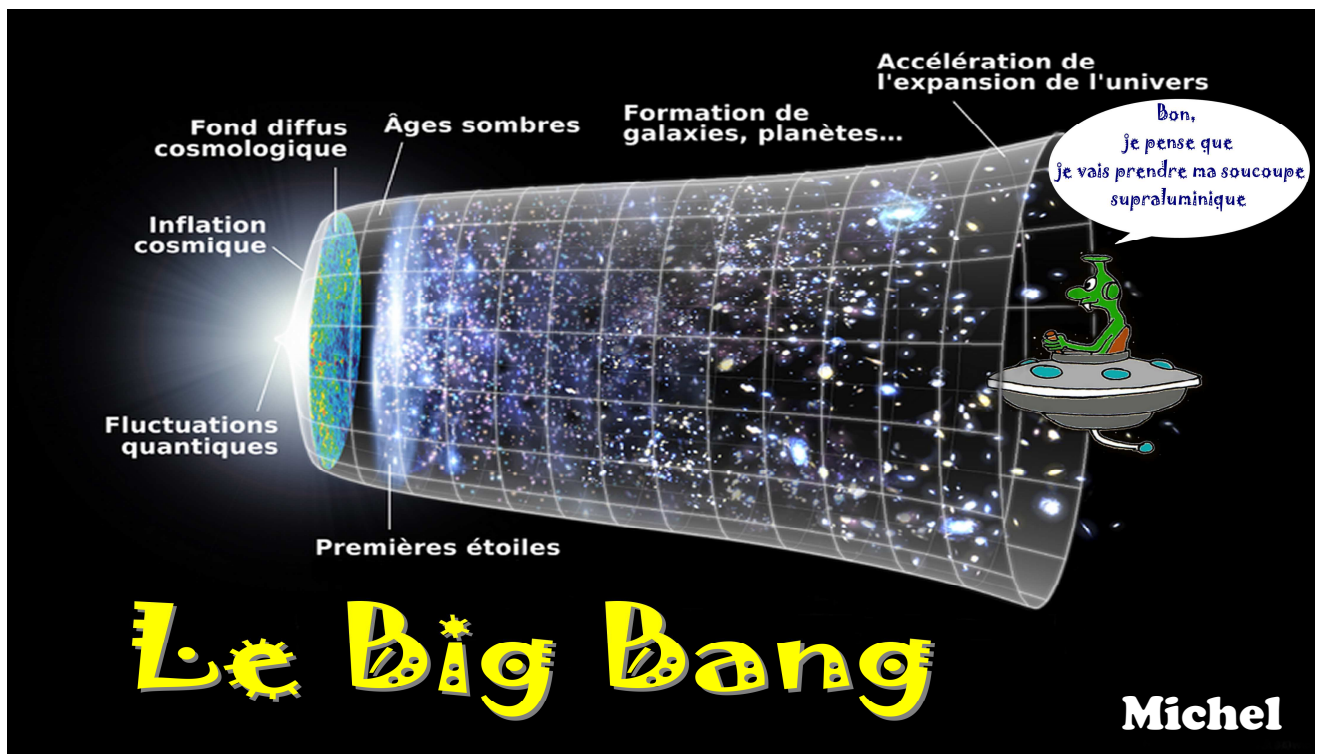


L'ALBIREOSCOPE



SOMMAIRE

I DOSSIER

le Big Bang

14 **AL78** Titan :
Terre primitive

24 **les anneaux**
de Saturne (2)

16 **C'est arrivé ce jour-là...**
les anniversaires d'octobre

28 **le transit de**
Vénus

22 **les nuits des**
étoiles

35 **Mots croisés**

36 **Galerie photos**

Le Big Bang :
c'est là que tout a
commencé.

Mais ce sont aussi
différentes variantes
de la théorie du
commencement de
l'Univers, ce qui
occupe l'esprit de
tous les cosmologistes
aujourd'hui.

C'était à la conférence de l'Université de tous les savoirs, un projet conçu par Yves Michaud pour la mission 2000 en France. Le cosmologiste Marc Lachieze-Rey nous présentait le « big bang ».



Marc Lachieze-Rey

Marc Lachieze-Rey est docteur es-science, directeur de recherche au CNRS, spécialiste en cosmologie, masse cachée et physique théorique, ainsi que de la distribution des galaxies et de la matière dans l'Univers ; il enseigne au DEA astrophysique de l'université de Paris 6 et Paris 7. Il est connu par ses activités de chercheur mais aussi par ses nombreuses publications d'ouvrages accessibles au public (connaissance du Cosmos chez Albin Michel, Physique et l'Infini en collaboration avec J.P. Luminet chez Flammarion, le fond diffus cosmologique chez Masson, la quête de l'Unité chez Albin Michel, Figures du ciel avec J.P. Luminet chez Deuil, etc...).

Nous allons donc discuter du **Big Bang** qui est **un modèle cosmologique**. La cosmologie n'est pas du tout nouvelle dans la mesure où aussi loin que l'on puisse remonter dans l'antiquité, on sait que tout le monde s'est intéressé au ciel et au cosmos (ou l'univers, selon la façon dont il était dénommé), ainsi qu'au rapport que l'homme avait avec cet Univers. La cosmologie, on peut dire que c'est l'intérêt que l'on porte à l'Univers dans son ensemble et par conséquent à la place qu'on y occupe. Ce qui est nouveau, c'est que la cosmologie soit devenue une

science.

On peut faire remonter l'origine de la science moderne à au moins trois siècles : on la fait démarrer bien souvent à l'époque de Newton. Et il est admis de faire démarrer la cosmologie scientifique à cette époque également. Ce qui est nouveau, c'est qu'au XX^{ème} siècle, la cosmologie soit devenue relativiste. Cette cosmologie relativiste aboutit à une classe de modèles que l'on ap-



Isaac-Newton (1642-1727)

Isaac Newton est un physicien, philosophe, astronome, et mathématicien anglais, considéré comme l'un des plus grands scientifiques de tous les temps. Newton a formulé des lois sur la gravitation universelle et sur les corps en mouvement. Ces lois fondamentales expliquent de quelle façon les objets se déplacent sur terre comme dans les airs. Il a fondé l'optique moderne, étudié le comportement de la lumière, et a construit le premier télescope à miroirs.

pelle les modèles de Big Bang.

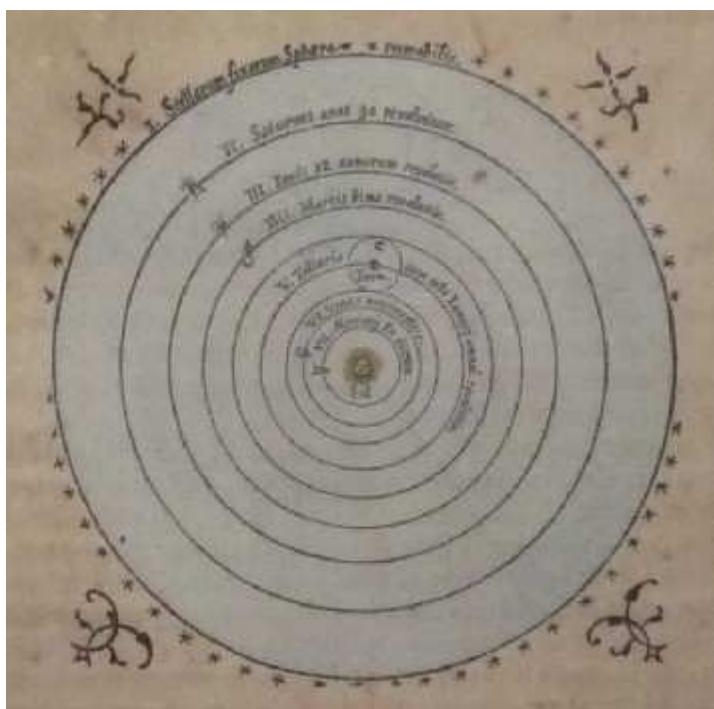
Le Big Bang n'est pas un modèle unique, ce n'est pas une description absolument déterminée de l'Univers, et de son évolution mais c'est un ensemble de descriptions de possibilités d'évolution de l'Univers qui obéissent à certaines caractéristiques communes mais qui ont des différences ; et le travail des astrophysiciens et des cosmologues actuellement est d'examiner dans la classe de tous les modèles de Big Bang, quels sont ceux qui semblent le mieux décrire notre Univers et bien entendu de vérifier si cette classe convient bien pour décrire notre Univers (ce qui semble être effectivement le cas). Avant d'aborder ces modèles, le meilleur moyen pour approcher les idées qui sont en cause et de faire une petite introduction historique et qui commence à l'Antiquité.

Toute notre civilisation, nos idées, nos concepts, tout ce qui nous préoccupe sont hérités des Grecs. Toutes les questions qui sont traitées en liaison avec cette discipline

actuelle qu'est la Science, la physique en particulier, ont déjà été traitées (certes de manière différente par les Grecs) et il est intéressant de comparer nos conceptions à celle de cette antiquité grecque. Mais, beaucoup de choses nous en distinguent à savoir en premier lieu que le concept d'Univers, tel qu'on le conçoit aujourd'hui, n'existait pas vraiment. Il y avait plutôt le monde, ou ce que Platon appelait le cosmos, avec l'idée que le monde devait être harmonieux mais ce monde n'était pas unifié mais plutôt hiérarchisé. Nous n'allons pas entrer dans les détails mais c'était un monde bien différent du nôtre ; son extension était beaucoup plus petite que celle d'aujourd'hui. C'était un monde centré sur la Terre et son extension se limitait à ce qu'on appelle aujourd'hui le Système Solaire. Ce

La notion de sphère céleste a été inventée par les philosophes grecs de l'Antiquité. L'idée plaisait aux philosophes grecs car la sphère était considérée comme une figure géométrique parfaite. Toute la cosmologie grecque était donc basée sur un modèle de sphères concentriques autour de la Terre, dont la **sphère des fixes** qui correspond peu ou prou à la sphère céleste actuelle. Durant l'antiquité et le Moyen-Âge les étoiles étaient considérées comme équidistantes de la Terre et cette sphère comme une représentation exacte de l'Univers. Même si on sait maintenant que ce modèle est faux, cela reste une abstraction utile. En effet, tout ce que nous voyons dans le ciel est très éloigné de nous et la distance est impossible à mesurer juste en regardant. Puisque ces distances sont indéterminées, il est seulement nécessaire de savoir la direction de l'objet pour le localiser dans le ciel. Dans ce sens, le modèle de la sphère céleste est un outil très pratique pour « l'astronomie de position ».

monde était supposé fini et même borné avec une frontière matérialisée par une sphère.



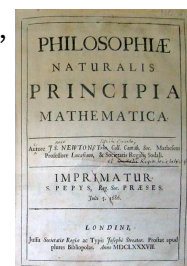
Il y avait un emboîtement hiérarchique de sphères autour de la Terre avec celles de la Lune, du Soleil et des planètes, et jusqu'à cette dernière sphère qui s'appelait la sphère des fixes et qui marquait la frontière du Monde. Ces idées étaient celles de Platon et d'Aristote essentiellement qui ont régnées pendant près de deux millénaires et qui ont été mises en oeuvre par de nombreux mathématiciens, géomètres et astronomes avec, ce qui est fon-



Aristote (384 av J.C.)

Aristote conçoit le monde comme clos, fini et hiérarchisé. La limite du monde est la sphère des fixes, les fixes étant les étoiles accrochées à la sphère céleste transparente. Cette sphère tourne, ce qui permet d'expliquer à la fois le mouvement apparent des étoiles et l'existence des constellations. La terre est au centre, fixe et immobile. Le monde est incorruptible au-dessus de l'orbite lunaire, corruptible et en proie au devenir en dessous (mondes supralunaire et sublunaire).

damental, la prééminence du cercle et de la sphère ; c'était une idée qui venait de plus loin, des Pythagoriciens, reprise par Platon car avec ces figures du cercle et de la sphère étaient associées les idées d'harmonie et Platon avait dit, en employant le terme de Cosmos, que notre monde devait être harmonieux, et décrit de manière harmonieuse. D'où ce dogme (qui a tenu 2000 ans, jusque Copernic et Kepler) que les mouvements célestes devaient être décrits par des combinaisons de cercles et de sphères. Une conception, avec quelques variantes, qui tient donc deux millénaires jusque la première révolution cosmologique, qui s'est produite après la Renaissance mais pas de manière instantanée ; elle a duré un peu plus d'un siècle avec beaucoup de précurseurs avant Copernic (Nicolas Lecluse, T. Brahé et Kepler, Galilée par exemple). Et pour finir, à la fin du XVII^{ème} siècle, Newton avec ses Principia, énonce les fondements de la mécanique, de l'astronomie, de la cosmologie moderne et même, pour beaucoup, de la physique moderne. Ce qui



peut caractériser cette révolution est que, premièrement, on s'est rendu compte que l'Univers était bien plus vaste que ce que l'on croyait, c'est à dire qu'il ne s'arrête pas à cette sphère des fixes, d'ailleurs il n'y a pas de sphère des fixes car les étoiles ne sont pas toutes sur une sphère à la même distance de nous mais réparties dans tout l'espace. On s'aperçoit que la Terre n'est pas au centre du Monde.



Copernic (1473-1543)

Nicolas Copernic était un chanoine, médecin et astronome. Il est célèbre pour avoir développé et défendu la théorie selon laquelle le Soleil se trouve au centre de l'Univers et que la Terre tourne autour de lui (héliocentrisme).

Copernic place le centre du monde ailleurs, au niveau du Soleil mais Newton dira qu'il n'y a pas de centre au Monde et c'est encore notre position actuelle. Le monde n'a pas de centre, tous les points sont équivalents, aucun n'est particulier :

le monde est homogène.

Cette idée d'homogénéité du monde est celle qui fait aboutir à l'idée d'Univers, Univers en tant que monde unifié ; c'est à dire : tous les points sont équivalents, les lois de la physique sont les mêmes partout, à tout endroit et aussi en tout temps. Et sans cette idée d'universalité des lois, du mouvement, de la composition de la matière en général, on ne pourrait simplement pas faire de physique ; c'est cette universalité, donc le concept même d'Univers, qui va garantir que si je fais une expérience ici, et si je fais la même expérience là bas, j'aurais le même résultat : la reproductibilité, ce qui fonde la possibilité de faire de la physique. Également, si une même expérience est faite aujourd'hui puis demain, elle donnera le même résultat. Donc cette idée d'Univers est

entièrement nouvelle, elle est introduite par tous ces protagonistes et elle heurte profondément les conceptions aristotéliennes. Il y a donc beaucoup d'idées nouvelles à cette époque : que la Terre n'est pas au centre du monde (c'est le soleil), puis, qu'il n'y a pas de centre, que l'espace n'est pas fini mais qu'il est infini, que les mouvements des planètes ne sont pas de cercles mais des ellipses (Kepler), que l'univers n'est pas fait de quatre éléments (terre, air, eau et feu) mais de petites particules (retour à l'atomisme) ; enfin, l'essentiel est que maintenant Newton énonce les propriétés de l'espace et du temps et que cet espace et le temps vont constituer un univers et vont constituer dans ce cas le cadre immuable de toute la physique. Et cette physique newtonienne aura extrêmement de succès pendant deux siècles : elle restera très efficace jusqu'à ce qu'à la fin du 19^{ème} siècle et au 20^{ème} siècle on s'aperçoive non pas de difficultés de fonctionnement (cette physique marche très bien pour décrire et prédire tout ce qu'on observe) mais de certaines difficultés conceptuelles qui vont aboutir à une nouvelle théorie ou plutôt deux nouvelles théories de la physique : la relativité



Albert Einstein au tableau...

restreinte en 1905 et la relativité générale en 1915 d'une part et, d'autre part, quelques décennies plus tard, la mise en place de la physique quantique. Donc, il y a un renouveau total de la physique au 20^{ème}

siècle et, en même temps, contemporain du renouveau de cette physique et conséquence de ce renouveau, la seconde révolution cosmologique qui va se fonder sur la nouvelle théorie - essentiellement sur la relativité restreinte et générale d'abord - et aussi sur les observations. La cosmologie moderne relativiste (et en particulier les modèles de Big Bang) n'aurait pas été découverte ou inventée sans cette conjonction de nouvelles théories, qui répondaient à des besoins conceptuels rappelons-le, et les progrès extraordinaires des observations (de grands télescopes, la photographie qui permettait de voir

des objets très peu lumineux, et la spectroscopie). Une conjonction formidable entre théorie et observations qui va permettre une suite de progrès dans le début du siècle et ces progrès vont se combiner, avoir une sorte de synergie qui va aboutir à un modèle cosmologique bien déterminé : les modèles de Big Bang. En résumé : trois étapes, cela simplifie car la réalité est un peu plus compliquée ; depuis la fin du 19^{ème} siècle, il y avait un "grand débat" (ainsi nommé avec ces guillemets) qui occupait toute la communauté astrophysique avec un sujet d'importance car il s'agissait de savoir jusqu'où va notre Univers. Jusqu'à la Renaissance à



La Voie Lactée (représentation d'artiste)

peu près, on pensait que l'univers était confiné au Système Solaire, après quoi, on a compris qu'il s'étendait beaucoup loin puisque les étoiles se répartissaient à des éloignements divers avec une question : cela va-t-il à l'infini ou cela s'arrête-t-il ? A la fin du 19^{ème} siècle, les astronomes avaient compris que nous étions dans une sorte de rassemblement d'étoiles, non pas des étoiles en nombre infini mais une sorte d'amas d'étoiles que l'on appelle aujourd'hui une galaxie qui correspond à notre Voie Lactée. Et, petit à petit, les astronomes du 19^{ème} siècle étaient arrivés à en dessiner les contours et voir quelle était notre place, celle du système solaire, dans ce système à savoir notre galaxie. Une question restait posée : est-ce que l'univers, c'est ça ? Beaucoup d'astronomes du 19^{ème} siècle postulaient que l'univers se résumait à notre galaxie et qu'après c'était le vide. Cependant, une partie de cette communauté pensait autrement et imaginait qu'au delà, bien au delà de notre galaxie, existaient d'autres galaxies ou d'autres



Emmanuel Kant (1724-1804)

"univers île" comme avait proposé le philosophe Kant à la fin du 18^{ème} siècle : il avait déjà eu cette idée de visionnaire où ce qu'on appelle l'univers pourrait être un rassemblement de mondes épars, comme des îles dans un archipel au milieu de l'océan. Toujours est-il que cette question est devenue une controverse très active à la fin du 19^{ème}, et début du 20^{ème} siècle avec beaucoup de débats, et d'arguments contradictoires d'autant que certaines observations étaient fausses, donc la situation était très compliquée. Le débat a été finalement tranché en 1924 avec les observations d'Edwin Hubble, qui grâce à l'utilisation de grands télescopes va réussir à montrer qu'un objet céleste que l'on appelait à l'époque la nébuleuse d'Andromède était en fait situé en dehors de notre propre galaxie. S'il est prouvé que



Edwin Hubble (1889-1953)

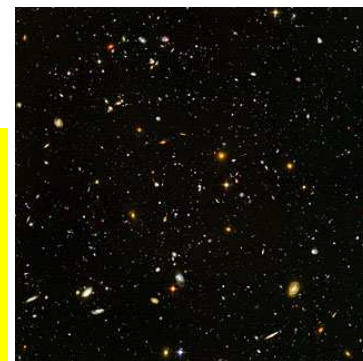


La galaxie d'Andromède (filtre h-alpha)

quelque chose se trouve bien loin de "chez nous", alors notre univers n'est pas limité à notre galaxie. En 1924, Hubble démontre que le monde est immense, beaucoup plus grand que notre galaxie, et il est fait d'autres galaxies comme la notre : la nébuleuse d'Andromède est une galaxie comme la Voie Lactée, elle s'appelle aujourd'hui la galaxie

d'Andromède, et elle est située à plusieurs millions d'années lumière d'ici. Depuis, on a découvert des centaines, des milliers, des millions... et sans doute des milliards d'autres galaxies. En 1924, l'univers s'est brus-

Ultra Deep Field : plus de 10.000 galaxies ici, sur cette photographie des profondeurs de l'espace prise par le télescope spatial Hubble. Des galaxies d'un temps ancien où l'univers était jeune, dense et chaud selon la théorie du Big Bang.



quement étendu et aujourd'hui on ne sait pas encore dire quelles sont ses limites ! On ne sait pas s'il est fini ou infini. Plus exactement, on sait que probablement il n'a pas de limite et que, nouveauté due à la relativité générale, il est possible que l'univers soit fini en volume, bien que n'ayant pas de limites ; ceci est dû à la géométrie particulière que permet la relativité générale. Deuxième aspect de cette révolution cosmologique en 1929 : non seulement on vient de démontrer que l'Univers est immense (fait de galaxies) mais à la suite de toute une série d'observations qui remontent déjà à la fin du 19^{ème} siècle, et essentiellement dues à l'astronome américain Vesto Slipher, puis reprises par Hubble, on s'aperçoit que ces galaxies sont toutes en mouvement :



Vesto Slipher
(1875-1969)

- 1) elles sont en mouvement.
- 2) elles sont toutes en mouvement d'éloignement (avec quelques exceptions où elles se rapprochent mais cela n'a guère d'importance dans ce schéma)
- 3) plus on observe de galaxies faibles

Vesto Slipher fit toute sa carrière à l'observatoire Lowell situé à Flagstaff, dont il fut directeur de 1916 à 1952. Il employa la spectroscopie pour étudier les périodes de rotation des planètes et la composition des atmosphères planétaires. En 1912, il fut le premier à observer le décalage des raies spectrales des galaxies ; il est donc le découvreur du décalage vers le rouge des galaxies. On attribue souvent de manière erronée à Edwin Hubble la découverte du décalage vers le rouge des galaxies car ces mesures et leur signification furent comprises avant 1917 par J. Ed. Keeler, Vesto Slipher et le professeur W. W. Campbell dans d'autres observatoires.

(comprises plus tard comme lointaines), plus elles s'éloignent rapidement.

À l'échelle des galaxies, et même à une échelle bien supérieure, on constate une sorte de mouvement d'expansion bien régulier ; découvert de manière totalement empirique en 1929, cela restait un mystère complet. Les astronomes cherchaient à résoudre cette énigme et celui qui a donné la solution est le physicien belge Georges Lemaître, qui l'avait déjà résolu de manière théorique en 1927, soit deux ans avant que Hubble an-

nonce sa fameuse loi de Hubble. Il avait en effet donné les solutions de la relativité générale, la solution du problème cosmologique dans le cadre de la relativité générale ; si on admet cette théorie de la relativité générale, que nous dit-elle sur la structure de l'Univers, sa géométrie, son histoire, son évolution ? Lemaître avait démontré à partir des équations de la relativité générale que l'Univers doit être soit en expansion, soit en contraction. Et comme il



Georges Lemaître
(1894-1966)

avait entendu parler des premiers résultats des observations de Slipher, il en avait déduit que l'Univers était en expansion. Mais il avait publié ses résultats en 1927 dans une revue belge que personne ne lisait... et personne n'était donc au courant. En 1930, sans la connaissance de ces résultats, les astronomes se posaient encore la question du pourquoi de cette fuite des galaxies. Et en 1931, Georges Lemaître envoi son article à son ancien professeur Eddington qui le publie et en fait la publicité ; tout le monde se rend compte que les résultats de Lemaître expliquaient parfaitement l'expansion - à noter qu'en 1922, le russe Alexandre Friedmann avait trouvé les mêmes



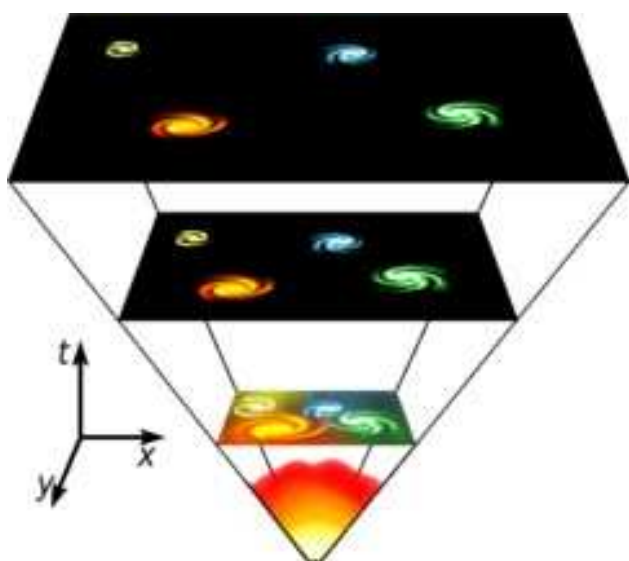
G. Gamov (1904-1968) A. Friedmann (1888-1925)

solutions de la relativité générale - En tout cas, dans les années 1931 et 1932, la communauté astronomique internationale com-

Alexandre Friedmann est l'un des trois « pères » de l'expansion de l'univers, avec Georges Lemaître et George Gamow, un de ses élèves. Il va s'opposer à distance avec Albert Einstein qui refusera longtemps un univers non statique. Il meurt précocement de la typhoïde en Crimée.

prend que l'univers est en expansion. Ce mouvement observé des galaxies est tellement régulier, tellement universel qu'il est impossible de l'imputer à une cause locale : on ne peut pas dire que ce sont des galaxies qui s'attirent ou qu'elles sont en mouvements par hasard. C'est tellement régulier

qu'on ne peut y voir qu'un mouvement universel, à l'échelle de l'Univers, une propriété de l'Univers lui-même. On le comprend très bien dans le cadre de la relativité générale car la relativité général énonce essentiellement deux choses extrêmement nouvelle : la première (ce qui était déjà le cas avec la relativité restreinte) est que l'espace et le temps sont mélangés dans une entité plus globale qui s'appelle l'espace temps. La deuxième est que cet espace temps n'a pas nécessairement une géométrie simple mais



S'accordant au modèle de Big Bang, l'Univers s'étend à partir d'un état extrêmement dense et chaud et continue aujourd'hui son expansion. Une analogie commune explique que l'espace lui-même est en expansion, entraînant les galaxies avec lui comme des pastilles collées sur un ballon que l'on gonfle. Ce schéma est une conception artistique pour illustrer l'expansion d'une portion d'univers plat.

à une géométrie qui peut être déformée, avoir une courbure, une topologie, et qui peut se modifier ; sachant que lorsque l'on est dans l'espace temps et qu'on parle modification de l'espace, c'est une modification temporelle de l'espace et puisque l'on est dans le cadre de l'espace temps, dans ce nouveau cadre, une variation dans le temps devient un effet même de la géométrie avec une dimension de plus. L'intérêt de considérer le temps comme une dimension supplémentaire est que dans l'ancienne description on appelait une variation dans le temps, désormais on le considère comme un effet géométrique puisque c'est quelque chose qui se structure dans cette dimension

temporelle. Puisque cette dimension temporelle a été incluse dans la géométrie, cela devient quelque chose de parfaitement géométrique. Quand on parle de la géométrie de l'espace temps, cela veut dire que l'on parle à la fois de la géométrie de l'espace, de son expansion, et de son évolution dans le temps. Dans ce cadre là, l'expansion de l'univers qui est une expansion de l'espace donc une variation des propriétés de l'espace, est un aspect géométrique de la géométrie de l'espace temps. C'est donc ce qui entraîne les galaxies ; ce ne sont pas les galaxies qui sont en mouvement dans l'espace mais c'est l'espace lui-même qui est en mouvement. L'analogie que l'on peut faire : des raisins secs dans un gâteau qui gonfle quand il est mis dans le four, ou des bateaux sur une rivière par rapport au courant où l'on peut voir des bateaux sans moteur entraînés par le courant. Les galaxies sont entraînées par un courant, sauf que c'est un courant d'espace, que vous n'avez jamais vu bien évidemment, mais la relativité dit qu'un courant d'espace a un sens et le fait que l'espace enfle et qu'il soit en expansion a un sens. Et ce qui est extraordinaire est que cette découverte ait été faite par l'observation, par Slipher avec ses télescopes, au moment où la relativité proposait un cadre théorique pour l'interpréter. Une fois que cette expansion a été reconnue, il fallait en tirer les conséquences physiques. Très étonnamment, à peu près personne ne l'a fait si ce n'est Georges Lemaître qui a proposé la modèle de l'atome primitif en 1931. Avec ce modèle, Lemaître tirait toutes les conséquences physiques sur l'histoire de l'Univers,

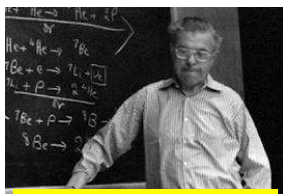
L'hypothèse de l'atome primitif était motivée par le fait que l'expansion de l'univers impliquait un univers plus dense et plus chaud par le passé. Lemaître avait supposé que l'univers aurait pu être issu d'une sorte de noyau atomique géant, qui se serait désintégré du fait de son instabilité intrinsèque. L'atome primitif était, dans ce contexte, une sorte de noyau atomique comportant tous les nucléons de l'univers, dont l'énergie, dégagée par la fission, aurait initié l'expansion de l'univers. Les rayons cosmiques (découverts en 1912) correspondaient, dans son hypothèse, à la désintégration de certains fragments de l'atome primitif encore trop massifs mais on sait aujourd'hui que les rayons cosmiques sont produits par des phénomènes astrophysiques tout autres.

exactement ce que font les modèles de Big Bang. L'atome primitif de Lemaître en 1931 est à peu près la même chose que ce qui est

appelé aujourd'hui les modèles de Big Bang. A l'époque cependant, on ne connaissait pas la physique nucléaire, ni la physique des particules, et on connaissait à peine la physique quantique. Les modèles ont depuis été retravaillés, ajustés de manière différente d'après les connaissances mais l'idée était là. Ce qui était regrettable à l'époque, mais l'histoire évolue, est qu'il n'y avait aucun moyen de tester cette idée de Lemaître si bien qu'elle n'intéressait personne. En gros, Lemaître avait annoncé sous cette appellation "d'atome primitif" les modèles de Big Bang en 1931 mais cela n'a excité que les personnes désireuses de le critiquer. En effet, il y avait une certaine ressemblance entre ces modèles et les "écritures" où tout est né de la lumière et certains se sont servis de cette analogie pour reprocher à Lemaître qui, bien que physicien, était aussi un abbé, d'avoir voulu introduire ses convictions reli-

Concordisme : interprétation des textes sacrés d'une religion de manière à ce qu'ils ne soient pas en contradiction avec les connaissances scientifiques de l'époque.

gieuses dans la physique en l'accusant de concordisme. Georges Lemaître a passé toute sa vie à se défendre de ces accusations et établir de manière très soignée les bases scientifiques de ces modèles de Big Bang. En regardant l'histoire, l'aspect mythique ou religieux était plutôt du côté des adversaires du Big Bang que de celui des partisans, car ses adversaires luttèrent contre car ils avaient des convictions très ancrées en eux, dans l'esprit de beaucoup de monde depuis 2000 ans, à savoir que l'Univers doit toujours être égal à lui-même. Fred Hoyle a essayé contre vents et marées de maintenir vivant un modèle cosmologique où l'Univers est toujours égal et identique à lui-même alors que les observations nous mon-



Fred Hoyle (1915-2001)

Fred Hoyle : un pionnier de la nucléosynthèse mais qui a soutenu longtemps la théorie d'un univers stationnaire en opposition au Big Bang.

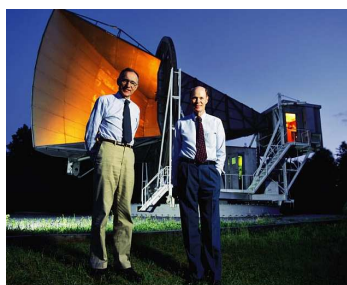
trèrent son expansion et la fuite des galaxies ; il a été obligé de faire des acrobaties, et utiliser bien des astuces mais il avait tort. L'in-

térêt pour les modèles de Big Bang de Georges Lemaître va revenir dans les années 1940 qui marquent le début du développement de la physique nucléaire. En effet, les physiciens du nucléaire comprennent que dans le cadre des modèles de Big Bang, dans le passé, l'univers était dans un état très dense et très chaud. Or, un état très dense et très chaud est tout à fait ce qu'il faut pour que des réactions nucléaires se produisent, d'où l'intérêt des physiciens qui découvraient la physique nucléaire. Pour eux, c'était l'endroit idéal où avait pu se produire des réactions nucléaires et puisque les réactions nucléaires fabriquent des éléments chimiques, est-ce que par hasard il ne serait pas possible que tous les éléments chimiques rencontrés dans l'Univers (fer, azote, oxygène, carbone etc...) aient été fabriqués dans le Big Bang (et dans le modèle de Big Bang chaud puisqu'il fallait une température très élevée) il y a de ça très longtemps, environ 15 milliards d'années. La réponse est non, et ça on le sait maintenant parce que les calculs ont été faits (mais il y a eu beaucoup de travail pour savoir si c'était le cas ou non). La ré-

Nucléosynthèse primordiale : théorie d'astrophysique qui permet d'expliquer la présence de certains atomes comme le deutérium, l'hélium 4 et le lithium 7, ce qui n'est pas prévu dans le modèle de nucléosynthèse stellaire où la plupart des noyaux atomiques sont créés par la fusion nucléaire à l'intérieur des étoiles.

ponse est NON, mais pour certains éléments très légers comme le deutérium, l'hélium et le lithium, en partie la réponse est OUI. La seule manière que l'on a aujourd'hui de comprendre l'abondance chimique (et universelle) de ces trois éléments est qu'ils ont été fabriqués dans ces modèles de Big Bang. L'intérêt de ces modèles va retomber par la suite mais revenir à nouveau d'actualité en 1964 avec des physiciens de Princetone qui se mettent à refaire des calculs de réactions nucléaires dans le cadre de ces modèles et qui prédisent quelque chose de nouveau : si vraiment l'histoire s'est déroulée conformément aux modèles de Big Bang, on doit observer une sorte de fossile, vestige d'un univers très chaud et très condensé, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique dans le domaine des ondes radio et qui devrait baigner tout l'Univers. Et en 1964, ces

physiciens commencent à construire un détecteur et une antenne pour détecter ce rayonnement ; ils seraient sans doute arrivés au but sauf que

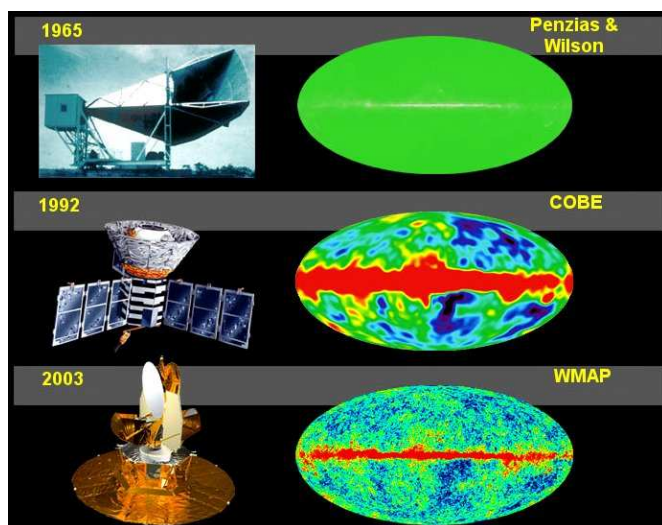


Arno Allan Penzias et
Robert Woodrow Wilson

(prix Nobel de physique en 1978)

par pure coïncidence, au même moment deux ingénieurs de la compagnie Bell Telephone bricolaient une antenne de radio-astronomie (qui servait initialement pour les communications avec les satellites Echo et Telstar 1) et ont découvert ce rayonnement

un peu par hasard : du bruit, un rayonnement parasite était omni présent et impossible à éliminer ; ils ont dû admettre qu'il provenait du ciel. Un rayonnement continu baignait l'Univers : c'était ce fameux rayonne-



Observations des fluctuations du fond diffus cosmologique : en 1964, il apparaissait presque uniforme, hormis la légère contribution de la voie lactée. Par la suite, les satellites COBE et WMAP ont apportés des précisions dans les données recueillies.

ment électromagnétique prédit par la théorie. Donc en 1964, Penzias et Wilson découvrent un peu par hasard ce fameux rayonnement qui venait d'être prédit dans le cadre des modèles de Big Bang et aussitôt toute la communauté astronomique commence à s'y intéresser et c'est en 1965 que ces modèles commencent vraiment à être pris au sérieux et que les astrophysiciens ont commencé à travailler dessus.

Tous les points caractéristiques évoqués même de manière inéluctable au Big Bang. Si le Big Bang n'était pas le bon modèle pour

La seconde révolution cosmologique

théorie : relativité (restreinte 1905/générale 1915)
observations : spectroscopie, grands télescopes

1924 : le "grand débat"

le monde est immense, fait de galaxies

1929 : Vesto Slipher, Hubble

l'expansion

1931 : G. Lemaître

L'atome primitif (1927)

A. Friedmann (1922)

1940 : nucléosynthèse

↓ *1964 : découverte du fond diffus cosmologique*

Big Bang

décrire l'Univers, un de ces points devrait être faux :

1) constatation que l'Univers est immense et qu'il est fait de galaxies (Hubble 1924, et de nombreuses observations de galaxies lointaines réalisées par la suite)

2) L'univers est en expansion malgré des tentatives de physiciens pour remettre en cause ce fait— effet Doppler : si l'objet émet un rayonnement, sa fréquence augmente si l'objet se rapproche (décalage vers le bleu) et inversement s'il s'éloigne (décalage vers le rouge dans ce dernier cas) —. On observe dans les spectres d'émission des étoiles ou des galaxies des raies spécifiques à certains éléments chimiques (démontrées par la physique atomique et quantique) et leur fréquence est changée vers le rouge ou vers le bleu et cela permet de savoir si l'objet s'éloigne ou se rapproche de nous, et permet de connaître sa vitesse. On peut mesurer ainsi les vitesses d'expansion des galaxies. Mais des physiciens ont aussi contesté cette interprétation sans toutefois réussir à prouver le contraire. Le fait que l'univers soit en expansion est aujourd'hui un fait dûment établi, tout comme la Terre tourne autour du Soleil.

3) l'Univers est gouverné par la gravitation et il est difficile également de ne pas admettre

ce point. Il y a d'autres interactions dans l'Univers comme les interactions électriques et magnétiques mais elles sont de portée limitée et il y a toujours des effets d'écran : si quelque part il y a des charges positives, ailleurs elles seront négatives pour en masquer les effets ; on a jamais observé de phénomènes électromagnétiques à très grande échelle, du moins pas à l'échelle de l'Univers et on pense vraiment que l'évolution de l'Univers ne peut être gouvernée que par la gravitation. Comme l'Univers contient beaucoup de masse et que la gravitation est sensible à la masse, nous avons toute raison de penser que la gravitation joue un rôle important. Enfin, autre hypothèse : la gravitation est décrite par la relativité générale. Cela peut être discuté car il est vrai que dans le système solaire, dans certains systèmes astrophysiques, on sait que la relativité générale est une excellente théorie pour décrire la gravitation mais cela reste à l'échelle du système solaire, d'une étoile et ce n'est pas parce qu'une théorie marche à ces échelles qu'elle s'applique à l'Univers entier ; c'est probable, c'est le plus simple, mais le doute subsiste. Néanmoins, si on admet cela, ceci veut dire que l'Univers est décrit comme un espace temps, c'est à dire une sorte d'être géométrique généralisé avec son contenu (comme dit précédemment) ; la relativité générale décrit comment les propriétés de l'espace temps, sa courbure et toutes ses propriétés géométriques, dont l'évolution temporelle, dépendent de son contenu. Si l'Univers contient beaucoup de masse, cette masse va avoir tendance à freiner l'extension et l'expansion va se ralentir ; au contraire, si l'Univers contient peu de masse, l'expansion se ralentira beaucoup moins... exemple de la manière dont le contenu de l'Univers influence son évolution temporelle mais celle-ci n'est qu'un aspect de la géométrie de l'espace temps : le contenu influence la géométrie de l'espace temps. Donc, on admet ceci et nous n'avons guère le choix car il n'y a pas d'autre théorie disponible hormis la relativité générale. On admet toute la physique expérimentale, vérifiée en laboratoire, les lois de l'électromagnétisme, la physique atomique, la thermodynamique, la physique nucléaire, l'astronomie etc... et on admet encore quelque chose qui est le principe cos-

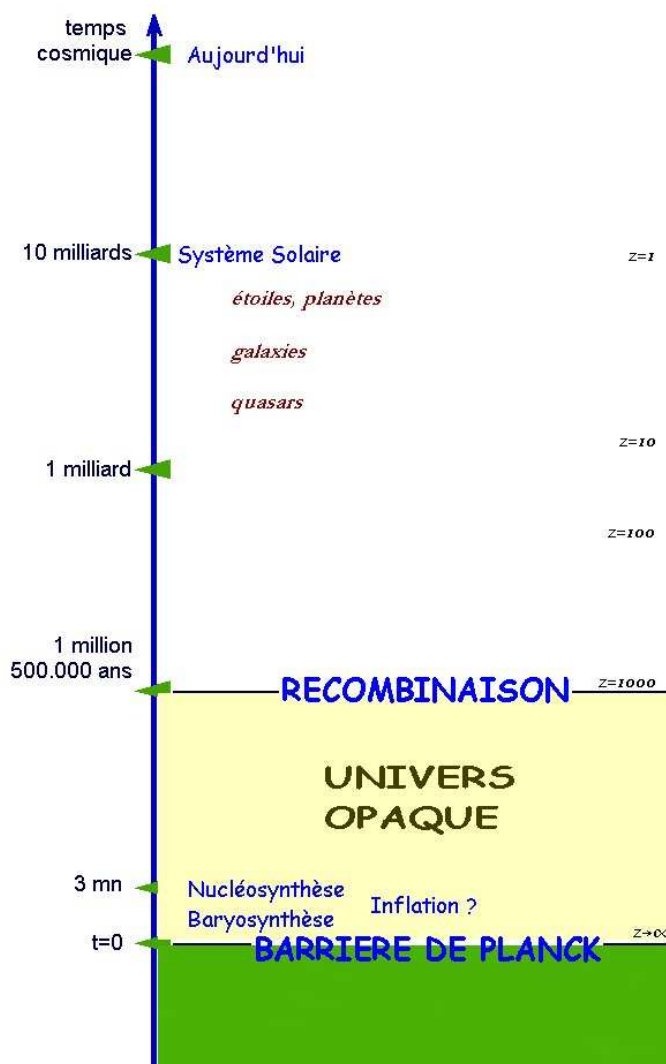
mologique, qui est en fait la réaction aux conceptions pré-coperniciennes (il y avait un centre, la Terre où le Soleil était au centre, il y avait un bord à l'Univers...). Le principe cosmologique énonce que tous les points sont équivalents, il n'y a pas de centre, pas de bord, l'Univers est homogène. Bien sûr, ici il peut y avoir une galaxie et pas à côté mais si l'on fait la moyenne de tout ça et si on considère les choses à une très grande échelle, il n'existe pas de point particulier, pas de galaxie plus près du centre qu'une autre, il n'y a pas de centre et pas de bord, tout est équivalent. C'est un principe, et vous voyez bien que c'est l'opposé du principe de dire que l'homme et la Terre sont au centre de l'Univers, donc une généralisation du principe copernicien. C'est un principe qui énonce que l'Univers est homogène et qu'il est isotrope, sans point particulier, et sans direction particulière non plus ; il n'y a pas dans l'Univers un bas et un haut par exemple comme sur Terre en référence avec son centre. Pas une direction ne va vers le centre de l'Univers. Si on admet tout ceci, et nous avons de bonnes raisons de l'admettre, nous sommes conduit au modèle de Big Bang. Autrement dit, si on voulait que l'Univers repose sur un autre modèle, il faudrait qu'une de ces choses soit fausse.

Ceux qui ont proposé d'autres modèles ont supposé que la physique connue n'est pas la bonne et qu'il y a quelque chose en plus, d'exotique, par exemple que des particules ont des masses positives et d'autres négatives, ou qu'il peut se créer de la matière à partir de rien, de manière spontanée, ou qu'il existe autre chose telle l'énergie du vide qui influencerait sur la dynamique de l'Univers. Il est possible de concevoir des modèles autres que la Big Bang mais cela suppose quelque chose de nouveau et relativement exotique. Si ce nouveau modèle décrit mieux notre univers, alors, cela vaut peut-être le coup de faire une hypothèse comme ça. Des particules de masse négative ? Allons les chercher ! Mais même les modèles proposés avec des hypothèses supplémentaires, ne réussissent pas à reproduire la réalité et seuls les modèles de Big bang arrivent à décrire ce

que nous observons. Que disent-ils ?

Ces modèles de Big Bang disent que l'Univers est en expansion depuis un certain temps **tu** appelé l'âge de l'Univers estimé à environ 14 milliards d'années et, pour être un peu plus large, disons entre 10 et 25 milliards d'années. Quelles sont les conséquences ? Rien n'est plus âgé que **tu** : si l'Univers lui-même, du moins la phase dans laquelle nous sommes, ne date que de 14 milliards d'années, rien de ce qu'il y a dans l'Univers ne peut-être âgé de plus de 14 milliards d'années. Or, il se trouve que lorsqu'on regarde les objets dans l'Univers à savoir les étoiles et les galaxies et que l'on détermine leurs âges, cela va justement de 0 à 14 milliards d'années. Donc, c'est assez probant ; aucune étoile n'a été observée vieille de 40 milliards d'années ! Sans savoir que l'univers est âgé de 14 milliards d'années, cela poserait un problème insoluble. Un bon argument en faveur des modèles de Big Bang. D'autre part, l'Univers est en expansion, c'est dire que la matière qu'il contient se trouve dans des volumes de plus en plus grand ; autrement dit, cette matière se dilue et en même temps qu'elle se dilue, les lois de la physique prédisent qu'elle se refroidit et qu'elle se structure. Finalement, les modèles de Big Bang, c'est l'histoire d'un Univers qui est en expansion depuis 14 milliards d'années, en dilution, en refroidissement et qui se structure. Il se dilue et se refroidit donc plus on remonte dans le passé, plus c'était concentré, plus c'était chaud et moins c'était structuré. Dans l'Univers on trouve des structures au niveau microscopique (atomes, particules) et au niveau astronomique (étoiles, galaxies, planètes). Rien de tout cela n'existait dans l'univers primordial. En appliquant les lois de la physique, on peut essayer de reconstituer l'histoire de l'Univers et c'est ça les modèles de Big Bang et on s'aperçoit qu'il y a deux grandes époques : l'univers primordial qui correspond à un premier million d'années environ (entre 100.000 et 1 million) et ensuite l'ère de la matière qui est beaucoup plus longue qui dure ces 14 milliards d'années moins ce premier million... Des périodes de longueurs inégales mais il s'est passé beaucoup de choses importantes lors du premier million d'années, et c'est pourquoi on le distingue.

Entre les deux, il y a un événement qu'on



appelle la recombinaison :

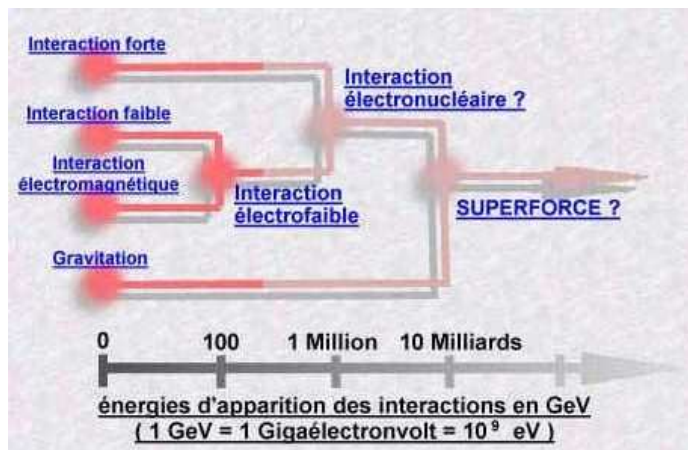
Voilà l'histoire de l'Univers depuis un temps égal à 0 jusqu'à aujourd'hui. Cet événement, la recombinaison, est très important, et marque une transition très grande. Pendant le premier million d'années, l'univers primordial était opaque au rayonnement : quoique l'on fasse, nous ne pourrions jamais rien voir de ce qui s'est passé là mais en appliquant les lois de la physique, on le reconstitue. C'est durant cette période que se sont fabriqués les particules élémentaires, les premiers noyaux atomiques et c'est à la fin de cette période, précisément au moment de la recombinaison que sont fabriqués les premiers atomes. Pendant cette période, l'Univers était rempli de rayonnement : beaucoup plus de rayonnement électromagnétique que de matière alors qu'aujourd'hui il y en a, à peu

près, 1000 fois moins d'un point de vue énergétique. A cette époque, à part les noyaux d'atomes car les atomes n'étaient pas encore formés avant la recombinaison, aucune structure n'existait. La recombinaison est le moment où l'Univers devient transparent, donc tout ce qu'on voit dans l'Univers se situe dans cette période, la plus récente, les derniers 14 milliards d'années, et c'est à cette époque qu'a été émis le fameux rayonnement diffus cosmologique que nous observons tout autour de nous, qui semble provenir d'une gigantesque sphère qui nous entoure. Sa brillance est uniforme : un rayonnement identique dans toutes les directions, et cette découverte montre qu'il ne peut être que le résultat du Big Bang. La répartition en énergie de ce rayonnement est extrêmement particulière : pour les initiés, c'est un spectre de corps noir. C'est ce fameux spectre qui est prédit par les modèles de Big Bang et qui a été observé par le satellite COBE il y a quelques années, avec des incertitudes minimales. Voilà une confirmation exceptionnelle, comme on en rencontre rarement en astrophysique et même en physique et c'est pourquoi il est difficile aujourd'hui de ne pas croire aux modèles de Big Bang.

Après la recombinaison, on entre dans l'ère de la matière et l'Univers commence à ressembler à ce qu'il est aujourd'hui : le rayonnement électromagnétique perd son influence, et la matière devient importante tout en se diluant et en se refroidissant. Ce qui est important : la matière s'organise ; à petite échelle se forment les atomes, les molécules, les cristaux, les poussières et tout cela va s'agglomérer et donner naissance aux galaxies, aux étoiles, aux planètes etc... Tout ce qu'on observe dans l'Univers. Voilà donc l'histoire de l'Univers d'un point de vue physique mais ce qui est intéressant dans les modèles de Big Bang, c'est leurs géométries car, rappelons-le, ces modèles sont des modèles relativistes. Qui dit relativité implique que l'Univers soit considéré comme un espace temps, une sorte de géométrie. Il y a toute une famille de modèles de Big Bang qui se distinguent par leur géométrie. D'une part, par la géométrie spatiale, dont il existe 3

sortes qui sont à courbure négative, nulle (plan), ou positive (morceau de sphère). Il semble bien que l'espace (de cet espace temps) serait plat et d'autre part, l'espace temps lui-même n'est pas plat car avec la loi d'expansion qui est la partie temporelle de l'espace temps, cela marque une certaine courbure. L'expansion oblige l'Univers à ne pas être plat. En ce qui concerne l'expansion, là aussi on trouve trois possibilités : cela continu éternellement et l'Univers continue à grandir, ou il arrive à une dimension maximale puis se contracte pour aboutir au Big Crunch avec peut-être un rebondissement... on ne sait pas. C'est l'incertitude en fait mais ce que l'on pense actuellement est à un scénario où l'expansion va continuer encore et encore, éternellement, et on a des indices qui suggèrent que l'expansion va non seulement continuer mais va aussi s'accélérer. L'expansion de l'Univers va de plus en plus vite. Tout cela rentre dans le cadre des modèles de Big Bang, mais reste à faire le bon choix du modèle pour décrire vraiment notre Univers. L'essentiel des travaux des astrophysiciens et des cosmologues est de savoir quelle est la géométrie spatiale (plate, à courbure négative ou positive), si la loi d'expansion est accélérée ou décélérée et quel est son taux actuel (mesuré par la constante de Hubble, taux actuel de l'expansion de l'Univers) et que sera le futur de cette expansion (retour vers un Big Crunch ?). Les modèles cosmologiques sont très simples, même s'ils sont fondés sur la relativité générale avec cette idée d'espace temps et d'espace temps courbe ; quand on a fait des mathématiques et de la géométrie, cela n'est pas trop complexe. Les géométries des modèles de big Bang sont parmi les plus simples que l'on puisse concevoir : comment peuvent-elles décrire quelque chose d'aussi complexe que l'Univers ? Pour répondre à cette question, il faudrait avoir un super modèle, une super théorie, pour voir les choses dans un cadre plus général et de plus "haut" et être en amont de ces modèles. Il y a de la motivation pour cela car aujourd'hui, on a deux grandes théories en physique : la théorie de la gravitation avec la relativité générale, et la physique quantique qui sont incompatibles ; les trous noirs et l'Univers primordial sont deux cas où les deux théories interviennent

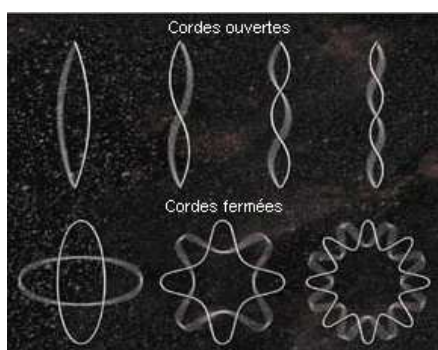
mais avec des contradictions, ce qui pose problème. On attend donc la super théorie qui va réconcilier tout le monde de la physique : plus fondamentale que la relativité générale, plus fondamentale que la physique quantique



Ceci est une représentation de l'unification des forces telles que la conçoivent les physiciens. Le but est d'arriver à comprendre et décrire dans une même théorie les quatre forces de la nature et ainsi progresser vers la Superforce initiale, postulée, pour aboutir au big bang primordial.

et qui d'une certaine manière les englobe toutes les deux et qui pourrait permettre de faire une cosmologie plus globale et, en intégrant les modèles de Big Bang, répondre à la question "pourquoi ces modèles sont bons ?". Des idées sont actuellement opposées avec la cosmologie quantique, les supercordes. Laissons faire le temps.

Pour beaucoup de monde,



Cordes : quatre modes de vibrations ou résonances d'une corde ouverte (en haut) ou fermée (en bas). Chaque configuration se distingue par la fréquence d'excitation ou la nombre de nœuds (points immobiles) de la corde. Les physiciens, dans leur description moderne, remplacent le concept de particules (sans dimension mesurable) par une corde vibrante filiforme.

l'idée du Big bang est liée à l'origine de l'univers mais ce lien n'est pas si évident. L'Univers est en expansion (toutes les tailles, les dimensions cosmiques augmentent avec le temps et cette augmentation est repérée avec le facteur d'échelle). Aussi, en regardant vers le passé,

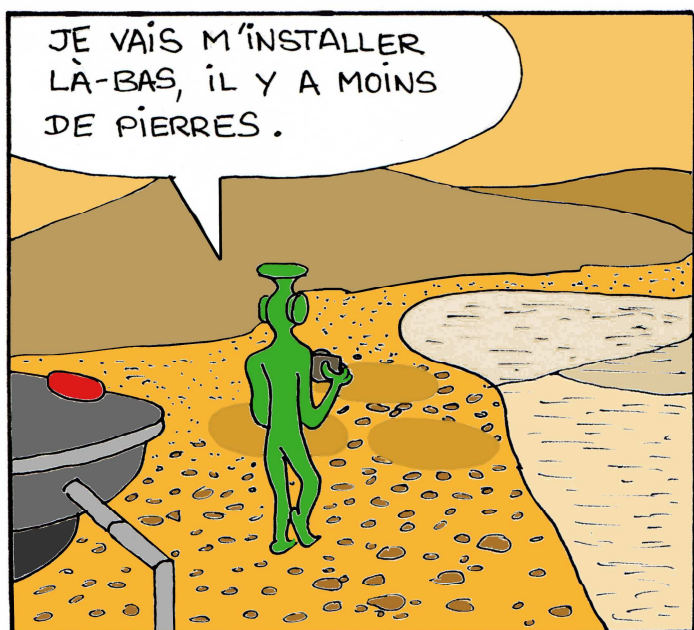
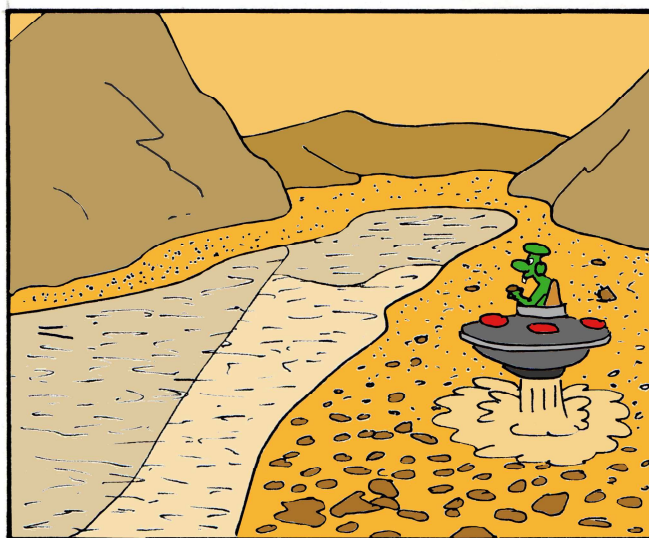
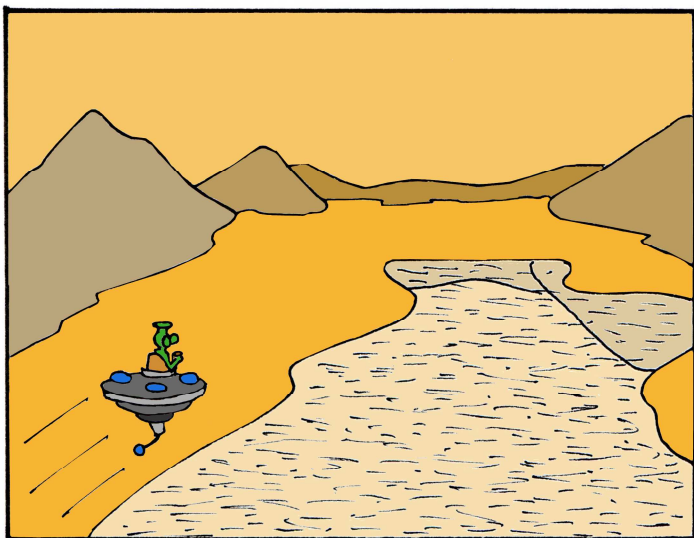
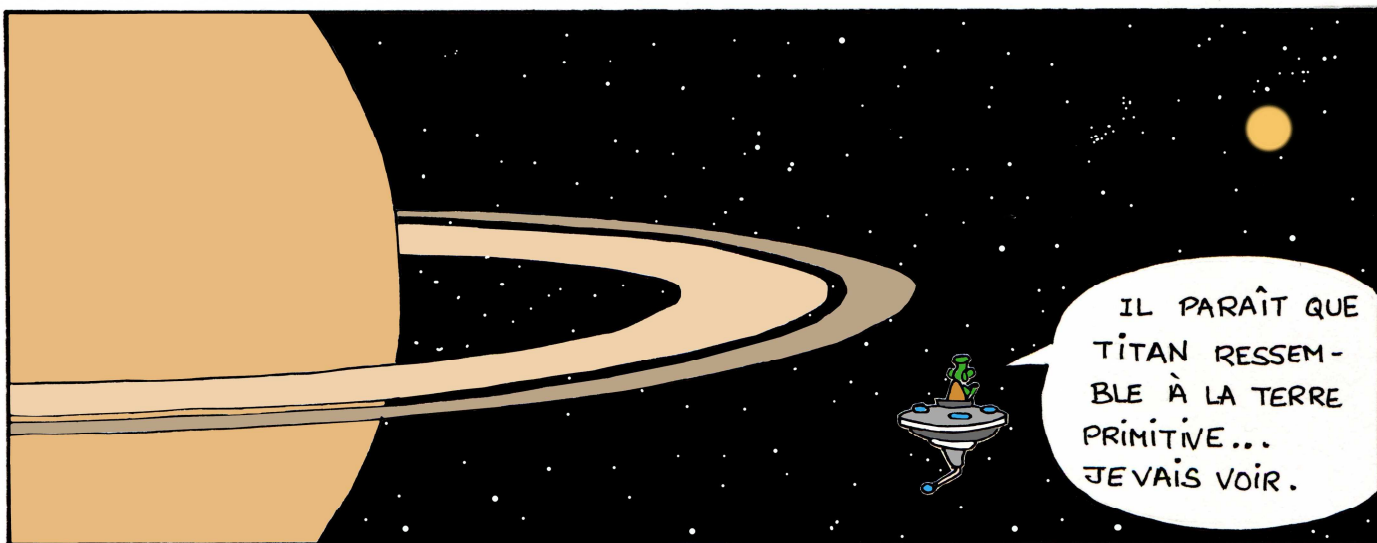
c'est de plus en plus petit. Il y a un moment où cela est égal à 0, à l'origine de tout, l'événement Big Bang, qui va s'appeler $t=0$. C'est de là que tout part, c'est une sorte d'explosion ? NON, parce que si l'on fait cette reconstitution dans le passé, la densité de la matière devient de plus en plus grande, et sa température aussi, sa pression également et surtout les effets quantiques prennent beaucoup d'importance. Physique quantique et relativité générale sont aujourd'hui incompatibles et on arrive à un point dans cette reconstitution où on ne sait pas décrire correctement ce qui se passe ; on a pas le droit de prolonger la reconstitution au delà d'une barrière (de nos connaissances) nommée barrière de Planck qui fait allusion à la constante de Planck qui intervient dans tous les phénomènes quantiques. La physique quantique dit beaucoup de choses comme le fait que toutes les grandeurs fluctuent et on arrive ainsi à un aspect des choses où espace et temps devraient fluctuer également et on ne sait plus faire. On ne peut plus faire de la physique. La recherche de nouvelles théories a pour but de faire de la physique pour ce moment là. On peut donc tout imaginer aujourd'hui pour cette instant lointain où tout aurait commencé et rien n'affirme que ce point soit le début réel de l'Univers - il y avait peut-être quelque chose avant, le résultat d'un Big crunch précédent ou tout autre possibilité imaginable. La création de l'Univers, c'est la création de l'espace et du temps donc on ne peut pas parler d'un instant de la création, on ne crée pas le temps s'il existe déjà. Bref, c'est un peu la poule et l'oeuf... Réfléchissez ! Une contradiction déjà vue dans un cadre non relativiste par Saint Augustin. Donc : **pas d'analogie entre le Big bang et la création de l'Univers** et vous aurez déjà retenu quelque chose d'important.

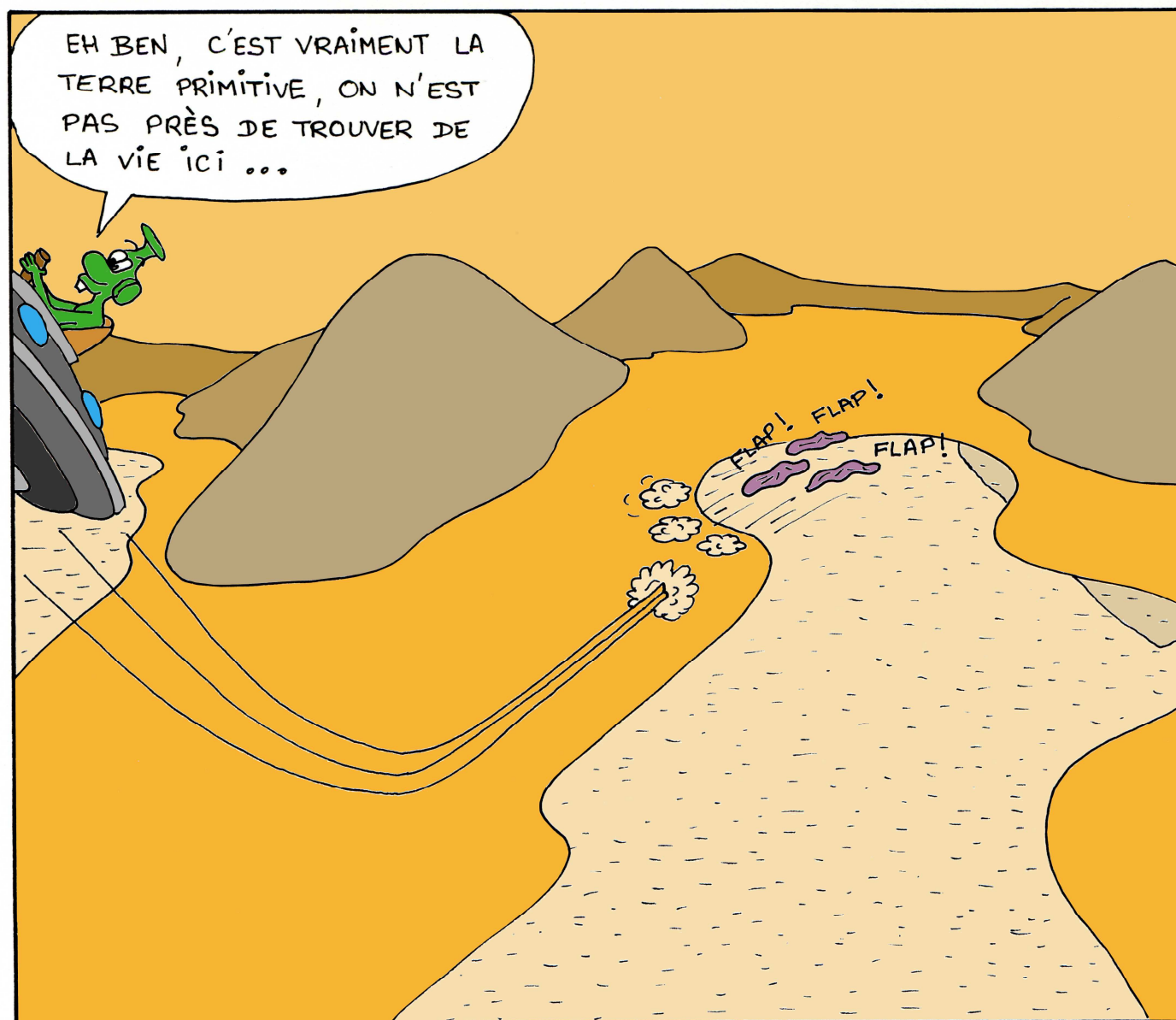
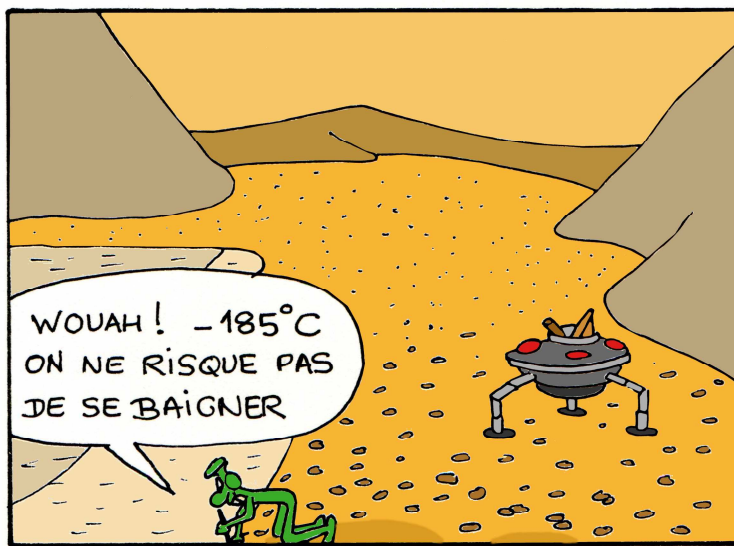
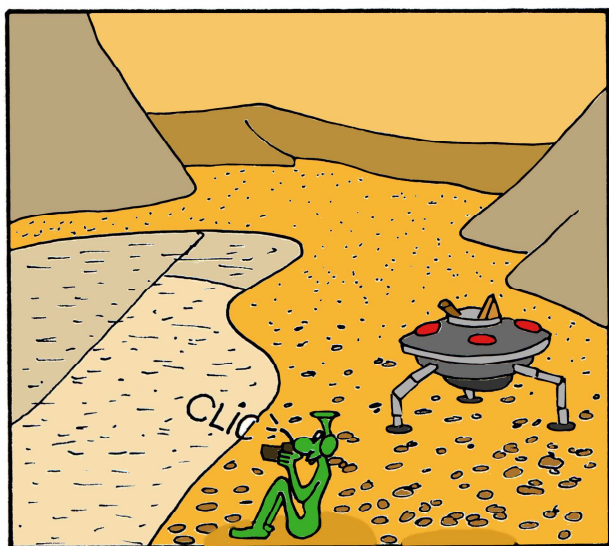
Depuis le début il y a eu une ambiguïté, un malentendu, entre les scientifiques et le grand public concernant le modèle du Big Bang. Le grand public comprend "Big Bang" comme une description de l'origine de l'Univers. Les scientifiques au contraire appellent "Big Bang" la suite des étapes de l'évolution de l'Univers, depuis un état chaud, dense et très concentré jusqu'à aujourd'hui. Cet état est suffisamment proche de l'origine mais N'EST PAS l'origine. La quête pour l'origine de l'Univers se fait de proche en proche, en améliorant avec le temps nos connaissances théoriques et la sensibilité des instruments : télescopes et accélérateurs.



AI 78

Titan : Terre primitive ?





C'est arrivé ce jour-là...

Octobre 1952, il y a 60 ans

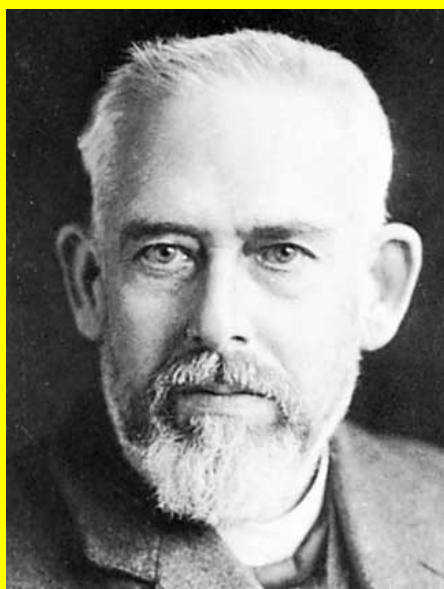
Donald Edward Machholz est né le 7 octobre 1952 à Portsmouth aux Etats-Unis. Cet astronome amateur est surtout connu pour les comètes qu'il a découvertes : 96P/Machholz, 141P/Machholz. Il est actuellement crédité de la découverte de 10 comètes ; c'est l'astronome le plus prolifique encore en vie. Le 27 août 2004, il découvre la comète C/2004 Q2, baptisée comète Machholz, avec un télescope de 150 mm, alors qu'il était en Californie. Cette comète de magnitude 11,8 n'est pas une comète périodique, contrairement aux autres dont le nom contient la lettre P (périodique). Elle est passée au plus près de la Terre le 5 janvier 2005. Avec une magnitude de 4,1 elle était visible à l'œil nu dans la constellation du Taureau. Elle est successivement passée près des Pléiades le 7 janvier puis à proximité du double amas Persée le 28. Machholz est aussi considéré comme l'inventeur du marathon Messier, qui consis-

te à observer tous les objets Messier en une seule nuit. Pour que les conditions idéales soient réunies, il faut que le Soleil se trouve dans une portion du ciel dépourvue d'objets Messier.



La comète Machholz

Octobre 1932, il y a 80 ans



Maximilian Wolf (1863 - 1932)

Maximilian Wolf est un astronome allemand né à Heidelberg en 1863. C'est l'un des pionniers de l'astrophotographie. Il s'est intéressé aux astéroïdes et sa première découverte date de 1891 avec l'astéroïde Brucia. Il s'est rendu compte du potentiel des photos par rapport aux méthodes visuelles. Les longues poses laissent le temps aux astéroïdes de se déplacer ; ils apparaissent alors comme des petits traits facilement identifiables. Les découvertes se sont alors multipliées : il en a plus de 200 à son actif dont le premier astéroïde troyen Achille en 1906, et Alinda en 1918 qui s'est avéré être par la suite un astéroïde géocroiseur de la famille des Amor. Il a également découvert ou co-découvert des comètes, notamment 14P/Wolf et 43P/Wolf-Harrington. Il a aussi participé au grand débat sur la nature de ce qu'on appelait au

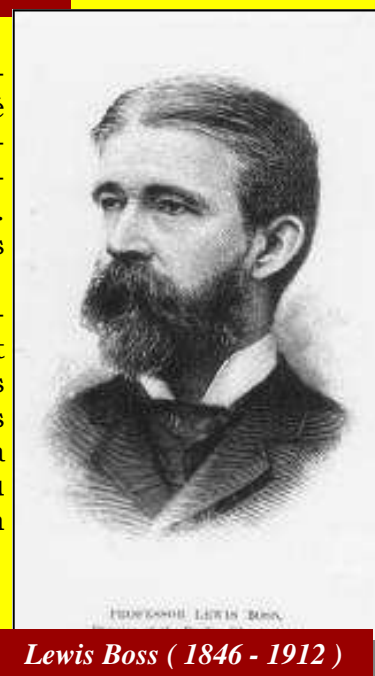
début du XX^{ème} siècle d'un terme générique : les « nébuleuses ». Il a notamment été un des premiers à découvrir des étoiles variables dans ce qui deviendra la galaxie du Triangle (M33). En 1918, il découvre Wolf 359, une naine rouge située à seulement 7,8 al de la Terre. C'est en fait la 4^{ème} étoile la plus proche du système solaire après le système d'Alpha Centauri, Proxima du Centaure et l'étoile de Barnard.

Avec une photosphère à seulement 2800° K (contre 5500°K pour le Soleil) on y a découvert des molécules d'eau et de dioxyde de titane. Son champ magnétique est le siège de très importantes éruptions qui émettent un fort rayonnement X et gamma. Elle est âgée de moins de 1 milliard d'années et sa magnitude est de 13,5. Max Wolf nous quitte en octobre 1932 à Heidelberg.

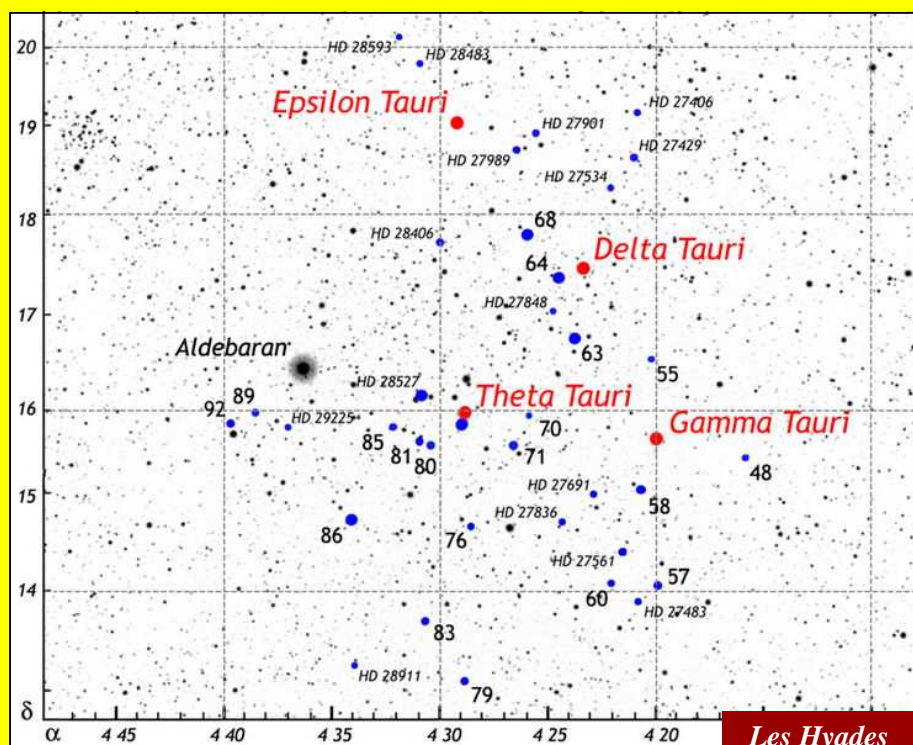
Octobre 1912, il y a 100 ans

Cet astronome américain est spécialisé dans les relevés de positions. Travaillant pour le gouvernement pour une étude sur la position de la frontière canado-américaine, il s'intéresse, pendant cette période, à l'astronomie de position, dont il tire un catalogue de 500 étoiles. En 1878, il devient directeur de l'observatoire Dudley dans l'état de New-York. Il participe à deux expéditions, la première en 1878 pour observer une éclipse totale de Soleil dans le Colorado et la seconde en 1882 pour le transit de Vénus visible depuis

Santiago du Chili. Spécialisé dans l'astrométrie, il étudie l'orbite des comètes. Il étudie aussi les mouvements propres des étoiles notamment ceux des étoiles de l'amas des Hyades dans la constellation du Taureau. En



Lewis Boss (1846 - 1912)



Les Hyades

1908, il publie un rapport portant sur près de 25 ans d'observations qui lui ont permis de déterminer le point d'origine (Il s'avère que ce point d'origine est aussi celui de l'amas de la Crèche M44 dans le Cancer). En 1910, il publie un nouveau catalogue regroupant les positions de 6188 étoiles. Il décède en octobre 1912 à l'âge de 66 ans. Un cratère sur la Lune porte son nom.

Octobre 1892, il y a 120 ans

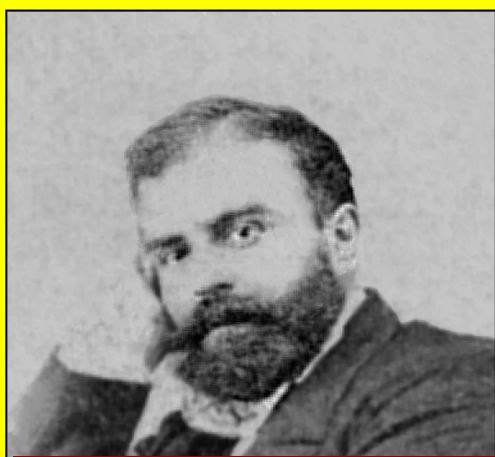
Le 6 novembre 1892, alors qu'il faisait des observations sur la galaxie d'Andromède (M31), Edwin Holmes découvre une comète : 17P/Holmes. Les paramètres orbitaux calculés à partir des premières observations indiquent une période de 6 ans et 11 mois. La comète a donc pu être observée



Comète Holmes

lors des passages suivants au périhélie en 1899 et 1906, mais on la perdit pendant près de 60 ans. Elle ne fut redécouverte que le 16 juillet 1964 par Elizabeth Roemer (Flagstaff) sur des prédictions faites par Bryan Marsden. Depuis, on l'observe à chaque passage. Le 23 octobre 2007, alors qu'elle se trouvait entre Mars et Jupiter, sa magnitude est brusquement passée de 17 à 2,8, ce qui la rendit visible à l'œil nu. Cet éclat soudain (la luminosité de la comète a été multipliée par 500 000), n'est toujours pas clairement expliqué, bien que cela se soit déjà produit par le passé. On avance plusieurs hypothèses : le résultat d'une collision avec un autre corps céleste ou un déséquilibre dans les charges électriques entre le noyau de la comète et le vent solaire qui le fait littéralement exploser. C'est à la suite d'un tel événement qu'Edwin Holmes l'a découverte alors qu'elle atteignait la magnitude 4.

Octobre 1858, il y a 154 ans

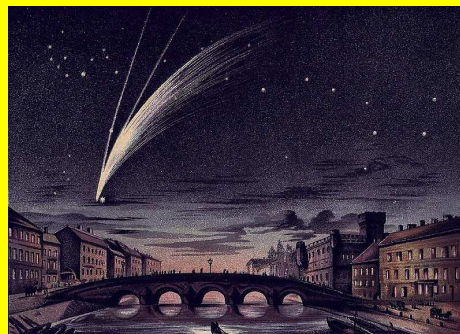


Giovanni Donati (1826 - 1873)

Giovanni Donati est un astronome italien né en décembre 1826 à Florence. Passionné par les comètes, il a inauguré leur étude chimique par la spectroscopie. Il découvrit que le spectre des comètes évoluait en fonction de leur distance au soleil, et, qu'en s'approchant, elles émettent leur propre lumière plutôt que de ne réfléchir que celle du soleil. Il en conclut que les comètes sont donc en partie gazeuses. Entre 1854 et 1864, il découvrit 6 nouvelles comètes dont la plus spectaculaire d'entre elles, la comète Donati (C/1858 L1), le 2 juin 1858. Ce fut la deuxième comète la plus brillante observée au XIX^{ème} siècle (après la grande comète de 1811). Ce fut la première à être photographiée. Elle est passée au plus près de la Terre le 10 octobre 1858 et, bien qu'on prévoie son prochain passage pour 3811, elle est considérée comme non-périodique. En 1869, Donati entreprend des travaux pour la construction d'un nouvel observatoire qui est inauguré 3 ans plus tard, le 23 octobre 1872. Mais ce jour-là il est absent, cloué chez lui avec une double fracture, du bras

et de la jambe. Moins d'un an plus tard, alors qu'il se consacrait à la gestion de son observatoire, il meurt du choléra contracté lors d'une conférence scientifique à Vienne.

Comète Donati

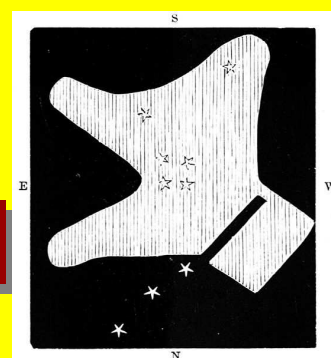


Octobre 1792, il y a 220 ans

Guillaume Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de la Galaisière, ou plus simplement Guillaume Le Gentil, est un astronome français qui découvrit quelques objets Messier (M32, M36 et M38) ainsi que des nébuleuses obscures comme Le Gentil 3 dans la constellation du Cygne. Peu connu pour ses découvertes, on retient surtout son nom pour la malchance dont il a été victime lors de son voyage en 1761 à Pondichéry pour observer le transit de Vénus, seule façon à l'époque pour déterminer précisément la distance Terre-Soleil. Le canal de Suez n'étant pas encore creusé et le site d'observation non vraiment fixé, il prend une avance suffisante sur la date du transit pour être prêt pour l'évènement. Il part 15 mois avant, en mars 1760. Il atteint l'île de la Réunion en mars 1761 (alors appelée l'île de France) où il embarque sur un nouveau navire, direction Pondichéry. Mais peu avant d'aborder la côte, l'équipage apprend que la guerre est déclarée en Inde entre la France et l'Angleterre. Le bateau fait demi-tour pour retourner sur l'île de la Réunion. La date du transit arrive alors que le bateau est encore en mer ; ce 6 juin 1761, le ciel est dégagé, mais les mouvements du bateau l'empêchent de faire des observations précises et c'est un échec. Le transit suivant est prévu pour 1769, 8 ans plus tard. Comme les conditions de transports ne sont pas idéales à l'époque, il décide de rester sur place pour avoir le temps de s'installer correctement dans cette partie du monde. En attendant le nouveau transit, il cartographie la côte Est de Madagascar, il parcourt l'océan indien et s'installe à Manille pour le transit. Mais, il est soupçonné par les Espagnols d'être un espion français, il doit donc quitter

Manille pour rejoindre à nouveau Pondichéry qui avait été rendue aux Français. En mars 1768, il s'installe et construit un petit observatoire pour observer le transit dans de bonnes conditions. Dans les jours qui précédaient le transit, le temps était dégagé ; mais le jour du transit, le 3 juin 1769, le temps est couvert et il ne peut faire aucune observation : c'est un nouvel échec. Après une période dépressive, il décide de rentrer en France. Une maladie retarde son départ de Pondichéry. Lors du voyage du retour, le bateau est pris dans une tempête, il doit débarquer à la Réunion et attendre un bateau espagnol pour rentrer en France. Il y arrive en octobre 1771, 11 ans et demi après son départ. Il apprend alors qu'il avait été déclaré mort car aucune de ses lettres n'étaient arrivées en France et les évènements (guerres, tempêtes) n'avaient fait qu'entériner la décision d'officialiser sa disparition. Son siège à l'Académie des Sciences a été attribué à un remplaçant et ses biens étaient sur le point d'être distribués à ses héritiers. Après de nombreux procès, il récupère son siège à l'Académie des Sciences (sur ordre du roi) mais pas ses biens. Il se remarie, il a une fille et vit enfin heureux pendant encore une vingtaine d'années.

Dessin de la nébuleuse d'Orion



La Lagune et Trifide Bruno

FSQ 106, Canon 350D
9 x 5 min

9 août 2012





La Lune **Jean-François**

Dobson 200/1200
EOS 350D tenu à la main



Le 10 août dernier, c'était la nuit des étoiles ; les clubs d'astronomie Orionis et Albireo78 avaient répondu à la demande de Montigny le Bretonneux pour animer une soirée d'observation du ciel près du gymnase Collas. Le rendez-vous était prévu vers 20 heures pour installer télescopes et lunettes et préparer également une présentation du ciel avec le logiciel Stellarium dans une salle équipée d'un vidéo projecteur. C'est Pierre et l'équipe

Orionis qui assureront deux séances pour une bonne trentaine de personnes intéressées, qui devaient rejoindre les instruments par la suite. En ce 10 août, la nuit s'est fait attendre mais cela n'a pas empêché les curieux de rôder très tôt autour des télescopes, poser des tas de questions sur le ciel, et chercher l'apparition des premières étoiles du triangle d'été. Hélas, le ciel de Montigny n'était pas des plus noirs, notam-



ment avec les beaux lampadaires qui nous entouraient. Les planètes étaient absentes (Saturne se couchait très tôt, derrière les arbres, avant la nuit), ainsi que la Lune. Par conséquent, c'est le pointeur laser qui a fait des merveilles (et des envieux) pour montrer les constellations, et les

télescopes ont pointé Mizar et Alcor, couple d'étoiles bien indiqué pour vérifier l'acuité visuelle des visiteurs et nous n'avons pas oublié non plus la tête du Cygne, histoire de faire de la pub pour le club. Vers 23 heures, le passage de la station spatiale a permis d'étoffer le jeu des questions/réponses avec celles des voyages spatiaux. Il était un peu plus de minuit et Pierre pointait Andromède mais c'était aussi l'heure de plier bagage. Belle soirée donc, d'autant que la température était douce. On va sûrement remettre ça l'an prochain : l'organisateur était satisfait !

□



L'ouverture



des anneaux (fin)

Christian
février 2005
C11, Elancourt

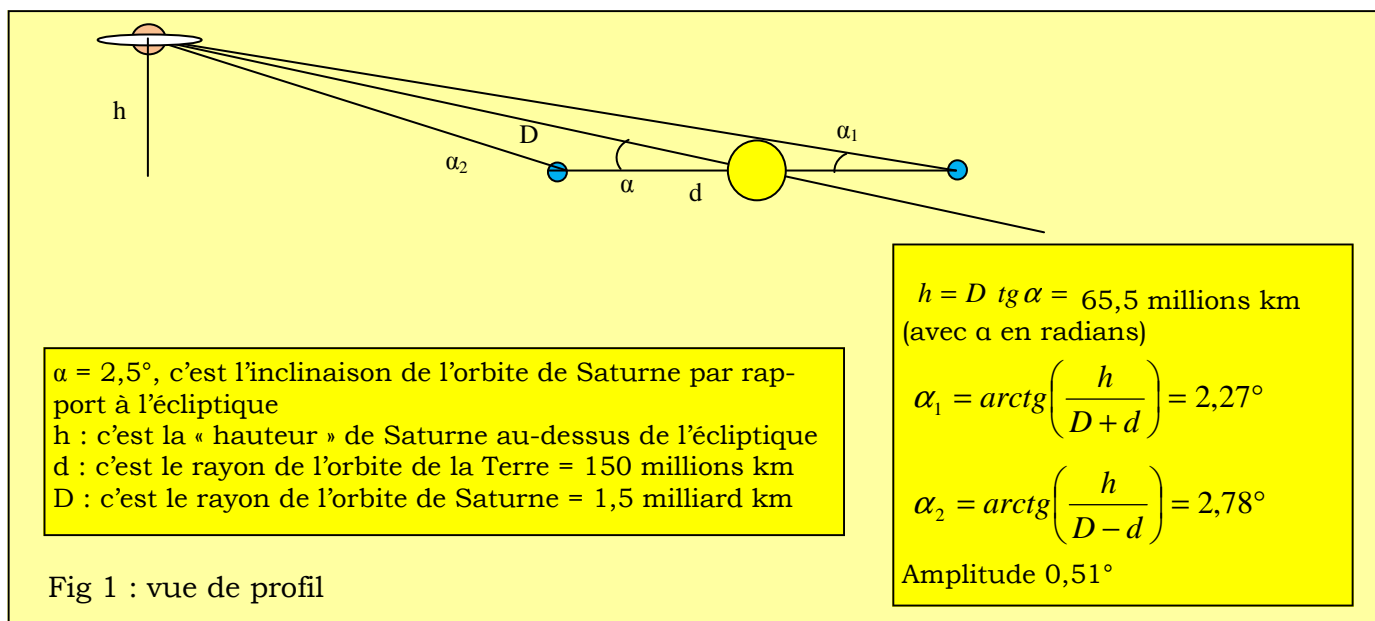
Lionel

Suite à mon échec sur l'explication des oscillations dans la variation de l'ouverture des anneaux de Saturne (voir Albiréoscope n°61 de juin 2012), il m'a fallu trouver d'autres hypothèses. Ne pouvant expliquer le phénomène avec le mouvement de la Terre sur son orbite, alternativement plus proche puis plus éloignée de la planète aux anneaux, j'ai alors pensé que les oscillations ne dépendaient peut-être pas de la Terre, mais relevaient d'un phénomène propre à Saturne elle-même, un genre d'effet gyroscopique qui entraîne une précession de son axe de rotation.

Précession : lorsqu'un objet est animé d'un mouvement de rotation rapide, son axe de rotation est lui-même animé d'un lent mouvement de rotation.

Exemple : lorsqu'une toupie tourne sur elle-même, son axe de rotation décrit lentement un cône, c'est la précession.

La Terre est elle-même soumise à la précession de son axe de rotation qui tourne lentement en 26.700 ans. Saturne étant bien plus grosse que la Terre, le phénomène de précession est peut-être beaucoup plus rapide et le fait que la période semble être égale à une année ne serait, bien que très rapide, qu'une coïncidence. J'ai eu beau chercher des données concernant la précession des pôles de Saturne, je n'ai rien trouvé, et les formules qui permettent son calcul, pas vraiment claires ! Pour en avoir le cœur net, il suffit de changer de point de vue et de voir ce qui se passe : avec Stellarium. Je déplace mon point d'observation au centre du Soleil et je regarde si le phénomène persiste en regardant Saturne tourner autour du Soleil et, surprise, les anneaux s'ouvrent et se ferment de manière régulière ; il n'y a plus d'oscillations. Les oscillations sont donc bien liées au fait qu'on observe Saturne depuis la Terre ; on en revient donc au point de départ. C'est Gilles qui

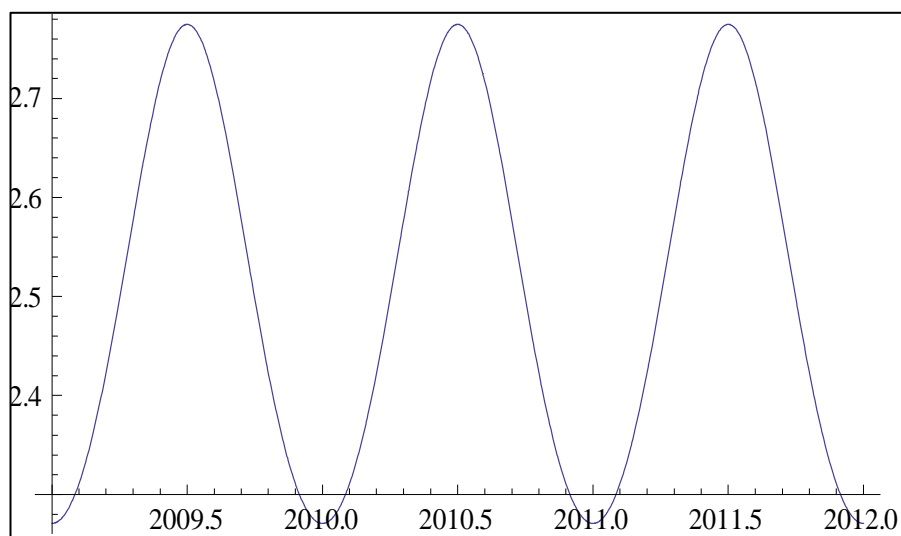


m'a mis sur la voie alors que nous nous trouvions à Bracou (d'où l'intérêt d'un club : cela permet d'échanger nos idées et de faire progresser tout le monde). Le plus intrigant, c'est que pour lui, j'avais donné la solution dans mon article précédent !

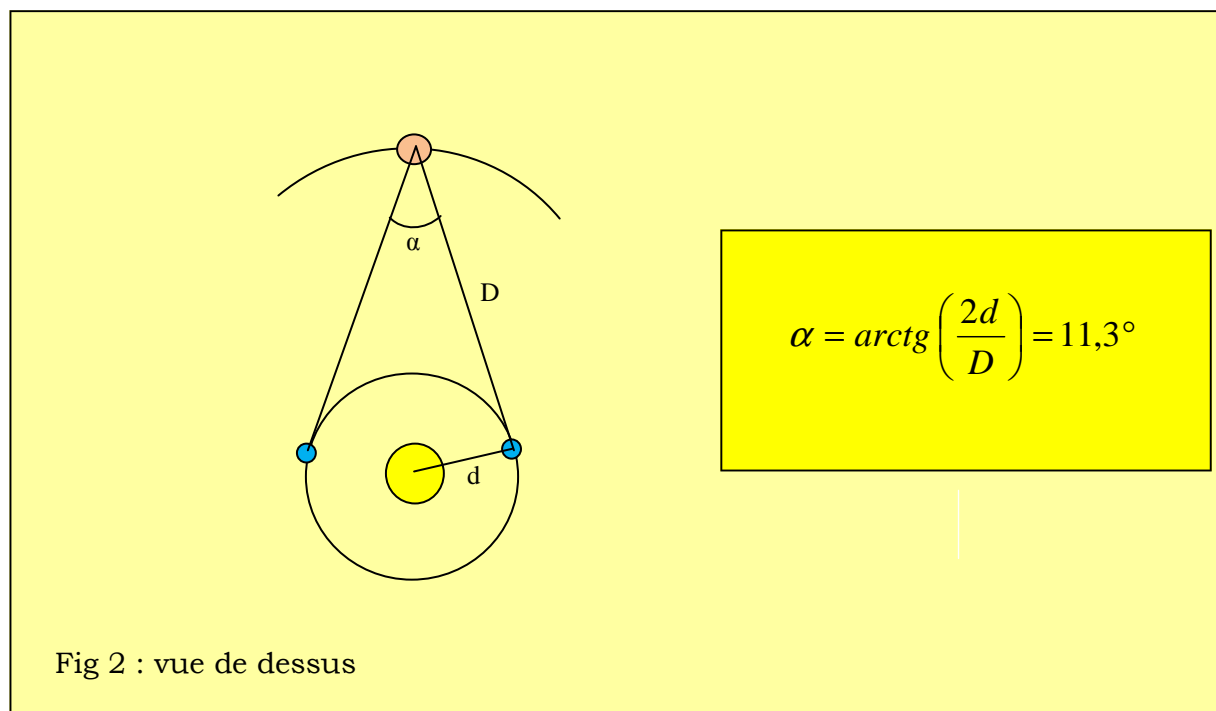
« *C'est un effet conjoint entre Saturne, dont l'orbite est inclinée par rapport à celle de la Terre, et la position de la Terre sur son orbite.* »

Le problème est que nous avons interprété cette phrase chacun à notre façon car, pour moi, le phénomène était dû au mouvement de la Terre d'avant en arrière sur son orbite par rapport à Saturne (fig 1.). Mais le rayon de

l'orbite de la Terre de 150 millions de km, n'est que le dixième de celui de l'orbite de Saturne. Même au plus haut de son orbite au-dessus du plan de l'écliptique (le plan de l'orbite terrestre) l'angle sous lequel on voit Saturne ne varie qu'entre $2,27^\circ$ et $2,78^\circ$ (voir encadré), ce qui est d'une part, beaucoup trop faible pour expliquer ce qu'on voit et d'autre part (même en exagérant la taille de l'orbite de la Terre) n'explique pas le fait que les maximas et les minimas se produisent 3 mois avant et après les positions minimales et maximales.

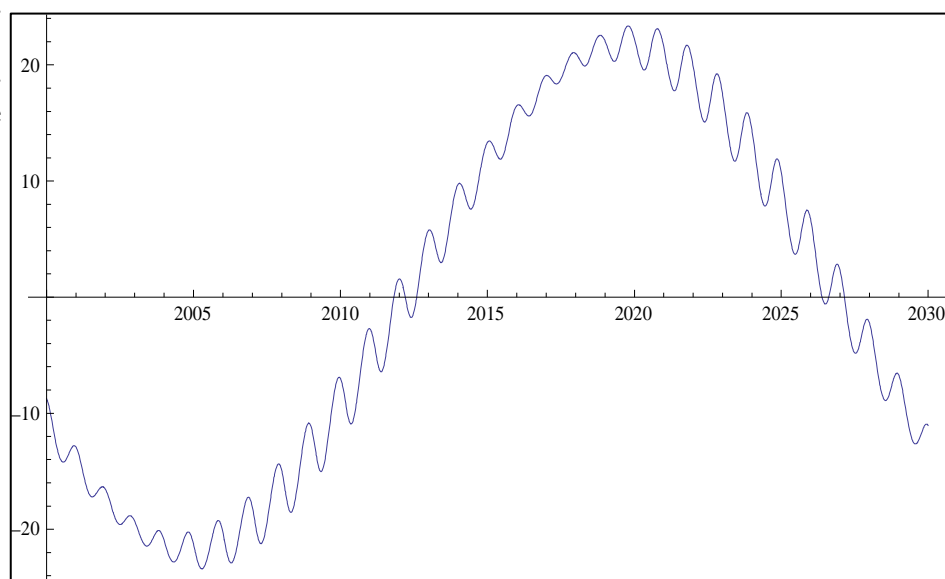


Sur cette courbe, on voit les petites oscillations annuelles qui fluctuent entre $2,3$ et $2,8^\circ$. Leur amplitude de $0,5^\circ$ est bien trop faible pour les rendre visibles.



Pour Gilles, le phénomène serait bien dû au mouvement de la Terre sur son orbite par rapport à Saturne, mais lorsqu'elle est positionnée au maximum à gauche ou à droite (fig 2.). Vu de Saturne, la Terre serait alors dans les positions d'élongations maximum Est et Ouest. Est-ce que cet angle est plus important que le précédent pour expliquer les oscillations ? Un petit calcul, niveau collège montre que la réponse est OUI.

La simulation Mathematica me donne la courbe suivante :



L'amplitude des oscillations atteint $11,3^\circ$ ce qui est suffisant pour être visible. D'autre part le phénomène atteint bien son maximum lorsque la Terre est en position d'élongation maximum vue depuis Saturne, ce que j'avais remarqué, mais que je ne m'expliquais pas.

La lente évolution de l'ouverture des anneaux est cette fois-ci modulée par les petites oscillations.

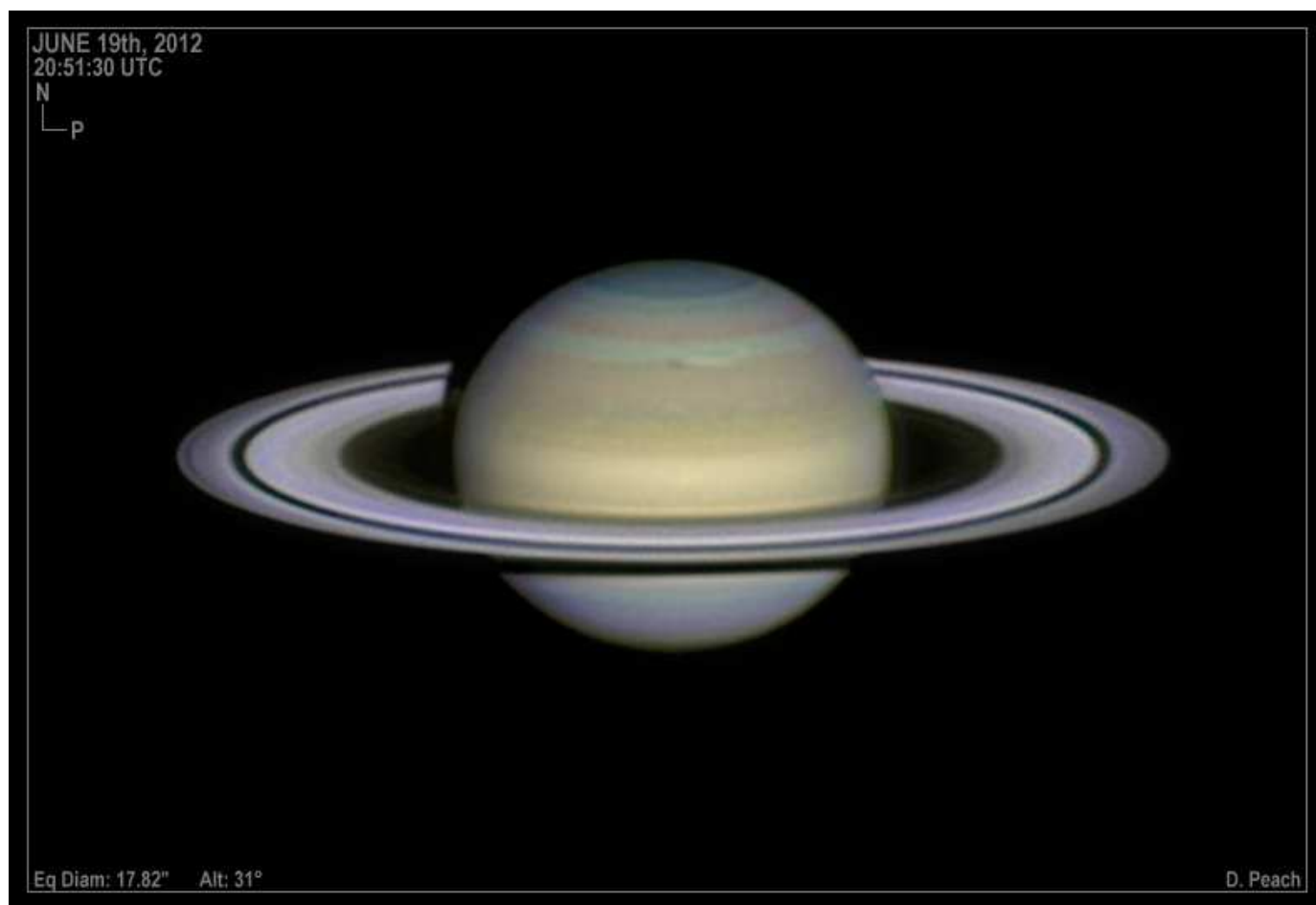
Cette courbe est suffisamment ressemblante aux relevés de l'inclinaison des anneaux pour que l'hypothèse soit la bonne.

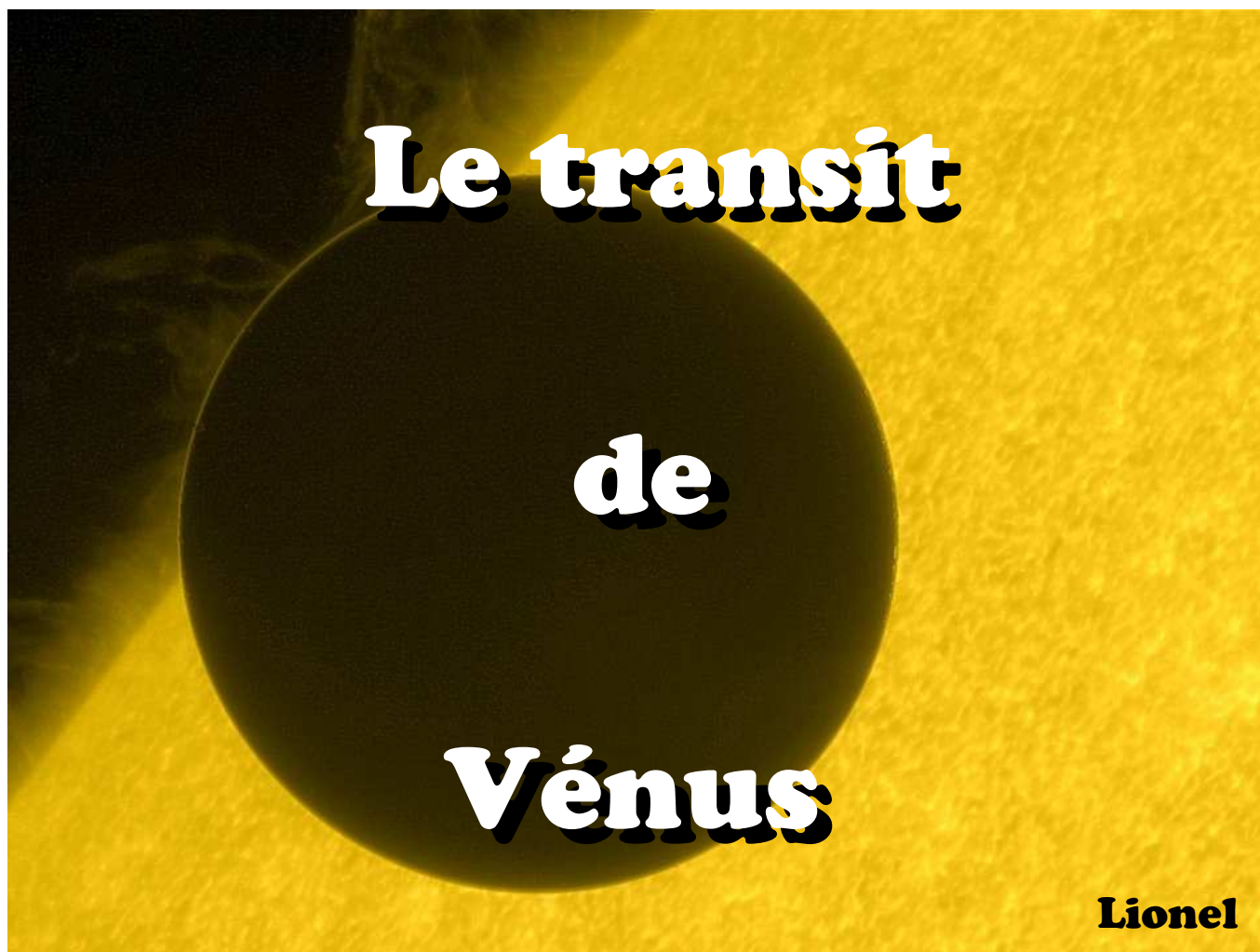
Les légères différences entre les courbes proviennent de paramètres tels que la date du passage de Saturne sur l'écliptique ou la date à laquelle on voit les anneaux par la tranche.

En conclusion : l'ouverture des anneaux de Saturne est modulée à cause d'un effet de parallaxe dû à la position de la Terre sur son orbite. C'est donc bien un effet annuel, qui dépend de la planète depuis laquelle on observe Saturne. Depuis Mars l'amplitude des

oscillations vaut 17° et depuis Jupiter elle atteindrait 45° . Mais-là, ce sont les longues périodes de révolution respectives de Jupiter et Saturne (11 ans et 29 ans) qui font qu'en pratique on n'observerait pas ces oscillations, l'ouverture est à nouveau régulière (allez vérifier sur Stellarium) mais par contre, dans ce cas, le diamètre apparent de Saturne varie énormément.

Encore une observation anodine qui nous aura permis d'utiliser une partie de ce qu'on nous a enseigné pendant des années à l'école sans savoir, à l'époque, à quoi cela pouvait bien servir ! □





On est d'abord attiré vers l'astronomie par les images magnifiques que l'on voit dans les magazines et on rêve d'en faire autant. Une fois pris dans l'engrenage, on se rend compte que l'astronomie mène à beaucoup d'autres choses et, en particulier, à l'exploitation de cer-

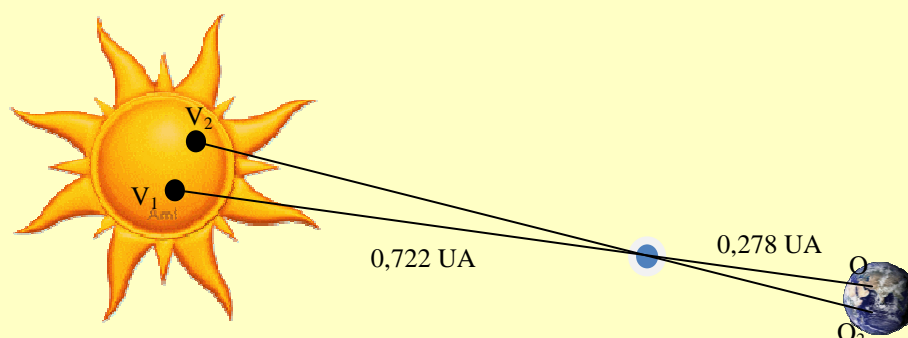
tains phénomènes pour faire des mesures. C'est dans cette catégorie qu'entre l'observation du transit de Vénus. Par des observations simultanées du passage de Vénus devant le soleil, on peut mesurer la distance Terre-Soleil en kilomètres !

Principe de l'expérience

L'idée de départ est simple : si on observe la position de Vénus devant le disque solaire au même instant mais de points de vue différents on doit pouvoir mettre en évidence le fait que Vénus ne se trouve pas rigoureusement à la même place sur le disque solaire pour les observateurs. C'est un effet de parallaxe dû au fait que Vénus se trouve à une distance finie de la Terre (fig 1.).

Connaissant la période de révolution de Vénus autour du soleil (on peut aussi la déterminer mais cela de-





A partir des périodes de révolution respectives de Vénus et de la Terre autour du Soleil, on peut déterminer leur distance au Soleil en UA (Unité Astronomiques), en appliquant les lois de Kepler. Reste à savoir ce que vaut 1 UA...

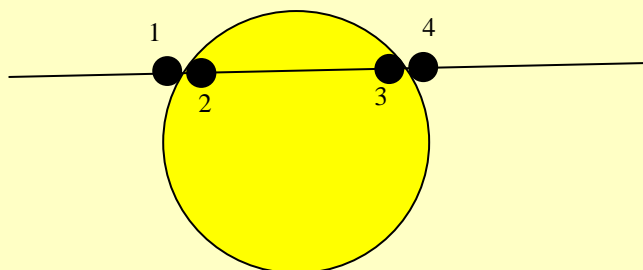
mande du temps et il aurait fallu le faire en amont de cette expérience) on peut calculer la taille de l'orbite de Vénus par rapport à celle de la Terre. Cette donnée était connue depuis longtemps : si la distance Terre-Soleil vaut 1, et en l'occurrence on a appelé cette distance l'Unité Astronomique ou UA, on sait que la distance Vénus-Soleil représente 0,722 UA, soit 72,2% de la distance Terre-Soleil. Tout le problème est de savoir ce que vaut cette distance en kilomètres ! Une façon de le savoir, c'est d'avoir un point de repère : la position de Vénus devant le disque du Soleil et la distance en kilomètres qui sépare les observateurs. Le transit de Vénus ne se produit que très rarement, 2 passages successifs sont séparés de 8 années, puis il faut attendre 125 ans avant d'avoir à nouveau ces 2 passages. D'où l'intérêt de bien préparer l'expérience sous peine

d'avoir longtemps à attendre avant de pouvoir renouveler les mesures (voir les aventures de Guillaume Le Gentil dans les anniversaires d'octobre p 15).

Les préparatifs

Pour la métropole, le transit n'est pas des plus favorables, loin s'en faut, puisqu'au lever du soleil le transit est déjà commencé depuis plusieurs heures et nous ne pourrions voir que les deux derniers contacts (voir encadré).

Les contacts : lors d'un transit il existe 4 contacts, les contacts 1 et 2 au début du phénomène et les contacts 3 et 4 à la fin. Contact 1 : Vénus entre en contact avec le Soleil. Contact 2 : Vénus est entièrement contenue dans le Soleil. Contact 3 : le bord de Vénus atteint le bord du Soleil. Contact 4 : Vénus est entièrement à l'extérieur.



Les contacts d'un transit

Le soleil sera donc très bas sur l'horizon, il faudra être d'autant plus précis dans nos mesures. Pour augmenter nos chances de voir le soleil juste à son lever, j'entre en contact avec le SAN qui gère l'accès au point culminant de l'île de France : la colline de la Revanche qui s'élève à 231 m entre Elancourt et Plaisir. Nous obtenons l'autorisation d'y monter en voiture avec nos instruments. Tout semble près de notre côté (mis à part de nombreux mail sur notre liste pour déterminer la meilleure combinaison optique à utiliser, focale, appareil photo ou webcam, temps de poses, etc). Mais pour mener à bien cette expérience il faut des observations coordonnées simultanées. C'est Raymond qui nous a mis en relation avec Roland Santallo à Tahiti. Après plusieurs échanges de mails, nous constatons que malheureusement il ne sera pas possible de faire des observations simultanées entre Elancourt et Papeete : alors que le Soleil se couche à Papeete, il n'est pas encore levé en France. Roland n'assistera qu'au début du transit, nous n'assisterons qu'à la fin... Roland a alors l'idée de contacter un club de Nouméa qui aura quelques heures en commun avec les observations de la métropole. Le temps à Nouméa sera certainement bien meilleur que sur la colline de la Revanche car même début juin on ne peut pas être sûr d'avoir un temps dégagé. Heureusement, Bruno sera dans le sud de la France pour cette occasion et il aura bien plus de chances de pouvoir faire des observations. Le jour J, le 6 juin, nos craintes se confirment ; nous nous retrouvons à quatre au sommet de la colline peu avant 5h, le temps est couvert, un vent glacial souffle de l'ouest, et nous ne pouvons qu'observer l'horizon aux jumelles pour voir les tours de la Défense ou le sommet de la tour Eiffel. Pour nous, le transit aura été aussi spectaculaire qu'il

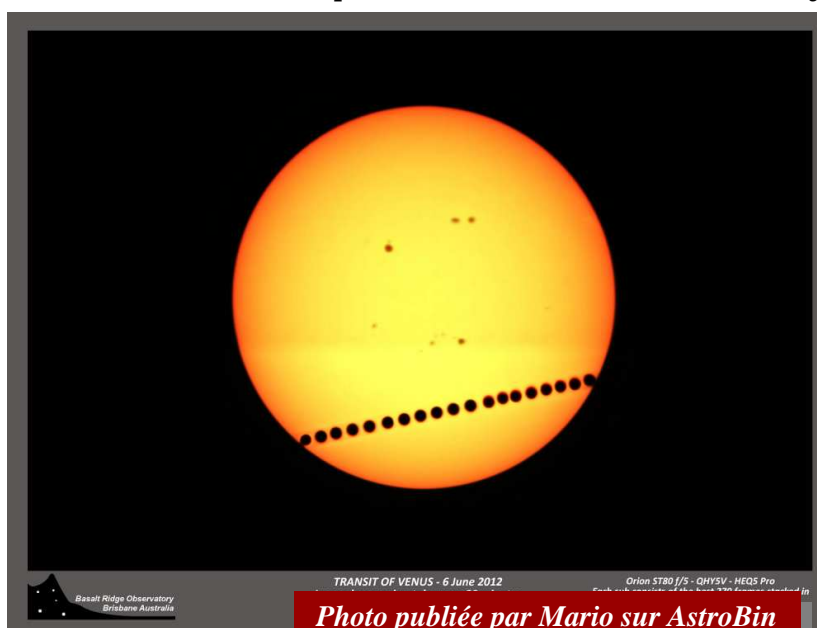


Transit vu par Bruno depuis le sud de la France

l'a été pour Guillaume Le Gentil le 6 juin 1769. En revanche, Bruno, depuis Saint Michel de Provence a réussi à faire quelques images entre deux nuages.

Les données

Nous n'avons pas d'observation propre à exploiter mais à l'heure de la mondialisation, on doit pouvoir trouver toutes les informations qu'il nous faut sur internet pour poursuivre l'expérience. En surfant sur le web, je



Basalt Ridge Observatory
Brisbane Australia

TRANSIT OF VENUS - 6 June 2012

Orion ST80 1/5 - QHY5V - HEQS Pro

Photo publiée par Mario sur AstroBin

trouve mon bonheur sur un site que je découvre par la même occasion : AstroBin. Un astronome amateur en Australie a suivi le transit en entier. Malheureusement, les commentaires de sa photo sont succincts, il me manque les heures précises et sa position GPS.

Le 8 juin, je lui envoie un mail pour lui demander d'une part l'autorisation d'utiliser sa photo et dans ce cas de bien vouloir me fournir les informations nécessaires. Voici sa réponse du 9 juin :

Bonjour Lionel!!

[...] When I began imaging on Wednesday morning, I never thought that what I was doing would end up as part of a French experiment to determine the Earth-Sun distance and I'm very happy to provide the information that you have requested. [...]

Kind regards,

Mario

Mario Vecchi

Cet italien d'origine habite à Brisbane. Le 6 juin, il observe le transit dans sa totalité

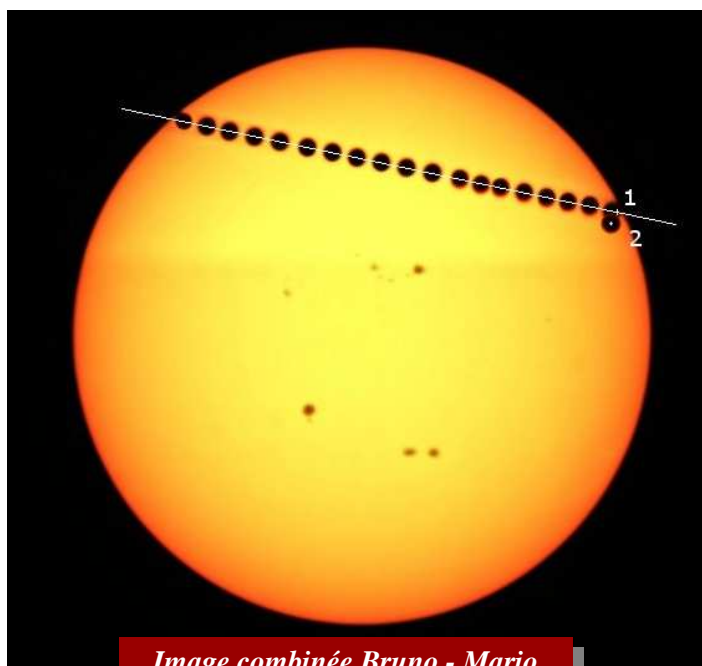


Image combinée Bruno - Mario

en prenant une image toutes les 20 minutes. Il combine toutes les pauses individuelles en image unique qu'il a posté sur le site AstroBin.





Les autres photos

Nous avons trouvé d'autres images par la suite prises de différents points du globe : Nicolas Biver alors en mission à Hawaï, Roland Santallo à Papeete, Jean-Michel Cognet en Corse, Douglas au Japon.

Pour exploiter ces différentes images, il a tout d'abord fallu les « combiner » pour mettre en évidence la parallaxe de Vénus. Malheureusement, tous les observateurs n'utilisent pas rigoureusement le même matériel, les images n'ont ni le même champ, ni la même orientation. Heureusement pour nous, il y avait des taches solaires ce jour-là, c'est ce que nous espérions pour avoir des points de repère afin de recadrer les images, les unes par rapport aux autres. L'écart entre les taches nous a permis de mettre les images à la même échelle, la direction de la ligne joignant les taches

nous a permis d'orienter les images. Un petit jeu de calques, et voilà Vénus très légèrement décalée d'une image sur l'autre : la parallaxe est évidente.

Les résultats

En mesurant les parallaxes sur les images, avec précision, et connaissant la distance en kilomètres qui sépare les observateurs, nous pouvons déterminer la distance Terre-Soleil pour le 6 juin 2012. □

observateurs	distance	parallaxe	distance Terre-Soleil
Bruno - Mario	12 242 km	42,6"	154 millions km
Roland - Douglas	9 057 km	33"	147 millions km
Bruno - Nicolas			151 millions km
Jean-Michel - Mario	12 176 km	43,2"	151 millions km

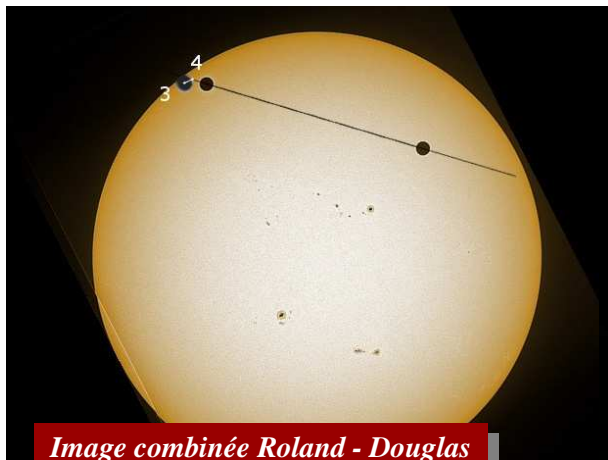


Image combinée Roland - Douglas

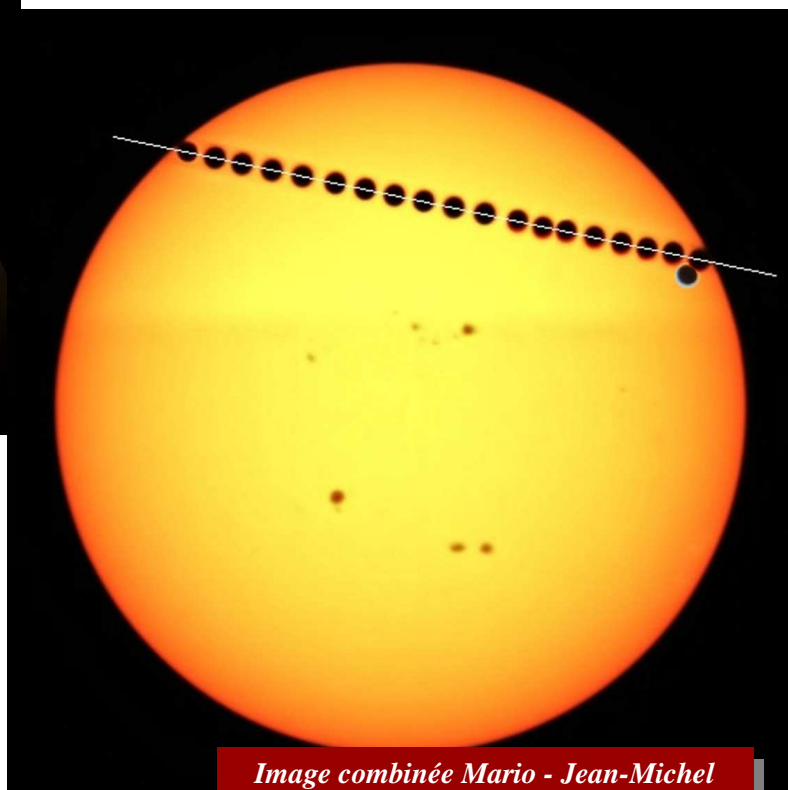


Image combinée Mario - Jean-Michel

observateurs	Lieux
Bruno Dauchet	Haute Provence
Mario Vecchi	Brisbane
Nicolas Biver	Hawaï
Roland Santallo	Papeete
Douglas	Fukuoka
Jean-Michel Cognet	Corse

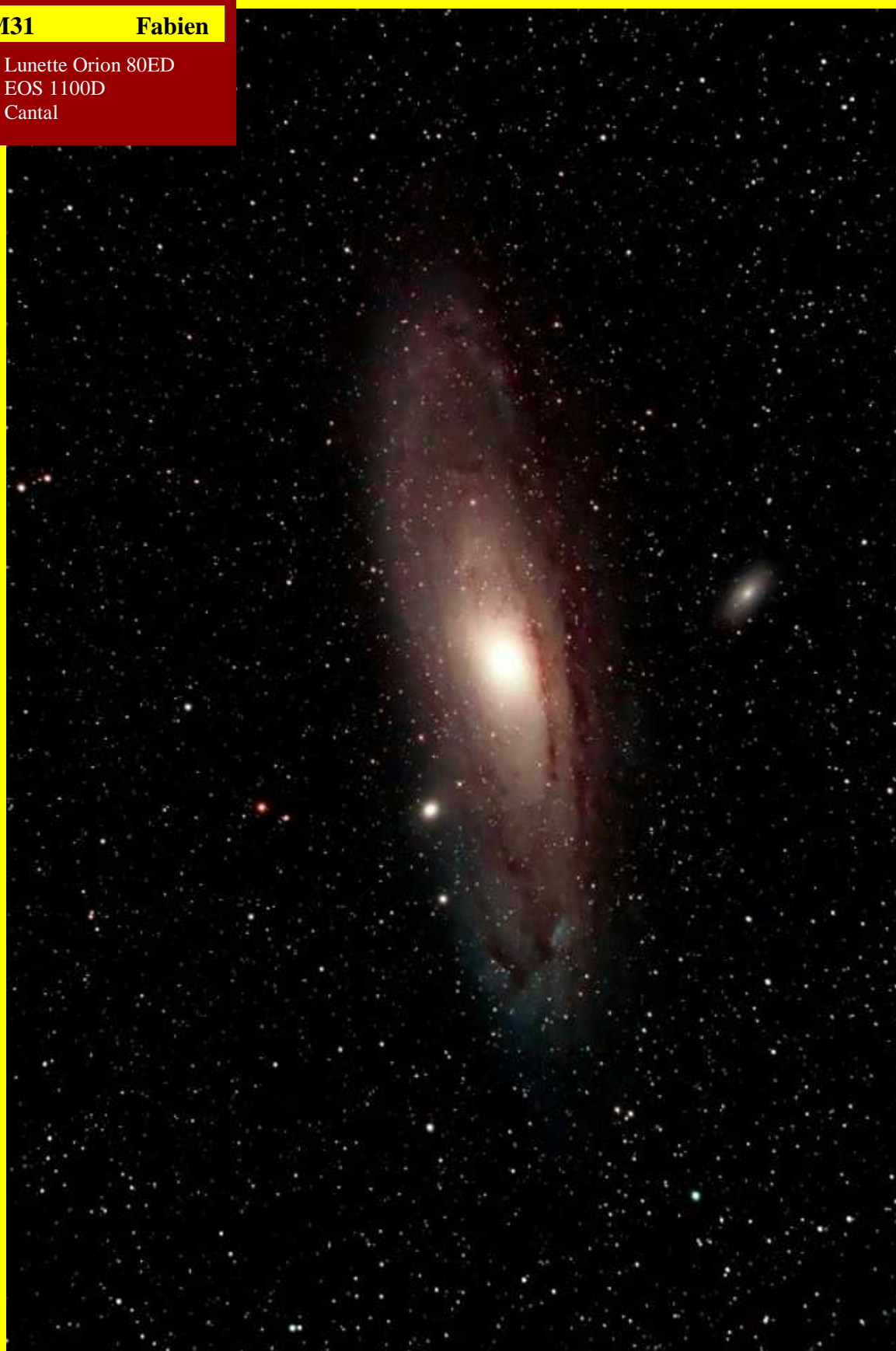


Image combinée Bruno - Nicolas

M31

Fabien

Lunette Orion 80ED
EOS 1100D
Cantal



Jeux

Le premier américain découvreur de planète

Il avait l'obsession des planètes trans-neptuniennes

1

2

3

4

5

6

Clues: Outil de restauration de livres, planète lointaine, Retirai, Ancien bovidé, Standard d'interface, période indéfini, Retrait de texte, Enlever, Promises, Symbole précieux, Exaltai, Détruisirent, N' a pas bonne mine, Salut, Voiles carrées, Injure, Oxyde d'uranium, Supportent le navire, Fendre, Archipel du Pacifique, Note, Infection intestinale, Agace l'oreille, Nuance de bleu, Association de cristaux, Nanine d'équidé, fatigue, Peu utilisée, Hors de (lat.), Explore le lointain du syst. solaire, Poudre de cabosses, Récipient, Spécialité japonaise, Aunée, Insuffisance rénale, télécopieur, Espace entre poutres, Assaisonnait, Echouai, Intérêt d'argent, Sentir mauvais, Protégea, Roche détritique, Rétabli, Type d'entrée, Possessif, Risque, ... quo, Replaces, Abréviation musicale, Entre les jambes, Subjonctif présent, Repos, Saisons, Ne passe pas inaperçu

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

L'acronyme du nom d'un des instruments de mesure à bord de la sonde qui est aujourd'hui à mi parcours de son périple vers les confins du système solaire.

Galerie



Jupiter Christian

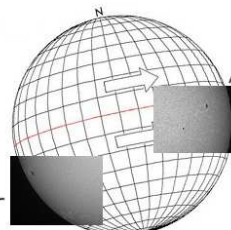
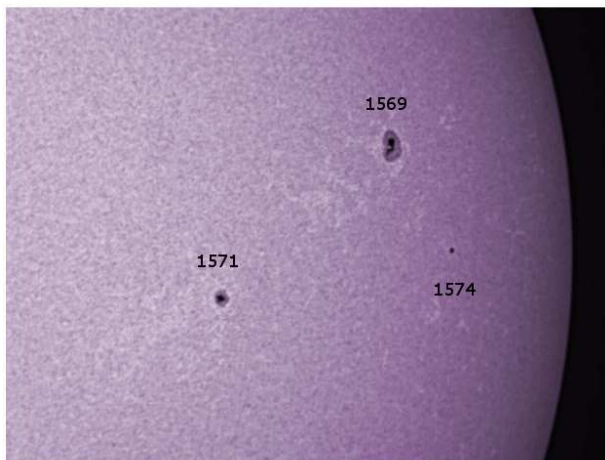
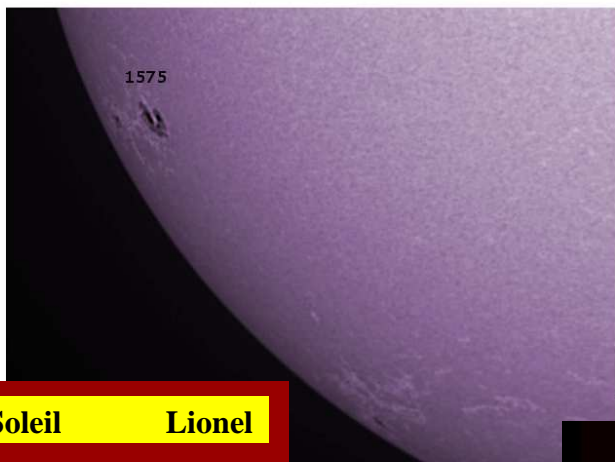
C11, PLA Mx, Barlow x3
Filtres IR et neutre
16 septembre
Les Essarts



Jupiter Jean-François

Dobson 200/1200, PLA-C
Barlow x2

lunette 127 / 950
 filtre Ca-K
 webcam PLA Mx



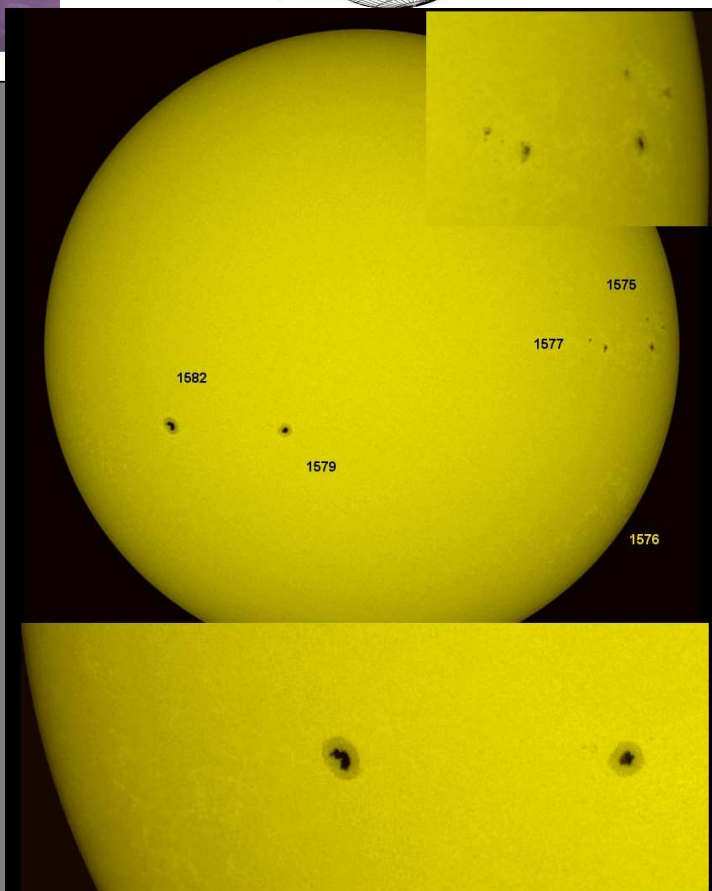
Soleil Lionel

Lunette 127/950, PLA Mx
 Filtre Ca-K
 19 septembre

A noter, le déplacement de la tache n°1575 entre le 19 et le 29 septembre

Soleil Willy

L 70, Orion 4SIII
 29 septembre
 Plouzané (29)



Soleil le 29 septembre 2012 vers 12h TU
 Lunette ZS70ED avec filtre Astrosolar D5
 Caméra ORION 4SIII au foyer ou derrière une barlow x 2,4, avec filtre IR-UV-cut et n°66
 Prises de 30 sec à 30 im/sec - Traitement RS6 sur les 130 meilleures trames
 Turbulence modérée, un peu de vent, passages nuageux



M27 Fabien

**Télescope
Orion 200 / 900**



Double amas Persée Lionel

Lunette 127 / 950, CCD CP8
LRVB poses indiv. 40s
8 septembre SQM = 20,46
Bonville (28)



C'est lui, l'heureux possesseur de l'EOS 1000D

Attention, c'est **THE** appareil !! L'**EOS 1000D**

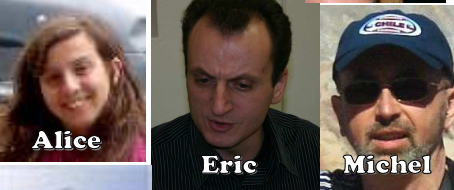
Pendant notre stage d'astronomie cet été à Bracou, nous en avons entendu parler à peu près 10 fois par jour, c'est l'appareil dont David rêvait depuis qu'il était tout petit...

Apparemment avec ça les photos sont fantastiques, probablement qu'elles se font toutes seules, il n'y a plus de limites, impossible de les rater.

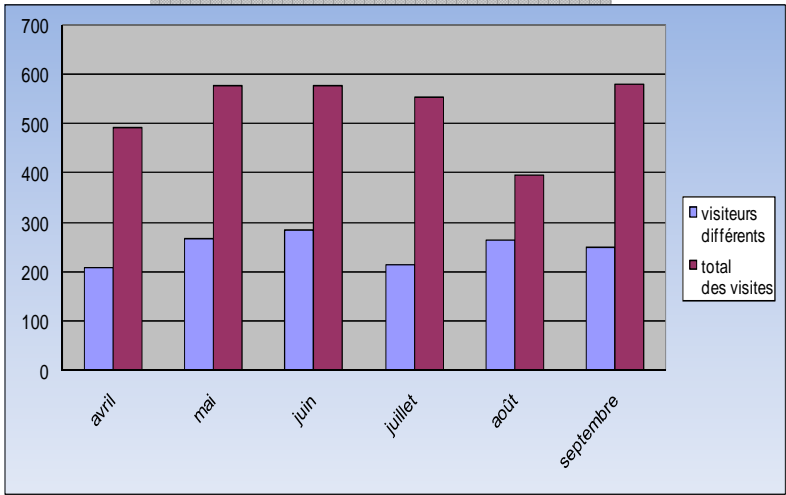
Eh oui, vous ne rêvez pas, enfin, il l'a eu !!!

Bref, maintenant, on attend les résultats...

**Albireo78
saison 2012-2013**



Fréquentation du site



Sortie du n°63 : décembre 2012

