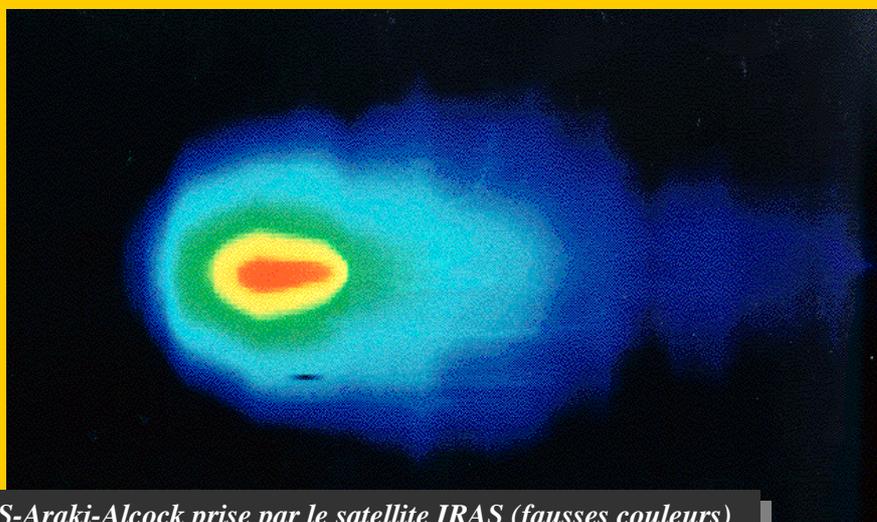


C'est arrivé ce jour-là...

Avril 1983, il y a 30 ans

C/1983 H1 plus connue sous le nom de IRAS-Araki-Alcock, est une petite comète repérée par le satellite infrarouge IRAS le 25 avril 1983, puis indépendamment par deux astronomes amateurs, le japonais Genich Araki et le britannique George Alcock le 3 mai 1983, avec de simples jumelles 15x80. Le 11 mai 1983, la comète s'est approchée à moins de 5 millions de km (0,031 au) de la Terre ; elle a ainsi battu le précédent record de proximité qui était détenu par la comète Lexell en 1770 qui était passée à 0,05 au. Au meilleur de sa visibilité, IRAS-Araki-Alcock n'a atteint qu'une magnitude de 3 à 4 mais son diamètre

apparent était équivalent à celui de 3 pleines Lune. Cette comète est à l'origine de l'essaim des étoiles filantes des éta-Lyrides visibles du 16 au 26 avril. Cette année 1983 a été riche en comètes puisque le 12 juin, une autre comète a frôlé la Terre. C/1983 J1 (Sugano-Saigusa-Fujikawa) est passée à 0,063 au de la Terre.



Comète IRAS-Araki-Alcock prise par le satellite IRAS (fausses couleurs)

Avril 1973, il y a 40 ans

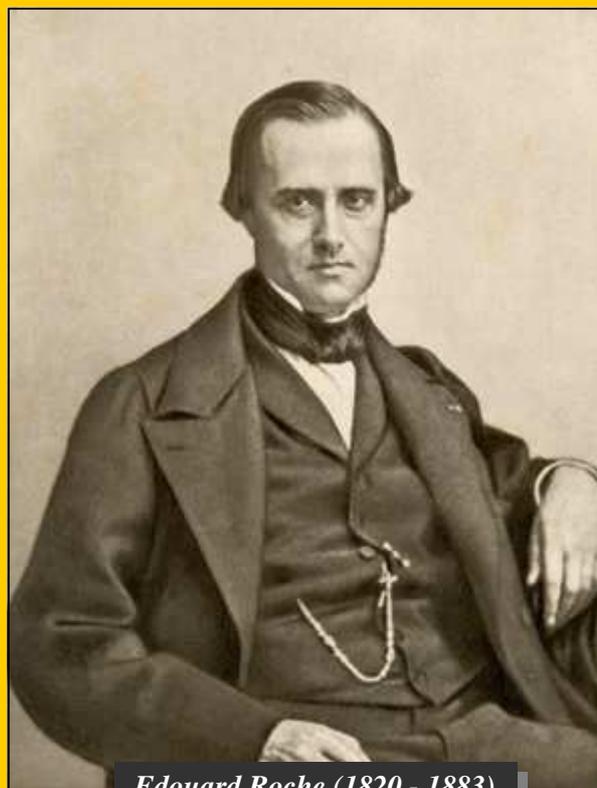


Le 5 avril 1973, la fusée Atlas-Centaur/TE364-4 décolle pour envoyer la sonde Pioneer 11 pour un passage rapproché de Jupiter et Saturne. Après être passée à 43 000 km de Jupiter, nous envoyant des images détaillées de son atmosphère et de certains de ses satellites, elle atteint Saturne le 1^{er} septembre 1979. Les astronomes découvrent deux nouveaux satellites et un nouvel anneau. A l'issue de ces deux rendez-vous avec les planètes géantes du système solaire, la sonde Pioneer 11 s'éloigne du soleil pour quitter définitivement l'héliosphère (la zone d'influence du soleil). Au cours de ce périple elle envoie des données sur le rayonnement cosmique et le vent solaire. Les dernières données datent de novembre 1995. Carl Sagan est à l'origine de la plaque fixée sur la sonde à destination d'éventuelles civilisations extraterrestres.

Pioneer 11

Avril 1883, il y a 130 ans

Cet astrophysicien français célèbre pour ses travaux sur les champs de gravitation, n'était que très peu connu de ses contemporains, peut-être parce qu'il a passé toute sa carrière, et même sa vie, à Montpellier. Il y est né le 17 octobre 1820. Il obtient son doctorat à l'Université de Montpellier en 1844. Il passe néanmoins trois ans à Paris avec Augustin Cauchy. De retour à Montpellier, il se marie en 1847, mais sa femme tombe malade pendant les noces et meurt huit jours plus tard, il ne se remariera jamais. Il est nommé chargé de cours en 1849 puis professeur trois ans plus tard. Il refuse trois fois le poste de doyen de l'Université. Roche travaille sur les effets des forces de marées sur des corps en rotation et sur la géométrie du champ gravitationnel d'un système de deux corps. La position de Io autour de Jupiter, à peine au-delà de ce qu'on appelle la limite de Roche, provoque sur le satellite des forces de marée à l'origine de son volcanisme. Les satellites de Saturne se sont très probablement formés à partir d'un objet qui se se-



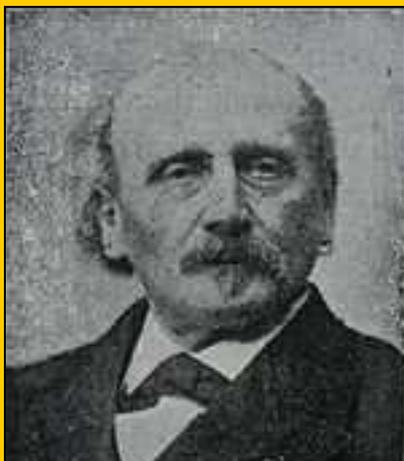
Edouard Roche (1820 - 1883)



Phobos, satellite de Mars

rait complètement disloqué car trop proche de la planète. Lorsqu'on a découvert Phobos autour de Mars, Roche n'était pas d'accord avec la distance à laquelle on pensait qu'il orbitait autour de la planète rouge, car elle était inférieure à la fameuse limite. Les mesures ultérieures lui ont donné raison. Ces travaux considérés aujourd'hui comme étant d'une importance capitale sont passés pratiquement complètement inaperçus à l'époque au point qu'il lui faudra dix ans entre son élection comme correspondant de l'Académie des Sciences et celle par laquelle il aurait pu en devenir membre permanent. Lors du dépouillement du scrutin, sa popularité put se mesurer au nombre de suffrages en sa faveur : 1 sur 56. Roche n'a jamais connu le résultat du scrutin car il est mort d'une pneumonie deux jours après le vote, le 18 avril 1883.

Avril 1833, il y a 180 ans



Maurice Loewy (1833 - 1907)

Maurice Loewy est né le 15 avril 1833 à Marienbad, aujourd'hui en République Tchèque. Ses parents d'origine juive s'installent à Vienne pour fuir le climat anti-sémite de sa ville

natale. Loewy travaille sur la mécanique céleste, et devient assistant à l'observatoire de Vienne. Mais en Autriche, les juifs ne peuvent pas avoir accès à des postes importants ; le directeur de l'observatoire de Vienne, Karl Littrow, et celui de l'ob-

servatoire de Paris, Urbain le Verrier, s'arrangent pour faire venir Loewy en France en 1860. Il obtient la nationalité française en 1863. Il travaille sur les orbites des astéroïdes et des comètes. En 1872, il est élu membre du Bureau des Longitudes. En 1873, il devient membre de l'Académie des Sciences. En 1897, il devient directeur de l'observatoire de Paris, et crée le dé-



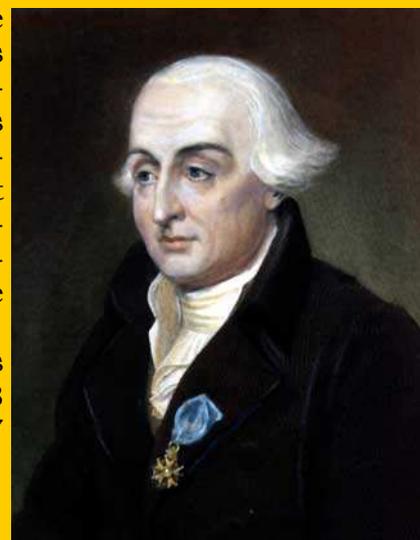
L'ÉQUATORIAL COUDÉ DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS. — Aspect extérieur.

partement d'astronomie physique. Il est à l'origine de la monture équatoriale coudée. Le grand équatorial coudé de l'observatoire de Paris est une lunette de 60 cm de diamètre et 18 m de focale. Des miroirs renvoient la lumière dans l'axe polaire de la monture où on peut observer confortablement installé quelque soit l'orientation de l'instrument. C'est grâce à cette lunette qu'il élabore un atlas lunaire avec près de 10 000 photos : *l'atlas photographique de la Lune* (1910). Il restera une référence pendant un demi-siècle.

Avril 1813, il y a 200 ans

Joseph-Louis, comte de Lagrange est en fait italien : son vrai nom est Giuseppe Lodovico de Lagrangia. Il est né à Turin le 25 janvier 1736. La lecture d'un mémoire de Edmund Halley sur les applications de l'algèbre en optique est pour lui une véritable révélation : désormais il se passionne pour les maths. Il devient rapidement un mathématicien confirmé et à 19 ans, si l'on en croit l'abondante correspondance avec Léonhard Euler, le plus grand mathématicien de l'époque. En 1764, ses travaux sur les librations de la Lune (des petites variations de son orbite) sont récompensés par l'Académie des sciences de Paris. En 1766, Lagrange quitte l'Italie pour prendre la place de Léonhard Euler en tant que directeur de la classe mathématique de l'Académie de Berlin. Le roi Frédéric II de Prusse voulait le plus grand mathématicien d'Europe pour le plus grand roi d'Europe. Après le décès de sa femme et la disparition du roi Frédéric de Prusse, il quitte l'Allemagne pour s'installer en France. Il est l'un des pères du système de mesures métriques. Il

devient le premier professeur d'analyse de l'école Polytechnique fondée en 1794. En astronomie il entreprend des travaux sur le problème des 3 corps qui consiste à résoudre les équations du mouvement de 3 corps qui interagissent gravitationnellement. Dans un tel système il existe des points particuliers pour lesquels les forces d'attraction entre les corps peuvent se compenser ; ce sont des points d'équilibre instable, nommés « points de Lagrange » et c'est là, en particulier, qu'on envoie certains de nos satellites. Il décède à Paris le 10 avril 1813 à l'âge de 77 ans.



Joseph Louis Lagrange (1736 - 1813)

Avril 1803, il y a 210 ans

Le 26 avril 1803 vers 13h, tombent dans la région de l'Aigle dans l'Orne près de 3000 fragments d'une météorite. Le jeune astronome Jean-Baptiste Biot est nommé pour enquêter sur le phénomène. Il est chargé de recueillir des preuves physiques et morales de la chute de pierres du 6 floréal. Dans les preuves physiques on trouve une quantité de pierres comprises entre 2000 et 3000, dans un champ de dispersion de 10 km de long sur 4 km de large. Quant aux preuves morales, les témoignages d'habitants de plus de 20 hameaux sont concordants. Son rapport, présenté le 18 juillet 1803 à l'Académie des Sciences de Paris marque

le début de l'étude scientifique des météorites. Jean-Baptiste Biot admet l'origine extraterrestre des météorites mais il est partisan d'un volcanisme lunaire pour disperser dans l'espace les pierres qui finissent par tomber sur Terre. La majorité des fragments de la météorite de l'Aigle sont conservés au Muséum d'histoire naturelle.



Avril 1793, il y a 220 ans

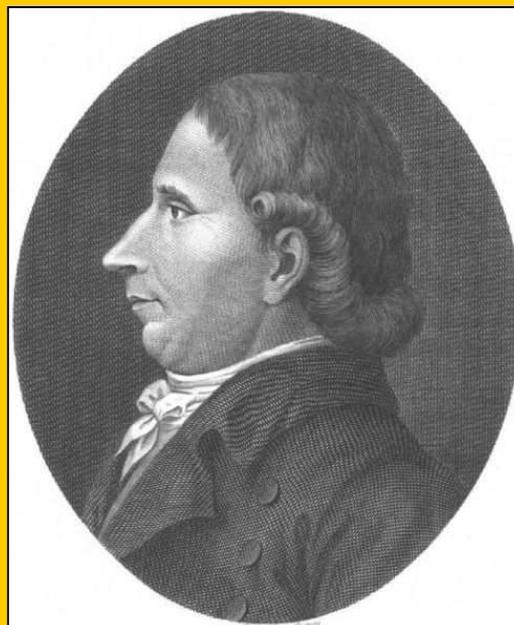


Wilhelm Struve (1793 - 1864)

Friedrich Georg Wilhelm von Struve, de son vrai nom est un astronome russe d'origine germano-balte né le 15 avril 1793 au Danemark. Il fuit l'Allemagne pour éviter le service militaire, il se rend en Lettonie puis en Livonie, alors située dans l'Empire russe. En 1808, il entre à l'université de Dorpat, où il étudie l'astronomie. En 1820, il devient professeur et directeur de l'observatoire de Dorpat. En 1839, il fonde l'observatoire de Pulkovo près de Saint-Pétersbourg. Comme astronome russe, il est connu sous le nom de Vassili Yakovlevitch Struve. Struve est connu pour ses travaux sur les étoiles doubles dont il étudie le mouvement. Il dresse un catalogue de mesures précises sur les orbites de 214 étoiles doubles. Il est aussi le premier à mesurer la parallaxe de Véga.

Avril 1753, il y a 260 ans

Barnaba Oriani est un astronome italien né le 15 avril 1753. Il est ordonné prêtre à l'âge de 23 ans. Fêré de sciences, il fait de tels progrès en astronomie qu'il entre à l'observatoire de Brera et a même Joseph-Louis Lagrange pour professeur. A partir de 1778, en tant qu'astronome titulaire à l'observatoire de Brera, il fait de nombreuses et méticuleuses observations sur la déclinaison des étoiles. Il découvre quelques jours après Herschel l'orbite de la planète Uranus. Giuseppe Piazzi découvre Cérès en 1801, qu'il avait pris pour une comète ; à partir des observations de Piazzi, Oriani calcule l'orbite de l'objet et démontre que c'est une planète.



Barnaba Oriani (1753 - 1832)

Pierre et moi n'étions pas très « chauds » pour partir à Paris ce mercredi soir du 13 mars à la conférence de la SAF. Mais, malgré les conditions hivernales et une météo pas très optimiste, nous étions vers 18 heures chez Bruno qui nous avait convaincu de partir avec lui. Finalement, c'était une bonne décision car la route était bien dégagée malgré l'épisode neigeux précédent, et il n'y avait pas trop de monde sur l'autoroute A13 ; on a même trouvé un périphérique sud bien fluide, chose très rare en fin de journée parisienne. Si bien que nous étions en avance sur l'horaire estimé ce qui nous a autorisé à faire un tour à la cafétéria du Fiap, et aussi de prendre le temps de boire un café après le repas. A 20h30, la salle de conférence était pleine et nous étions prêts à écouter Jean-Pierre Luminet nous présenter un sujet sur les astéroïdes : de la météorite de taille micrométrique, au géocroiseur de taille kilométrique (celui que la Terre doit éviter à tout prix, du moins ses habitants...). A 22 heures, nous sortions rassurés : la NASA traque ces objets dangereux dans le ciel et il y a déjà plein d'idées pour les détourner... mais c'est pas dit que ça marchera même si l'homme a le temps de s'y préparer !

Michel

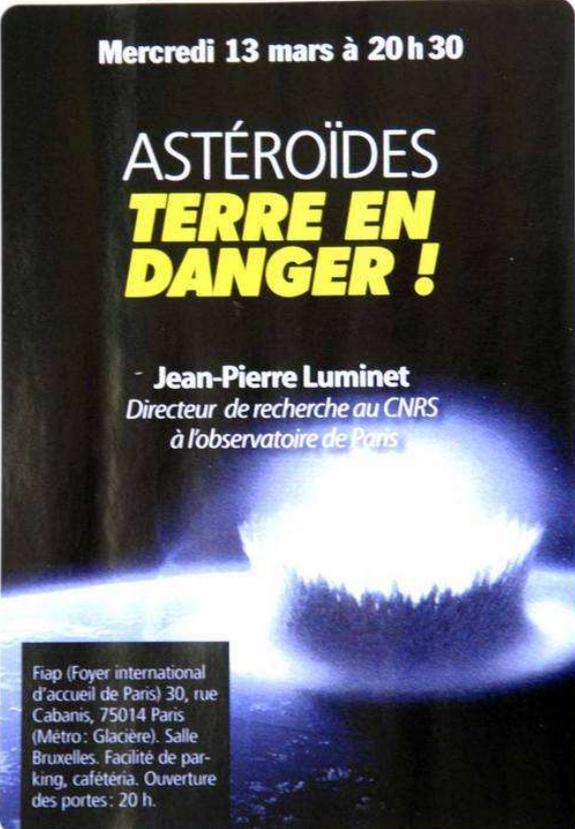
CONFÉRENCE SAF

Mercredi 13 mars à 20 h 30

**ASTÉROÏDES
TERRE EN
DANGER !**

Jean-Pierre Luminet
Directeur de recherche au CNRS
à l'observatoire de Paris

Fiap (Foyer international d'accueil de Paris) 30, rue Cabanis, 75014 Paris (Métro : Glacière). Salle Bruxelles. Facilité de parking, cafétéria. Ouverture des portes : 20 h.




Jean-Pierre Martin fait l'introduction de cette conférence animée par **Jean-Pierre Luminet** (resté sagement derrière le bureau car il s'est fracturé le poignet récemment en descendant l'estrade de cette salle !).

Allez visiter le site www.planetastronomy.com de Jean-Pierre Martin pour y trouver le détail des conférences et beaucoup d'autres choses.



L'astrolabe

Philippe

Suite à l'exposé sur l'astrolabe que je vous avais fait en réunion et que vous pouvez trouver sur notre site internet, je vais maintenant vous expliquer son usage astronomique en résolvant les 10 exercices que je vous avais distribués. Vous trouverez les résultats à la fin de cet article ainsi qu'une description rapide des tracés et graduations dont nous allons nous servir, recto et verso. Pour certains exercices, 2 résultats vous sont donnés. Le premier est celui que j'ai trouvé personnellement avec l'astrolabe et le second est la précision donnée par le logiciel stellarium. Car malgré la surprenante précision de l'astrolabe, une marge d'erreur d'une poignée de minutes ou de degrés peut être tolérée. À noter que si vous ne connaissez pas bien les étoiles vous aurez peut-être besoin d'une carte du ciel ou d'un planétarium pour bien les reconnaître sur l'astrolabe.

Considérons que nous sommes à Maurepas (2° de longitude EST et 49° de latitude NORD)

Année 2013

Passage heure d'été le 31 mars

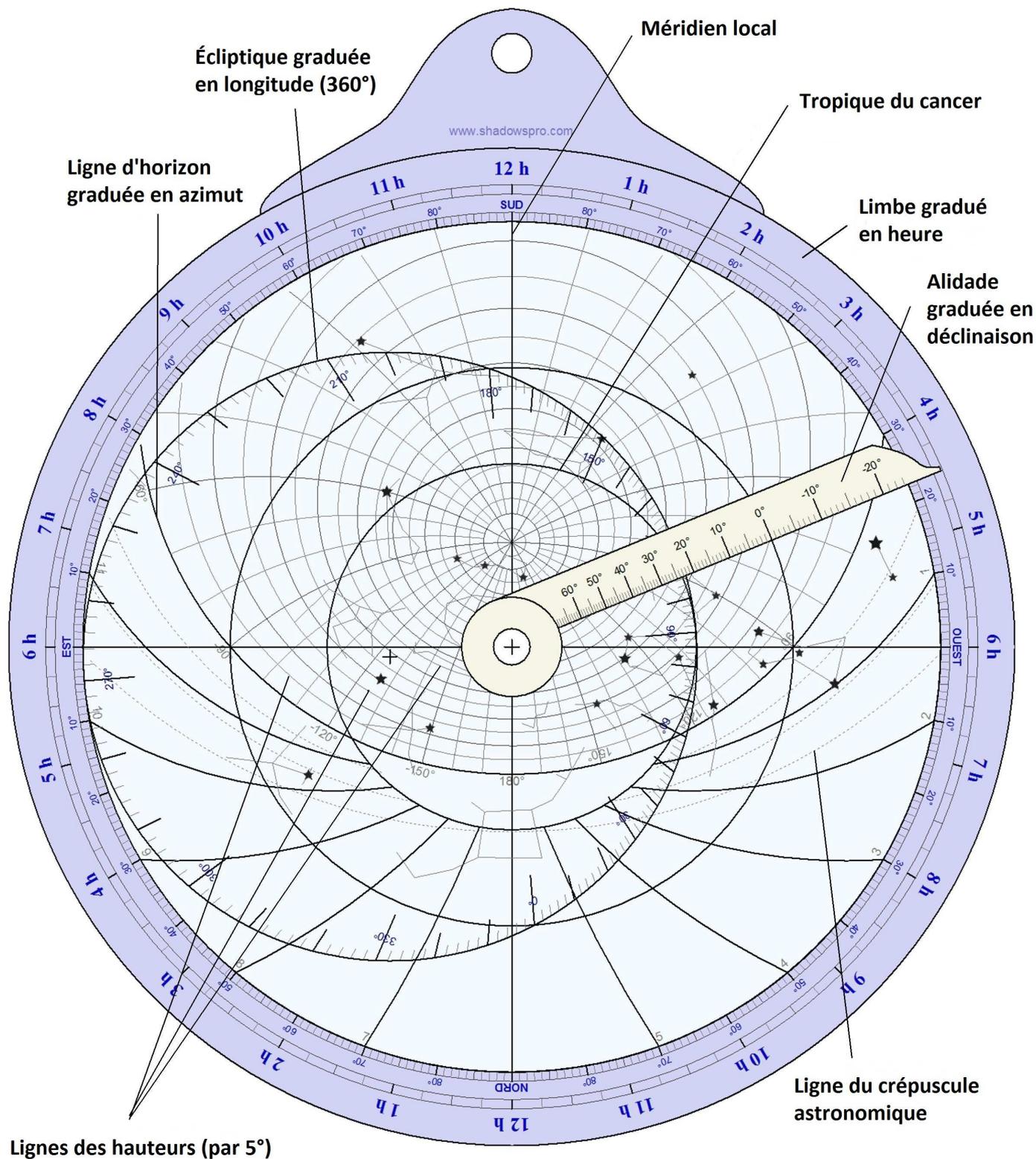
Passage heure d'hiver le 27 octobre

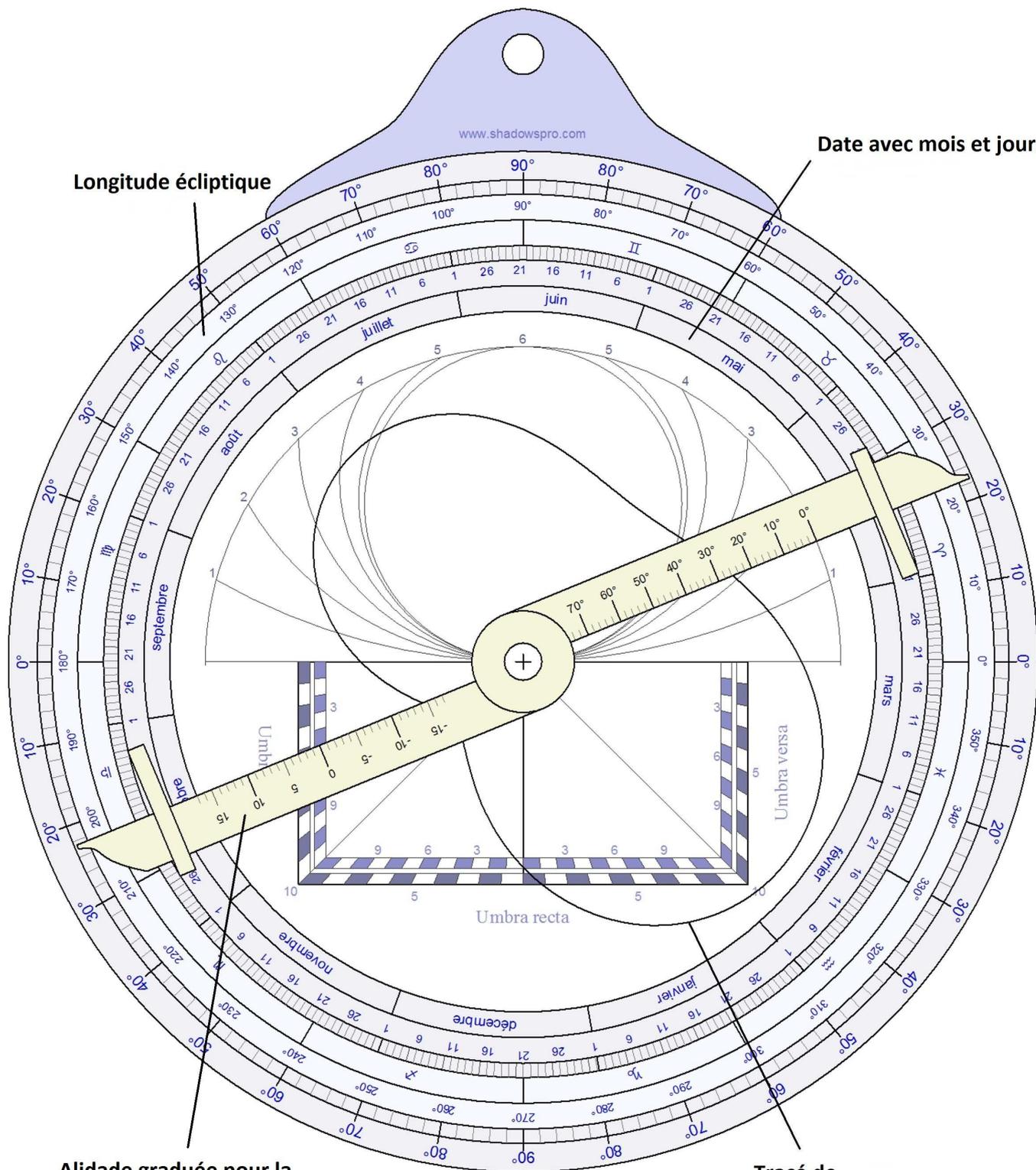
Pour chaque exercice, le temps est précisé et demandé en heure légale.

Les 3 corrections à appliquer à l'heure solaire pour obtenir l'heure légale :

- La longitude (-8 minutes pour Maurepas)
- L'équation du temps (au dos de l'astrolabe)
- + 1 heure en hiver et + 2 heures en été

Pour obtenir l'heure solaire à partir de l'heure légale, on applique l'inverse.





Longitude éclipse

Date avec mois et jours

Alidade graduée pour la correction de l'équation du temps (+14', -16')

Tracé de l'équation du temps

1. Quel jour l'étoile Régulus est-elle en conjonction serrée avec le soleil ?

Régulus a la particularité d'être presque sur l'écliptique et donc d'être approché par le soleil dans le ciel une fois dans l'année. Sur l'astrolabe, elle est facile à repérer car elle se trouve pile-poil sur l'écliptique. On y lit qu'elle est proche des 150° de longitude écliptique. Au verso, on place l'alidade à 150° de longitude écliptique et dans son prolongement il suffit de lire à quelle date (mois et jour) le soleil s'y trouve.

2. Le 27 avril à 22h50, une étoile se couche. Quelle est cette étoile ? Et quel est son azimut à ce moment ?

Au verso, on place l'alidade sur le 27 avril et on relève la longitude écliptique du soleil ce jour là : 38° .

Sans toucher à l'alidade, on en profite pour y relever l'équation du temps. Pour cela, on lit la graduation sur l'alidade à l'endroit d'intersection de celle-ci et

du tracé de l'équation du temps. On peut lire -2 minutes.

Ensuite il faut convertir l'heure légale en heure solaire : $22h50 + 8$ (longitude de Maurepas) + 2 (équation du temps) - 2h (heure d'été) = 21h (soit 9h du soir).

Au recto, on place l'alidade sur 9h du soir. Puis sans la faire bouger, on vient placer le soleil (38° sur l'écliptique) sur elle en faisant tourner l'araignée. On remarque qu'une étoile brillante se couche sur la ligne d'horizon à l'OUEST. On peut relever sa coordonnée d'azimut.

3. Quelles sont les coordonnées équatoriales du soleil le 14 juillet ?

Au dos de l'astrolabe on lit la longitude écliptique du soleil le 14 juillet comme pour le

précédent exercice. On trouve 112° .

Maintenant on le retourne et on vient placer le soleil (112° sur l'écliptique) sur le méridien local en faisant tourner l'araignée. Ensuite on place l'alidade sur le soleil et on y relève sa déclinaison.

Pour l'ascension droite, c'est le point vernal qui nous l'indique. Tout en laissant le soleil sur le méridien, on place l'alidade sur le point vernal (0° sur l'écliptique) et dans son prolongement on lit son ascension droite sur le limbe. Vous pourrez chercher les coordonnées équatoriales d'une étoile en refaisant le même processus en commençant par placer l'étoile sur le méridien local.

ATTENTION !!!

Les coordonnées d'ascension droite sont inversées par rapport aux heures solaires. 12h solaire indique 0h d'ascension droite.



4. A quelles heures le soleil se lève et se couche le 1^{er} janvier ? Quelle est la direction du soleil à ces moments ?

Au dos de l'astrolabe, on relève la longitude écliptique du soleil et l'équation du temps au 1^{er} janvier. On trouve respectivement 280° et + 3 min.

Au recto, on place le soleil (280° sur l'écliptique) sur l'horizon EST pour l'heure du lever. On place l'alidade sur le soleil et dans son prolongement on lit l'heure solaire sur le limbe ainsi que la direction.

Pour l'heure du coucher, il faut placer cette fois-ci le soleil sur l'horizon OUEST.

Il faudra bien entendu appliquer les différentes corrections aux heures solaires trouvées pour obtenir les heures légales.

5. Le 31 octobre, à quelle heure l'étoile Bételgeuse sera à un azimut de 30° à l'EST du SUD (-30°) ?

On relève à nouveau la longitude écliptique du soleil et l'équation du temps au 31 octobre : 218° et -16'.

Au recto, on amène l'étoile Bételgeuse à -30° d'azimut. Ensuite on place l'alidade sur le soleil (218° de longitude écliptique) et dans son prolongement, on lit l'heure solaire sur le limbe. On appliquera les corrections pour obtenir l'heure légale.

On trouve deux valeurs de longitude écliptique : 200° et 340°. Maintenant on amène l'alidade sur ce point d'intersection et on relève l'heure solaire sur le limbe. On trouve : 15h05.

Au dos, on relève les dates correspondant aux longitudes écliptiques trouvées et on en profite pour prendre l'équation du temps pour les deux dates.

Il faudra appliquer les corrections pour obtenir les heures légales.



6. A quelles dates et quelles heures le soleil passera t-il à un azimut 50° OUEST et la hauteur de 20° ? (2 réponses possibles)

Au verso, on repère le point d'intersection de l'azimut 50° et de la hauteur 20°. En tournant l'araignée, on amène l'écliptique sur ce point.

7. Le 6 mai, à quelle heure l'étoile arcturus culminera t-elle au dessus de l'horizon ?

Une étoile culmine au dessus de l'horizon lorsqu'elle passe au méridien SUD.

Au dos, on relève la longitude écliptique du soleil et l'équation du temps le 6 mai. On trouve 46° et -3'.

Au verso, on place Arcturus sur le méridien. On amène l'alidade sur le soleil (46° de longitude écliptique) et on lit l'heure solaire dans son prolongement, sur le limbe. On lit 23h20.

On applique les différentes corrections pour obtenir l'heure légale.

8. Quelle est la hauteur maximale du soleil durant l'année ?

Le soleil est au plus haut dans le ciel le jour du solstice d'été. Ou autrement dit, le jour de solstice d'été, le soleil est au zénith à midi solaire

sur le tropique du cancer.

Sur l'astrolabe, il suffit de trouver le point d'intersection entre le tropique du cancer et le méridien sud (midi solaire) et de relever sa hauteur.

9. Le 1^{er} Août, l'étoile Deneb a été mesuré à 85 ° de hauteur. Quelle heure est-il ?

(2 réponses possibles)

Au dos, on relève la longitude écliptique et l'équation du temps au 1^{er} Août : 130° et 6'. Sur la face de l'astrolabe, on place deneb à 85° de hauteur avant et après le méridien. Pour les deux cas on amène l'alidade sur le soleil (130° de longitude écliptique) et on relève l'heure solaire qu'elle indique sur le limbe. On applique les corrections pour obtenir l'heure légale.

10. Déterminez l'heure de la fin du crépuscule du soir le 25 avril.

On sous-entend par fin du crépuscule, le moment où le soleil est sur la ligne de crépuscule la plus en dessous de l'horizon, c'est à dire la ligne du crépuscule astronomique.

A nouveau, on relève la longitude écliptique et l'équation du temps du soleil le 25 avril (35° et -2').

Puis au recto, on place le soleil (35° sur l'écliptique) sur la ligne du crépuscule astronomique. On amène l'alidade sur le soleil et on relève l'heure solaire sur le limbe. On applique les corrections pour l'heure légale.



La Lundt 60

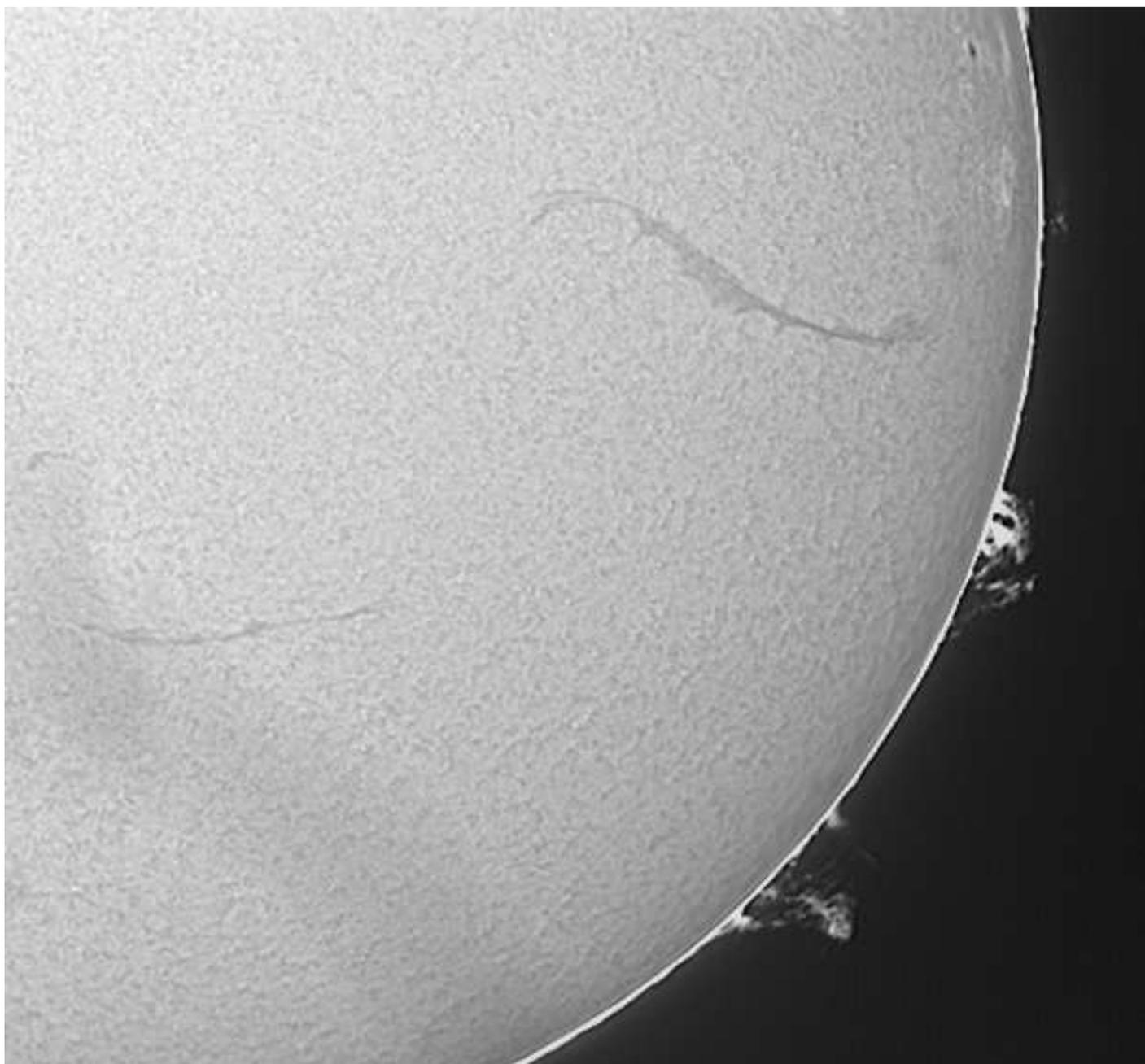
Lionel

Avec cette petite lunette solaire, je complète ma gamme d'instruments d'observation du ciel. La Lundt 60 a un diamètre de 60 mm pour une focale de 500 mm. C'est une lunette dont le filtre, centré sur la raie H alpha de l'hydrogène, permet d'observer les protubérances solaires. Les années 2013 et 2014 se trouvent au beau milieu du cycle 24 du Soleil, au maximum de son activité, c'est donc l'occasion d'admirer, non seulement les taches sur la surface, mais aussi, la granulation et les magnifiques protubérances. Avec les rotations des planètes sur elles-mêmes, la forme des protubérances est le seul phénomène qu'on peut voir évoluer sur un court laps de temps. Même à 150 millions de km de la Terre, les vitesses de déplacement de la matière solaire dans les boucles magnétiques à plus de 20 000 km/h font qu'une protubérance change d'aspect de minutes en minutes. La Lundt est équipée d'un chercheur : il s'agit d'un petit trou à l'avant d'un verre dépoli. Lorsque la lunette

est orientée vers notre astre du jour, l'image du soleil se forme sur le dépoli, inutile bien sûr d'y mettre l'œil. On peut alors admirer notre étoile à l'oculaire. La mise au point s'effectue de manière très précise grâce à un porte oculaire Crayford muni d'une vis micrométrique. Le contraste des détails, à la fois sur la surface du soleil et des protubérances sur son profil est réglé avec une autre molette qui contrôle la pression à l'intérieur de la lunette, ce réglage est très précis. Ma première observation s'est effectuée deux jours après l'acquisition de la lunette. Elle est équipée d'une vis au pas kodak, on peut la mettre directement sur un pied photo pour une mise en place simple rapide. En cette fin d'après midi, le soleil était déjà bas sur l'horizon, mais malgré la turbulence relativement forte, l'image montre des détails piqués et surtout une magnifique protubérance qui forme un long filament sombre qui se détache sur la surface du soleil, probablement entre 100 000 et 200 000 km de long,

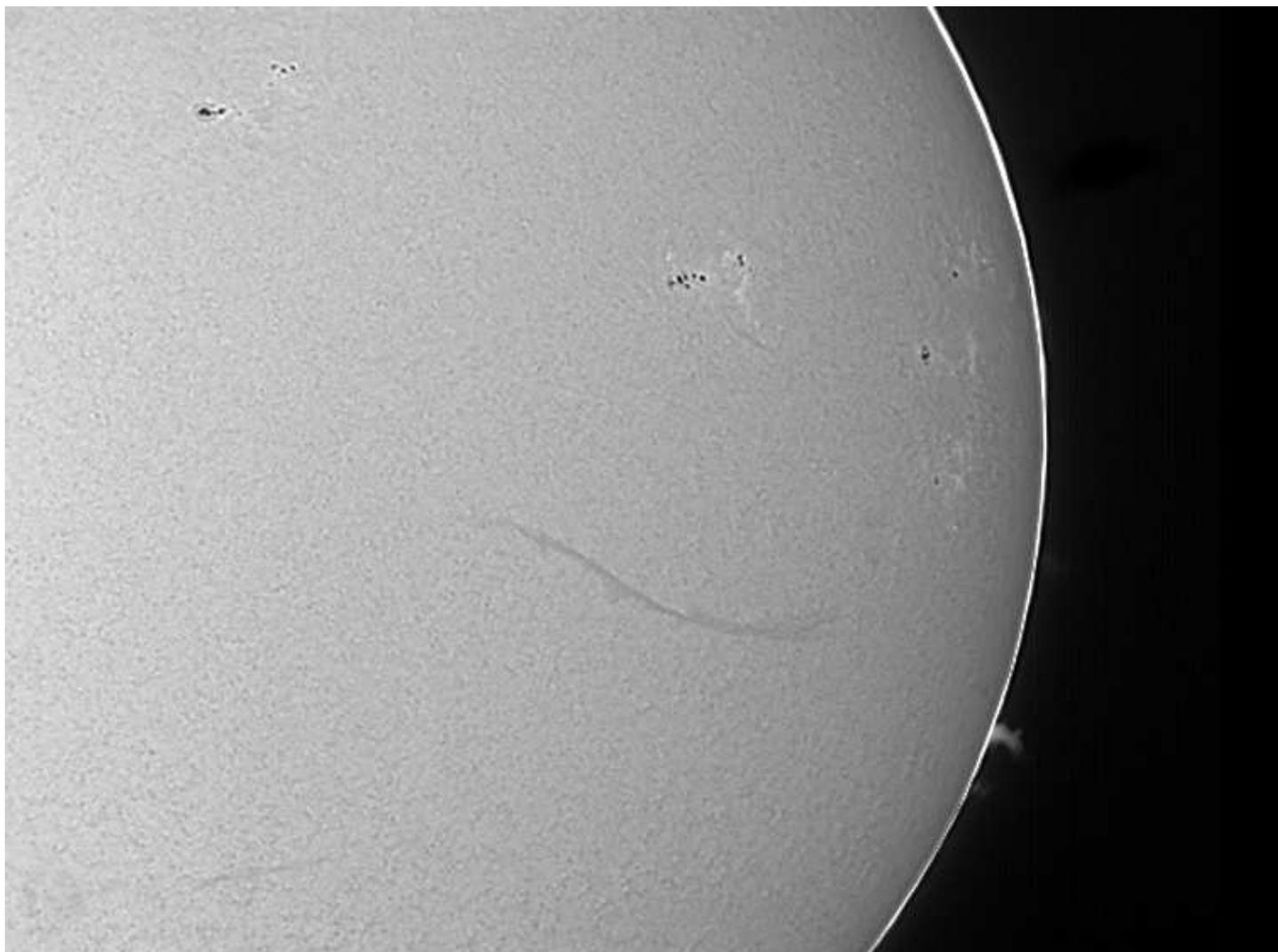
et peut-être même plus !. Le lendemain, la météo est favorable, je vais pouvoir immortaliser ces magnifiques images avec ma webcam. Une chance pour moi, le long filament de la veille est toujours là. Sur l'écran de l'ordinateur, les détails sont saisissants, en poussant le gain, je sature volontairement la surface du soleil, mais je découvre alors toutes les protubérances, même toutes petites, sur le bord du soleil, il y en a partout !! Je fais deux films, un pour les détails sur la surface (mais les protubérances sur le bord sont à peine visibles) et un avec un gain plus élevé pour bien faire ressortir les protubéran-

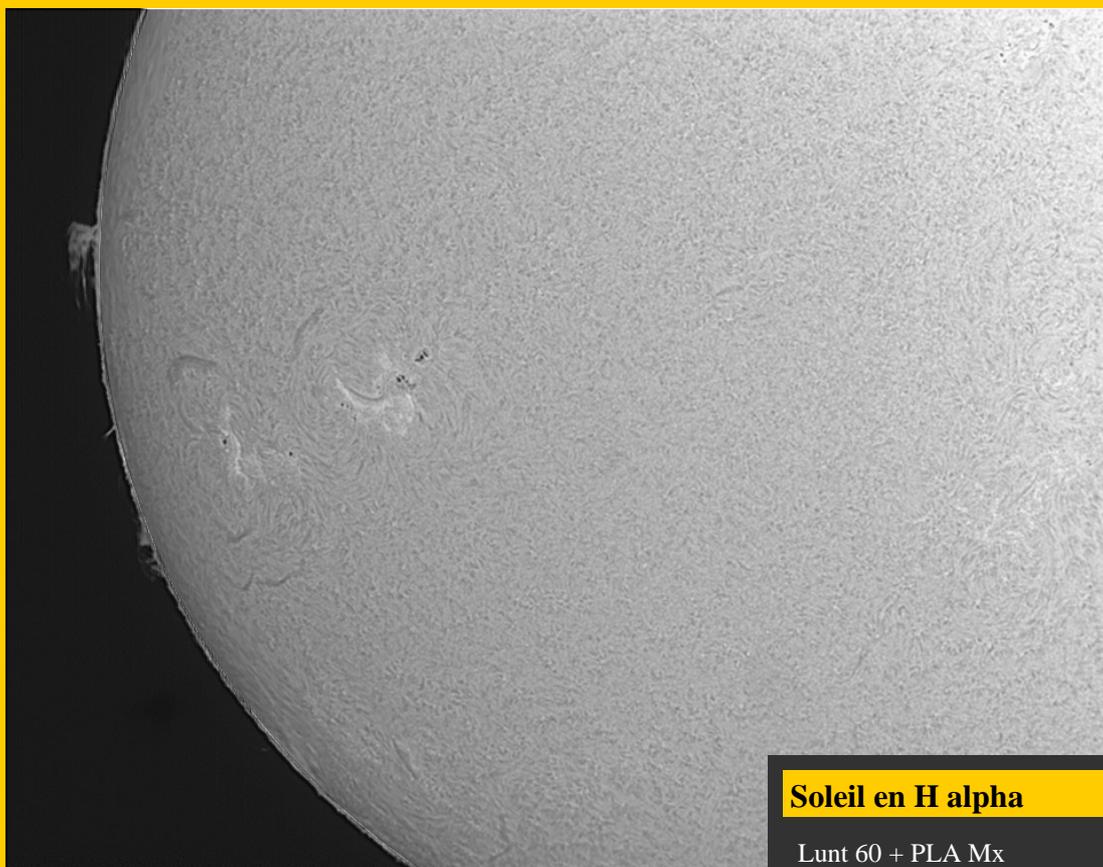
ce sur le bord (mais alors la surface est saturée). Avec le logiciel Autostakkert je transforme chacun des 2 films en une image, moyenne des meilleures images de chaque film, et je combine les 2 images avec Gimp pour avoir à la fois les détails de la surface et les protubérances du bord. Le lendemain, le filament est toujours là (qui a dit que les protubérances était un phénomène transitoire ??). Puisque les images sont bien piquées lorsque je mets la caméra directement au foyer de la lunette, je teste avec ma barlow pour agrandir les détails, problème : ma barlow est beaucoup trop longue, je n'arrive pas à faire la mise au point...



Encore un petit tour chez Charles (Charles Ichkanian, opticien Krys à Saint-Germain en Laye) pour avoir une barlow plus courte. En attendant, je profite du beau temps annoncé pour l'après midi du jeudi pour amener la lunette dans ma classe et faire découvrir le soleil à mes élèves. Après les consignes de précautions d'usages pour les observations du soleil (du coup plus personne n'ose mettre l'œil à la lunette !), on découvre ce qu'on doit voir sur le tableau interactif de la classe. La dernière image de SDO nous montre quelques taches, puis en y regardant de plus près on voit aussi des filaments et sur le bord des protubérances. Maintenant qu'on sait à quoi s'attendre, on peut passer à la lunette, installée dans la classe avec la fenêtre ouverte en grand. Au 1er passage, tout le monde découvre le disque rouge du soleil avec les 2 taches les plus grosses. Au 2e passage, on voit un filament entre les taches, puis au 3e passage

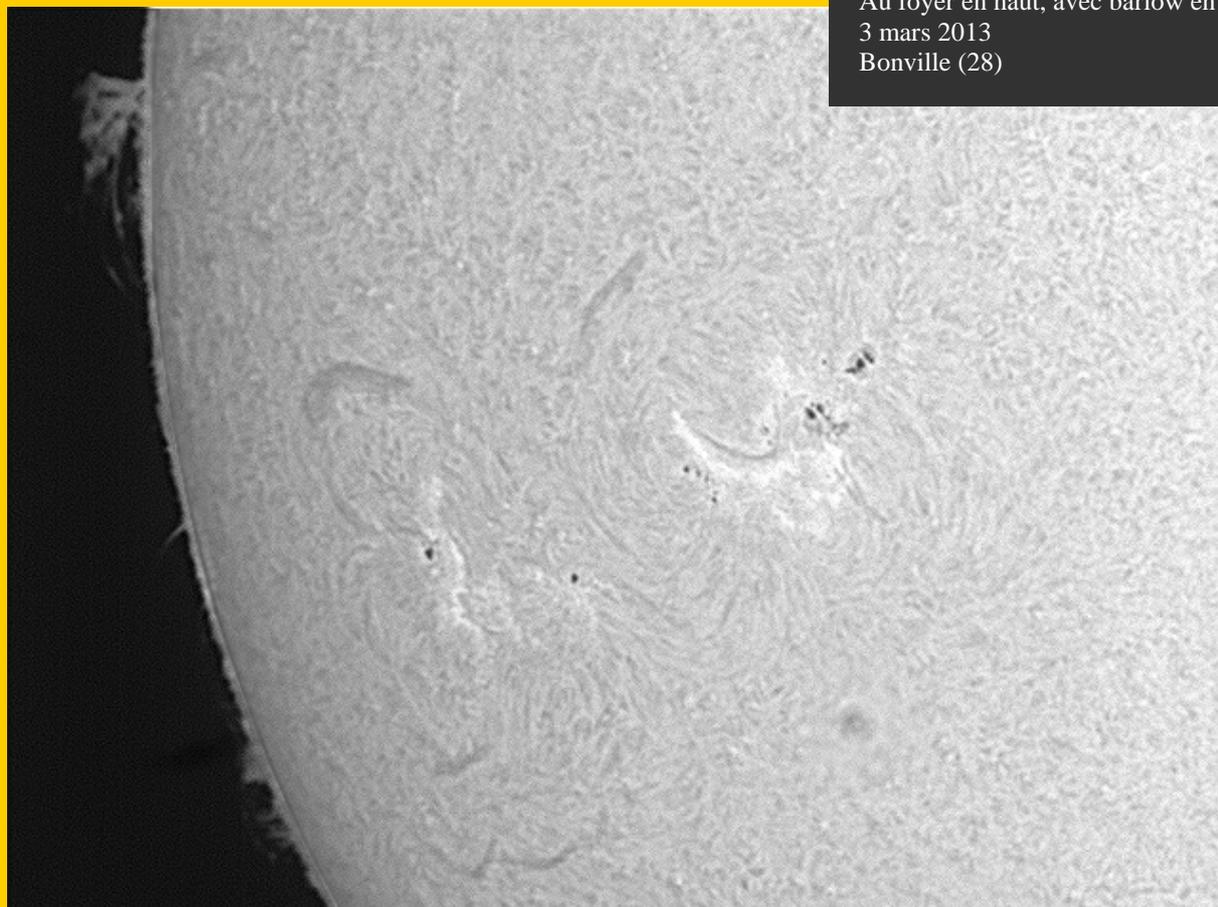
les protubérances sur le bord (j'avais dessiné sur une ardoise le gabarit du soleil avec la position des principales protubérances, à 2h, 4h et 7h). Tout le monde est enchanté déjà, d'avoir pu observer le soleil, mais aussi, d'avoir perçu les différentes structures qui nous, nous fascinent. Je suis moi-même ravi d'avoir un instrument aussi performant et facile d'installation et d'utilisation. Prochaines étapes : monter une expérience avec les élèves pour trouver une ou des méthodes pour mesurer la taille des protubérances, c'est leur démarche qui m'intéresse et qui fera l'objet d'un article pour l'Albiréoscope mais aussi pour les cahiers Clairaut du CLEA. Enfin, 15 juin, c'est la fête de la musique, c'est aussi la kermesse de l'école, une première. Je compte bien tenir un stand pour faire découvrir le soleil aux Gallardonnais, si le temps le permet, bien sûr...





Soleil en H alpha

Lunt 60 + PLA Mx
Au foyer en haut, avec barlow en bas
3 mars 2013
Bonville (28)



Solution du n°64 de février

Génération 1

Génération 2

			Faire des vortex Mauvais côté du sport	T	Congèle Demande grâce	F	unités gaz rare	K		E	Brille au loin	J	Sport Dans le noyau	F		
				D		O	P	I	N	G	Monnaie d'argent Alcools de canne	T	H	U	N	E
			Presse Produit d'abeille	U	R	G	E		Raidir Orné	R	O	I	D	I	R	
Agissant Aime écrire	A		Se fait entendre Ragoût	C	R	I	E	Partie de bac Au sommaire	P	H	I	L	O	Concurrent d'IE	F	Fatiguée
	S	C	R	I	B	E		Prison mettiez en confiance	T	A	U	L	E	Conjonction Instrument à corde	O	U
A sec Font leur révolution	T	A	R	I		Entreprise Déplacée	F	I	R	M	E	Constellation Germes de champion	G	P	S	
	S	A	T	E	L	L	I	T	E	S	Transpiration S'écoulera	S	U	E	E	
Sodium Note	N	A		Brûler Frappée	L	U	I	R	E		Dans la bobine Grandeur physique élémentaire	S	P	I	R	E
	U	T		Trompées Embêtez	B	O	X	E	E	Contingent Sans frais	Q	U	O	T	A	île d'astronomie
Arbuste pour oiseaux Calebasse Partie d'os	G	E	N	E	Z		Echappera Bleu vert	F	U	I	R	A	Satellite de Jupiter	V		
	V	I	O	R	N	E	Bravade Dans le pastis	C	R	A	N	E	R	I	E	
Eclaire la nuit Amener vers soi	L	U	N	E		Possédant	A	Y	A	N	T	Chevalier Devise japonaise	E	O	N	
	T	I	R	E	R		Ville de Sebastien note	N	A	N	T	E	S			
poème chanté Bêtes de somme	O	D	E		Eau de lavage	R	I	N	C	U	R	E				
	A	N	E	S	S	E	S	Sultanat	O	M	A	N				

T	D	R	S	K
1	2	3	4	5

TDRS-K est le premier des satellites relais de communication de la NASA de troisième génération. Il va accroître l'espérance de vie de la flotte existante en orbite géostationnaire. Ces engins fournissent le service réseau haut débit de données des opérations de suivi, télémétrie, commande pour de nombreuses missions d'exploration en orbite autour de la Terre. Cela inclut les missions de l'ISS et du télescope spatial Hubble. C'est une fusée Atlas V qui emportera ce satellite. Boeing est le fournisseur du Satellite et la Nasa assure la gestion du réseau de communication.



Jeux

Clues in the crossword puzzle:

- Emetteur d'en haut
- Adjectif démonstratif
- Volant très léger
- Platine Yvonne
- Opéra de Véga
- Sté d'internet Indienne
- Signal Sans mélange
- Article
- Club de foot
- Fossé pour saline
- Table de sacrifices
- S'en va
- Bagnole indienne
- 5
- Chienne de chasse
- Auroch
- Interjection
- Longueurs
- Surface théorique de la Terre
- Début de glacier
- Obligations du Trésor Public
- Neige en coton
- Remuant
- Bouillie de maïs
- 1/10^{ème} de livre à Paris
- Transport collectif
- Pas naturel
- 6
- Satellite pour la télé
- Piquant
- 4
- Pas jeunes
- Avec les couleurs de l'arc-en-ciel
- Pas loin de Saturne
- Perça
- 1
- Symbole du métal d'Albert
- Mis après
- Chaudement huilés
- Support
- Usage
- Elle résout les équations
- Projetter sable et ciment
- Nationalité de Soyouz
- Conduit pour synapse
- Canots légers
- Tente
- Façonnée
- Tir
- Gaie
- Fixé
- Éléments d'information
- 3
- Dirige l'entreprise
- Ne pas aimer
- Domine la plaine
- Forçats
- Problème d'adolescence
- Première née
- Langue
- Durée
- Lentille bâtarde
- 7
- Enlève
- Sans vie
- Huitième de l'année romaine
- Placer
- Tues (le cert)

1	2	3	4	5	6	7

Découvrez le nom du satellite qui va ouvrir l'ère des transmissions TV commerciales et mondiales



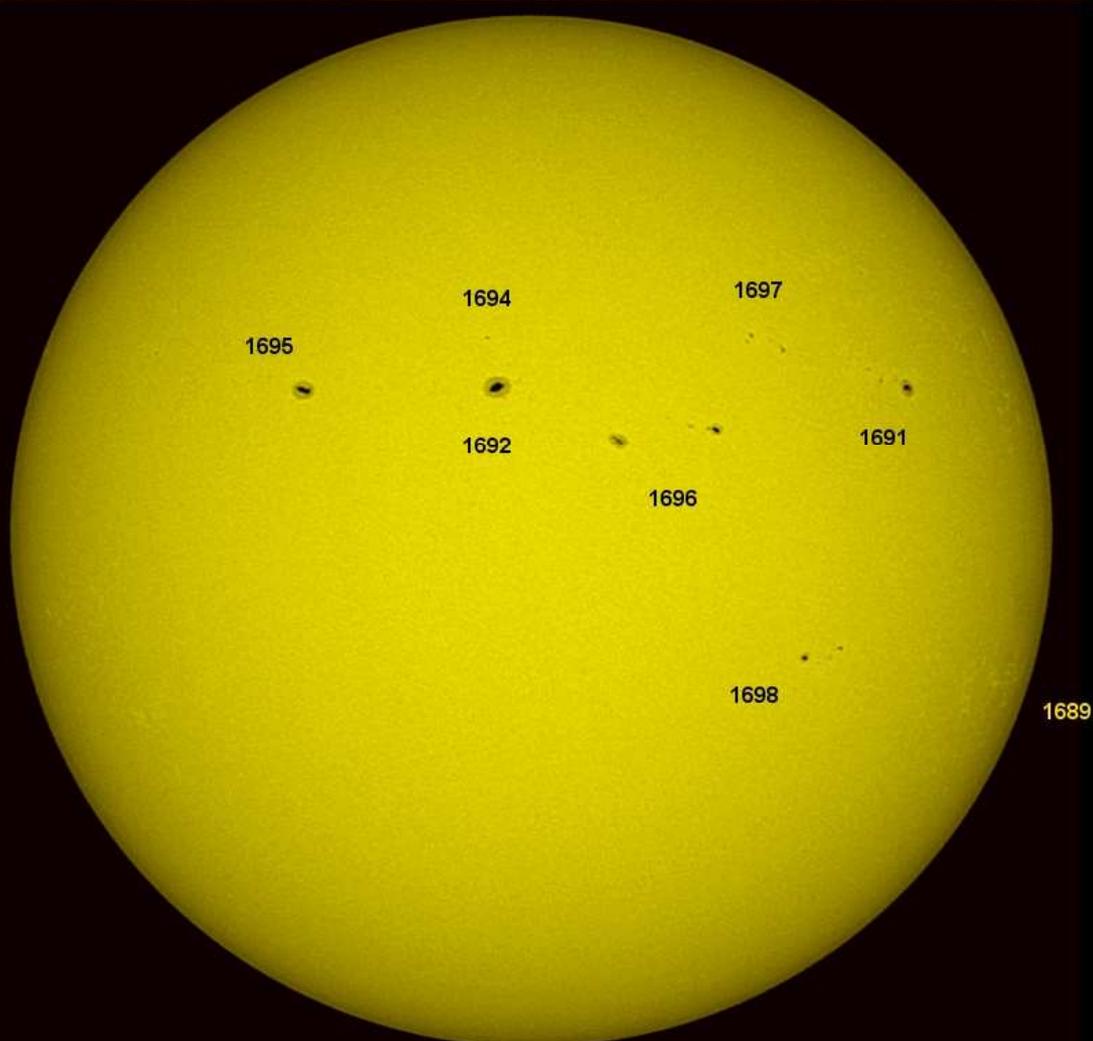
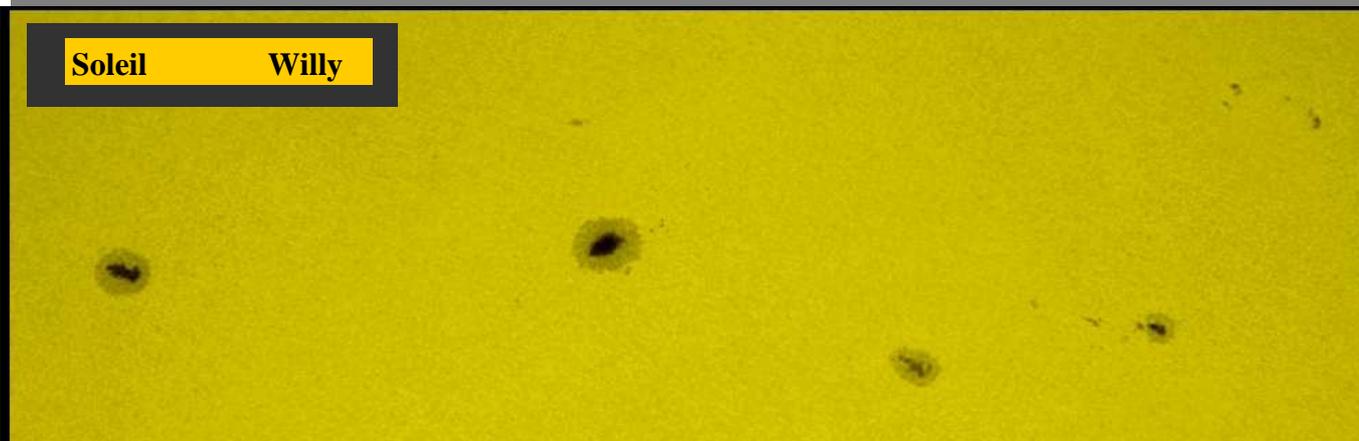
Solution dans le n°66 de juin

Michel

Galerie

Soleil

Willy

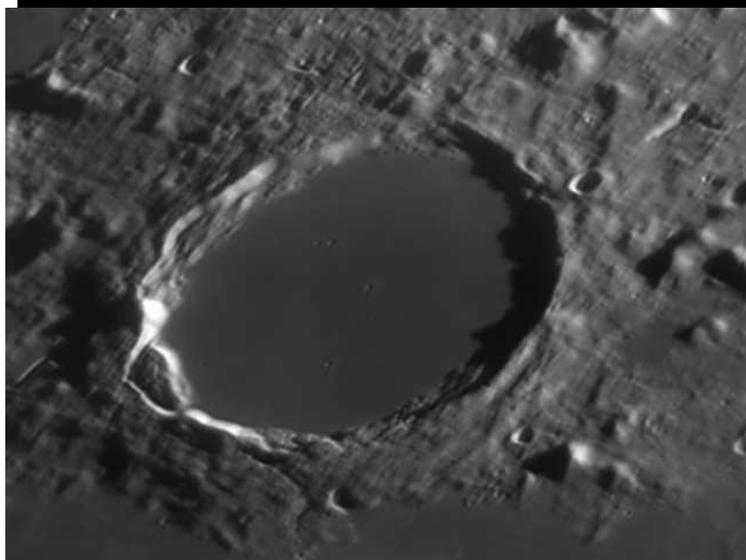


Soleil en visible le 15 mars 2013 vers 10h45 TU
 Lunette ZS70ED avec feuille Astrosolar D5, monture EQ1 de table
 Caméra ORION 4SIII au foyer ou derrière une barlow x2,4
 avec filtres IR-UVcut + N°56 (vert)
 Prises de 30 sec à 30 im/sec
 traitement RS6 - 120 meilleures trames
 Finition Irfanview + GIMP
 Ciel voilé en altitude, fréquents passages nuageux en basse altitude
 vent moyen à sensible - Turbulence modérée
 Vues de détails : pénombre dentelée, zones claires dans les ombres

Jupiter et Io Lionel

C14, PLA Mx, IR-RVB

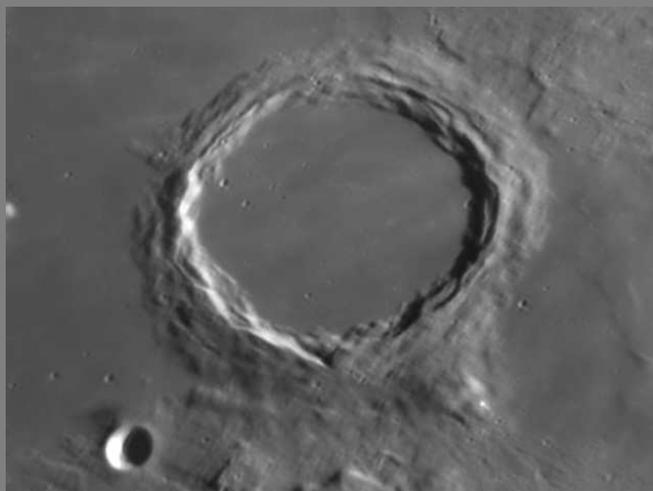
18 février 2013
Bonville (28)



Platon et Archimède Lionel

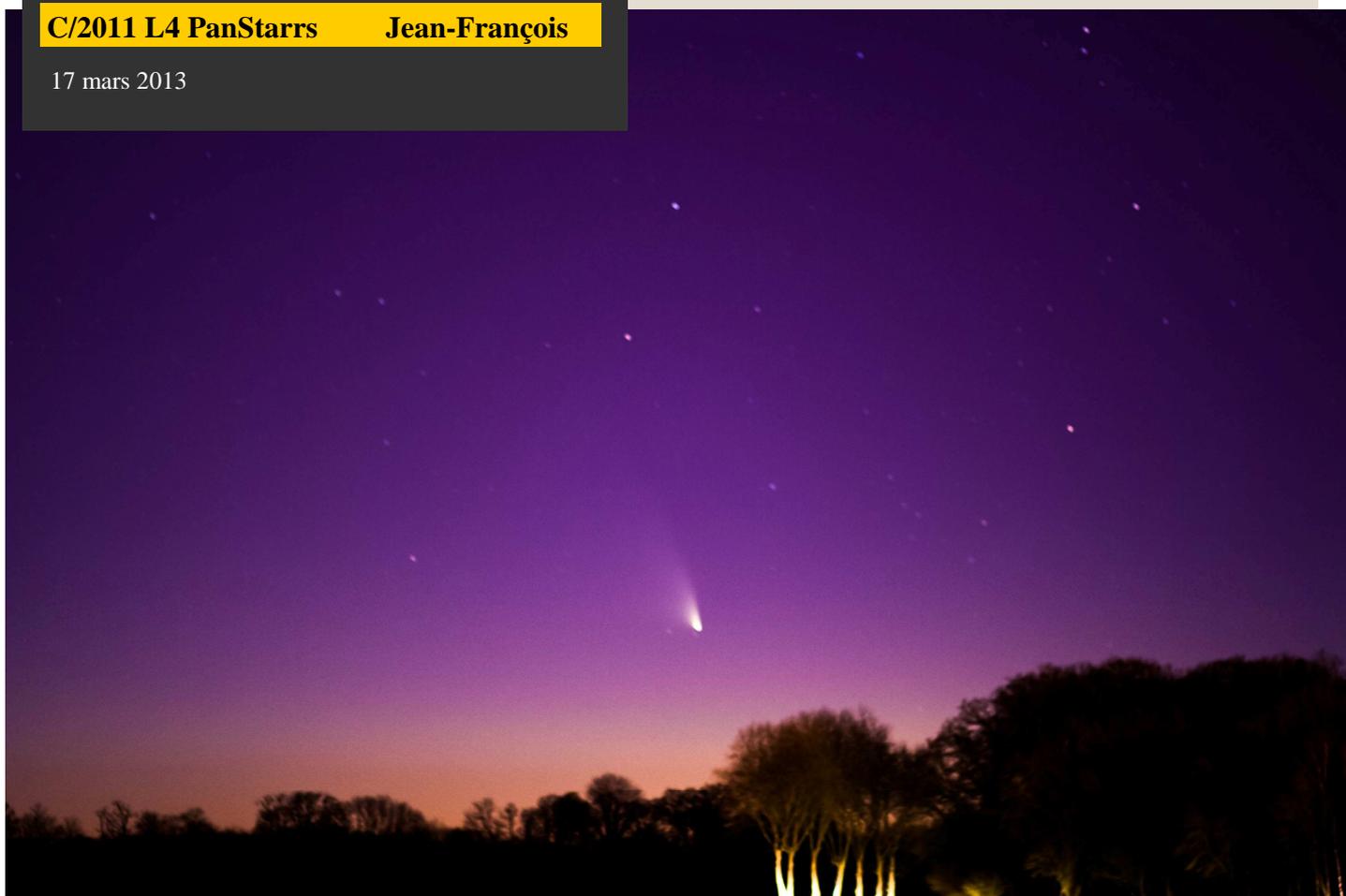
C14, PLA Mx, IR pass

19 février 2013
Bonville (28)



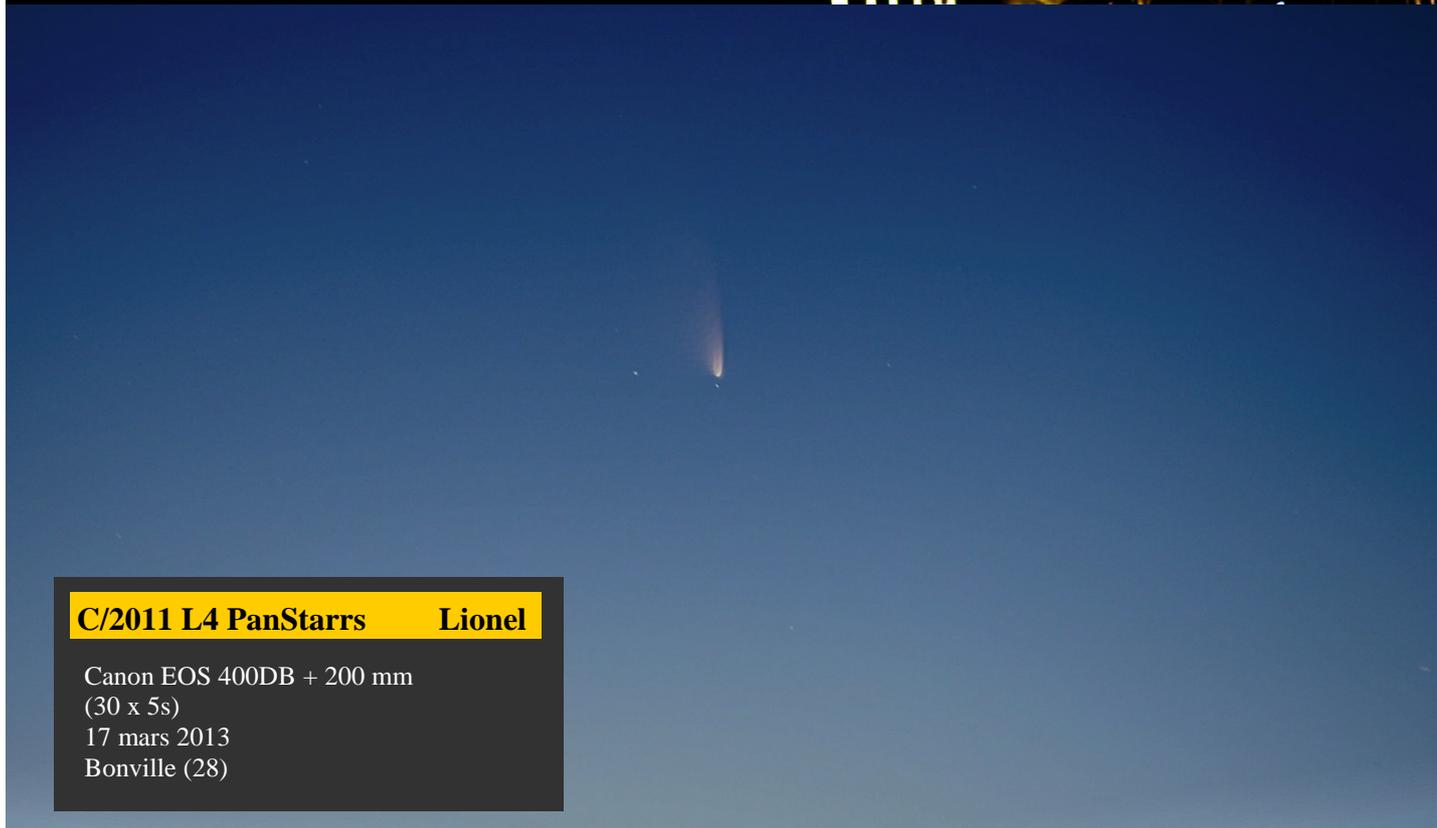
C/2011 L4 PanStarrs **Jean-François**

17 mars 2013



C/2011 L4 PanStarrs **Lionel**

Canon EOS 400DB + 200 mm
(30 x 5s)
17 mars 2013
Bonville (28)



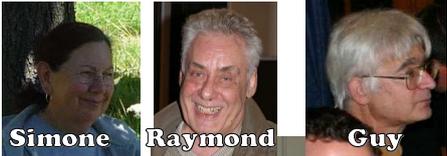
M81, M82

Fabien

Télescope 200 / 900 + EOS 1100D
12 x 2 min
24 février 2013

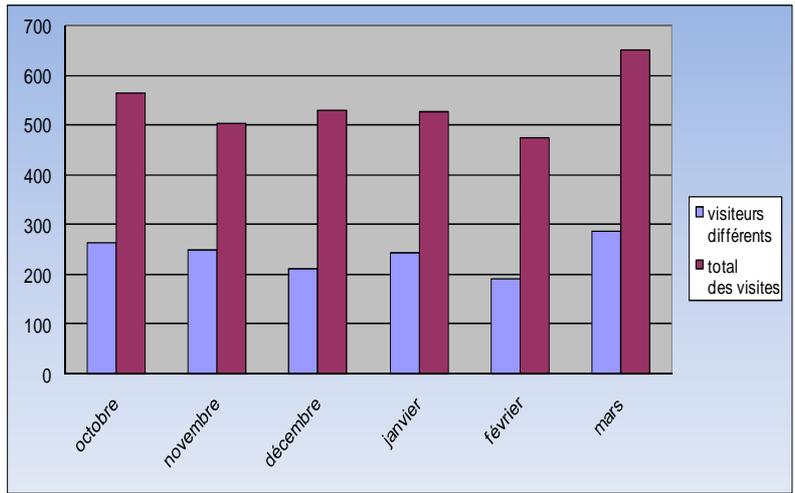


**Albireo78
saison 2012-2013**



www.albireo78.com

Fréquentation du site



Sortie du n°66 : juin 2013





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°65
Michel Gantier
Philippe Châtelain
Lionel Bourhis

Imprimé à Chartres
Chartres Repro
5 rue du Maréchal Leclerc