



La tête dans les étoiles : conférence publique à la Salle Patenôtre à Rambouillet le 20 janvier 2016.



Alain Cirou

Alain Cirou est directeur de la rédaction de la revue Ciel & Espace, directeur général de l'Association Française d'Astronomie, chroniqueur scientifique sur Europe 1, et il participe à de nombreuses émissions (France 5, Arte...) qui ont pour sujet le ciel et l'espace...

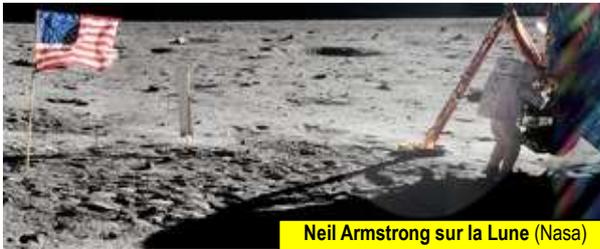
Merci pour votre accueil... Je vous propose, pendant une heure, de vous emmener en ballade dans l'univers.

L'Univers, tout le cosmos. Cette présentation, que j'ai intitulé "**la tête dans les étoiles**" a pour ambition de faire ce qui m'a toujours manqué lorsque j'étais petit... répondre à la question : "qu'est-ce qu'on sait aujourd'hui du Cosmos ?". C'est une question qui est bien ambitieuse, mais il y a là des images qui donnent à réfléchir et laissent une trace en filigrane dans la tête pour y repenser de temps en temps en voyant dans le ciel une étoile, une constellation...

La constellation du Cygne



Qu'est-ce que la "tête dans les étoiles" ? C'est d'abord une rencontre avec le ciel et je suis content que l'association **Albiréo78** soit aujourd'hui présente car Albiréo est une de mes étoiles préférées pour une observation dans une lunette, l'été : la tête de la constellation du Cygne ; vous braquez une petite lunette et vous avez cette chose extraordinaire de voir deux petites étoiles de couleur différentes et c'est quelque chose qui interroge : le ciel est en noir & blanc mais que sont ces étoiles, qu'est-ce qu'elles racontent ? C'est une porte d'entrée extraordinaire dans le ciel et surtout c'est une observation directe, c'est à dire que vous pouvez le faire vraiment, dès qu'il fait noir, en regardant le ciel : un accès direct et immédiat.



Neil Armstrong sur la Lune (Nasa)

Mon contact avec le ciel, ça été aussi « la marche de l'homme sur la Lune », que certains d'entre vous ont suivie en 1969, un grand moment car on voyait aussi arriver la télévision chez nous, en noir & blanc mais qui permettait un accès universel... Et puis la Lune... car grâce à un professeur, j'ai regardé celle-ci avec une lunette.

Et ce que j'ai vu, c'est ça : un croissant de Lune et autour des petites étoiles, et lorsqu'il a visé... ce qui semblait être une étoile, ce que j'ai vu, c'est le choc de ma vie : j'ai découvert Saturne.

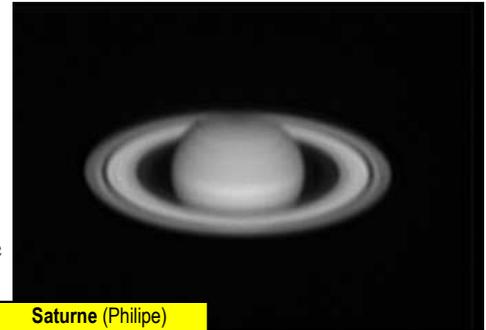
Et à chaque fois que j'en parle, j'ai un peu les poils qui se dressent sur les bras car c'est un choc esthétique extraordinaire. Saturne, c'est une perle entourée d'un anneau. Regarder cela dans une lunette ou un télescope... et vous voyez cette chose en trois dimensions, qui flotte dans le ciel... un instant magique.

Et vous vous posez des questions sur ce ciel : est-ce que ce que je vois dans le ciel est ce qui est vraiment ?

Est-ce que c'est l'instrument ?...

Comme Galilée, qui le pensait autrefois lorsqu'il était critiqué : mais non, c'est la nature, c'est la réalité de la nature, ce n'est pas l'instrument qui transforme... c'est la réalité. Saturne est souvent la Muse de l'astronome qui nous incite à aller voir plus loin et comprendre ce que c'est. Je suis tombé amoureux de Saturne... difficile à expliquer... que l'on puisse tomber amoureux d'une planète... de se précipiter dans les livres, d'essayer de comprendre... de voir... d'essayer de savoir ce qu'est cette magie extraordinaire d'avoir dans le ciel un anneau autour d'une perle. L'astronomie, c'est magique... Evidemment, dès qu'on s'éloigne un tout petit peu de la Terre, en tout cas en pensée, le voyage prend une dimension qui est tout à fait passionnante. Alors, je vais insister sur une première chose : c'est le clin d'oeil que nous donne la nature en nous permettant de la découvrir grâce à une certaine magie. Je m'explique :

Voici une éclipse totale du Soleil photographiée à bord d'un avion qui montre la Lune passant exactement devant le Soleil. Une éclipse totale du Soleil, tout le monde connaît ça aujourd'hui... Souvenez-vous, le 11 août 1999, le phénomène traverse l'Europe et la zone de centralité permet de voir la lumière baisser, le soleil disparaître ; on a l'impression qu'en un instant les couleurs changent, les oiseaux vont se coucher, les animaux paniquent et tout d'un coup... en plein jour... c'est la nuit. C'est magnifique, un voyage des plus beaux qu'on puisse faire : découvrir le monde et voir une éclipse totale du Soleil et je vous encourage d'aller à la Réunion en septembre ou aux Etats-Unis le 21 août, l'année prochaine : de très belles destinations et une occasion unique de voir le ciel. Mais surtout, c'est une magie naturelle :



Saturne (Philippe)



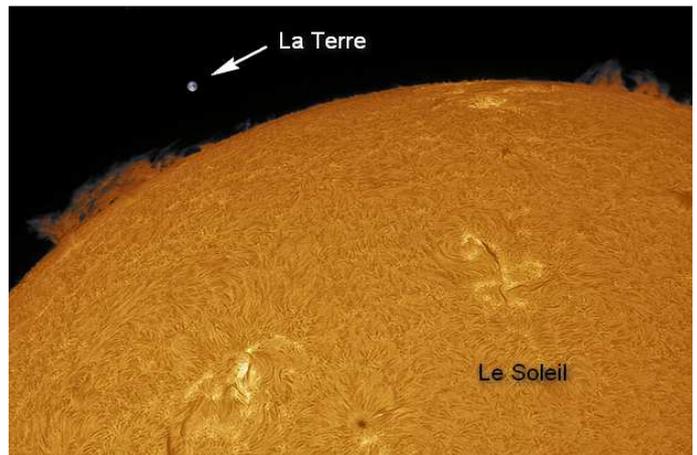
Eclipse du 30 juin 1993 - suivie par Concorde 001 (image d'artiste - concept Don Connolly)



Eclipse du Soleil (Maguy)

le Soleil est beaucoup plus grand que la Lune... 400 fois plus gros exactement que la Lune mais 400 fois plus loin et donc le diamètre apparent des deux est équivalent et sans cette magie là, on aurait pas pu voir l'atmosphère du Soleil, qu'on appelle la couronne solaire, pas non plus d'éclipse, pas de jeux d'ombre et de lumière et pas la joie d'apprendre et de découvrir pour l'astronome.

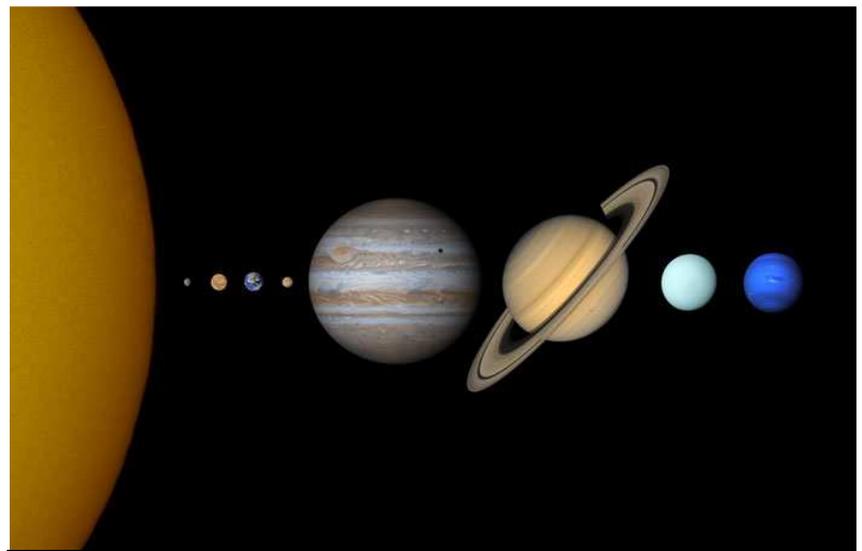
Mais l'astronome ne peut toujours pas quitter la Terre... nous sommes des observateurs immobiles et ce que nous recevons, c'est de la lumière... de l'ombre, de la lumière, les informations viennent du cosmos et que nous devons traduire pour essayer de les comprendre... C'est à partir de là, et j'insiste, à partir des observations que je vous propose de découvrir ce film. Tout d'abord, la grande difficulté et on en parle tout le temps, et ce n'est pas trivial, ce sont les dimensions extraordinaires ; voici le Soleil, photographié cet été par un astronome amateur, et qui, grâce à un appareil particulier, permet de le voir de près... et juste à côté, est représenté la Terre.



Le Soleil - 5 oct. 2014 - Lunt 60 en H alpha (Lionel)

Vous voyez là, la dimension du Soleil par rapport à la Terre : il y a une vraie différence entre une planète et une étoile ; le Soleil est une étoile, une boule de gaz qui brûle depuis 5 milliards d'années plus de *70 millions de tonnes* de gaz par seconde... imaginez que depuis 5 milliards d'années votre voiture consomme *70 milliards* de tonnes d'hydrogène... convertit en hélium... c'est stupéfiant. Les tailles donnent déjà une information sur cette affaire [Alain Cirou s'est un peu trompé sur les chiffres... l'émotion sans doute d'avoir des astronomes d'Albireo78 dans la salle – voir note 1 en fin de document]. Nous regardons ce qu'on appelle le système solaire lui-même. Le Soleil est une étoile, une boule de gaz, et puis vous avez les planètes: de la gauche vers la droite, Mercure, Vénus, la Terre et la Lune toute petite, Mars, Jupiter, saturne, Uranus, Neptune :

à l'échelle physique des diamètres mais pas des distances, par rapport au Soleil. On se rend compte déjà que l'on a du mal à appréhender les choses mais... peut-être que si on répartissait ce système dans cette pièce ; réduisons le Soleil à la taille d'un pamplemousse et posons-le sur la table à côté de monsieur Besson... la Terre est un grain de couscous à 12 mètres ! A cette distance et avec cette taille, l'étoile la plus proche, le Soleil le plus proche, le "pamplemousse" le plus proche est à Alger ou à New-York.



Le Soleil et les 8 planètes du Système Solaire

Vous vous rendez-compte que les distances astronomique commencent à avoir une importance, et si j'étais ministre de l'Education Nationale, je mettrais ça dans les écoles :

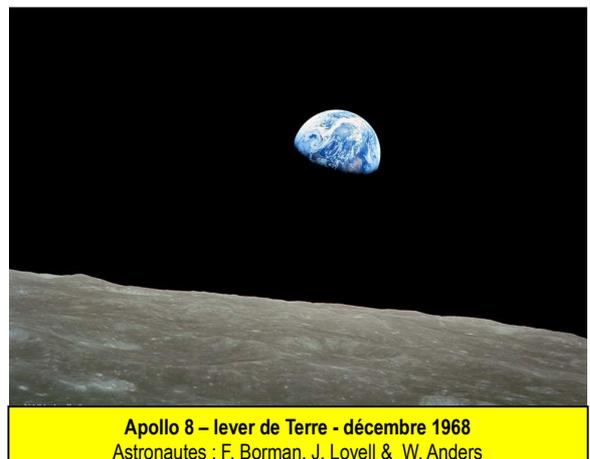
parce que c'est très parlant, parce que ça pose des questions... vous vous rendez-compte que, déjà, pour aller sur la Lune : 400 et quelques milles kilomètres... d'abord il y a deux itinéraires, c'est pas toujours la même distance... mais vous pouvez encore y aller car je sais qu'il y a des voitures qui font 400.000 km, en gros une voiture qui fonctionne bien. Mais pour aller sur le Soleil, 150 millions de km, ça va être plus compliqué... et puis, pour aller sur Mars avec une fusée... on en parle beaucoup aujourd'hui...

Vénus	257 806 818
Mars	377 534 525
Soleil	149 597 887
Jupiter	928 009 915
Lune	363 104
Bis Lune	405 696
Proxima du Centaure	40 132 418 664 688

Panneau indicateur sur le site du radiotélescope de Nançay

Vous avez du vous rendre compte qu'il faut entre 6 et 9 mois en fonction des distances... c'est déjà loin et pour rejoindre l'étoile la plus proche, Proxima du Centaure, c'est 40.000 milliards de km ! Cela commence vraiment à nous poser un problème parce que, comme disait mon père, "dès que ça dépasse le montant de mon salaire, je parle en anciens francs, en milliard j'ai du mal" [les anciens francs... ça faisait plus de zéro, pas cohérente cette remarque... de mon point de vue] ; ces unités de valeur ne nous parlent plus à un moment donné. Il nous faut inventer autre chose et les astronomes, les spécialistes du ciel, utilisent la lumière ; vous savez que la lumière a une vitesse qui ne se dépasse pas 300.000 km par seconde [voir note 2 en fin de document] ; quand vous regardez la Lune, la lumière en est partie il y a une seconde... vous regardez le Soleil, la lumière en est partie il y a 8 minutes et quand vous regardez l'étoile la plus proche, sa lumière est partie il y a quatre ans. Ainsi, en regardant le ciel, vous regardez le passé, c'est à dire, vous regardez de la lumière qui vous arrive d'une certaine distance donc vous regardez la lumière qui est partie il y a quatre ans, 50 ans, 20 siècles, 1.000 ans, 10.000 ans et beaucoup plus ; les astronomes sont comme des archéologues qui regardent le passé parce que la lumière, qui a une vitesse finie, met du temps à leur arriver. Et je vous donne tout ça parce que ça va nous aider à parler de la même façon et avancer dans notre voyage. Voyage... c'est quand même quelque chose de récent ; il est vrai que Hergé en a rêvé mais ce n'est pas le premier... Cyrano de Bergerac emmenait déjà des hommes sur la Lune d'une façon extraordinaire avec la rosée qui était sur les fleurs... où va la rosée ? Où vont les gouttes de rosée quand le Soleil se lève... elles pourraient emmener des hommes sur la Lune. En tout cas, l'idée du voyage poétique, imaginaire date de plusieurs siècles de façon référencée... et sans doute de beaucoup plus loin... à la sphère des fixes... à la sphère des étoiles.

Nous sommes donc parti après Hergé, et... extraordinaire... Hergé faisait partir sa fusée de Cap Canaveral ; nous sommes allés visiter la Lune ; et qu'est-ce qu'on a découvert... en 1968... lorsqu'on a tourné autour de la Lune avec Apollo 8... c'était à Noël, le 24 décembre 1968... on a découvert cette image dont Alfred Sauvy, démographe, disait qu'elle était sans doute à l'origine de la conscience écologique : on a découvert la Terre parce que la Lune... hostile... pas d'atmosphère, rien... comme disait Coluche : « pas une mobylette, pas un café ». Par contre au loin, il y a une petite boule avec des nuages, de l'eau, vos amis, vos familles... la vie !



Apollo 8 – lever de Terre - décembre 1968
Astronautes : F. Borman, J. Lovell & W. Anders



Et là, on a découvert que la planète Terre était une planète unique dans le Système Solaire. Et puis, on a continué l'exploration non habitée et vous recevez aujourd'hui des images comme celle-ci qui date d'il y a deux jours : une image de Mars qui a été envoyée par une sonde indienne [voir note 3 en fin de document] et ce qu'il y a d'intéressant est de voir que cette sonde indienne... pas une sonde américaine... ni européenne... ni russe... a coûté un peu moins que ce qu'a coûté le plus important film de science-fiction réalisé ces derniers mois : « Seul sur Mars ». Le budget accordé à cette sonde est inférieur au budget de réalisation du film.

Et vous voyez cette planète qui fascine l'humanité depuis fort longtemps, très différente de la nôtre avec... des déserts... avec une calotte polaire... avec ici un volcan, qui est sans doute le volcan le plus important du Système Solaire et que nos amis d'Albireo ont mis – en reproduction - au centre de la table ici ; c'est un volcan qui a pratiquement la superficie de la France - diamètre : 800 à 1000 km avec une hauteur voisine de 30 km... et on voit aussi ces volcans éteints... une grande déchirure qui ressemble, pour ceux qui connaissent les Etats-Unis, au Grand Canyon du Colorado avec des falaises qui descendent jusqu'à 8...

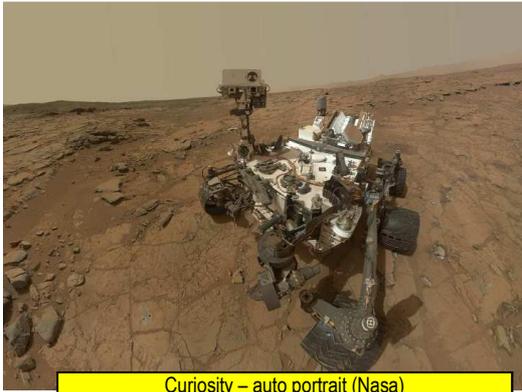


MARS – photographié du Pic du Midi (2010)

9 km de profondeur... et puis cette question : est-ce que la planète Mars a connu une histoire permettant à la vie, un jour, d'y apparaître et... quelle est cette histoire ? Mars... c'est aujourd'hui quelque chose qui passionne les astronomes dans le Système Solaire et qui nous permet par exemple d'assister à des levers de Soleil à partir de Mars. Voilà le Soleil qui se lève sur la planète Mars... pas de différence avec la Terre ; il faut juste avoir une référence pour savoir que le Soleil est 20 % plus petit... plus faible... il y a moins de lumière...



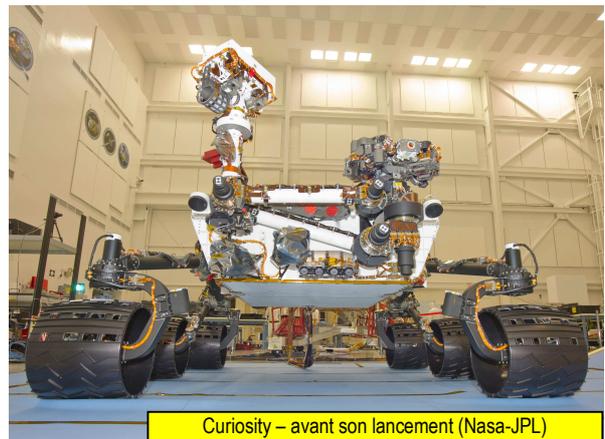
Lever de Soleil sur Mars photographié par Curiosity (Nasa)



Curiosity – auto portrait (Nasa)

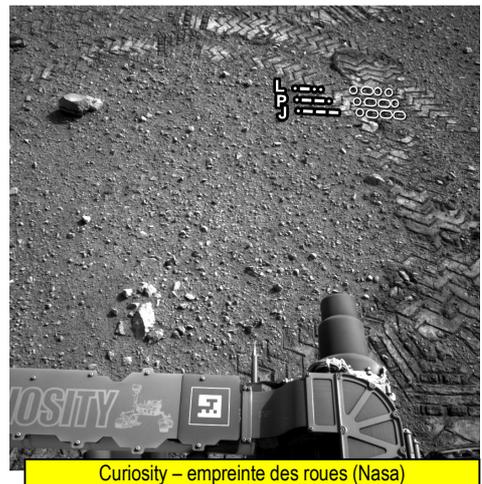
Vous avez la possibilité sur votre ordinateur, grâce à internet, d'assister à un lever de Soleil sur Mars et je peux vous dire que ce matin... il faisait -73... ne nous plaignons pas. On a depuis ... pratiquement deux ans et demi, un engin spatial qui s'appelle... Curiosity, qui caracole à la surface de la planète... alors ça... on est dit que c'est un « selfie » de Curiosity... c'est marrant, car il n'y a personne pour le photographier mais c'est un montage d'images... plusieurs images qui ont été faites par une des caméras qui ont été installées ici et qui... par association d'images vous montrent l'engin comme si... il était seul.

Il s'est posé à la surface de la planète et c'est un engin qui a à peu près la taille d'euh... d'une petite twingo... c'est à peu près cette taille là... avec des roues ici. Ça... c'est un laser qui est piloté par des français... « chemcam »... caméra chimique qui permet justement de tirer... de savoir de quoi est composé le mur [Alain Cirou vise le mur avec son pointeur laser]... on envoie un petit coup de laser... c'est très puissant... ça fait une petite étincelle sur le mur et en analysant l'étincelle grâce à un système de spectroscopie, on peut savoir de quoi est composé le mur... et puis ensuite vous décidez pour savoir où on va, si vous piochez ou pas.



Curiosity – avant son lancement (Nasa-JPL)

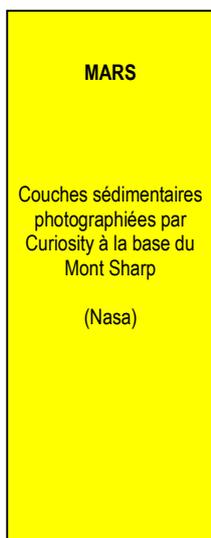
Et si on décide d'aller, il y a la possibilité grâce à un bras, de pouvoir récupérer de la matière... il y a même une petite chignole qui permet de faire une captation... une « black&decker »... qui attrape un échantillon et le met dans un four à l'arrière, lequel four brûle l'échantillon à plus de 1.000 degrés et en analysant les gaz qui sortent de ce four ; on peut dire ce qu'il y a dedans... je trouve ça absolument magique. Il y a d'autres choses qui rendent les expériences très humaines... Il n'y a pas de garagistes, ni de station services sur Mars donc ... l'engin est totalement autonome avec un système qui permet d'avoir une alimentation nucléaire qui doit, à partir de ses « piles » fonctionner pendant deux ans... donc ça, c'est un système qui fonctionne bien ; mais il y a les roues... ici... et on s'est rendu compte que les roues... en roulant sur Mars avaient tendance à s'abimer plus à l'avant qu'à l'arrière... bon... la décision a été prise de rouler en marche arrière pendant plusieurs mois... pour égaliser les frottements de sorte que



Curiosity – empreinte des roues (Nasa)

les roues soient... usées de la même façon. Alors, à cette occasion-là, tous les journalistes se sont intéressés aux roues de Curiosity et là... on a pu voir quelque chose d'absolument merveilleux... c'est que... c'est un engin de la Nasa. Donc la Nasa... grande institution... a confié le développement de cette sonde à un laboratoire qui s'appelle le JPL, Jet Propulsion Laboratory... et la Nasa a mis un grand logo marqué NASA dessus... comme ça, on... la sonde le photographie sur Mars. Et le JPL a demandé à avoir lui-même son petit logo... « Est-ce qu'on peut mettre un logo ? » « Pas du tout, c'est nous qui payons... 2 milliards de dollars... donc, c'est notre logo ! ». Les ingénieurs ont développé quelque chose qui va vous amuser et qu'on va découvrir un peu plus tard... c'est que...vous voyez les petits trous là... il y a des petits créneaux dessus ... petits systèmes... on a découvert qu'il y avait des traits... des points... des traits... ta... ta... ta... ta... lorsque la roue avance sur Mars, les ingénieurs ont mis J... P... L... trait... point... donc, sur la surface de la planète, vous avez pour les spécialistes : JPL... JPL... JPL...ou comment détourner la communication quand on est un petit peu astucieux. Pour marquer les choses... c'est assez drôle pour l'histoire. [\[voir note 4 en fin de document\]](#)

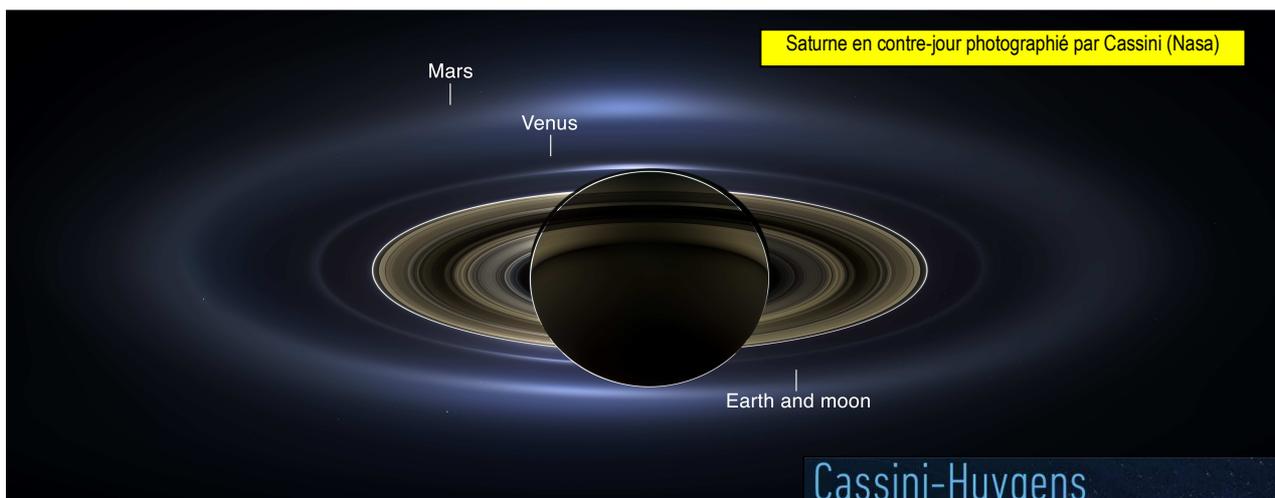
Les paysages martiens sont des paysages qui peuvent laisser penser à nos vacances au Maroc, en Algérie, en Tunisie, au désert chilien... la sonde s'est posée dans un cratère... le cratère Gale, qui a permis de découvrir des choses extrêmement importantes : il y a 3,8 milliards d'années, il pleuvait sur Mars ; on a trouvé des galets... érodés... comme à Etretat... entre des lits d'anciennes rivières... il y avait sans doute des lacs, peut-être même une mer. La température était douce et c'était de l'eau douce ; elle a coulé pendant plusieurs millions d'années, même dizaine de millions d'années et ça au même moment où, sur la Terre, les conditions identiques permettaient à la vie d'apparaître. C'est-à-dire que la première conclusion d'une extrême importance des découvertes de Curiosity, c'est que Mars a été habitable, ce qui ne veut pas dire qu'elle a été habitée...



Donc aujourd'hui, on ne voit pas de champignons, de dinosaures ou de plantes sur Mars mais le prochain objectif est d'aller voir... de creuser pour essayer de savoir s'il y a des traces fossiles d'une vie qui aurait pu apparaître il y a 3 milliards d'années. Mars a été habitable et il faut comprendre en quoi la situation s'est dégradée... on en est qu'au début de l'exploration. Il y a un grand fantasme qui consiste à dire que nous irons sur Mars demain... je pense que ça fait partie du jeu... il y a plus d'un siècle, une riche américaine avait doté un concours de recherche de vie dans l'univers de quelques 10.000 pièces d'or... si mes souvenirs sont bons... mais elle avait exclu dans le règlement de « la recherche de la vie dans l'univers », la planète Mars parce que, disait-elle, c'était trop facile ; c'était évident que les martiens étaient là, on les voyait bien... on voyait bien changer les couleurs ce qui voulait dire que les jardiniers martiens modifiaient les conditions de vie

sur la planète. Maintenant, on sait que « nous marcherons sur Mars dans 10 ans » est une vaste plaisanterie... je pense que ça fait partie du jeu de recherche d'argent, des motivations du public... de laisser penser qu'on peut le faire aujourd'hui ; on en est tout à fait incapable et je pense qu'on va continuer pendant longtemps à explorer Mars de façon scientifique pour essayer de savoir quelle est sa composition, quelle est sa nature, son histoire avant de pouvoir débarquer... même si ça se fait...effectivement quelque chose d'extraordinaire de pouvoir avoir un géologue sur Mars.

Alors... l'exploration du Système Solaire continue ; nous avons toujours en ce moment une sonde qui tourne depuis plus de 10 ans autour d'une autre planète : *Saturne*. Un monde tout à fait extraordinaire... regardez cette image de Saturne avec des anneaux, c'est-à-dire un disque microsillon composé de milliards de milliards de milliards de petits cailloux [voir note 5 en fin de document] couverts de glace et qui tournent autour de la planète... pourquoi ça ne s'est pas passé ailleurs ? Pourquoi c'est stable ? Combien de temps ça va tenir ? Quelle est l'histoire de tout ça ? C'est extrêmement complexe sachant que la distance entre le bord de la planète et l'anneau extérieur, c'est la distance de la Terre à la Lune avec une épaisseur de quelques mètres... on dit souvent que c'est le rasoir le plus fin de tout l'univers. Regardez cet anneau vu par en dessous... on se rend compte que cette boule de gaz a des cyclones, des mouvements atmosphériques extrêmement complexes... on voit l'ombre des anneaux sur la planète et l'ombre de la planète se projeter sur les anneaux ; on observe aussi à distance la Terre... et là vous pouvez sourire car vous êtes sur la photo... prise en août il y a deux ans... on sait que vous êtes tous sur la photo parce que à ce moment-là, l'Europe était en visibilité... en Europe, en août il y a deux ans, vous êtes sur l'image :



Il a fallu une dizaine d'années pour que Cassini atteigne cette distance-là. Et puis... c'était le grand show de 2015... les comètes... et en particulier la fameuse comète *Churyumov-Gerasimenko*... je suis arrivé à le dire mais c'est un peu compliqué... mais qu'on appelle « chouri »...

qui était au centre de l'attention des astronomes. Pourquoi les comètes ? Parce que... c'est une question fondamentale... finalement, je vous l'ai dit, le Soleil avait 5 milliards d'années... qu'est-ce qui s'est passé autour du Soleil jeune et naissant où apparaissent les planètes... pourquoi sont-elles dans cet ordre-là ? Pourquoi sont-elles à ces positions ? Les seuls témoins encore vivants de cette époque-là, ce sont les comètes... c'est-à-dire que c'est un peu comme une pâte à crêpes, le grumeau dans une pâte à crêpes... plus avec « Francine », je suis d'accord...

Mais si vous réussissez à attraper un grumeau et que vous regardez le grumeau, alors vous pouvez savoir la composition de la pâte à crêpes et c'est un peu la même chose, les comètes sont comme les grumeaux de la formation du Système Solaire puisque ce sont des montagnes de glace qui sont assez loin mais qui, de temps en temps, se décrochent de la ceinture dans laquelle elles sont...



et s'approchent du Soleil mais, en s'approchant du Soleil, fondent. Là, vous avez une comète qui s'approche du Soleil... le Soleil est sans doute par là... ce qu'on appelle le noyau de la comète, c'est-à-dire la tête de la comète est là...



Comete Hyakutake 16/04/1996 OHP

Et là, vous voyez justement la comète en train de fondre. Et quand une comète fond, vous savez qu'il y avait de la glace, il y avait de la poussière... vous avez une queue de gaz composée de glace d'eau mais pas que... il y a de la poussière, et cette poussière reste dans l'espace et quand la Terre qui tourne régulièrement autour du Soleil passe dans ce nuage de poussière, là où sont passées d'anciennes comètes, et bien vous voyez ça : c'est-à-dire des étoiles filantes.

Les étoiles filantes sont... les poussières... qui se sont échappées des comètes lorsqu'elles ont fondu autour du Soleil. Donc vous voyez le lien de filiation et il y a une chose que je vous fais remarquer, car j'aime beaucoup toujours suivre cette image de la voiture... regardez bien, elles semblent venir d'un même point... quand vous roulez en voiture sous la neige, la neige... vous avez l'impression que les flocons viennent vers vous. Vous avez une direction pourtant les flocons tombent... je dirais de manière aléatoire... et bien, vous avez cet effet de fuite que vous voyez là...



Géménides 2013 – Chili (Astrokech blog)

La Terre se déplace dans l'espace autour du Soleil et on traverse à ce moment-là un nuage de [poussières de] comète. Et... ce qui est génial... les astronomes peuvent vous dire quand ça va se produire ; ils peuvent vous dire à peu près le nombre d'étoiles filantes que vous allez observer dans l'heure... environ... une unité importante en astronomie, c'est le « viron » ; on calcule beaucoup en « viron »... on a le droit d'avoir entre 50 % et 100 % de distance entre les données mais on voit bien qu'on apprend des choses seulement par l'observation. Donc les européens ont envoyé un satellite... avec pour objectif d'observer la comète... « chouri » ; 10 ans de voyage pour y aller... y parvenir... et la comète que vous avez tous découvert en novembre dernier... avec la comète « chouri », la première comète vue de près à quelques 50 km de distance.



L'atterrisseur Philae et la sonde Rosetta autour de 67P/Churyumov-Gerasimenko (vue d'artiste – CNES)

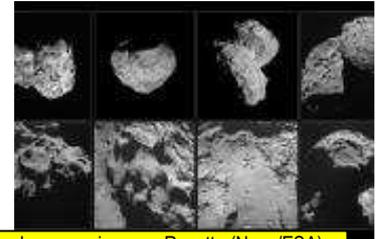
L'exploit est extraordinaire, tout à fait extraordinaire parce qu'il a fallu après 10 ans d'hibernation dans l'espace où la température est extrêmement froide, se mettre en orbite autour d'un objet qui fait... à peu près 3 km de diamètre, qui ressemble à un petit canard... un jouet qu'on va pêcher... en plastique... comme un cou... vous voyez, il y a comme du gaz qui commence à s'échapper ici :

Aujourd'hui, on sait que ce sont deux noyaux qui sont entrés en collision certainement il y a très longtemps, qui se sont collés l'un à l'autre... ils se sont assemblés pour fabriquer cet objet absolument incroyable et autour duquel on tourne depuis plus d'un an. La seconde étape a constitué à s'y poser avec un petit engin qui s'appelle Philae... maintenant, c'est le nom du chien du Président de la République... on lui a offert un chien en l'honneur de ce petit engin qui s'est posé. Et là aussi, c'est quelque chose d'absolument incroyable, c'est un objet qui n'est pas plus grand que ça... oui, c'est à peu près cette taille là...

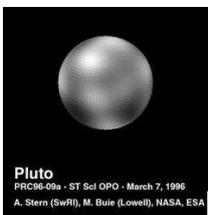


La comète 67P... photographiée par la caméra Osiris de Rosetta 19/07/2015 (Nasa/ESA)

Avec une seule possibilité de réussir, vous imaginez le basketteur Michaël Jackson qui doit mettre un panier... tout au bout... le ballon tourne... le plancher bouge... le panier lui-même est en déplacement... et il n'a droit qu'à un seul essai. Voilà ce qui s'est passé pour les pilotes de la sonde ; c'est que la sonde [Philae] n'était pas propulsée... elle était éjectée par un ressort... il fallait exactement faire le bon calcul pour pouvoir se poser et donc tout le monde a tremblé pendant le temps de la descente sachant qu'en même temps, compte-tenu de la distance à la comète, il fallait à peu près ½ heure avant que l'information nous parvienne pour savoir si cela avait réussi. Le petit engin et descendu... jjjjje... il a rebondi trois fois... boum... boum... et il s'est posé... alors... un côté un peu français... c'est-à-dire qu'il avait une jambe en l'air... puis dos au sol et il a réussi à se poser et on a eu des images et cela a duré plusieurs heures. On n'a pas réussi à avoir de façon continue l'information parce que les panneaux solaires sont sans doute en mauvaise posture mais... une grande partie des expériences a fonctionné pendant le temps de ces quelques dizaines d'heures où on a pu recevoir l'information. C'est tout à fait extraordinaire à réussir, c'est comme si vous visiez... difficile à dire mais... comme si vous lanciez une fléchette, à partir de la Tour Eiffel, sur un papillon qui est à Marseille... l'ordre de grandeur, une idée de la difficulté. Alors, on continue à suivre en ce moment même la comète « Chouri »... on va vivre au mois d'août une étape extrêmement importante où la sonde va se rapprocher de plus en plus près parce que la comète est passé au plus près du Soleil, elle a dégazé... d'ailleurs on voit bien... regardez le gaz et la poussière qui s'en échappe ; elle fond à chaque passage et puis comme elle s'éloigne maintenant du Soleil... la quantité d'énergie va baisser et les ingénieurs vont faire descendre la sonde de plus en plus près... jusqu'à la frôler de quelques kilomètres, et puis de quelques centaines de mètres ; on aura ces images extraordinaires au mois d'août. L'objectif est, en septembre, de se poser et là... la mission cessera car il n'y aura plus de capacité de transmission. Alors, ce qui est intéressant, on a réussi à décoder une grande partie de l'information scientifique... on sait aujourd'hui de quoi est composée la comète. Comme tout partout en science, nous bénéficions d'une définition du hasard qu'on appelle aussi « rechercher une aiguille dans une botte de foin » : découvrir la fille du fermier et l'épouser... ça, c'est avoir de la chance. Et bien... les scientifiques ont eu cette chance, car on sait aujourd'hui qu'on a trouvé quelque chose qu'on n'attendait pas et que la composition de la comète va interroger une nouvelle fois sur la formation du Système Solaire, en particulier parce qu'on découvre des composés carbonés à la surface de cette comète en plus grand nombre, et de façon beaucoup plus sophistiquée et... ça interroge l'exobiologiste, c'est-à-dire les sciences de la vie dans l'univers, et en particulier de l'importance de l'apport des comètes sur la Terre pour que cette même vie apparaisse un jour. Vous voyez, c'est un peu l'histoire sans fin... c'est à dire que c'est le principe de la science : on pousse une porte et il y en a dix autres derrière et les dix autres sont toutes autant passionnantes et déjà on s'apprête à inventer de nouvelles expériences.



Images prises par Rosetta (Nasa/ESA)

Pluto
PRC96-09a - ST Sci OPO - March 7, 1996
A. Stern (SwRI), M. Buie (Lowell), NASA, ESA

Je n'en suis qu'au Système Solaire... l'été dernier, on a pu suivre la découverte d'une planète qui était inconnue depuis 1930 [voir note 6 en fin de document], découverte par un homme qui s'appelait Clyde Tombaugh, qui était américain et qui a découvert Pluton... et là encore, après 10 ans de voyage... c'est très, très grand... On a pu découvrir ces premières images de la petite planète Pluton et

Pluton vu par le HST en 1996

de son satellite Charon à très grande distance... regardez, voici la planète... voici le satellite Charon qui tourne autour de... de Pluton. Et voici Pluton, un autre objectif tout à fait extraordinaire dans le Système Solaire et qu'on... commence aujourd'hui à mesurer encore une fois la composition et... les données... on a l'impression que c'est encore une fois... une planète nouvelle qui apparaît pour nous et ça... c'est sans doute... une des choses les plus importantes dans l'exploration spatiale ces dernières années... c'est que toutes les planètes aujourd'hui ont été survolées par les engins spatiaux... mais toutes parentes et toutes différentes... et à chaque fois des surprises. Nous n'avons pas découvert autre chose que des surprises... elles ont... chacune... des particularités qui interrogent sur la variété du Système Solaire.



PLUTON et CHARON

Ci-dessus :

Pluton (à gauche) et son satellite Charon vu par le télescope spatial Hubble (HST)

Ci-contre :

Image de Pluton envoyée par la sonde New Horizons en juillet 2015.

A l'arrière-plan : le satellite Charon (distances non respectées).

(photos Nasa)

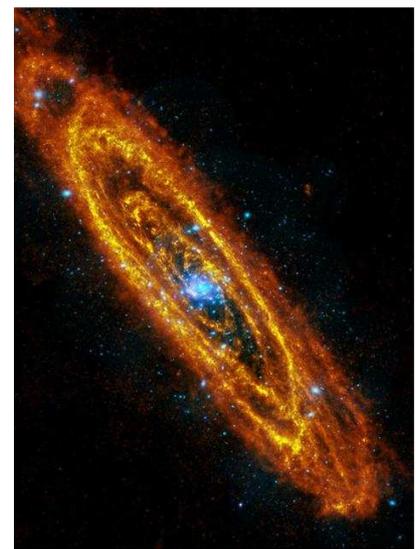


Le Système Solaire, c'est notre très proche banlieue et la première étoile, la plus proche de nous... Proxima du Centaure, avec tout autour des petits points qui... chacun sont des étoiles. Chaque petit point que vous apercevez ici, ce sont des étoiles. Si vous preniez aujourd'hui une fusée pour rejoindre Proxima du Centaure... je vous ai dit quatre années-lumière... 40.000 milliards de kilomètres, alors, il nous faudra au bas mot... entre 40.000 et 60.000 années de voyage...

Proxima du Centaure n'est pas visible à l'œil nu, brille faiblement – 1/8^{ème} de la masse du Soleil – photo Hubble Space Telescope

bon, faut partir un peu équipé... avec la famille sans doute... quelques bagages... c'est un voyage qui peut être long avec les technologies d'aujourd'hui. On se rend compte que, encore une fois, pour un tel voyage, il n'y a pas de navigation possible pour l'homme aujourd'hui dans cet univers.

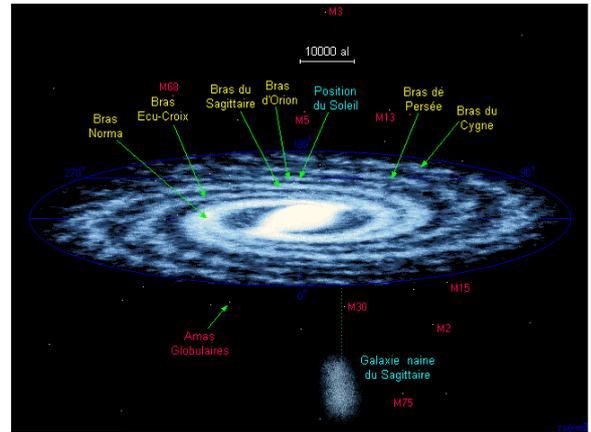
Etoile, planète... et plus grande structure qu'on appelle les galaxies. Une galaxie, qu'est-ce que c'est ? Une galaxie... c'est Hubert Reeves qui a une très bonne définition des galaxies : « *les galaxies sont aux étoiles ce que les ruches sont aux abeilles* »... c'est-à-dire que les galaxies sont des agglomérats d'étoiles... qui peuvent être aussi... des maisons qui forment une ville. C'est-à-dire... vous avez, dans ces grandes structures que sont les galaxies... qu'on appelait autrefois les nébuleuses... des centaines de milliards d'étoiles. La galaxie la plus proche, qui est celle-ci, la galaxie d'Andromède... qu'on peut voir à l'œil nu, quand il fait beau... ce soir, il fait beau... et froid... vous pouvez la voir à l'œil nu comme une petite tache floue. Eh bien, cette galaxie comprend 300 à 500 milliards d'étoiles comme le soleil et quand vous la regardez à l'œil nu cette petite tache floue, les astronomes ont mesuré la distance... la lumière qui nous touche, qui nous parvient... elle est partie il y a deux millions et demi d'années. Deux millions et demi d'années...



Galaxie d'Andromède – photographiée par les télescopes Herschel et XMM Newton – détails en infrarouge et rayons X (ESA)

C'est-à-dire le moment où l'homme sortait... se promenait dans la savane africaine. Donc, vous vous rendez-compte du gouffre d'espace, du gouffre de temps qui est lié à ces corps astronomiques. Toujours dans les dimensions... si vous disposiez d'une machine à voyager à la vitesse de la lumière... allez... Star Trek... vous voulez traverser cette galaxie, il vous faut 100.000 ans. 100.000 ans à la vitesse de la lumière etc. etc.... vous vous rendez compte que les grandeurs astronomiques sont bien réelles et nous empêchent d'imaginer tout voyage, toute navigation dans ce propre univers. Alors... nous... nous sommes où ? Nous sommes aussi dans une galaxie... mais nous ne pouvons pas la voir puisque nous sommes dedans...

C'est difficile de voir à distance la ville dans laquelle on habite... on peut voir les voisins... on peut savoir comment on est venu... on peut voir les villes d'ailleurs mais savoir où nous sommes dans une ville... Seule solution, le dessin, pour reconstituer tout cela.



Représentation de la Voie Lactée, ses bras spiraux et la position du Soleil par rapport au centre galactique.



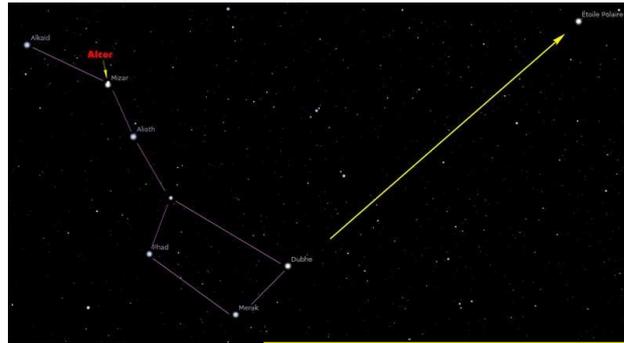
Le laser du télescope de l'ESO (Paranal – Chili) pointe le centre de la Voie Lactée

Nous sommes dans une galaxie avec des bras composés de milliards d'étoiles, du gaz, de la poussière.. vue quand on est... en posture pour regarder en direction du centre de notre galaxie et on voit ça... et ça, ça vous rappelle quelque chose ? Eh bien ça s'appelle la Voie Lactée. La Voie Lactée comme vous pouvez la voir l'hiver... un petit peu... et surtout l'été... cette espèce de bande laiteuse qui part de la constellation de... Cassiopée, qui descend par le Cygne... Albiréo... par l'Aigle etc. et qui descend vers le Sud... à destination de l'hémisphère sud... cette Voie Lactée, c'est un morceau de notre galaxie... c'est la branche... de la galaxie à laquelle nous appartenons.

Et donc nous ne pouvons pas, sur ce morceau de galaxie, essayer d'imaginer quand on est dans la nature, en fermant les yeux, que nous sommes en voyage, avec une planète qui tourne autour du Soleil, avec le Soleil qui tourne dans le bras de la galaxie, et la galaxie qui tourne sur elle-même, laquelle est dans un univers composé de centaines de milliards de galaxies. Oh... je sens que je vous ai perdu... déjà avec les milliards j'avais du mal alors... des centaines de milliards. C'est difficile à percevoir mais c'est pas impossible... il faut simplement accepter un certain nombre de choses... abandonner l'idée que le « maintenant » est quelque chose qui est valable partout, tout le temps. Chacun d'entre vous transporte son horloge... quand vous regardez le ciel, encore une fois, vous regardez des temps différents mais nous avons cette chance... nous... astronomes... par rapport aux historiens que... on peut voir... il y a 100 ans, mais aussi il y a 1000 ans, un million... un milliard et 10 milliards d'années au loin... avoir accès à tout ce temps comme les archéologues qui creuseraient sans fond le ciel pour avoir des informations diverses. Bon... je reviens dans la Voie Lactée... nous sommes dans la galaxie... nous tournons avec notre galaxie... quand on la schématise, voilà à quoi ça ressemble... notre galaxie, on pense que ça ressemble à ça... d'ailleurs on a un noyau central... c'est-à-dire des milliards et des milliards d'étoiles... plus dense ici et puis vous avez ce qu'on appelle des bras spiraux qui tournent composées de gaz, de poussière, d'étoiles et puis le Soleil... hum, le Soleil, il est pas au centre... il est en grande banlieue... pas en périphérie mais en grande banlieue et avec mon vaisseau, qui va à la vitesse de la lumière, il faut à peu près... 25.000 ans pour rejoindre le centre... encore une fois... les dimensions sont extrêmement grandes et cette galaxie tourne elle-même en... 70 millions d'années sur elle-même [voir note 7 en fin de document].



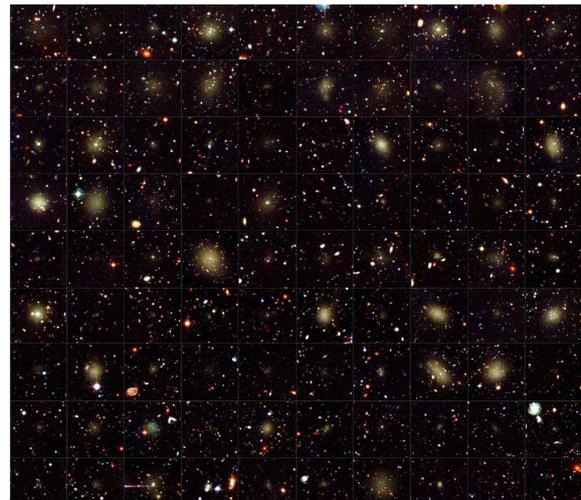
La Grande Ourse et la comète Catalina – janvier 2016 (Nasa)



La Grande Ourse (stellarium)

Cela étant dit, je vous ramène à ma soirée d'observation d'hiver parce que... le ciel reste fondamentalement celui qui nous donne de l'information et là vous reconnaissez tous... la Grande Ourse... voilà... qu'on appelle « la casserole » avec ces quatre étoiles là... le manche de la casserole... trois étoiles et puis si vous prolongez... direct... entre les deux étoiles là, vous allez trouver l'étoile Polaire. Vous savez que les navigateurs utilisent l'étoile Polaire pour repérer le Nord. On sait beaucoup moins... que lorsque des chefs de guerre recrutaient des archers... par exemple, c'était le cas de Gengis Khân... on demandait au candidat archer de regarder cette petite étoile en disant « qu'est-ce que tu vois ? » et si l'archer voyait la toute petite étoile qui est au-dessus... il y a une toute petite étoile visible à l'œil nu... faut avoir une bonne vue... c'était Alcor et Mizar, alors il était embauché... c'était un peu le « test Alain Afflelou » de l'époque, quoi... pas de lunette pour regarder si le gars avait une bonne vue...

C'est que le ciel a été l'objet de plein d'utilisations différentes mais ce qui m'intéresse de vous montrer, c'est autre chose. Lorsqu'on a été capable d'envoyer de grands télescopes dans l'espace, alors, on a braqué une région ici, où il n'y a pratiquement rien, et puis on a fait une pause photographique de 10 jours... 10 jours avec le même appareil photo... avec un grand télescope et au bout de 10 jours, on a développé l'image et voilà ce qu'on a vu : chaque grumeau ici est une galaxie, laquelle est composée de centaines de milliards d'étoiles et partout dans l'univers, partout où on pointe, et où on pose longtemps, on reçoit des informations qui montrent qu'il y a des galaxies partout...



Ultra Deep Field (HST)

Et si on fait une énumération... exactement comme les médecins et heureusement, qu'il ne nous vident pas entièrement de notre sang pour compter le nombre de globules rouges et de globules blancs... eh bien, les astronomes font la même chose, ils regardent à plusieurs endroits et font des statistiques et ils en ont conclu que le nombre de galaxies visibles... de base, c'est 300 milliards... sachant qu'elles sont composées de centaines de milliards d'étoiles. Ce qu'on peut dire aujourd'hui, c'est qu'il y a plus d'étoiles dans l'univers que de grains de sable à la surface de la Terre ! Plus de Soleil dans l'univers que de grains de sable à la surface de la Terre... d'ailleurs on peut en faire la démonstration : c'est très simple, vous prenez avec un grand télescope une photo des étoiles... chaque petit point-là est une étoile... c'est très simple, vous prenez un stagiaire et lui faites compter le nombre d'étoiles... vous prenez deux stagiaires... parce qu'il faut faire la moyenne car ils ne trouveront pas la même chose... et sur un champ d'étoile, vous allez vite vous rendre compte, que dans notre galaxie, on a entre 250, 300, 400 milliards d'étoiles et puis vous faites la même chose avec les galaxies... prenez un télescope, une grande photo d'une galaxie avec plein de petits... à côté.. vous prenez deux stagiaires, peut-être un peu plus spécialisés pour compter le nombre de galaxies et vous trouvez 300 milliards de galaxies environ et puis pour savoir combien ça fait

d'étoiles au bout du compte, et bien c'est simple... vous multipliez 300 milliards par 300 milliards et après vous regardez le nombre de grains de sable à la surface de la Terre ; vous allez dans un bac à sable, vous comptez le nombre de grains de sable et puis vous connaissez la superficie de la Terre et vous extrapolez... le nombre de déserts, de rivières etc. et calculez le nombre de grains de sable... c'est à chaque fois un grand chiffre... 10^{23} pour le premier et 10^{21} pour le deuxième... La conclusion chiffrée de ces observations, c'est que si vous rameniez chaque étoile connue dans l'univers à un grain de sable, alors vous pourriez recouvrir la surface de la Terre d'une couche de sable de 20 cm d'épaisseur... Là... je sais que je vous ai totalement assommé parce que je sais que ce sont des choses qu'on a vraiment du mal à intégrer et ça, c'est quelque chose qui est la base de nos connaissances en astronomie aujourd'hui.

Sachant cela, l'autre métier de l'astronome est de savoir d'où viennent les étoiles, comment elles ont été fabriquées... et là, pour le compte, c'était une aventure tout à fait extraordinaire mais on sait aujourd'hui que les étoiles sont, comme le Soleil, des boules de gaz qui naissent dans ce qu'on appelle des nébuleuses, de larges nuages de gaz, majoritairement de l'hydrogène, et puis il y a des mouvements, comme des vents, des courants etc. Les étoiles naissent d'abord en formant des grumeaux... des instabilités de ce gaz qui forment des grumeaux et dès qu'il y a un petit grumeau, il y a une masse, et la masse attire le gaz qui est autour... et comme il attire le gaz autour, il grossit... et comme il grossit, il attire encore plus de gaz et comme lorsque vous pompez pour gonfler votre vélo... ça chauffe parce que vous compressez du gaz...

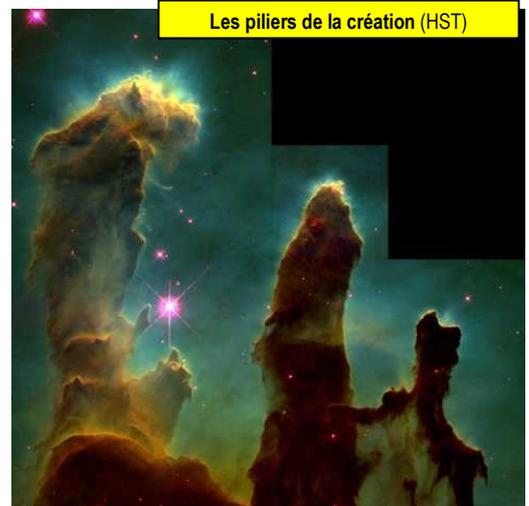
eh bien le gaz s'accumule sur le grumeau, la température augmente, ça devient un grumeau de plus en plus grand, la température augmente... augmente, augmente et à un moment donné la température atteint un niveau qui enclenche les réactions thermonucléaires et là.. paf ! L'étoile s'allume !

Ça marchait très bien en théorie mais il fallait encore pouvoir le démontrer ; grâce aux grands télescopes, on a eu accès aux scènes qui montrent les endroits de l'univers où naissent les étoiles. Là, je vous montre une image faite par le Hubble Space Telescope... que les américains, qui sont toujours doués pour la communication, ont appelé « les piliers de la création »... cherchez mon regard... mais dans ce milieu, on voit de l'intérieur, de la lumière, de l'énergie... on voit qui se passe quelque chose... et puis, on a orienté des appareils un peu plus sophistiqués, à bord du HST, et on a en particulier réussi à voir à travers la poussière ; ce n'est pas évident de voir à travers la poussière, il n'y a qu'une seule chose qui permette de faire ça, ce sont les instruments infrarouges.

L'infrarouge, c'est ce qui vous permet de voir de nuit, alors que personne ne voit rien d'autre, sauf si vous avez ces lunettes infrarouges. Eh bien, je vais vous montrer une poussinière... voilà une maternité, voilà une étoile en train de naître ; elles viennent de naître... voilà le gaz... à partir duquel elles sont nées, elles se déchirent... là, on entend les bébés étoiles crier. On est dans une maternité et là on voit deux choses : tout d'abord, on voit que les étoiles naissent en groupe, elles naissent pas seules ; quand les étoiles naissent, elles se nourrissent du gaz des nébuleuses, et apparaissent plusieurs étoiles simultanément. Donc, nous savons aujourd'hui que le Soleil a eu des frères et des sœurs ; je ne sais pas s'il faut les « sexuer », mais en tout cas il y a une famille. Un groupe d'astronome aujourd'hui, est en train de chercher, avec cinq milliards d'années de retard... c'est comme ça... les frères et les sœurs du Soleil. Et deuxième chose, qui est assez fantastique,

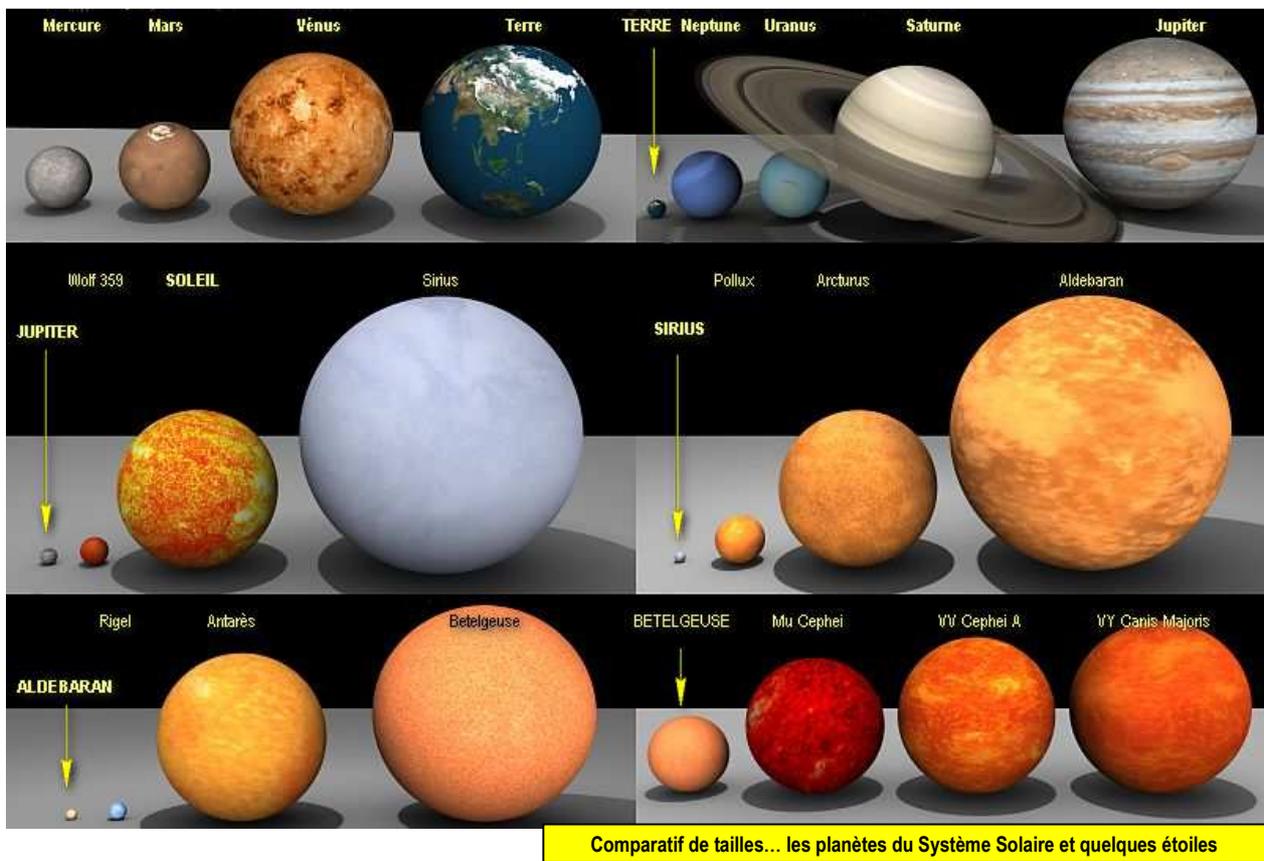


ORION pouponnière d'étoiles (HST)



Les piliers de la création (HST)

c'est que l'on voit les étoiles naître et dans une galaxie comme la nôtre... on peut calculer le nombre d'étoiles qui naissent chaque année, donc faire un taux de natalité... et puis, comme on a accès aux galaxies très lointaines... 1 milliard, 5 milliards, 10 milliards d'années, on compte les étoiles qui naissent dans ces galaxies... à ces époques-là, et on compte le « taux de maternité » autrefois ; et on se rend compte que les galaxies, il y a 10 milliards d'années étaient plus fécondes... avaient beaucoup plus de bébés étoiles qu'aujourd'hui. La conclusion, c'est un peu normal, il y a eu beaucoup d'étoiles qui se sont créées et il y a moins de gaz aujourd'hui qu'il y a 10 milliards d'années. Vous imaginez... on fait des taux de natalité dans les galaxies... à 10 milliards d'années. Alors, autre chose qui est extrêmement important qui va vous aider pour la suite... je vous disais que les planètes... toutes parentes, toutes différentes... les étoiles, c'est pareil ; mais, je dirais les êtres humains aussi... quand il y a une manifestation à Paris et que le préfet décide de regarder en hélicoptère pour savoir combien il y a de manifestants, il voit des têtes... il sait pas si c'est des hommes, des femmes, des petits, des gros, des jeunes, des vieux... chaque individu est différent et les étoiles, c'est un peu pareil. Voilà le Soleil... il y a de plus petites étoiles que le Soleil, il y en a de plus grosses ; 80% des étoiles sont des petites étoiles... ce sont des naines rouges, et puis vous avez de grosses étoiles, certaines sont des centaines de fois plus grosses que le Soleil... mais les petites sont majoritaires, première chose.

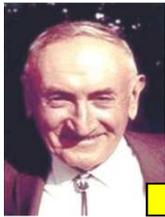


Deuxième chose, le Soleil est un vieux célibataire, il vit seul, il n'a pas d'étoiles à côté de lui mais entre 60 et 70% des étoiles vivent en couple... deux étoiles qui tournent l'une autour de l'autre... regardez Albireo. Parfois, vous avez trois, quatre étoiles mais bon, là c'est moins stable... c'est un peu comme dans la réalité chez nous. Donc, les étoiles sont d'abord petites et ensuite réunies... gardez ça à l'esprit... et toujours grâce à l'observation avec les grands télescopes, on a pu suivre et observer ces grandes scènes où naissent en continu les étoiles et là je vous ai mis cette scène extraordinaire parce que je la trouve très émouvante...



La nébuleuse d'Orion, la Tête de Cheval (HST)

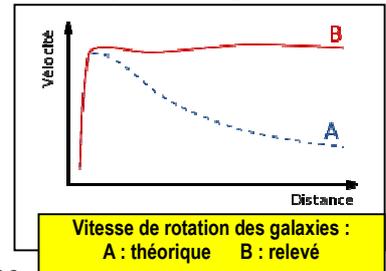
Vous avez du gaz, de la poussière et vous avez cette espèce de tête de cheval qui apparait, comme un hippocampe qui semble sortir de la mer de nuages et de gaz interstellaires... et l'on zoome la dessus... et on voit bien... ces mouvements... mais rien ne bouge, parce que sont des distances extrêmement importantes, des scènes de plusieurs dizaines d'années-lumière de diamètre mais bon... si monsieur Besson nous réinvite dans 45.000 ans, on pourra, en comparant les deux images... voir qu'il y a des différences, voir qu'à l'intérieur de ces scènes de gaz... les choses bougent.



Fritz Zwicky

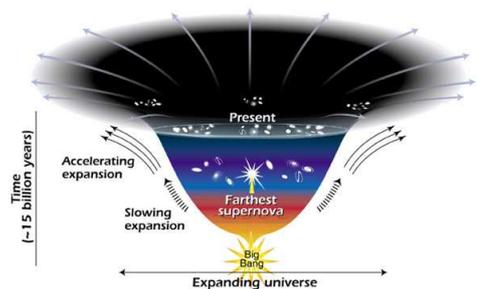
Sachant cela, les astronomes ont fait une découverte qui est sans doute au cœur des préoccupations moderne, c'est que, comme disait St Exupéry, l'essentiel est invisible. Alors ? Qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire que dans les années 1930, un astronome américain qui s'appelle Fritz Swicky, a essayé de « peser » les étoiles... et les galaxies.

Alors, peser une étoile, c'est assez simple... depuis Newton, on sait qu'il y a un rapport en proportionnalité de masse entre les étoiles et les planètes. Il suffit de regarder une planète qui tourne autour d'une étoile ou une étoile compagne qui tourne autour d'une autre étoile pour mesurer les masses et savoir quelles sont les masses des étoiles... de la même façon, il a entrepris de compter le nombre d'étoiles dans une



galaxie. Ce personnage est assez célèbre parce que il était méchant comme un pou... mais vraiment absolument épouvantable... Fritz Swicky aurait dû avoir le prix Nobel mais il était tellement méchant avec ses collègues qu'il a été oublié un peu vite... certains scientifiques, il les traitait de « crétins sphériques » en expliquant que quel que soit l'angle auquel on les regarde, c'est pareil... évidemment, il était pas très populaire... mais il va découvrir cette chose tout à fait incroyable que quand on connaît le nombre d'étoiles dans une galaxie, qu'on a réussi à les peser, donc on connaît la masse de la galaxie... on peut rajouter la masse du gaz et la poussière par extrapolation... alors la galaxie ne devrait pas être telle qu'elle est... elle ne devrait pas être stable... la galaxie tourne sur elle-même mais elle devrait faire comme un manège fou, c'est-à-dire un manège qui tourne très vite et que vous êtes éjecté... eh bien, les étoiles auraient dû être éjectées de la galaxie, compte-tenu des masses. Donc, quelque chose est là... qu'on ne voit pas... et qui pèse. C'est comme si vous aviez un anorexique sur une balance... vous regardez la balance et c'est marqué 500 kg... ok, la balance, je la mets à la poubelle... mais au bout de trois balances et toujours 500 kg avec le même anorexique, vous vous dites : y'a un problème. Et le problème, c'est qu'il existe quelque chose qui pèse, qui a une masse... et qu'on ne voit pas... donc on lui a donné un nom de fantôme... très joli... on a appelé ça : la matière noire. La matière noire est quand même extrêmement importante puisque la quantité de matière noire dans l'univers par rapport à l'ensemble de la masse de l'univers estimé... c'est plus de 30 % [voir note 8 en fin de document].

Deuxième découverte : 1999... les astronomes mesurant l'éloignement des galaxies, à très longue distance, découvrent que plus les galaxies sont lointaines, plus elles échappent vite, plus elles s'éloignent de nous à une vitesse qui est proportionnelle à leur distance... et là encore, on découvre que quelque chose...d'invisible... entre les galaxies, dans ce qu'on appelle l'espace intergalactique... quelques chose agit comme... quand... lorsque vous faites un gâteau au four, et puis vous mettez



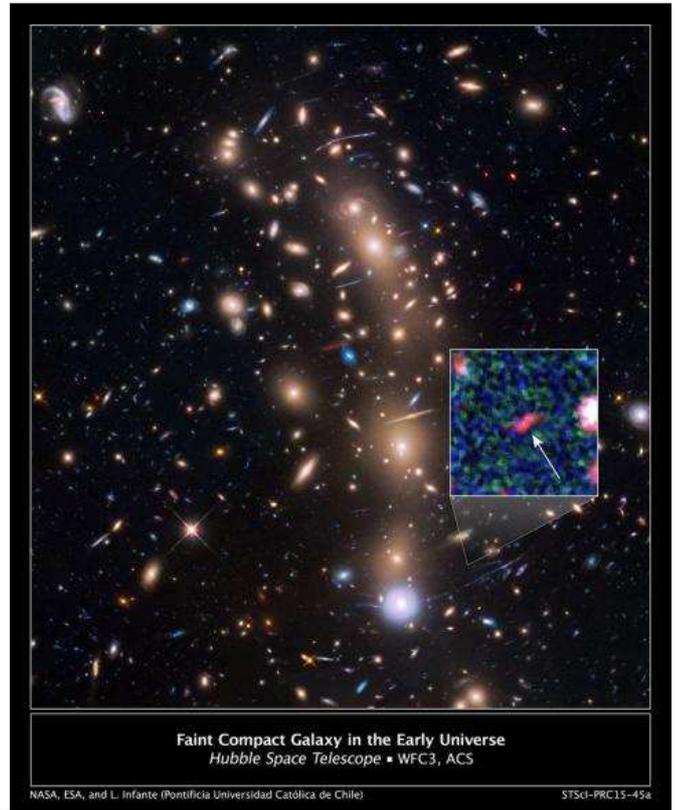
Changement du taux d'expansion depuis la naissance de l'univers il y a ~15 milliards d'années (Nasa)

de la levure... vous mettez le gâteau au four, la levure aide à l'expansion... eh bien, il y a quelques chose dont on a donné un nom de fantôme... très beau nom... l'énergie noire... et qui... augmente les distances entre les galaxies, qui semble comme dilater l'univers. Et là, vous avez comme deux fantômes : matière noire, énergie sombre... matière sombre, énergie noire... comme vous voulez, les termes sont à peu près équivalents, mais qui... pour les deux... comptent, en termes d'énergie et de masse, pour 96 % de l'univers. Donc toutes les galaxies, toutes les étoiles, toutes les planètes, le gaz, la poussière... tout ça ramené à des grains de sables dont je vous ai donné l'énumération... ne

compte que pour 4 %. Ce que l'on voit, c'est 4 % de l'univers seulement, et le reste est inconnu.

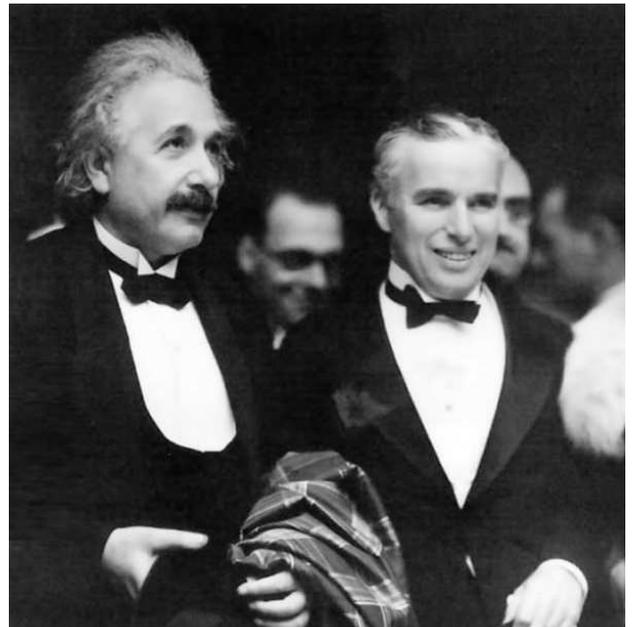
Vous avouerez qu'il y a encore du travail pour les années à venir. Dernière image de cet univers profond : voici la galaxie la plus lointaine que nous avons photographiée aujourd'hui... elle est à 12 milliards 700 millions de kilomètres ; la lumière que nous recevons est partie donc il y a 12 milliards 700 millions de kilomètres [non... lapsus, il s'agit d'années-lumière et vous avez corrigé bien sûr]... nous donne des informations sur un univers excessivement jeune, primordial, bien différent de l'univers que nous connaissons aujourd'hui... et se posent des questions que vous connaissez tous plus ou moins sous le nom de « théorie du big bang », l'idée qu'à un moment donné, il n'y avait pas d'étoiles, ni de galaxies... que l'univers était extrêmement chaud, extrêmement dense ; certains parlent d'origine, d'autres d'univers parallèles...

On observe très loin mais on ne sait pas finalement d'où sort cette matière, quelle est son histoire, y a-t-il un avant ? Quel est cet avant ? A quoi ressemble la physique de ces objets à ces températures et à cette distance ?



Une équipe internationale d'astronomes, à l'aide des télescopes Hubble et Spitzer a découvert l'une des galaxies les plus lointaines de l'univers. Une galaxie telle qu'elle était 500 millions d'années après le big bang. Cette galaxie fait partie d'un ensemble de 22 galaxies lointaines situées aux frontières de l'Univers. Ce nouvel objet a une taille comparable à celle de l'une des galaxies satellites de notre Voie Lactée, le Grand Nuage de Magellan, mais forme 10 fois plus d'étoiles. Depuis fin 2013, Hubble observe (programme « Frontier Fields ») des amas de galaxies composés de plusieurs millions de milliards d'étoiles jouant le rôle de « zoom » sur les premières galaxies de l'Univers. MACS0416, l'amas de galaxie utilisé ici, a ainsi permis d'observer cette source très lointaine 20 fois plus brillante qu'elle ne l'est réellement. La distance de cet objet a été estimée à partir de la lumière collectée par les télescopes Hubble et Spitzer. Les premières galaxies de l'Univers sont principalement composées de jeunes étoiles émettant beaucoup de lumière bleue. Mais l'expansion de l'Univers va modifier les propriétés de la lumière émise par ces galaxies, et les plus lointaines vont être observées depuis la Terre comme des objets rouges. Cette découverte confirme que l'Univers jeune est peuplé de cibles intéressantes pour le successeur de Hubble, le James Webb Space Telescope qui pourra, après son lancement avec Ariane prévu en 2018, repousser encore plus loin les limites de l'Univers observable. (Observatoire Midi-Pyrénées – CNRS INSU)

Je vais juste résumer ça par une image qui montre la rencontre entre Einstein et Charlie Chaplin... Einstein disant à Charlie Chaplin : « ce que j'admire le plus dans votre art, c'est son universalité ; parce que vous ne dites pas un mot mais le monde entier vous comprend », et Chaplin lui disant : « oui, c'est vrai, c'est vrai... mais votre gloire à vous est encore plus grande ; le monde entier vous admire parce que [alors que] personne ne comprend ce que vous dites ». Je pense qu'on est aujourd'hui dans cette situation qui est que les données s'amassent, elles s'accumulent et les questions qui se posent sont les questions qui s'apparentent souvent à la métaphysique : quelle est la date de l'univers ? D'où vient l'univers ? On sait aujourd'hui que l'univers a une grande histoire, il n'est pas le même quand on le regarde il y a 5 milliards d'années qu'aujourd'hui... on sait qu'il a changé, bougé... qu'il est en expansion... y'a un certain nombre d'observations mais l'essentiel est inconnu et les questions qui sont posées par les astrophysiciens, les cosmologistes, je dirai même



Meeting between Einstein and Chaplin

Einstein :

What I admire most about your art is that's universal. You don't say any word and the whole world understands you!

Chaplin :

True... But your glory is greater! The world admires you while no one understands you!

les physiciens aujourd'hui... parce que la température de l'univers à des milliards de degrés intéresse les gens qui sont au CERN de Genève qui travaillent sur la collision de particules, pour voir comment se compose la matière et comment elle se comporte à cette température là... c'est la même histoire, c'est notre histoire mais pour l'instant, nous sommes... je dirais à un moment extrêmement important de la connaissance... nous avons pris conscience de notre existence.

Alors, on va revenir un peu sur terre... il y a deux ou trois choses qui comptent et qui sont importantes... et j'ai intitulé ça « [notre âge et l'univers](#) »... parce que, encore une fois, je vous parle en milliards d'années... 15 milliards d'années pour l'histoire de l'univers... qu'est-ce que ça veut dire... alors, j'ai fait un calendrier cosmique, et on va prendre le calendrier du 1^{er} janvier au 31 décembre... nous sommes le 1er janvier, et on va dire de façon vraiment... sérieuse... le « début » du calendrier cosmique :

Nous sommes le 1^{er} janvier. On sait aujourd'hui que les premières étoiles sont apparues assez vite... on avait un problème... de la poule et de l'œuf... est-ce que c'est les étoiles ou les galaxies qui apparaissent ? On sait que les galaxies sont nées après les étoiles, les étoiles apparaissent assez tôt... donc les galaxies, plutôt vers le 13 janvier. Mais la Terre, et le Soleil... apparaissent plutôt vers le 15, 16 septembre, c'est-à-dire que pendant neuf mois... ni le Soleil, ni le Système Solaire n'existent et nous ne sommes pas là... nous apparaissions dans cette tranche là...



La vie apparaît très vite sur la Terre, le 21 septembre, peu de temps après la naissance de notre Système Solaire mais... les dinosaures... qui ont vécu sur la Terre pendant 200 millions d'années et qui ont disparu il y a 65 millions d'années, eux... n'apparaissent que le 25 décembre, et pas seulement pour faire plaisir aux enfants... mais uniquement vers le 25 décembre.



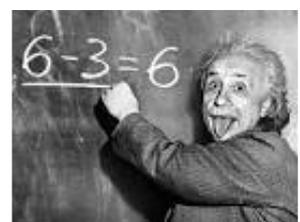
Quant à l'homme, et à son histoire, eh bien... elle se concentre au dernier jour du calendrier cosmique, le 31 décembre avec... à 14 heures... la naissance de LUCA. Alors LUCA... Last Universal Common Ancestor, l'ancêtre commun aux bonobos, aux chimpanzés, comme nous etc. etc. et on voit, à 21 heures, la lignée humaine qui se sépare de celle des bonobos, des gorilles et des chimpanzés... même si parfois on peut en douter vu certaines prestations... télévisuelles... mais officiellement, c'est vers 21 heures. A 23 heures et 52 minutes, apparaît Sapiens...

Alors, Sapiens, pour nous, c'est important car c'est celui qui dote l'homme de l'outil... Manque de bol, la semaine dernière, on annonce que... clairement, l'outil est apparu 700.000 ans avant homosapiens, sans doute utilisé par des hominidés... alors, on est même dépossédé de l'invention de l'outil mais bon... à 23 h 52, c'est ça. Et puis, à 23 h 59 mn et 20 secondes, les hommes peignent une peinture de Lascaux...

Le dernier, c'est Einstein... à 23 heures, 59 minutes et 59 secondes qui donne la relation entre l'énergie et la masse.

Ça veut dire quoi ? Ça veut dire que toute notre histoire à nous... d'humain... se concentre sur les dernières minutes... du 31 décembre du calendrier cosmique...

Alors... quand certains prétendent que nous sommes... l'invention de l'univers... que l'univers a été mis à notre disposition pour qu'on apparaisse... alors on peut fortement en douter.



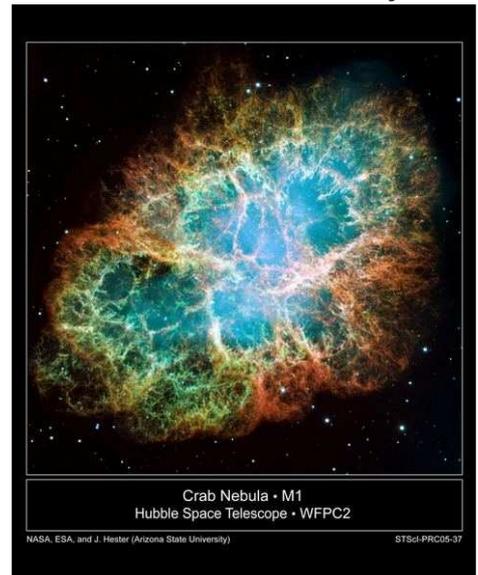


NGC6543 - l'œil du chat – observé par Chandra (rayons X en pourpre) et Hubble (visible R V B) (Nasa)

Je vais terminer... par quelque chose... qui reste de l'observation... l'univers alchimique ai-je baptisé cela. Qu'est-ce qu'on voit dans le ciel ? On voit aussi ça... et ça, c'est intéressant, ça peut ressembler à une image médicale... ça ressemble... ça ressemble à ce que sera le Soleil dans 5 milliards d'années ; je vous décris : une étoile qui meurt au centre, et... du gaz autour. Alors, qu'est-ce qui se passe ? Je vous ai dit que le Soleil consommait du gaz, c'est le carburant de la nature. Au bout de 10 milliards d'années, il n'y a plus de carburant dans la voiture... alors, qu'est-ce que fait la voiture Soleil... elle va faire comme ma voiture quand il n'y a plus de carburant, je cale. Et quand je cale, ça ne s'arrête pas d'un coup... ça fait boum... boum... boum... ça se met à hoqueter, avant de s'arrêter.

Eh bien, les étoiles ont le même comportement... c'est-à-dire que... avant qu'elles s'arrêtent parce qu'elles n'ont plus de gaz, elles vont passer différents cycles et vont entrer en vibration avant de se transformer. Ces vibrations... d'étoiles, qui les font grossir d'ailleurs, éjectent une partie du gaz de l'étoile dans l'environnement stellaire et au bout d'un certain cycle, qui est assez agité... évidemment si on est dans le coin, si on est encore là, on déménage... on a cinq milliards d'années pour y penser... ça va, c'est pas encore le cas... à condition que ... vous pourriez aussi touiller le Soleil... parce que c'est pas très homogène... on pourrait avec une grande cuillère mélanger un peu mieux le gaz pour augmenter la durée de vie mais bon... en gros, quand même un jour ça s'éteindra... 5... 6 milliards d'années et ça s'éteindra et là on aura une étoile qui disparaîtra et deviendra un cadavre stellaire. Très bien, voilà le nom des étoiles... ah... ah.. et on a aussi vu ça :

Et ça, c'est quoi ? Ça, c'est une lumière qui est apparue dans le ciel en l'an 1054 et qui a été observée par les chinois. Quand on a eu des moyens télescopiques pour regarder, on a découvert ce qu'on appelle la Nébuleuse du Crabe. Je vous ai dit tout à l'heure qu'il y a des étoiles plus grosses que le soleil... et bien c'est une étoile qui est huit fois plus grosse que le Soleil... lorsqu'elle commence à entrer en contraction, à bouger à hoqueter... elle écrase au centre... de son cœur... un noyau de fer qui va agir comme un ressort, et qui va faire exploser l'étoile. Cet événement cataclysmique s'appelle une supernova... et quand une supernova existe, et qu'une étoile explose, c'est une catastrophe terrible pour l'environnement mais au centre de la supernova... ici... les températures atteignent des milliards de degrés et là, il va y avoir quelque chose qui va se passer et qui est incroyable, c'est que ce gaz qui est extrêmement simple, hydrogène, oxygène, hélium etc.



Crab Nebula • M1
Hubble Space Telescope • WFPC2
NASA, ESA, and J. Hester (Arizona State University) STScI-PRC05-37

va se transformer. C'est un véritable creuset alchimique qui va créer toute la complexité du monde que vous connaissez... c'est-à-dire cet ordinateur, cette table, une fleur... l'uranium, l'aluminium... toute la table, tout le tableau de Mendeleïev va se créer à ce moment-là. Se fabriquent dans les étoiles, tous les éléments qui composent notre environnement, qui vous... qui nous... composent et vous découvrez que si nous apparaissions aujourd'hui, c'est parce que... il a fallu des étoiles pour faire que notre composition propre... puisse exister. Et nous sommes des enfants des étoiles... En gros, vous gardez l'oxygène, le carbone, l'hydrogène... en gros, tout ce qui nous compose a été formé dans les étoiles. Il a fallu d'abord que des étoiles vivent et puis meurent... et puis qui explosent, envoient leurs débris à l'extérieur pour que dans une seconde génération, puis une troisième génération d'étoiles apparaissent des planètes et puis des êtres... plus complexes comme nous et nous sommes finalement les descendants des étoiles parce que comme tout ce qui est complexe dans la matière, qui n'est pas forcément de l'hydrogène et de l'oxygène, et de l'hélium... eh bien nous avons été créés, fabriqués au sein d'étoiles comme le Soleil.

<table border="1"> <tr> <td>Big Bang B</td> <td>Etoiles géantes L</td> <td>Supernova S</td> </tr> <tr> <td>Rayons cosmiques C</td> <td>Etoiles S (M < 8 masses solaires)</td> <td>Produit par l'homme M</td> </tr> </table>													Big Bang B	Etoiles géantes L	Supernova S	Rayons cosmiques C	Etoiles S (M < 8 masses solaires)	Produit par l'homme M	He ² B
Big Bang B	Etoiles géantes L	Supernova S																	
Rayons cosmiques C	Etoiles S (M < 8 masses solaires)	Produit par l'homme M																	
H ¹ B	Li ³ C	Be ⁴ C	B ⁵ C	C ⁶ S L	N ⁷ S L	O ⁸ S L	F ⁹ L	Ne ¹⁰ S L	Ar ¹⁸ L	Kr ³⁶ L	Xe ⁵⁴ L	Rn ⁸⁶ L							
Na ¹¹ L	Mg ¹² L	Sc ²¹ L	Ti ²² L	V ²³ L	Cr ²⁴ L	Mn ²⁵ L	Fe ²⁶ L	Co ²⁷ L	Ni ²⁸ L	Cu ²⁹ L	Zn ³⁰ L	Ga ³¹ L	Ge ³² L	As ³³ L	Se ³⁴ L	Br ³⁵ L	Kr ³⁶ L		
Rb ³⁷ L	Sr ³⁸ L	Y ³⁹ L	Zr ⁴⁰ L	Nb ⁴¹ L	Mo ⁴² L	Tc ⁴³ L	Ru ⁴⁴ L	Rh ⁴⁵ L	Pd ⁴⁶ L	Ag ⁴⁷ L	Cd ⁴⁸ L	In ⁴⁹ L	Sn ⁵⁰ L	Sb ⁵¹ L	Te ⁵² L	I ⁵³ L	Xe ⁵⁴ L		
Cs ⁵⁵ L	Ba ⁵⁶ L	Hf ⁷² L	Ta ⁷³ L	W ⁷⁴ L	Re ⁷⁵ L	Os ⁷⁶ L	Ir ⁷⁷ L	Pt ⁷⁸ L	Au ⁷⁹ L	Hg ⁸⁰ L	Tl ⁸¹ L	Pb ⁸² L	Bi ⁸³ L	Po ⁸⁴ L	At ⁸⁵ L	Rn ⁸⁶ L			
Fr ⁸⁷ L	Ra ⁸⁸ L	La ⁵⁷ L	Ce ⁵⁸ L	Pr ⁵⁹ L	Nd ⁶⁰ L	Pm ⁶¹ L	Sm ⁶² L	Eu ⁶³ L	Gd ⁶⁴ L	Tb ⁶⁵ L	Dy ⁶⁶ L	Ho ⁶⁷ L	Er ⁶⁸ L	Tm ⁶⁹ L	Yb ⁷⁰ L	Lu ⁷¹ L			
		Ac ⁸⁹ L	Th ⁹⁰ L	Pa ⁹¹ L	U ⁹² L	Np ⁹³ L	Pu ⁹⁴ L	Am ⁹⁵ M	Cm ⁹⁶ M	Bk ⁹⁷ M	Cf ⁹⁸ M	Es ⁹⁹ M	Fm ¹⁰⁰ M	Md ¹⁰¹ M	No ¹⁰² M	Lr ¹⁰³ M			

La table périodique des éléments codée selon le processus dominant qui les a créés (Nasa – Wikipedia – MG)



Canada France Hawaï telescope (Wikipedia)

Retour sur l'étoile que nous n'avons jamais quitté... nous n'avons pas cessé d'observer le ciel et regarder, d'en conclure avec une dernière vraie découverte qui date de 1995 et qui va compléter ce tableau, c'est une image... elle a été faite au sommet du Mona



Keck Observatory Hawaï (Wikipedia)

Kea... c'est à Hawaï... c'est là où sont installés un grand nombre d'observatoires... vous savez, c'est très dur d'être astronome... ces destinations sont complexes parce que... 4.000 mètres d'altitude... c'est haut hein... et puis en bas, il y a de l'eau, il y a de la vague, on peut surfer... en haut, il y a le ciel, c'est beau. Regardez,

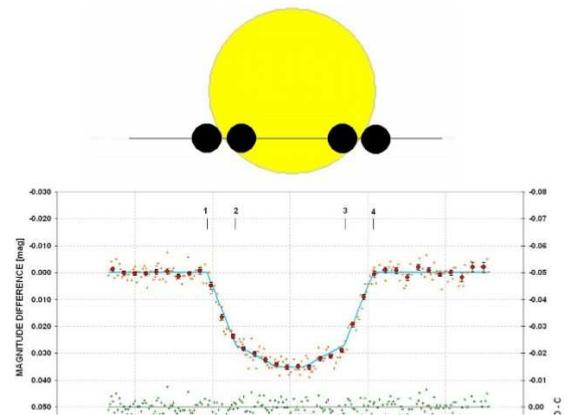
cette Voie Lactée... ce qu'on découvre avec l'astronome, c'est qu'autour de chaque étoile, je dis bien de chaque étoile, il y a un cortège de planètes... vraisemblablement. Et la découverte a été faites par un français et un suisse en 1995 et là encore une fois, l'esprit de la découverte est extraordinaire... c'est que... observer une planète qui tourne autour d'une étoile à très grande distance, c'est un peu comme si vous étiez au sommet de la Tour Eiffel et que vous voulez observer une luciole qui tourne autour d'un phare à Marseille... en



La Voie Lactée vue du Mauna Kea (c) Wally Pacholka / AstroPic.com

gros, c'est ça. Pas facile, mais... il y a un gars qui a eu une idée absolument extraordinaire... quand vous regardez, aux jeux olympiques, les lanceurs de marteau... il y a un marteau... il commence à faire tourner le marteau comme ça...vous voyez bien le marteau au début, mais plus ça tourne vite, moins vous voyez le marteau... le marteau disparaît mais par contre, le corps du lanceur fait ça... [il oscille] donc la présence d'une masse autour du lanceur de marteau, ou la présence d'une planète autour d'une étoile fait osciller l'étoile... donc l'idée a été d'observer la course de ces étoiles et de voir si elles oscillaient et là, on a découvert que très souvent les étoiles oscillent parce qu'il y a des

planètes, des masses autour, qui font que l'étoile n'est pas dans une situation où elle va bien tourner et on a eu... une deuxième chance, c'est qu'on s'est dit, s'il y a des planètes, on devrait voir du noir passer devant l'étoile, un peu comme une mini éclipse... donc, on a observé des millions et des millions d'étoiles, chose qu'on continue à faire... et pour voir simplement la baisse de luminosité... oh, pas beaucoup, 1/10.000.000^{ème} de lumière qui baisse pendant une heure, deux heures... mais si ça se reproduit tous les ans, c'est bien une planète qui passe devant. Donc, on sait aujourd'hui qu'il existe des planètes partout, et dans notre seule galaxie, la statistique démontre qu'il y a entre 40 et 60 milliards de planètes comme la Terre et des milliards de milliards de milliards d'étoiles partout.



Résultat d'observation de transit planétaire

Mais, nous ne sommes plus, au niveau planétaire, seuls, et cette découverte est extrêmement récente... et comme je vous ai dit que la plupart des étoiles sont petites, qu'elles sont souvent en couple, il y a des paysages extra-terrestres... qui doivent mêler deux soleils... des zones où il y a de l'eau... des montagnes, peut être aussi qu'il y a des océans en formation. Alors, dans tous les modèles de planète aujourd'hui, et la quantité de planètes possible, atteint aujourd'hui un infini. Le fond... j'anticipe votre question... c'est : est-ce qu'il y a de la vie ? Est-ce qu'on est capable de savoir s'il y a de la vie aujourd'hui ? Nous n'en savons rien ! Soyons extrêmement clair... par contre, on sait une chose... voilà un animal vu dans le journal aujourd'hui, qui s'appelle l'ours des étangs mais en fait il a plusieurs noms... son nom scientifique, c'est tardigrade. Le tardigrade est un petit animal qui vit dans l'eau... fait un millimètre à un millimètre et demi et il a une capacité ce... quand il a un stress... trop chaud, trop froid... j'sais pas quoi... il évacue son eau et se transforme en une espèce de spore, faut dire que toute son activité biologique s'arrête et il peut s'arrêter... et c'est la nouvelle aujourd'hui... les chercheurs on a fait une expérience assez longue... ils ont démontré que les tardigrades s'étaient arrêtés pendant 30 ans et 6 mois, je crois... ils les ont mis au congélateur à moins 60 pendant 30 ans et 6 mois... et les ont réveillés 30 ans plus tard, comme quoi il y a des expériences scientifiques extraordinaires... imaginez, 30 ans... et il ont réveillé le tardigrade... et il s'est réveillé puis il a fait des petits et tout... On sait que la vie... très chaud... très froid... très salé... très sucré... tout ce que vous voulez... alors les astronomes, les exobiologistes se sont dit, on va l'emmener dans l'espace ; donc on a récupéré les tardigrades, on les a mis à bord de la Station Spatiale Internationale... et puis dehors ! On les a laissés trois semaines dehors... bombardement cosmique, grand chaud, grand froid et on les a ramenés... ils étaient toujours vivants. Qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire que la vie sur Terre montre des limites qu'on n'avait pas imaginé... et ça, c'est quelque chose d'extrêmement important parce que chercher la vie dans l'univers, c'est déjà regarder ce qu'il y a autour de nous, qui, pour l'essentiel est inconnu et ça... les biologistes vous le diront. Autre chose, c'est ça... ça, c'est une fleur... messieurs, je pense que ça vous fait sans doute penser à quelque chose qui tient à cœur, à vos compagnes, c'est cette... nécessité, ce besoin de séduction qui accompagne toute... nature et qui chez les fleurs se traduit par une cavité qui essaye d'attirer l'insecte pollinisateur à son profit pour pouvoir se dupliquer donc, pour les exobiologistes... au contraire, son intérêt, c'est de se dupliquer, de se multiplier donc si on la cherche, et qu'elle existe, alors on ne peut pas imaginer qu'elle soit cachée, c'est ce que l'expérience terrestre montre. La conclusion va être assez simple, parce que

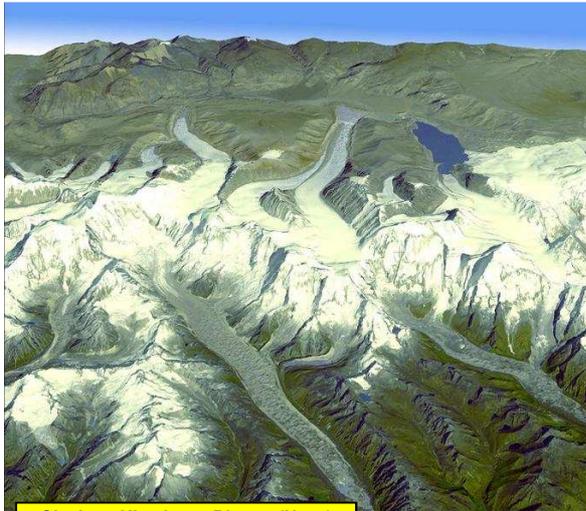


Exoplanète (vue d'artiste - Ciel & Espace)



Tardigrade (Wikipedia)

exobiologistes se sont dit, on va l'emmener dans l'espace ; donc on a récupéré les tardigrades, on les a mis à bord de la Station Spatiale Internationale... et puis dehors ! On les a laissés trois semaines dehors... bombardement cosmique, grand chaud, grand froid et on les a ramenés... ils étaient toujours vivants. Qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire que la vie sur Terre montre des limites qu'on n'avait pas imaginé... et ça, c'est quelque chose d'extrêmement important parce que chercher la vie dans l'univers, c'est déjà regarder ce qu'il y a autour de nous, qui, pour l'essentiel est inconnu et ça... les biologistes vous le diront. Autre chose, c'est ça... ça, c'est une fleur... messieurs, je pense que ça vous fait sans doute penser à quelque chose qui tient à cœur, à vos compagnes, c'est cette... nécessité, ce besoin de séduction qui accompagne toute... nature et qui chez les fleurs se traduit par une cavité qui essaye d'attirer l'insecte pollinisateur à son profit pour pouvoir se dupliquer donc, pour les exobiologistes... au contraire, son intérêt, c'est de se dupliquer, de se multiplier donc si on la cherche, et qu'elle existe, alors on ne peut pas imaginer qu'elle soit cachée, c'est ce que l'expérience terrestre montre. La conclusion va être assez simple, parce que



Glaciers- Himalaya - Bhutan (Nasa)

nous n'avons pas quitté la Terre, et c'est vrai que c'est un paradoxe... imaginez un voyage dans l'espace et comme un miroir braqué sur la Terre, qui nous montre notre spécificité, notre unicité peut-être... pour l'instant, nous sommes toujours unique, tous parents, tous différents, nous n'avons trouvé personne à l'extérieur mais nous savons que... ça a pu se passer... il y a des lieux où ça peut se passer et... qu'on peut en rêver et que pendant longtemps on restera... à regarder l'univers en nous posant des questions d'où l'importance finalement de regarder notre propre environnement et en particulier la Terre, la Terre jusqu'à présent unique dans l'histoire du cosmos comme vous avez du vous en apercevoir...

D'abord : 2/3 d'océan, 1/3 de surface... je ne dirai pas habitable... car l'essentiel de la population mondiale habite à moins de 50 km des côtes et quand la mer monte, et bien c'est simple, à la plage, on retire sa serviette... mais quand la mer monte, on ne retire pas la ville. Donc, la façon dont influence aujourd'hui, la composition atmosphérique de la Terre qui est en train de faire monter le niveau de l'océan a des conséquences aussi... sur notre vie. Vous pouvez comparer la Terre... quand on l'observe... c'est intéressant... j'ai mis une photo du Kamchatka vu de la Station Spatiale Internationale... on voit le paysage qui se transforme sans cesse... il y a une activité propre, et sans cette activité propre, et sans la distance au Soleil, nous n'existerions pas mais... on peut, aujourd'hui, comparer la Terre à un vaisseau spatial... finalement... une atmosphère commune pour tout le monde, on respire la même chose, des ressources pour tout le monde, elles sont pas infinies, va falloir les économiser, inégalement réparties, et sur la Terre, un équipage, le même... bon, c'est vrai, il y a des gens en première classe, d'autres dans la soute, mais c'est la même destination... il y a des capitaines, parfois pas... il y a des gens qui prennent le pouvoir de temps en temps, qui s'en empare... et des bagarres de service mais c'est le même vaisseau et des stations inconnues mais c'est quelque chose qui nous oblige à réfléchir sur notre position, sur notre place dans l'univers. Si nous voulons pouvoir continuer à observer, à interroger, à nous questionner alors nous devons nous préoccuper de notre propre situation et je voulais pour terminer vous montrer 45 secondes d'images à partir de la Station Spatiale Internationale, qui montre la Terre vue du dessus... voilà, nous sommes à 450 km d'altitude et, regardez, voyez bien les lumières des villes qui apparaissent sur la Terre, et vous voyez, il y a aussi les flashes qui viennent des éclairs pendant les orages... la Terre est fine... et ronde... elle est petite... avec la station spatiale, on en fait le tour en une heure trente, c'est-à-dire qu'il y a un lever et un coucher de Soleil toutes les 45 minutes... on voit cette fragilité... vous voyez une toute petite couche de protection... et là on descend vers la méditerranée... l'Italie... on descend vers l'Egypte... on survole des zones polaires... on voit que la Terre est protégée par un bouclier magnétique qu'on appelle la magnétosphère... et l'on voit ces fameuses aurores polaires qui marquent finalement le moment où la lumière du Soleil, les bombardements solaires heurtent la protection solaire ; en ce moment, il y a des aurores qui sont très, très belles parce que le Soleil justement... regardez, là, Orion... les 3 étoiles d'Orion... les panneaux solaires de la station captent la lumière du Soleil... on voit que la Terre est vivante... qu'elle est bien protégée... Mars a perdu... et son atmosphère... en grande partie... et sa protection magnétique et nous, nous avons la chance de pouvoir continuer... depuis plusieurs milliards d'années... d'avoir une situation privilégiée. Les panneaux solaires se mettent en position... la lumière du jour va se lever... le jour, la lumière, le Soleil dont nous avons besoin... et puis ce grand voyage que nous pouvons faire à distance, à des milliards d'années, pour se rendre compte finalement que chez soi, on est pas si mal que ça, à condition d'y faire attention.

Je vous remercie.



S131E010463

La Terre vue depuis la Station Spatiale Internationale (Nasa)



Note 1 : le Soleil

En astronomie, il est souvent commode de mesurer la luminosité en unités de luminosité solaire. Le Soleil brille comme une lampe de 4×10^{26} watts (on sait mesurer la puissance reçue à la surface de la Terre... on extrapole). Le rendement des réactions thermonucléaires est de 0,7 % : à partir d'une quantité de masse m , on obtient une quantité d'énergie de $0,007 mc^2$. Chaque kilogramme de matière « brûlée » dans le cœur du Soleil produit $6,3 \times 10^{14}$ joules (watt=joule/s) car les physiciens savent décrire parfaitement aujourd'hui le cycle nucléaire de transformation de l'hydrogène en hélium (cycle proton-proton qui se résume à un atome d'hydrogène se transforme en un atome d'hélium, avec perte de masse libérant une énergie de 26,7 MeV). Le taux de combustion thermonucléaire est donc de $6,35 \times 10^{11}$ kilogrammes par seconde ce qui fait de manière plus compréhensible : 635 millions de tonnes d'hydrogène qui se transforme en hélium chaque seconde. Heureusement, le Soleil est gros... et ce n'est cependant que son cœur, qui avoisine les 10 millions de degrés, qui est le siège de la fusion et qui devrait nous chauffer encore quelques milliards d'années.

Note 2 : vitesse de la lumière

Elle a été fixée « arbitrairement » (après moult mesures de plus en plus précises) comme une constante c qui vaut dans le vide : 299.792.458 m/s.

L'astronome s'en sert pour en dériver une unité de distance : l'année lumière, qui est la distance parcourue par un photon en une année à la vitesse c .

1 al = 9.460.730.472.580,8 km que l'on peut « arrondir » à 10.000 milliards de km

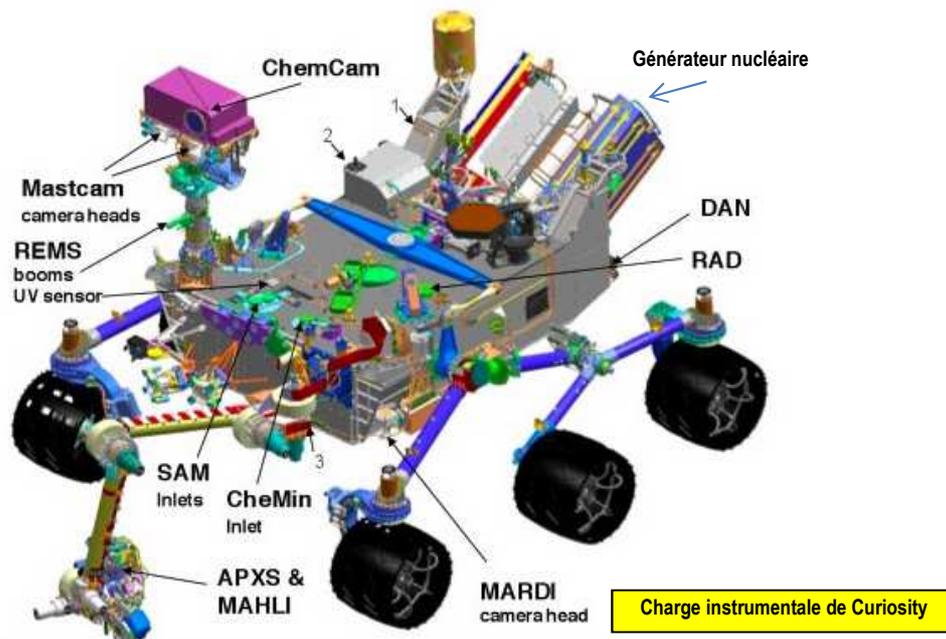
Note 3 : sonde indienne

Le 5 novembre 2013, l'Inde a lancé avec succès une fusée du centre spatial Satish Dhawan situé sur la côte est de l'Inde, qui emportait MOM (Mars Orbiter Mission, Mangalyaan). Le voyage de 300 jours qui était prévu, devait permettre à la sonde d'orbiter autour de Mars en 2014 et permettre ainsi de placer l'Inde à la table des grands sur la scène spatiale internationale. Ses photos sont accessibles sur le site de l'Indian Space Research Organisation www.isro.gov.in

Note 4 : Curiosity

MSL, Mars Science Laboratory, renommé Curiosity par la suite, a décollé de Floride le 26 novembre 2011 et s'est posé sur le sol du cratère Gale le 6 août 2012. Contrairement à Rover et Opportunity, ses cousins présents sur Mars depuis 2003 qui se « chauffent » au Soleil de Mars, il dispose d'un générateur nucléaire thermo électrique (design américain) au plutonium 238 (fourni par les russes) qui procure à ce robot une énergie calorifique pour supporter les hivers rudes et l'électricité pour alimenter la charge scientifique importante de l'engin.

Comme disait Sylvestre Maurice (IRAP-France), responsable (Deputy-PI) du Mast-Unit (constitué d'un laser, d'un télescope, d'une caméra RMI et de l'électronique embarqué) : « on a un fusible qui tilt à 10 A... du jamais vu ! ».



Note 5 : les anneaux de Saturne

Les anneaux s'arrêtent vers 138.000 km de la surface (gazeuse) de la planète, à la « limite de Roche ». Les anneaux sont composés à 99,9 % d'eau gelée et d'impuretés comme des silicates (dixit Sebastien Sharnoz, CEA). Le rayon équatorial de la « boule » Saturne est d'environ 60.000 km.

Note 6 : Pluton

Pluton été découvert en 1930 en recherchant un corps céleste pouvant expliquer les perturbations orbitales de Neptune, hypothèse formulée bien avant par Percival Lowell avec la planète X. Lowell avait fait construire en 1894 un observatoire à plus de 2000 mètres d'altitude en Arizona et sa première campagne photographique date de 1905, a duré 3 ans, et n'a donné aucun résultat car focalisée sur l'écliptique, or Pluton se promène sur une orbite très inclinée par rapport à celle des autres planètes (17° par rapport à l'écliptique). Percival Lowell meurt en 1916 en laissant de l'argent pour continuer les recherches et c'est son frère, Abott Lawrence Lowell qui permet la construction d'un nouveau télescope de 8 pouces qui sera piloté par Clyde Tombaugh. C'est finalement en février 1930, après un travail laborieux d'analyse de plaques photographiques que Pluton sera découvert par Clyde Tombaugh. Le satellite Charon ne sera découvert qu'en 1978.

En 2006, l'Union Astronomique Internationale déclassé Pluton de son rang de planète, puisque les découvertes d'autres corps célestes qui partagent son orbite s'accumulent : le Système Solaire ne comprendra que 8 planètes... au grand désespoir des américains.

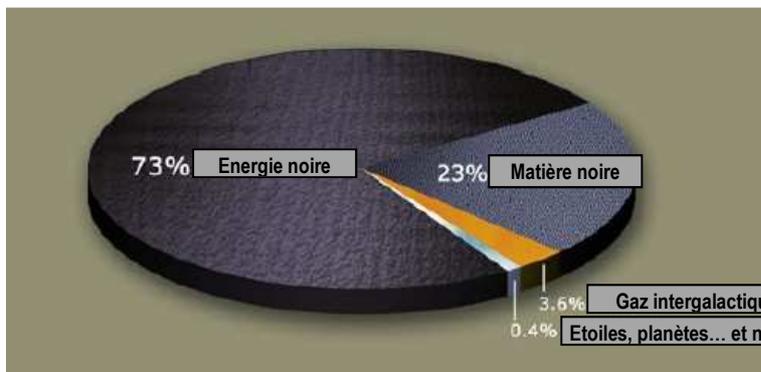
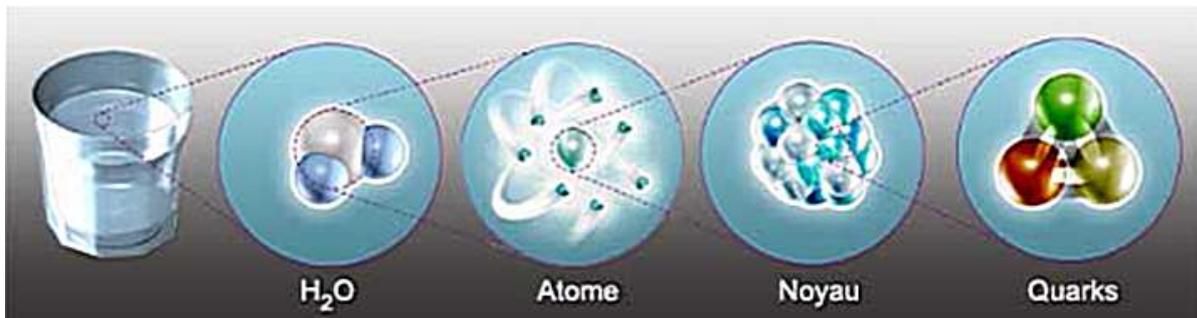
NB : Pluton a été rétroactivement observé sur des plaques photographiques qui datent de 1909.

Note 7 : mouvements des corps célestes

- Un point près de l'équateur terrestre effectue une rotation complète en 24 heures à près de 1.600 km/h.
- Nous sommes approximativement à 150 millions de km du Soleil et la Terre en fait le tour en 365 jours soit une distance d'environ 970 millions de km parcourue à 107.000 km/h.
- La terre accompagne le Soleil en direction de Vega (Lyre) à la vitesse de 70.000 km/h.
- Notre Soleil fait le tour de la Voie Lactée en à peu près 225 millions d'années.
- La vitesse du Soleil autour du centre de notre galaxie est de 792.000 km/h.

Au diable les radars !

Note 8 : matière noire et énergie noire



La composition de l'univers...

A priori, nous sommes peu de chose si matière noire et énergie noire sont bien là.

Reste qu'aujourd'hui, on ne sait pas vraiment ce que c'est : même si les WIMPs collent au modèle standard des particules, on les attend toujours dans les détecteurs...

