

L'ALBIREOSCOPE

www.albireo78.com

Les débris spatiaux

Point de non retour...

Michel

SOMMAIRE

- | | |
|---|--|
| 1 DOSSIER
les débris spatiaux | 19 TMS
fin et suite... |
| 14 C'est arrivé ce jour-là...
les anniversaires de
février | 26 lire l'avenir dans
les cirrus |
| 18 AL78
Une question de temps... | 29 Mots croisés |
| | 30 Galerie photos |

On parle de point de non retour mais aussi de désastre, en tout cas ce sont des milliers de débris qui menacent, en orbite basse, l'intégrité des hommes et des systèmes : il s'agit des débris spatiaux.

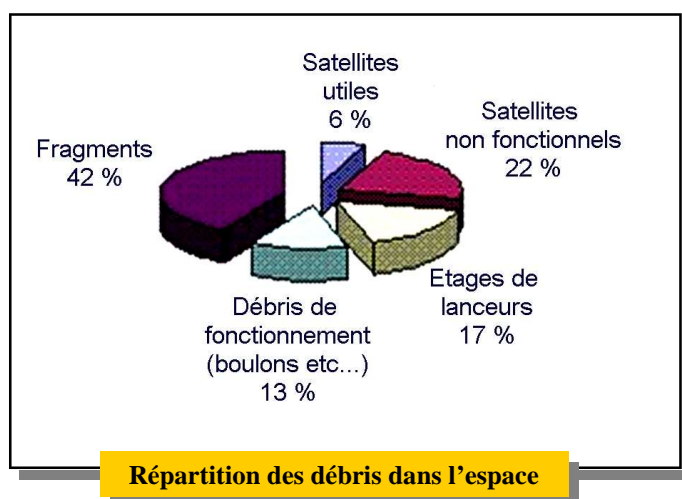
Au CNES, c'est Christophe Bonnal qui connaît bien cette affaire puisqu'il est expert à la Direction des Lanceurs..



Sur le plan des débris spatiaux, peut-on aujourd'hui parler de situation de non retour atteinte ?

Il faut tout de même faire attention à relativiser. Effectivement, il y a énormément

de débris spatiaux autour de nos têtes car au total, cela fait quelque chose comme 5900 tonnes, ce qui fait tout de même moins qu'une Tour Eiffel. Donc en terme de masse, de volume, imaginons une Tour Eiffel brisée en petits morceaux dans le vide infini qui nous entoure. Rappelons que l'espace est infiniment vide, avec des petits objets de tailles diverses et variées qui vont très vite et se rencontrent de temps en temps. Malheureusement, ce sont ces collisions entre débris qui engendrent des « petits » ; donc les débris se régénèrent et, effectivement, on a atteint un point de non retour car cette régénération est plus forte que le nettoyage orbital, par tous les moyens naturels ou volontaires connus aujourd'hui. Ceci porte un nom : **le syndrome de Kessler** (ou encore Collisional Cascading or Ablation Cascade) ; Kessler est un monsieur qui, en 1978, a théorisé ce phénomène : un débris rencontre un autre débris qui génère de nouveaux débris, etc... et ces débris se multiplient ; c'était en 1978 et maintenant nous avons atteint le paroxysme.



Répartition des débris dans l'espace

Donald J. Kessler, scientifique de la NASA, a été lui même étonné (et flatté) du nom de baptême donné à cela. Quand des débris se rencontrent, différents phénomènes jouent ; plus on est à basse altitude, plus le volume concerné est faible, plus la densité est forte mais plus on est à basse altitude, plus l'atmosphère résiduelle subsiste. Cette atmosphère, certes ténue, freine les débris jusqu'à ce que le freinage entraîne vraiment la rentrée des débris dans les hautes couches : mé-

Syndrome de Kessler

Ce phénomène, décrit par le scientifique Donald J. Kessler en 1978, est un scénario dans lequel la densité des objets en orbite basse est suffisamment haute pour que la collision entre objets puisse engendrer une cascade d'autres collisions par le fait des débris générés à chaque fois.

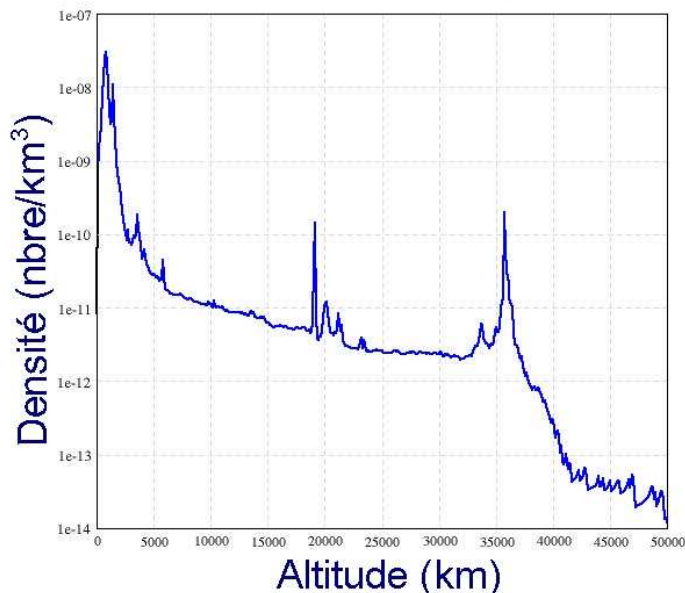
Tout satellite, sonde spatiale et les nombreuses missions, ont le potentiel de générer des débris spatiaux. Avec l'accroissement du nombre de satellites en orbite et du nombre de satellites en fin de vie, à savoir obsolètes, le risque associé au syndrome de Kessler augmente.

Heureusement, aux orbites basses communément utilisées, l'atmosphère résiduelle est encore suffisante pour garder ces zones limpides. Des collisions qui arrivent à ce niveau engendrent des débris qui ont un périhélie de leur orbite inférieur. Ce n'est pas le cas sur des orbites hautes où le freinage par l'atmosphère est peu significatif, et l'objet peut ainsi voyager longtemps car la décroissance de son orbite est très lente. Un peu de freinage atmosphérique, des perturbations lunaires, le vent solaire font que les débris tombent quand même progressivement vers des niveaux plus bas pour un jour rentrer sur Terre mais à très haute altitude, cela peut durer des milliers d'années.

Ce syndrome est spécialement insidieux par son effet « domino » et peut conduire à l'interdiction d'usage d'une zone orbitale.

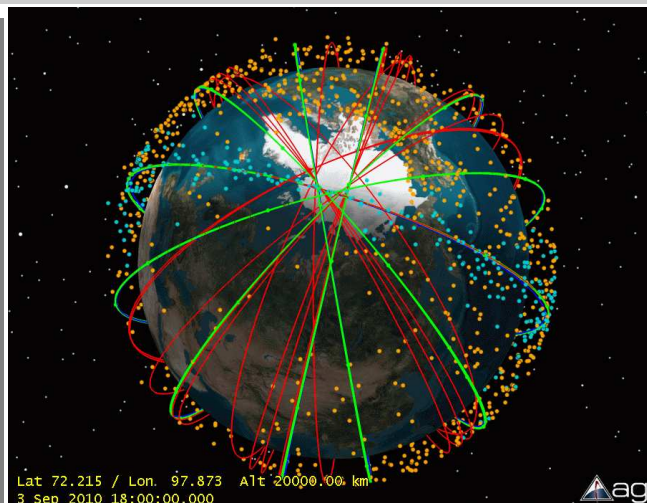
sosphère puis stratosphère où ils se désagrègent en brûlant. Bref, plus on est bas, plus il devrait y avoir de débris mais plus on est bas, plus l'atmosphère les pousse à revenir sur Terre. A contrario, plus on est haut, plus l'espace est grand et moins il y en a, mais ils tiennent beaucoup mieux (moins freinés et action plus faible de la gravité). Entre les deux, c'est une zone entre 800 et 1200 km, typiquement pile là où le freinage n'est pas encore très efficace, mais toutefois

Densité des débris spatiaux



pas suffisamment bas et il y a donc beaucoup de débris. Cette zone, entre 800 et 1200 km, était celle majoritairement utilisée dans les années 70 par les soviétiques qui lançaient plus d'une centaine de satellites par an. On récupère aujourd'hui l'effet des négligences de ces années 70.

Un certain nombre d'événements récents ont



Constellation Iridium - orbites des satellites opérationnels en vert, secours en bleu, inactifs en rouge - Débris Iridium 33 en bleu ciel et de Cosmos 2251 en orange

faibles probabilités, ils sont entrés en collision à une vitesse sur-réaliste de 42.000 km/h... [on ne les avait pas vu venir](#), et c'était à 800 km au dessus de la Sibérie ! Résultat : une énorme génération de débris.

[Pourquoi, même si ce n'était pas la première fois, une collision de ce genre a décidé les autorités à réagir ?](#)



Photo amateur d'un flash de l'Iridium 33—dans la Chevelure de Bérénice et la constellation du Bouvier

focalisés l'attention des pouvoirs publics, par exemple en février 2009 : collision d'un satellite militaire russe COSMOS 2251, en panne depuis les années 95, et le satellite de communication américain Iridium 33. Malgré les

En fait, si on remonte un peu avant, jusqu'en 2007, on notait une courbe de croissance de ces objets qui allait son bonhomme de chemin avec environ 200 nouveaux objets en plus chaque année et c'était plus ou moins linéaire. Mais début 2007, les chinois ont tiré sur un de leur satellite (Feng Yun 1C), par un effet volontaire de destruction de satellite et cela a généré d'un coup 2500 gros débris ! Peu de temps après, les américains ont fait pareil pour d'autres raisons, simple coïncidence, sur un de leurs satellite (USA-193), et il y a eu ce fameux accident du satellite russe avec l'Iridium qui, lui, a généré 2000 débris. En deux ans, autant de débris qu'en 20 ans d'exploitation satellitaire, et c'est cela qui a amorcé la réaction. La situation d'aujourd'hui trouve sa raison dans ces 3 événements.

En fait, dire comme précédemment, que l'on ne l'avait pas venir est faux : malheu-

reusement si, car les gens d'Iridium, les propriétaires de l'Iridium 33, ont des alertes de ce type tous les jours et ils ne vont pas tous les jours bouger leurs satellites car ils ne le souhaitent pas et c'est ce qui est grave somme toute. Il n'y avait pas de prise de conscience de ces problèmes et, à l'époque, l'équipe d'Iridium était satisfaite d'avoir un satellite de secours dans une telle situation. Aujourd'hui, il y a quelque chose de nouveau, grâce à ces trois événements, dont ce dernier accident stupide qui aurait pu être évité. De très gros objets, comme les objets intègres (les vieux satellites, les vieux étages de fusée), globalement il y en a 5000 en orbite basse dans cette zone qui nous intéresse et où, également, il doit y avoir environ 700 satellites actifs. Donc, demain, les collisions les plus probables se feront entre les débris qui sont majoritaires et on ne pourra pas l'éviter. Grâce à une connaissance toujours meilleure de ce qui se passe dans l'espace, demain nous saurons peut-être dire : « *braquez votre télescope à tel endroit du ciel, vous pourrez voir une collision ; on pourra la regarder en direct* ».

Y a-t-il aujourd'hui menace sur l'intégrité des satellites actifs mais surtout danger pour les hommes qui sont dans la station spatiale ou ceux qui doivent la rejoindre avec la navette ou Soyouz demain ?

Regardons les hommes dans la station spatiale : cette station est très basse, entre 350 et 360 km d'altitude ; on est dans une zone où le nettoyage naturel par frottement atmosphérique est très efficace donc il y a très peu de débris, donc peu de risques. Donc la probabilité d'avoir un accident est extrêmement faible et si la station spatiale ISS n'était pas habitée, on n'en parlerait même pas. Cependant, il faut y réfléchir car les conséquences pourraient être catastrophiques, avec mort d'homme par exemple lors d'une sortie extravéhiculaire. Mais la probabilité de collision est de plusieurs ordres de grandeur plus faible que dans la zone très encombrée entre 800 et 1200 km. Il faut savoir tout de même que l'énergie cinétique des objets est très importante et peut percer des combinaisons et des blindages et si un vieux satellite mort ou

un étage perdu de fusée entrain en collision avec la station spatiale, les impacts sur un panneau solaire du télescope Hubble consé-



Impact sur un panneau solaire du télescope Hubble

quences seraient, à l'évidence, catastrophiques. Ces gros objets, typiquement de plus de 10 cm, sont catalogués et on sait où ils se trouvent en permanence et on peut manœuvrer la station pour les éviter. A l'opposé, pour les petits objets jusque 1,5 cm, la station est blindée donc les risques se reportent sur les objets intermédiaires : trop gros pour les blindages et trop petits pour être vus ; on table alors sur les statistiques et on estime qu'il y aurait un impact critique tous les 70 ans, et trois fois sur quatre, cet impact se produirait dans les panneaux solaires. En résumé, un risque avéré pour les astronautes tous les deux ou trois siècles mais cela reste des statistiques... Astronaute est un métier dangereux.

Cela, c'est pour les vols habités, mais pour les satellites, une destruction, c'est un impact économique ; on redoute qu'un système, qui fournit de bons et loyaux services, ne marche plus. Il n'y a pas encore aujourd'hui un encombrement tel que le risque soit soudain avéré et catastrophique ; il s'agit d'une intégration dans le temps et pour un satellite comme un satellite d'observation de la Terre du type SPOT par exemple, avec une durée de vie prévue de 10 ans, le risque d'être « tué » par un débris est identique au

risque pris lors de son lancement, car les lanceurs n'ont pas encore une fiabilité de 100 %. Donc on peut dire que 1 % de risque, c'est acceptable mais au delà, il faudra réfléchir à des remèdes ; tout dépend des situations et on ne sait pas réellement mettre un seuil mais 5 % commence à faire beaucoup. Le problème, c'est qu'avec le syndrome de Kessler, on sait que cela va aller en augmentant. Toutefois, le moment n'est pas encore venu de dire : « ça suffit, on arrête ».

Faudra t-il interdire des zones de l'espace bien ciblée comme celle des 800 à 1200 km ?

Soit l'interdire, soit concevoir d'une autre manière les satellites : en concevant des recharges systématiques, ce qui est rarement le cas aujourd'hui sur ces orbites là (un problème avec le satellite X mais j'ai le Y en secours), ou en construisant les satellites avec des systèmes de blindage comme la station ISS mais cela double le poids, double le prix, et demande des lanceurs plus puissants, ou en cherchant des orbites différentes. Peut-être qu'à terme, ces fameuses orbites : héliosynchrones et tout ce qui est observation de la Terre, nous iront les trouver ailleurs... beaucoup plus hautes ou plus basses.

Des solutions se dessinent, mais comment peut-on comprendre que des états comme la Chine ou les Etats-Unis, volontairement, tirent sur leurs propres satellites afin d'afficher leur puissance et faire démonstration de l'efficacité de leur système anti-défense en sachant qu'ils vont générer des débris critiques ?



Pour la Chine, c'était effectivement une démonstration de capacité spatiale réalisée par les militaires. Les scientifiques chinois qui travaillent dans les groupes de travail sur ces problèmes

Fusée Delta II à la base Vandenberg USA - lancement du missile pour détruire le satellite USA-193

Un débris de satellite menace l'ISS

23/07/2010 "Le débris d'un satellite chinois détruit en 2007 par un missile se trouve sur une trajectoire proche de la Station spatiale internationale (ISS), et l'équipage pourrait se réfugier dans deux vaisseaux de secours", a indiqué aujourd'hui un responsable russe. Le débris est celui du satellite météorologique Feng Yun 1C, que la Chine a détruit avec un missile en janvier 2007.

"Si les calculs montrent que le débris s'approche de la station à une distance trop réduite, les six cosmonautes recevront l'ordre de se réfugier dans les deux vaisseaux Soyouz arrimés à l'ISS", a déclaré un responsable du Centre russe de contrôle des vols, cité par l'agence Interfax.

Ce responsable, qui n'a pas été nommé, a considéré que la trajectoire de ce débris, qui doit frôler l'ISS dans la nuit de vendredi à samedi (heure de Moscou) était "dangereuse", mais a souligné qu'il était trop tard pour envisager de corriger la propre trajectoire de la station spatiale.

Un porte-parole de la Nasa, Kelly Humphries, a cependant minimisé le risque.

"Une possible conjonction de trajectoire avec un morceau du satellite Feng Yun a été relevée la nuit dernière", a-t-il dit dans un message électronique. "Il a cependant été établi que l'écart de trajectoire était substantiel, et aucune manoeuvre ne sera nécessaire", a-t-il ajouté.

Trois astronautes américains et trois cosmonautes russes vivent actuellement à bord de l'ISS, qui est en orbite à 350 km de la Terre.

La destruction par la Chine de son satellite avec un missile, première du genre en 2007, avait suscité une vive critique de la part des Etats-Unis.

Dépêche AFP

étaient le premiers embêtés car ils n'avaient pas été consultés et on peut dire qu'il s'agit d'une « inculture » des militaires chinois qui ne s'étaient même pas préoccupés des conséquences, y compris sur leurs propres systèmes... Probablement qu'aujourd'hui ils ne referaient pas ça, du moins sur cette orbite. Pour les Américains, il s'agit d'autre chose ; le satellite était jugé dangereux car il



Destruction du satellite USA-193

avait un gros réservoir de combustible très nocif : l'hydrazine. Ayant perdu le contrôle de l'engin, et risquant de rentrer sur Terre, ils ont estimé qu'il était préférable de le des-

centendre en vol plutôt que de risquer une grosse pollution chimique au sol, en faisant des victimes. Ce satellite était à 200 km d'altitude, a explosé et a ré-orbité des débris à des altitudes plus élevées mais on estime que 99 %, voire 100 % des débris sont déjà rentrés (selon les sources américaines ou pas).

Hydrazine :

L'hydrazine anhydre est un liquide incolore, hygroscopique à odeur forte ammoniacale et qui fume à l'air, utilisé comme agent réducteur ou d'oxygénation. Peut se décomposer de façon violente en azote et hydrogène ; risques pour l'homme d'atteinte neurologique, de coma avec violentes convulsions et de mort si la concentration est élevée. Se dégrade rapidement à l'air libre.

Cela étant et constat fait, l'attention des pays et des agences spatiales sur ces problèmes est aujourd'hui réelle et c'est déjà une bonne chose.

En juin 2010, un colloque réunissant de nombreux spécialistes s'est tenu en France pour examiner la situation et la façon d'y remédier.

Est-ce que aujourd'hui, on peut parler de parade ou de constat et faire que tout le monde soit d'accord ou admettre le fait qu'enlever 5 à 10 gros objets par an puisse stabiliser les choses ?

Ce qui est fondamental est le premier chiffre sorti initialement par les américains et que



Workshop du 22 juin 2010 au CNES

tout le monde s'est ensuite pressé de confirmer : on pourrait stabiliser la divergence du nombre de débris en retirant 5 à 10 gros objets par an. Gros veut dire des satellites entiers en fin de vie ou de vieux étages supérieurs de fusées ; ils ne manquent pas puisqu'ils sont évalués à 5000 là-haut, on a donc le choix. Tout le monde est d'accord sur cela mais la question est : comment le fait-on ? Les premiers qui ont réagi là-dessus sont les américains qui ont organisé avec la NASA et la DARPA (agence militaire américaine) une conférence à Washington en décembre 2009. Et la conférence de 2010 était plutôt la réponse au niveau européen sur cette affaire où là, les solutions fleurissent. Cela va de la solution très terre à terre qui marcherait sans problème demain mais en coûtant horriblement cher, jusqu'aux solutions de science-fiction pures et dures : le panel complet.

La plus simple : vous envoyez un satellite, le chasseur, qui va s'approcher du débris, l'attraper, et puis descendre avec lui ; une solution pas très rusée car avec la proie, vous perdez le chasseur donc ça revient implicitement cher.

Autre solution : le chasseur équipe le débris d'un kit de désorbitation (moteur à poudre ou système liquide ou autre), une fois séparé du chasseur, le kit provoque l'auto-allumage du dispositif tandis que le chasseur part à la recherche du prochain débris ; on le voit, c'est déjà plus compliqué car il faut des bras robotiques pour s'accrocher, et savoir où s'accrocher, puis aller

d'un débris à l'autre, ce qui n'est pas aussi évident que ça. Mais aussi, l'objet, la cible qu'il faut aller repêcher n'est pas sympathique ; elle est non coopérative : elle bouge, elle ne dit pas où elle est car elle n'est pas équipée de répondeurs radars qui diraient « *je suis là* », elle est potentiellement dangereuse (cf. : *Space cowboys*, le film avec Clint Eastwood parti dans l'espace réparer un satellite russe qui contenait des ogives nucléaires) – *certains pensaient tirer au harpon dessus mais si le tir aboutit dans un réservoir qui explose... alors, on perd tout* – donc la question numéro 1 aujourd'hui est :

Comment va-t-on attraper un objet non coopératif potentiellement en mouvement ?

Est-ce avec un bras robotique ? Si cela bouge trop, rien n'est moins sûr. Est-ce avec un filet ? Il faut imaginer des filets de 20 mètres de diamètre, ou déployer une nasse qu'on envoie vers un étage de fusée de 10 mètres de long et 3 mètres de diamètre et qui tourbillonne sur lui-même dans l'espace : pas évident à faire. Est-ce avec un crochet au bout d'un câble en allant à la pêche, et tirer ensuite l'objet qui « frétille » au bout du filin ? Et comment développer et qualifier cela au sol ? Ceci est pourtant un éventail des solutions qu'on examine. On peut même imaginer des solutions sans contact : le CNES a proposé de souffler sur le débris avec des moteurs ioniques ; le jet qui impacte le débris le freine ; c'est une solution envisagée sérieusement pour les satellites géostationnaires en fin de vie où l'énergie nécessaire dans ce cas, pour les sur-orbiter, n'est pas très grande.

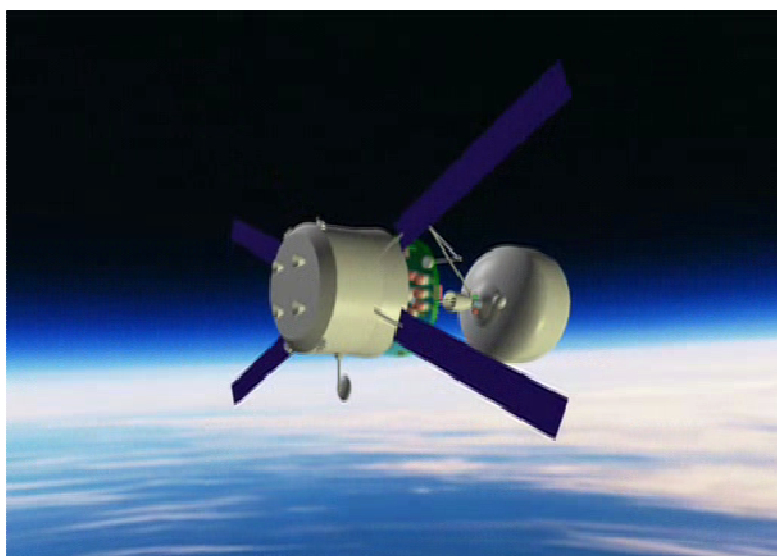
Donc tout un panel de solutions avec des trucs qu'on sait faire et des trucs qu'on ne sait pas faire, soit parce qu'on ne s'est jamais posé la question, soit parce que la technologie n'est pas disponible comme se donner rendez-vous avec un objet non coopératif en mouvement - on ne sait pas le faire actuellement dans le monde : Etats-Unis, Japon et Europe, à savoir les trois grands qui s'occupent fondamentalement de ces questions – la priorité est donc de développer ces technologies, et de les valider avant de choisir la meilleure solution pour nettoyer.



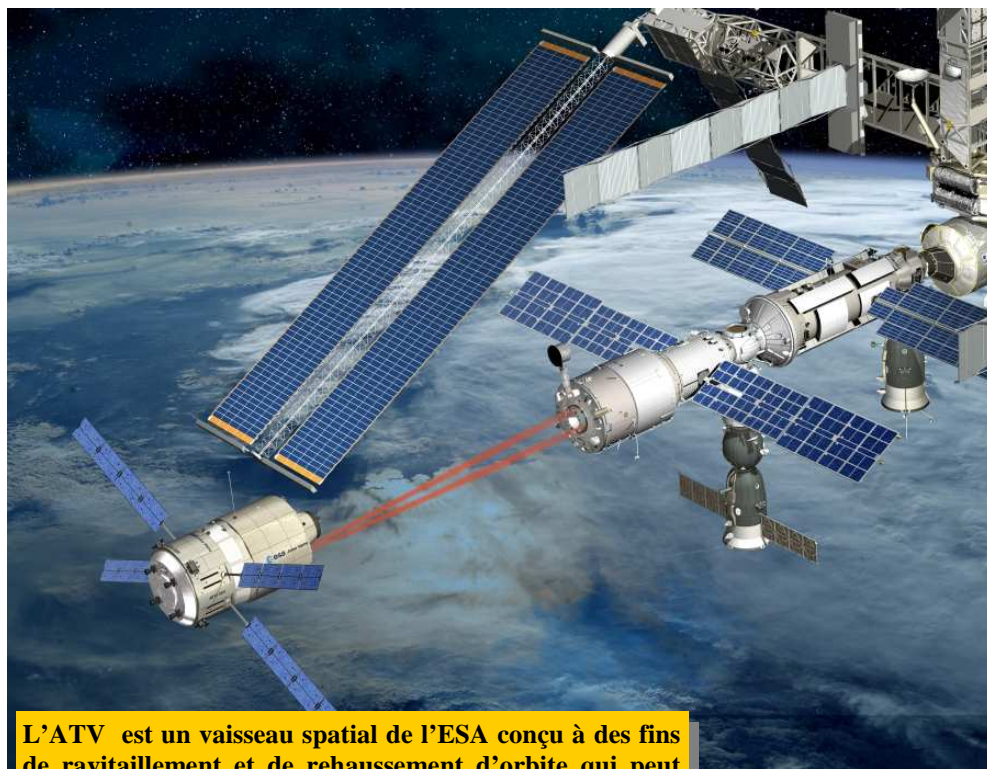
On a cependant vu apparaître un engin baptisé OTV, acronyme de Orbital Transfer Vehicule, où l'on voit associé l'agence spatiale française : le CNES, et puis Astrium. Quelle est la nature de cet engin et les choix théoriques déjà faits ?

OTV - CNES

OTV, c'est le CNES et le nom de code des travaux menés depuis deux ans conjointement entre le centre de Toulouse, en charge des satellites et le centre d'Evry, en charge



OTV - CNES



L'ATV est un vaisseau spatial de l'ESA conçu à des fins de ravitaillement et de rehaussement d'orbite qui peut transporter environ trois fois plus de charge utile que les vaisseaux russes Progress. Il sera appelé à rehausser périodiquement par lui-même l'orbite de la station afin de compenser sa descente naturelle due à la traînée atmosphérique. En cas de besoin, l'ATV pourra aussi assurer une fonction redondante de contrôle d'attitude de l'ISS ou effectuer des manœuvres d'évitement destinées à protéger la station de débris spatiaux potentiellement dangereux

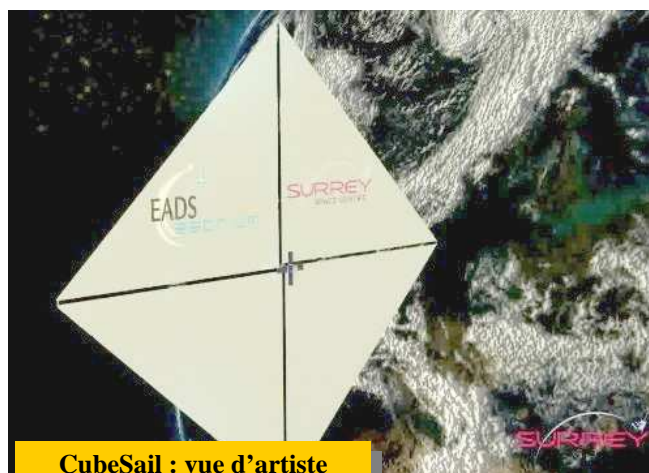
des lanceurs. OTV est donc un véhicule de transfert orbital dont le but est d'aller capturer un objet en un point A et de l'emmener à un point B. Les missions de cet OTV sont très nombreuses comme aller délivrer en orbite basse lunaire des bidons d'eau, de gaz et... d'électricité. Somme toute, c'est une extension de la fonction ATV au bénéfice d'une future station lunaire.

Les missions ont été examinées pour voir quelles étaient les plus crédibles, les plus pertinentes, les plus urgentes et cela a convergé vers le nettoyage des orbites basses. OTV est donc le nom de code de cet encore hypothétique véhicule opérationnel de nettoyage orbital.

On a vu aussi surgir d'autres projets origi-

naux ces derniers mois comme le CubeSail (sail : voile) de l'Université de Surrey ; il s'agit d'un nano satellite léger (3 kg), qui jouerait un peu le principe du poisson remora en se collant sur le satellite inactif en déployant une voile carrée de 5 mètres de côté et en utilisant la pression de radiation du vent solaire ou en augmentant la surface de freinage dans l'atmosphère. Mais c'est une solution qui n'a pas été retenue au CNES parce qu'il y a un énorme problème avec ces voiles solaires ; quelques chiffres pour illustrer rapide-

ment : la poussée théorique de ces voiles so-



CubeSail : vue d'artiste

laires est de 9 N par km^2 donc très peu et cette voile, il faut la fabriquer et si elle a la même densité que cette feuille de papier, soit 70 g/m^2 , cela fait 70 tonnes de voile pour une poussée de 9 N ! Donc c'est une solution élégante mais qui ne peut marcher qu'avec de très petits objets et cela pourrait faire désorbiter ces petits satellites CubeSat qui font 2, 3 voire 5 kg maximum.

Malheureusement, le syndrome de Kessler est associé aux très gros objets, et le CNES chasse le gros : des objets de 3 à 5 tonnes ;

les voiles solaires ne sont pas applicables à ce type d'objet.



Surrey Space Center (SSC) est un centre de recherche de la faculté d'électronique et de sciences physiques de l'Université du Surrey. SSC est en relation étroite avec Astrium (EADS) pour toutes les technologies innovantes.

Cubesail est un système qui pourra être placé sur des satellites ou le dernier étage d'un lanceur envoyé sur orbite. Il peut alors être déployé pour désorbiter des équipements qui sont en fin de mission.

Un voile de 5 x 5 mètres pesant 3 kg tiendra dans un nano satellite de 10 x 10 x 30 cm qui sera utilisé dans une mission de démonstration lancée fin 2011. Le succès de cette mission devrait ouvrir une voie à une solution de masse et à bas coût pour les futurs satellites et les derniers étages des lanceurs en réduisant de manière importante le problème des débris spatiaux.

Ce système devrait devenir un standard pour les satellites en orbite basse et de moins de 500 kg et cela avec un coût réduit.

Cubesail devrait être opérationnel pour les nouveaux satellites l'an prochain et disponible pour désorbiter les débris existants dès 2013.

Information de l'Université du Surrey

Une autorité pourrait-elle imposer un système de désorbitation aux satellites pour qu'en fin de vie, la question soit réglée ?

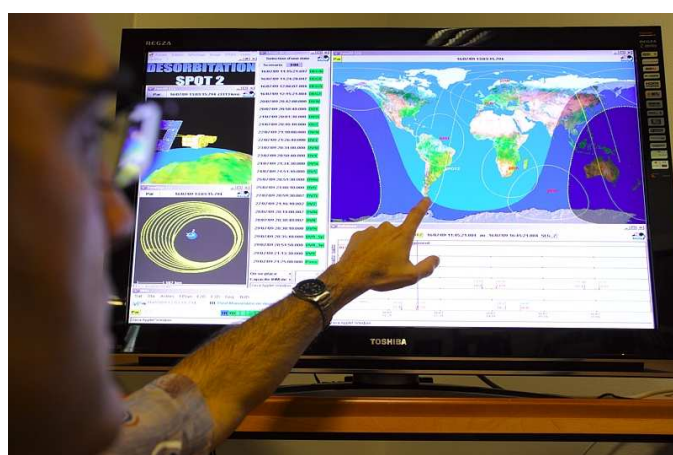
Voilà quelque chose de pertinent : il y a le monde d'hier et celui de demain. Tout ce qui

se passe à partir d'aujourd'hui est fondamental : il y a un corpus très complet et précis de ce qu'il faut faire pour avoir droit de lancer à partir de demain.

Tout lanceur, tout satellite devra obéir à un certain nombre de règles très strictes au point de vue : non prolifération de débris. C'est par exemple la règle des 25 ans :

- qui interdit de rester dans les zones critiques (orbite basse et le voisinage de l'orbite géostationnaire) plus de 25 ans,
- qui oblige à se passer c'est à dire garantir qu'en fin de vie de l'objet qu'il n'y a aucun risque d'explosion. etc...

C'est un corpus de règles édictées par l'IADC¹, qui est en fait le club des pollueurs, qui réunit les onze agences internationales capables de faire des débris. Ces règles ont été approuvées par l'ONU, puis déclinées en standard ou réglementations nationales et font aujourd'hui l'objet d'une standardisation au niveau ISO donc qui sera appliquée ensuite au niveau mondial. La France vient par exemple de se doter d'une loi dite des opérations spatiales dans laquelle tout un chapitre traite de la non prolifération des débris spatiaux.



2009 : désorbitation du satellite SPOT-2 conformément à la règle des 25 ans

1 IADC : Inter Agency Space Debris Coordination Committee

Tout ça, c'est demain mais que fait-on avec ce qu'on a déjà en l'air ?

Même en arrêtant tout lancement demain, le nombre de débris continuerait à croître de façon exponentielle. La préoccupation est donc ce qui est déjà là-haut.

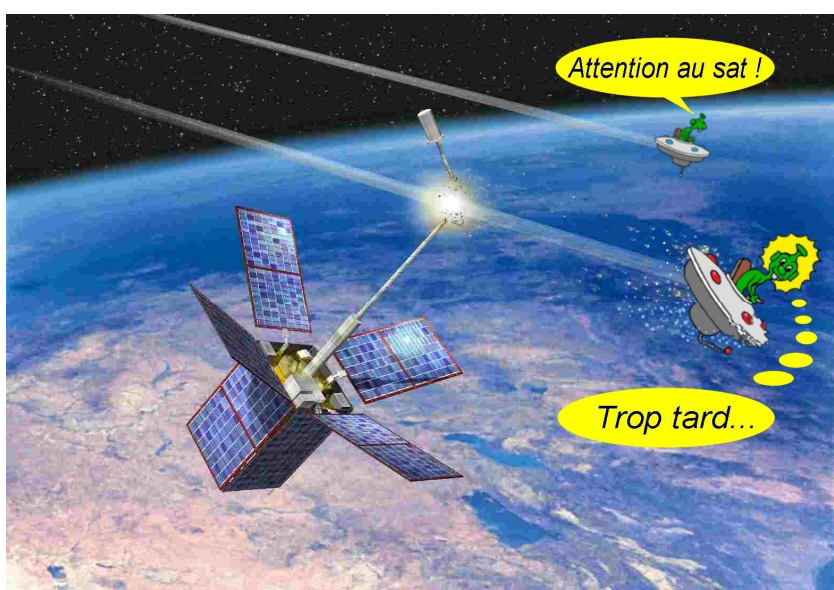
Concrètement, que va t-il se passer, que va faire le CNES, et les diverses agences spatiales qui s'intéressent à cette question cruciale dans les mois, les années à venir ? Verra t-on (et quand) décoller « un camion poubelle » pour faire le ramassage des ordures ?

Il est certain que la prise de conscience est forte chez tout le monde : il faut faire quelque chose. Le CNES a été exemplaire dans cette affaire, avec les Américains et les Japonais et cela a entraîné tout le monde, mais la question n'est pas que technique, elle est aussi financière. Si le fait de chercher un débris coûte 10 fois le prix de l'objet, on se posera sérieusement la question du financement. Mais il y a aussi plein de questions d'ordre juridiques : avez-vous le droit d'aller chercher un débris qui n'est pas à vous ? Supposons que l'on décide d'aller chercher un débris là-haut qui devait se balader tranquillement pendant 1000 ans dans l'espace et qui n'a gêné personne jusqu'à maintenant ; en chemin, on rencontre (l'OTV ou autre dispositif) un autre satellite et boum, c'est l'accident stupide.

Qui est responsable ? Il va s'en dire que le responsable initial du débris dira : « moi j'étais pénard là haut, et je ne gênais personne » mais le chauffeur du camion poubelle répondra : « je faisais du mieux que je pouvais ». Il faut donc une réglementation internationale pour tous les aspects : assurance, juridique, légaux, politiques et si, de plus, vous êtes capable d'aller chercher n'importe quoi, n'importe où dans l'espace, vous pouvez aller chercher un non débris qui n'est pas le vôtre, ou seulement aller observer (les militaires sont très susceptibles sur ces aspects...). Tout cela doit être résolu rapidement.

Mais on voit aussi que cela peut freiner les choses voire bloquer toute action, et pourtant il faut étudier les techniques, faire des démonstrations. Cela pourrait-il rester que théorie ?

Sans solution technique, la suite ne serait même pas évoquée : la priorité est d'avoir une solution technique qui tienne la route.



Il faut pouvoir montrer aux dirigeants, aux agences qu'une solution existe, qu'elle fonctionne, que tout est au point et que c'est à eux de jouer désormais en créant le contexte « politico assuro juridico » correct.

Aujourd'hui, nous sommes encore dans la question : comment vais-je le faire ? Il va falloir développer les technologies, faire des tests au sol, puis dans l'espace pour attraper au moins un objet non coopératif. Cela dit, 90 % de la technique nécessaire est déjà maîtrisée : les bras robotiques, et l'expérience de l'ATV (véhicule de transfert autonome) avec la station spatiale internationale, qui a déjà autorisé des rendez-vous d'une extraordinaire précision (quelques mm), en est une preuve. L'OTV c'est quasiment un ATV sans le côté coopératif de la cible qu'était l'ISS. Le besoin de démonstration technologique est donc relativement faible mais néanmoins indispensable. C'est donc de la recherche technologique tout azimut sur les capteurs :

voir à quoi ressemble la cible par exemple, où les Japonais utilisent deux caméras pour construire une image en stéréo et la comparer avec une image réelle connue - une technique utilisée pour la sonde Hayabusa - ou encore des systèmes LIDAR (CNES), espèce de radar à faisceaux assez larges qui se réfléchissent sur l'objet en face et permettent d'en déterminer ses volumes. Toutes ces techniques font appel à du logiciel de reconnaissance de forme, qui doit travailler vite et reste à développer au sol, dans les labos, aussi chez les industriels, centres de recherche et universités et ceci au niveau européen. Dès que tout cela deviendra prometteur, il faudra tester dans l'espace car ici il y a de la gravité, de l'atmosphère : une manip en vol, pas forcément très grosse, un démonstrateur technologique et c'est l'objet essentiel du travail d'aujourd'hui ; il devrait voler vers 2017. Donc tout d'abord un démonstrateur en vol de taille modeste (300 kg) : un chasseur qui viendrait attraper un objet qui, au début, serait immobile, mais qu'on approche selon plusieurs directions ; puis on fait bouger l'objet de manière à déterminer l'enveloppe des possibilités, ceci en testant différentes technologies concurrentes - est-ce que la caméra donne un meilleur résultat que le LIDAR ? - etc...

[Bien, mais est-ce que tout le monde a compris la situation ou est-ce seulement le club des pollueurs ?](#)

Tout le monde, c'est beaucoup mais pour les responsables d'agences, c'est oui. Les grandes agences - Américains, Japonais (JAXA), les Européens, Français, Allemands (DLR) - sont convaincues que cela est une priorité et l'administration américaine vient d'inscrire cela dans la charte des missions données à la NASA (nettoyer les orbites...). Au niveau du politique, c'est plus dur et l'approche peut être tout à fait différente. Côté ONU, les gens sont très convaincus et au comité spatial des Nations Unies, il y a un groupe de travail permanent sur ce sujet et qui sort des recommandations et dont le travail est d'essayer au sein du politique. Au niveau du monde académique, l'Académie In-

ternationale d'Astronautique émet des livres blancs, des recommandations très précises avec une étude en cours sur les solutions proposées et des solutions de financement.

[Y a-t-il une possibilité d'interdiction à l'espace si la situation ne change pas ?](#)

Oui, mais il faut avoir bien en tête les constantes de temps : si les mentalités ne changent pas, si on est pas propre demain, si on arrive pas à développer ce système de nettoyage etc.. alors cette zone entre 800 et 1200 km sera condamnée tôt ou tard, c'est à dire dans 100 ans ou peut-être 200 ans ; la situation dégénère lentement mais sûrement et de façon irréversible.

Nous sommes dans le bas de l'exponentielle et, à ce qu'il paraît, Einstein disait « **rien ne fait plus peur que l'exponentielle** ».

ANNEXES

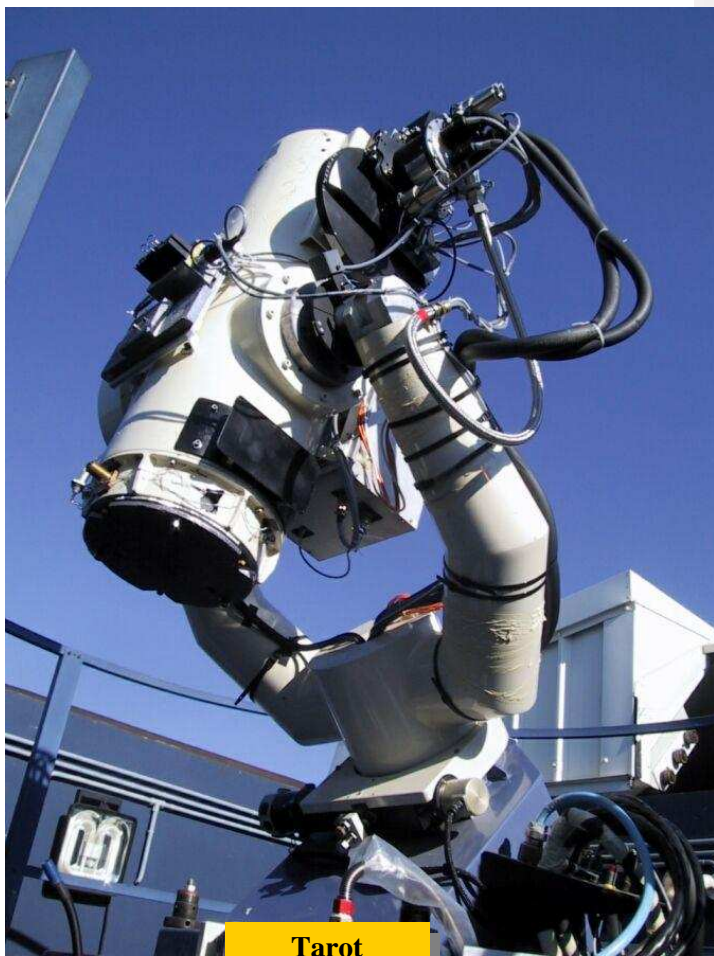
[France - Observation des débris spatiaux](#)



I 1 **Radar militaire d'observation (ONERA)**

existe des moyens au sol et en orbite. Les moyens d'observation au sol sont des radars ou des télescopes, qui permettent de suivre les trajectoires d'objets mesurant quelques centimètres. Les moyens embarqués carac-

térisent la densité de petits débris via l'observation d'impacts sur des surfaces soumises à l'environnement spatial. Cela peut être des détecteurs spécifiques embarqués sur des satellites ou sur la station spatiale, ou bien encore simplement des équipements en orbite qui ont été récupérés au sol comme les panneaux du télescope de Hubble.



Tarot

La DGA/DCE dispose d'un système expérimental de télescopes SPOC (Sky Observation Probatory System) composé de deux stations optiques installées à Toulon et Odeillo. Ils assurent la détection et le suivi d'objets en orbite basse.

Tarot est un télescope du CNRS de type Newton avec caméra CCD utilisé pour l'observation des sursauts gamma (1 fois tous les 15 jours en moyenne), installé au plateau de Calern. Mais le CNES utilise TAROT pendant ses périodes inutilisées pour observer les débris spatiaux (objets de plus de 20 cm).

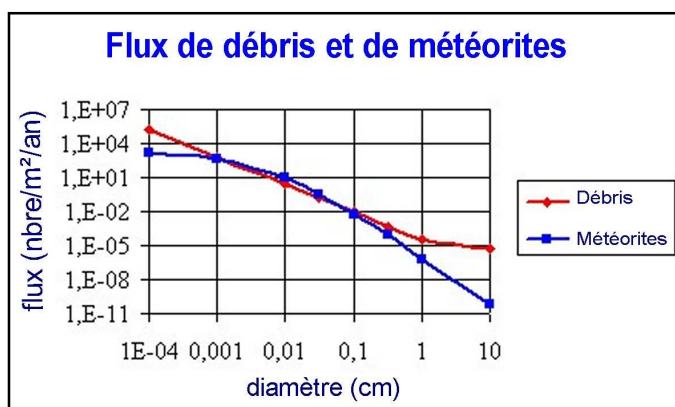


Détecteur MOS

Système embarqué.

Le principe des détecteurs actifs (MOS) est de mesurer la décharge d'une capacité au moment de l'impact d'une micro-particule.

Pour des objets d'un diamètre supérieur à 0,1cm, les débris créés par l'homme engendrent plus d'impacts que les météorites (environnement naturel) comme le montre ce graphique à une altitude de 940 km :



Réglementation

Au niveau agence

- Standard CNES établi en 1999 : RNC-CNES-Q40-512
- Code de Conduite Européen établi le 28/06/2004 (le standard CNES a servi de base pour établir ce standard).
- Standard NASA établi en 1995 : Safety Standard NSS-1740-14
- Standard NASDA en 1996 : Space Debris Mitigation Standard NASDA-STD-18

Ces mesures ou règles représentent un coût non négligeable en termes de masse, performance, développement et opérations. Elles doivent faire l'objet d'un consensus international pour que tous les acteurs du domaine spatial appliquent les mêmes règles dans un contexte de concurrence économique.

Au niveau international

Du fait de la nécessité d'un consensus international, un comité international composé d'agences spatiales gouvernementales, l'IADC (Inter Agency Space Debris Coordination Committee) a été créé en 1993.

IADC

Il regroupe 11 agences spatiales : ASI (Italie), BNSC (Angleterre), CNES, CNSA (Chine), DLR (Allemagne), ESA (Europe), ISRO (Inde), Japon, NASA (Etats-Unis), NSAU (Ukraine), FSA

(Russie).

L'IADC est une force de proposition pour les Nations Unies en matière de débris spatiaux.

Les objectifs de l'IADC sont :

- d'échanger des données relatives aux activités de recherche sur les débris spatiaux entre les membres du comité et de coopérer dans ce domaine d'étude,
- de mener des études techniques sur les débris spatiaux,
- d'identifier et d'évaluer les mesures de prévention pour établir au final des recommandations.

L'IADC a établi un recueil de principes en 2002 : [Space Debris Mitigation Guidelines IADC-02-01](#)

Ce document a été avalisé par les Nations Unies en 2007, après examen et approbation par le COPUOS (Committee for Peaceful Uses of Outer Space) et donc au delà des agences spatiales par les 69 pays membres de ce comité.

Les Nations-Unies

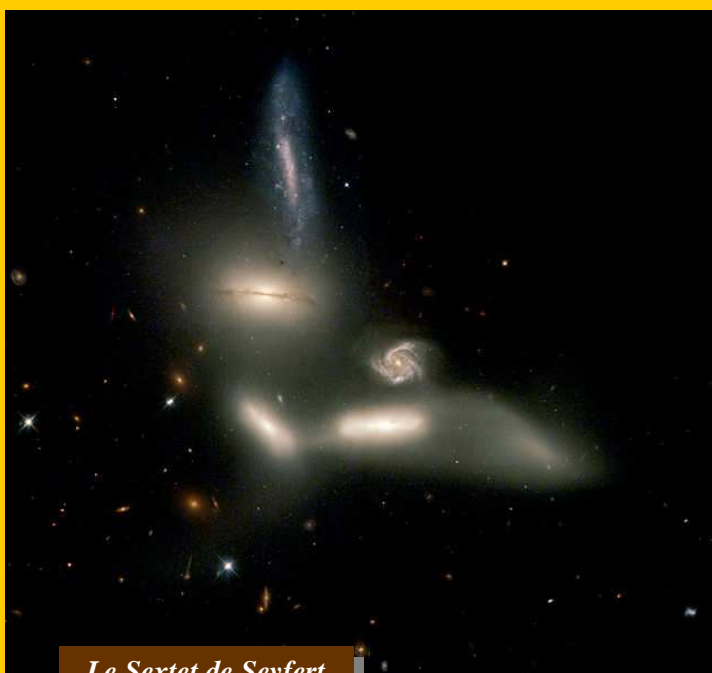
A ce jour, seul le Sous-Comité Scientifique et Technique du COPUOS a été saisi de la question des débris spatiaux. Elle est à l'ordre du jour depuis 1994. Le sous-comité juridique n'a pas encore été saisi de la question.

Le sous-comité scientifique et technique du COPUOS prépare actuellement un document de principes sur les débris spatiaux à partir des Mitigations Guidelines de l'IADC. Lorsqu'il aura été approuvé, ce document représentera le consensus, non plus de 11 agences, mais de 67 pays. Ce document constituera ainsi une base commune aux législations nationales de chaque pays. Cette réglementation est nécessaire au développement durable des activités humaines dans l'espace.

C'est arrivé ce jour-là...

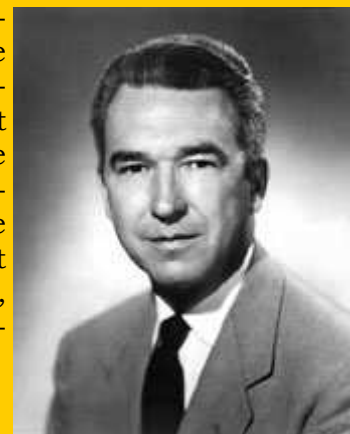
Février 1911, il y a 100 ans

Kart Seyfert est né le 11 février 1911 à Cleveland aux Etats-Unis. A la fin de ses études à l'Université d'Harvard, il obtient son doctorat en astronomie avec une thèse sur « l'étude des galaxies externes » : sa thèse portait sur les couleurs et la luminosité des galaxies. De 1936 à 1940, il

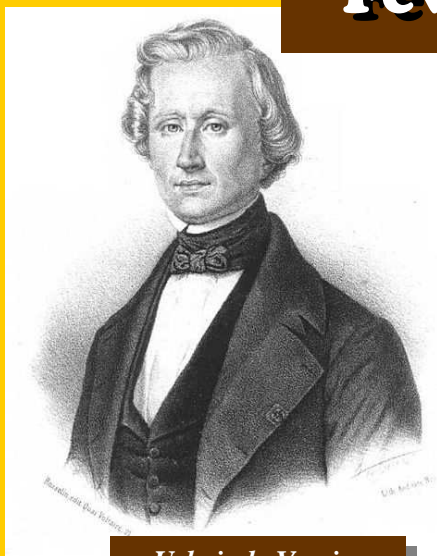


Le Sextet de Seyfert

participe au démarrage du tout nouvel observatoire McDonald au Texas et continue l'étude des couleurs des galaxies spirales et des étoiles faibles de type B. En 1943, il publie un article sur les galaxies au noyau brillant qui émettent de la lumière avec un spectre de raies d'émission particulièrement élargies : cette classe de galaxies est maintenant appelée galaxie de Seyfert en son honneur. En 1946, il rejoint l'Université de Nashville au Tennessee où il obtient des fonds pour y construire un observatoire avec un télescope de 24 pouces (609 mm). Naturellement, il devient directeur de ce nouvel observatoire. En 1951, il observe et décrit un groupe de galaxies autour de NGC 6027 appelé maintenant sextet de Seyfert. Il occupera ce poste jusqu'à sa mort le 13 juin 1960, dans un accident de voiture.



Février 1891, il y a 140 ans



Urbain le Verrier

Urbain le Verrier est né le 11 mars 1811 et fait de brillantes études de mathématiques qui lui permettent d'entrer à l'école polytechnique en 1831. Il en sort deux ans plus tard comme ingénieur des tabacs. En 1837, il demande à travailler dans la section chimie de l'école polytechnique mais la place lui échappe et on lui propose celle de géodésie et astronomie qu'il accepte. Il se spécialise dans la mécanique céleste. Il devient membre de la section astronomie de l'Académie des sciences en 1846. C'est aussi l'année de la découverte de la planète Neptune, dont il a calculé la position dans le ciel et communiqué les coordonnées à l'astronome allemand Johann Galle à l'observatoire de Berlin. Il tente d'appliquer la même mé-

thode d'étude des perturbations de l'orbite de Mercure pour trouver Vulcain, entre le Soleil et Mercure. Il en prédit même le transit devant le Soleil en 1877. Mais ses prédictions se révèlent inexactes et elles seront expliquées par Albert Einstein grâce à la théorie de la Relativité Générale. En 1854, il est nommé directeur de l'observatoire de Paris où il succède à François Arago. Il mène alors une réorganisation totale. Mais il est arrogant et suffisant. Entre vexations, suppressions de traitements, appropriation des travaux de ses collaborateurs, son ca-

ractère odieux force bon nombre d'astronomes à démissionner. La presse le traite de tyran ; le 5 février 1871, le gouvernement le relève de ses fonctions et le remplace par Charles Delaunay, mais il meurt noyé à Cherbourg en 1872. Thiers rappelle Le Verrier à la tête de l'Observatoire de Paris pour ses compétences scientifiques incontestables mais on lui adjoint un conseil scientifique pour le contrôler. Il restera directeur de l'Observatoire de Paris jusqu'à sa mort le 23 septembre 1877.

Février 1853, il y a 158 ans

Cet astronome amateur est né le 6 février 1853 à Edinbourg. Sa passion pour l'astronomie a commencé lorsqu'à l'âge de 5 ans, son père lui a montré la comète Donati. Il étudie la théologie mais il est financièrement à l'abri du besoin pour se consacrer à temps plein à l'astronomie. Il devient un observateur habile et découvre deux novas : l'une en 1892 dans la constellation d'Auriga et une autre en 1901 dans Persée. Celle de 1892 lui a

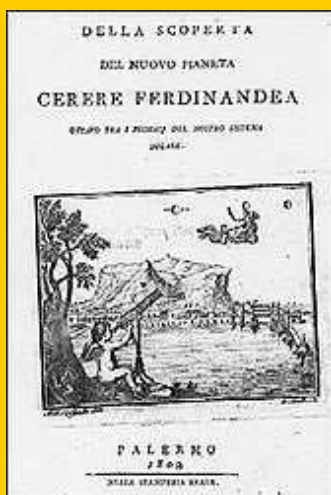
permis d'obtenir le tout premier spectre de nova dans l'histoire ; quant à celle de Persée, elle a atteint la magnitude 0,2 et est devenue la nova la plus brillante depuis la supernova de 1604 observée par Kepler. Il établit ses propres atlas d'étoiles et découvre 53 étoiles variables, la première d'entre elles était V Cas, dans la constellation de Cassiopée en 1893. Dans ses recherches, il se rend compte que l'étoile de 3^{ème} magnitude de t Eridani, avait été repérée par Ptolémée et Al-Sufi comme étant une étoile de 1^{ère} magnitude. Avec les découvertes de ses novas, il obtient la médaille Jackson-Gwilt de l'Académie Royale d'Astronomie en 1902. Il quitte Edinbourg en 1904 à la recherche d'un site offrant de meilleures conditions d'observations. En 1923, il annonce la découverte d'une autre nova dans le Cygne, mais personne n'a confirmé cet événement. On pense qu'il pourrait s'agir juste d'une éruption stellaire.



Comète Donati

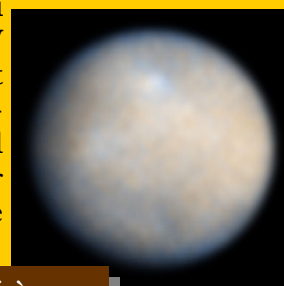
Janvier 1801, il y a 210 ans

Giuseppe Piazzi est né en Lombardie le 16 juillet 1746. Il étudie les mathématiques à Rome et obtient la chaire de mathématique de l'université de Malte en 1770. En 1787, il devient professeur d'astronomie et on lui donne la permission de passer deux ans à Paris et à Londres pour approfondir ses connaissances. Mais on lui avait confié une autre mission : on lui demande de fonder un observatoire à Palerme qu'il doit équiper d'instruments. Entre 1787 et 1789, il rencontre les plus grands astronomes français et anglais et il acquiert le cercle azimutal de Jesse Ramsden, l'un des plus célèbres opticiens et constructeurs d'instruments de précision du 18^e siècle. Ce cercle est, lors de la fondation de l'observatoire, l'instrument le plus important. Le 1^{er} janvier 1801,



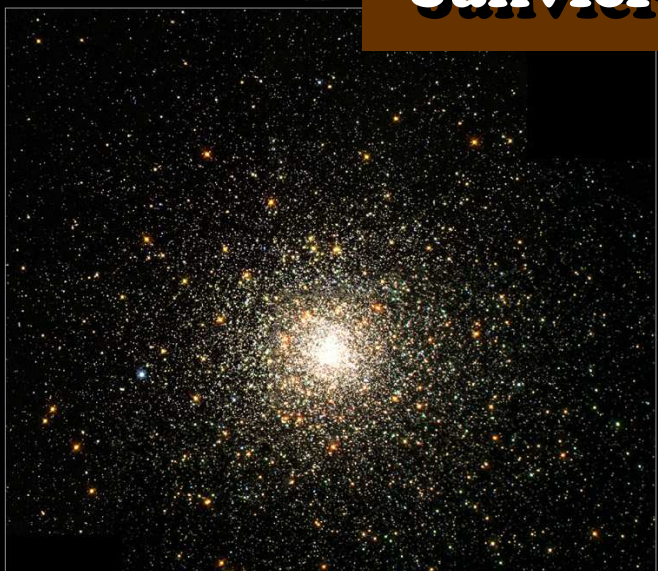
il observe un astre inconnu qui se déplace de jour en jour par rapport aux reste des étoiles : il le nomme Ceres Ferdinandea en l'honneur du roi Ferdinand IV. Pour des raisons politiques on ne conserve que le nom de Cérés. Giuseppe Piazzi reçoit en 1803 le prix Lalande de l'Académie des Sciences. Il devient membre de la Royal Society en 1804 et de la plupart des sociétés savantes des grandes villes en Europe. En 1817, le roi

Ferdinand IV lui confie l'achèvement des travaux de l'observatoire de Naples et il est nommé directeur des observatoires de Naples et de Sicile.



Cérés

Globular Cluster NGC 6093



Pour sa quête de comètes, Charles Messier établit un catalogue d'objets qui n'apparaissent que comme des taches floues dans son instrument et avec lesquels il pourrait confondre d'autres taches floues que seraient les comètes. La différence entre toutes ces taches floues réside dans le fait que seules

Janvier 1781, il y a 230 ans

les comètes se déplacent par rapport aux étoiles. Il dresse donc un catalogue des objets qui restent fixes dans le ciel. Il pourra ensuite s'y référer lorsqu'il découvrira de nouveaux objets. L'objet qui porte le numéro 80, M80, est un amas globulaire découvert le 4 janvier 1781. Charles Messier le décrit de la manière suivante : « [...] une nébuleuse ronde avec un centre plus brillant ressemblant au noyau d'une comète [...] ». Les instruments de l'époque ne permettent pas de résoudre l'amas et aucune étoile n'y est visible. Pourtant le 21 mai 1860 des observateurs anglais et allemands découvrent une étoile au sein de cette « nébuleuse ». Il s'agit en fait de la première nova observée au sein d'un amas globulaire ; à son maximum, elle était même plus brillante que l'amas tout entier qui contient pourtant plus de 100 000 étoiles.

Février 1761, il y a 250 ans

Charles Mason est un astronome et géomètre britannique. Ses talents en mathématiques sont remarqués par James Bradley, astronome royal qui l'embauche comme assistant à l'observatoire royal de Greenwich. Il devient alors familier des tables de la Lune qui permettent aux navigateurs de faire le point et de mesurer leur longitude. Charles Mason consacre sa vie au perfectionnement de ces tables pour faciliter la navigation. En 1760, la Royal Society prépare des expéditions à travers le monde pour observer le transit de Vénus de 1761. Mason est initialement prévu pour faire partie d'une expédition sur l'île de Sainte-Hélène, mais par manque de personnel, on l'affecte à une autre expédition, celle de Dixon qui doit s'installer à Sumatra. L'expédition part de Plymouth le 8 janvier 1761 mais doit revenir immédiatement après avoir été attaquée par un navire français. L'expédition ne repart que le 3 février mais doit renoncer à atteindre Sumatra. Le 27 avril, le navire aborde les côtes d'Afrique du Sud et les astronomes érigent un observatoire de fortune et réussissent à mesurer le transit ; la précision de leurs mesures sera saluée par

la communauté scientifique. Il est appelé, à nouveau avec Dixon, aux Etats-Unis en 1763, pour ses compétences de géomètre, pour délimiter précisément la séparation entre la Pennsylvanie et les trois comtés qui deviendront plus tard le Delaware. Grâce à leur méthode astronomique plutôt que le fil à plomb et la boussole. Leur démarcation atteint une précision de quelques mètres là où leurs prédécesseurs n'étaient précis qu'à 300m à cause des anomalies de gravité et du champ magnétique. Cette ligne, connue depuis sous le nom de ligne Mason-Dixon est réputée pour avoir joué le rôle de frontière culturelle entre les états du Nord et les états du Sud. En 1769, Mason est à nouveau sollicité pour observer un transit de Vénus, mais, refroidi par les aventures de la précédente expédition il refuse d'aller en Norvège et se contente de l'observer depuis l'Irlande. A cause des conditions climatiques, le voyage dure 3 semaines. Il est en place avant le transit et pendant les 2 mois qui précèdent, il effectue de nombreuses mesures préliminaires. Au cours du transit en juin, il observe le phénomène de la goutte noire mais il ne peut mesurer que les 1^{er} et 2^{ème} contacts à cause de la couverture nuageuse. Il reste sur place jusqu'à fin décembre pour déterminer précisément sa longitude, calcul le plus précis jamais réalisé pour l'époque. En 1780, après avoir grandement amélioré les tables de la Lune, il réclame 5000£, mais il n'obtient que 1317£. Déçu, il part pour les Etats-Unis. En 1786, il s'installe à Philadelphie. Il rencontre Benjamin Franklin et ils envisagent d'éditer une version américaine de l'Almanach Nautique, mais la maladie l'emporte le 25 octobre 1786 avant de concrétiser ce projet.

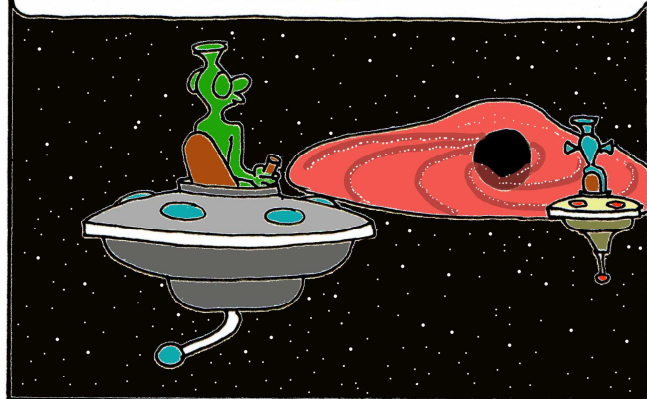




Al 78

Une question de temps...

QUELQUE PART DANS NOTRE GALAXIE,
AL78 RETROUVE LI28 PRÈS D'UN
TROU NOIR STELLAIRE



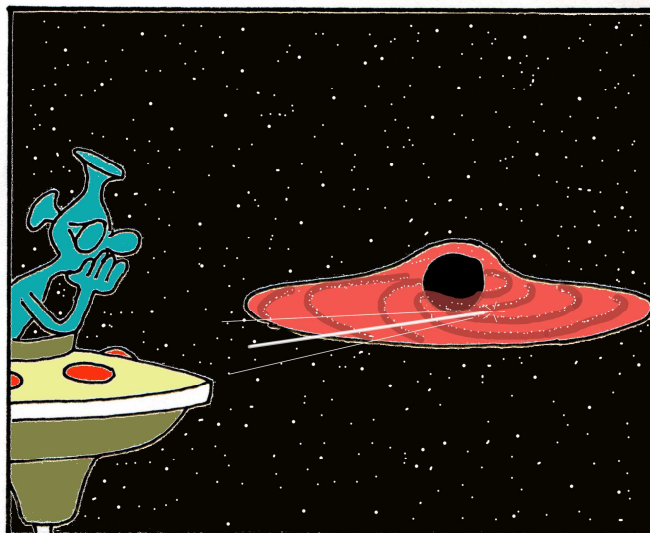
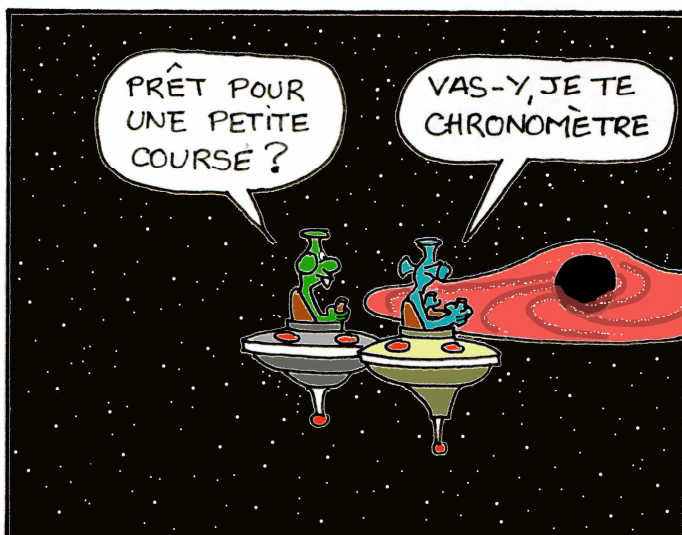
SALUT AL78

SALUT LI28



PRÊT POUR
UNE PETITE
COURSE ?

VAS-Y, JE TE
CHRONOMÈTRE



EH, 5 MIN 10 S
PAS MAL HEIN ?

???



TU RIGOLES ! ÇA FAIT 35 ANS
QUE JE T'ATTENDS...



Une des propriétés de la Relativité Générale, le temps s'écoule moins vite pour celui qui se trouve dans un champ de gravité intense comme celui qui règne autour d'un trou noir.

TJMS - Buthiers



Fin et suite...

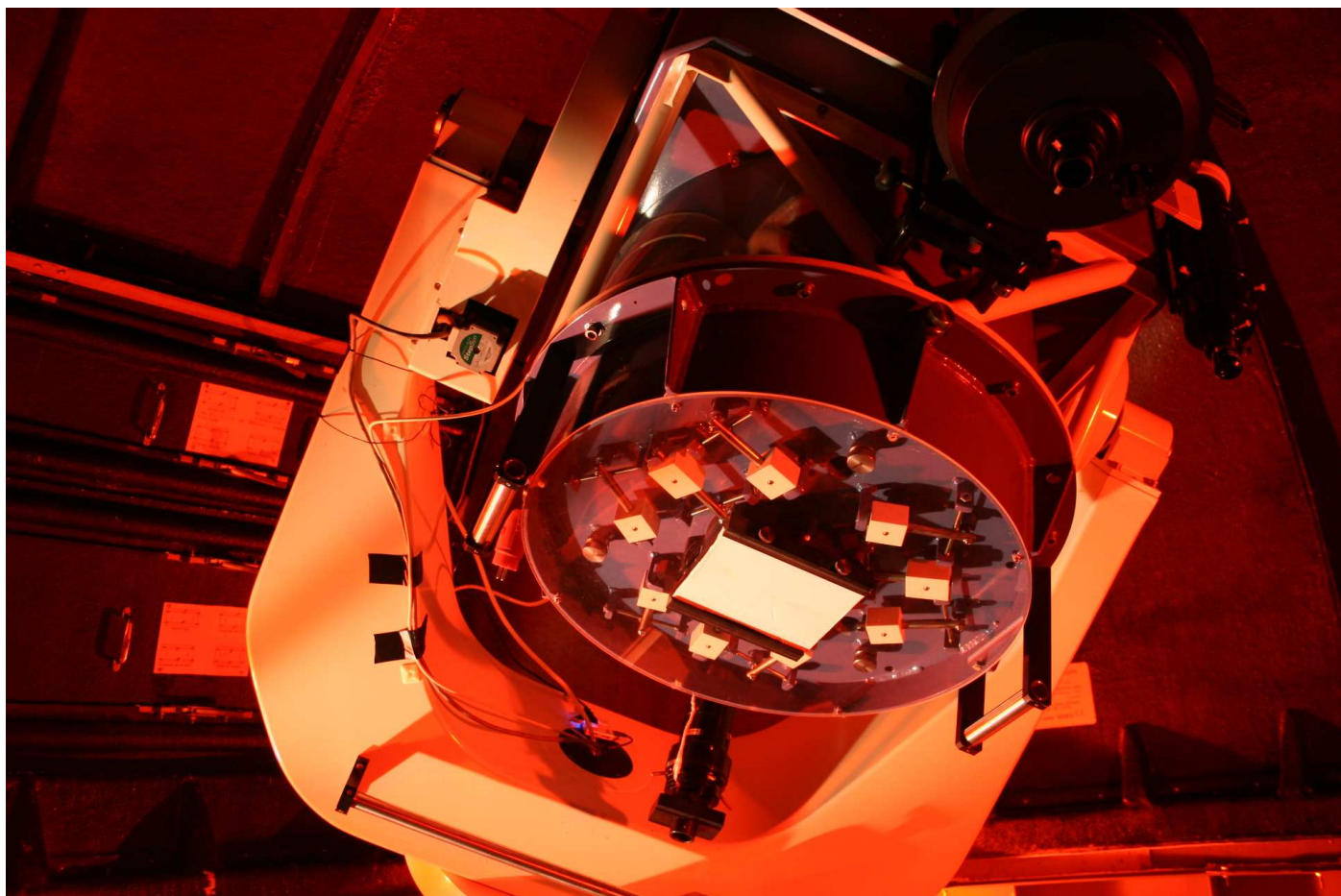
Fin David

Jeudi soir, grande soirée, c'est l'agrément TJMS qui se joue. N'ayant pas trop l'habitude des soirées avec de nombreux jeunes, je me pose la question : « qui sont ils ? » Une école des beaux quartiers avec des élèves sages et mignons, ou bien l'inverse. Une petite appréhension est palpable, mais bon il faut se lancer dans la vie. Je retrouve Cédric au TJMS à l'heure prévue. Il me lance que je suis le chef de la soirée et que si j'ai besoin d'aide, il est là pour moi. Il m'aide à ouvrir la coupole et débâcher le télescope. Le temps est variable avec des trouées dans les nuages, il sera sûrement possible de voir quelque chose. Les élèves n'étant pas présents — ils sont partis manger — je me fais quelques cibles : Jupiter, M1, M45, la Lune. Un peu de temps pour faire la synchronisation du télescope avec l'ordinateur à cause des nuages, mais pour le moment tout se passe bien. Les élèves arrivent et je découvre une classe de collégiens en pleine forme pour une soirée d'observa-

tion. Comme ils sont nombreux, on fait plusieurs groupes et le premier groupe monte dans coupole pour une présentation de l'instrument. Après quelques questions pour voir si ils suivent, je leur montre Jupiter la star de la soirée. Le seeing n'est pas top, mais correct, ils font la remarque qu'il y a des bandes sombres sur Jupiter. Malheureusement pour les deux autres groupes, les nuages se décident à boucher définitivement le ciel pour la nuit. Ils auront le droit à une présentation générale du TJMS et de l'astronomie. La fin de la soirée se passe sur la terrasse gelée, une séance de light painting est organisée. À ce moment, beaucoup d'élèves partent se coucher et il ne reste qu'une poignée d'irréductibles. Le froid aura raison de nous. Cela reste néanmoins une très bonne soirée grâce notamment aux élèves — de véritables crèmes — aux professeurs, très très sympathiques et à l'encadrement de Planète Sciences.

Lionel

Vendredi 10 décembre : je viens passer la



soirée avec cette même classe de collégiens. Malheureusement pour tout le monde, le temps est bien plus couvert que la veille et il n'y a aucune chance de pouvoir observer quoi que ce soit. Hier, David était à ma place, et entre les nuages, certains d'entre eux ont pu observer Jupiter. Pour ce soir, je m'entraîne à tout mettre en route, sans pour autant ouvrir la coupole, tandis que la classe écoute avec attention l'exposé de Joël Le Bras, responsable du secteur astro de Planète Sciences et conférencier de planétarium ; passionnant ! Néanmoins, cette soirée a suffi pour valider mon agrément et, après un message de David qui m'annonce que du beau temps est prévu pour le lundi suivant, j'informe déjà Cédric que nous allons réserver la soirée pour notre première nuit en solo au TJMS.

Suite...

En ce lundi 13 décembre, comme prévu depuis quelques jours, le temps est effectivement magnifique. Nous avons donc réservé la soirée pour faire des observations avec le

T60. C'est Pierre qui a été chargé de récupérer les clés, l'heure limite étant de 18h. Je le rejoins dans le parking vers 18h 15 et nous montons tous les deux à l'observatoire. Aujourd'hui, nous n'avons pas de problème de rapidité pour neutraliser l'alarme puisque le personnel de la base de loisirs l'a fait pour nous avant notre arrivée. C'est donc tout tranquillement que nous ouvrons le centre. A l'ouverture du cimier, à deux comme nous l'avons appris, j'entends David qui arrive. A trois, nous sommes maintenant beaucoup plus efficaces pour la mise en route du télescope et démarrons la ventilation de la coupole pour équilibrer les températures extérieure et intérieure afin de minimiser les turbulences. Un rapide coup d'œil sur Jupiter : d'une part pour l'observer et d'autre part pour régler le logiciel de pilotage avec le télescope. Nous constatons que l'écart de température est beaucoup trop

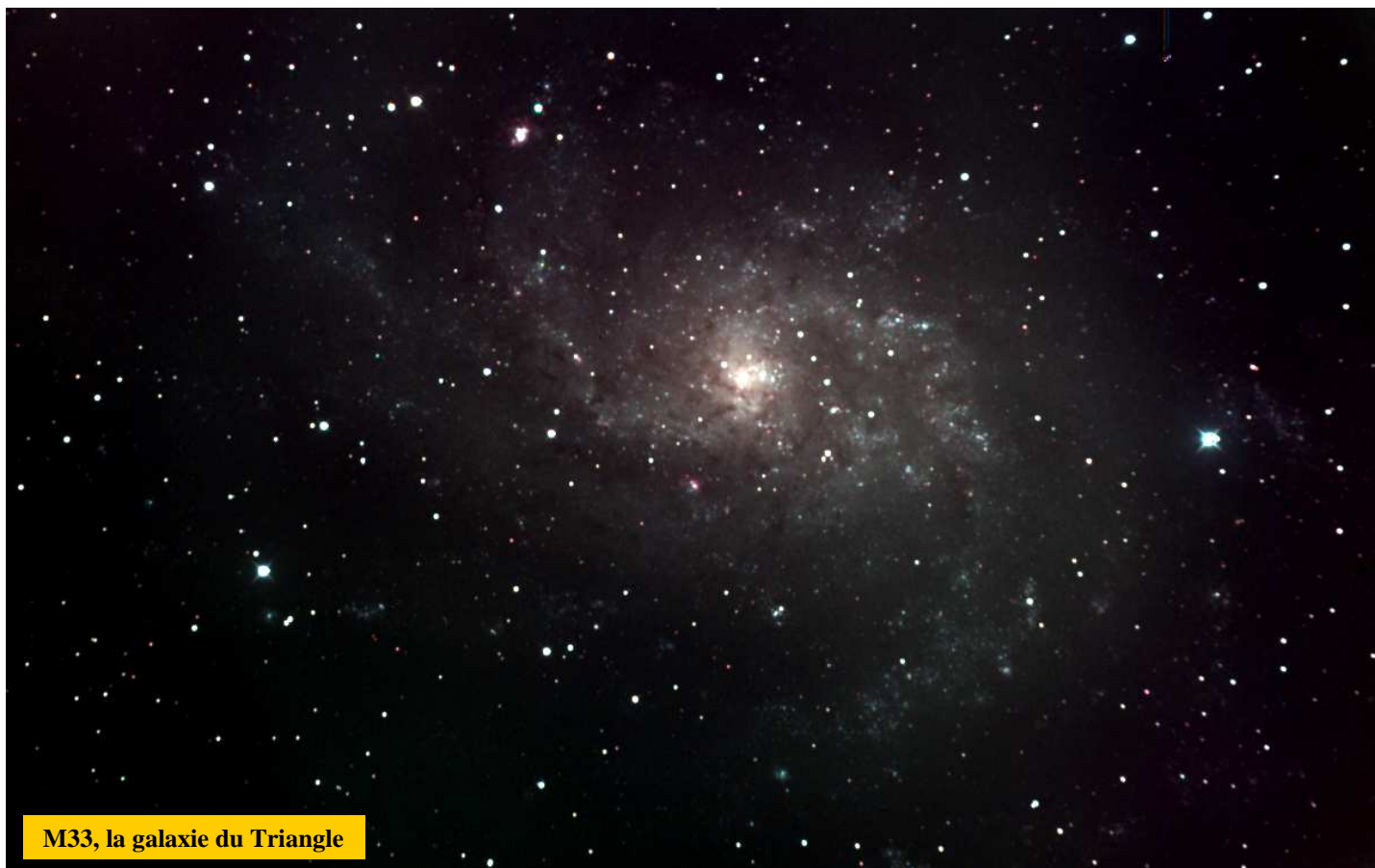


La salle de contrôle sous le télescope

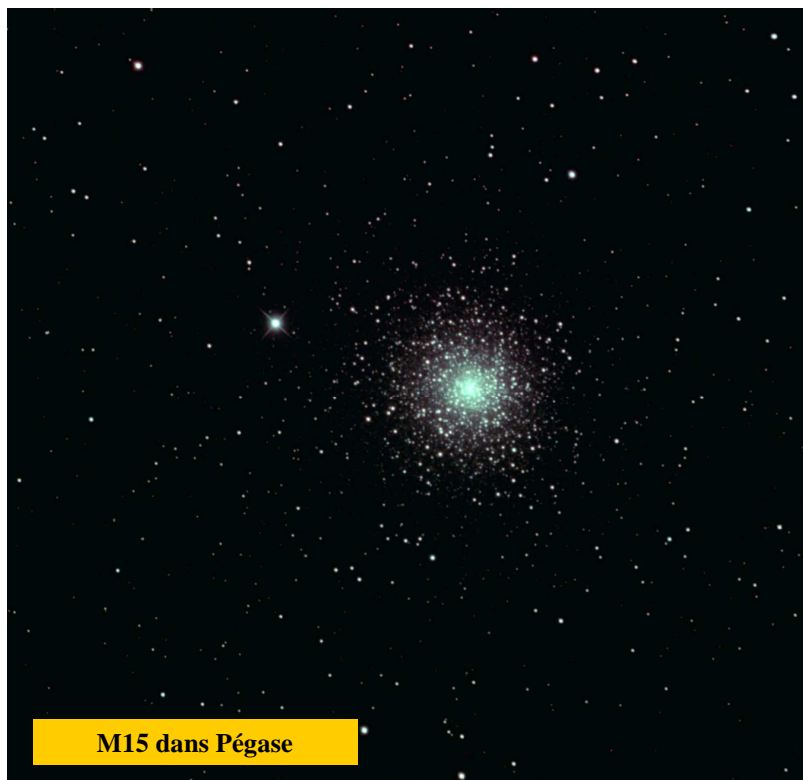
poses sur la rotation du ciel autour de l'étoile Polaire avec, en fond, la terrasse et les coupoles et surtout avec l'espoir de capter quelques Géminides, car c'est la nuit du maximum de cet essaim d'étoiles filantes. A notre retour dans la coupole, la température est déjà descendue à -3°C et la nuit s'annonce froide. La turbulence s'est un peu calmée mais il ne faut visiblement pas s'attendre à des miracles ce soir. Pour la forme, j'installe la webcam

important. Dehors, il fait déjà -3°C alors qu'à l'intérieur il fait encore 10°C ; la turbulence est importante. Nous en profitons pour établir une liste des cibles de la soirée et manger un peu. David part installer son appareil photo à l'extérieur pour faire des séries de

(PLA couleur que j'ai empruntée à M42 Optic) et mon ordinateur pour en faire un film : la dernière fois, Jupiter était à peine visible à travers les nuages. Cette fois-ci, sans les nuages, je dois régler les poses à 5 ms et le gain à 8%, donc pratiquement tout au mini-



M33, la galaxie du Triangle



M15 dans Pégase

ses sérieuses avec l'installation de la super CCD de chez SBIG : la STL 11k. Notre première cible : l'amas globulaire M15 dans la constellation de Pégase. Un clic de souris et l'amas est dans le champ de la caméra : un vrai bonheur. Nous passons quelques minutes pour le réglage fin de la mise au point et c'est parti pour une série de poses. En même temps, nous découvrons l'utilisation du logiciel, et programmons des séries de poses avec chaque filtre pour pouvoir faire ensuite de la trichromie ou même de la quadrichromie. On est impressionné par la facilité d'utilisation de l'installation. Il est extrêmement facile de pouvoir faire des images avec la Rolls des caméras sur un télescope de cette taille. L'inconvénient majeur de l'installation est

le vignettage de l'image ; il faut dire qu'avec une focale aussi courte que 2 m pour un télescope de 60 cm de diamètre, on ne pouvait pas s'attendre à autre chose : les images sont toutes affublées d'un disque brillant

mum, c'est dire la sensibilité de cette webcam. Après Jupiter nous pointons le télescope sur Uranus qui se trouve non loin de là. Avec une focale de 2m, je dois régler la caméra sur 21 ms avec un gain de 27% ; ceci est remarquable pour une planète à plus de 2 milliards de km ! Nous dirigeons ensuite le télescope vers la Lune pour immortaliser certains de ses cratères : la région de Cassini, Eudoxe et Erathostène, Triesnacker et son réseau de failles (très probablement des tunnels de lave effondrés) ; la pose n'est que de 6ms avec un gain de 6%, mais il est dommage que la turbulence reste forte... Après cette entrée en matière, nous passons aux cho-

le vignettage de l'image ; il faut dire qu'avec une focale aussi courte que 2 m pour un télescope de 60 cm de diamètre, on ne pouvait pas s'attendre à autre chose : les images sont toutes affublées d'un disque brillant

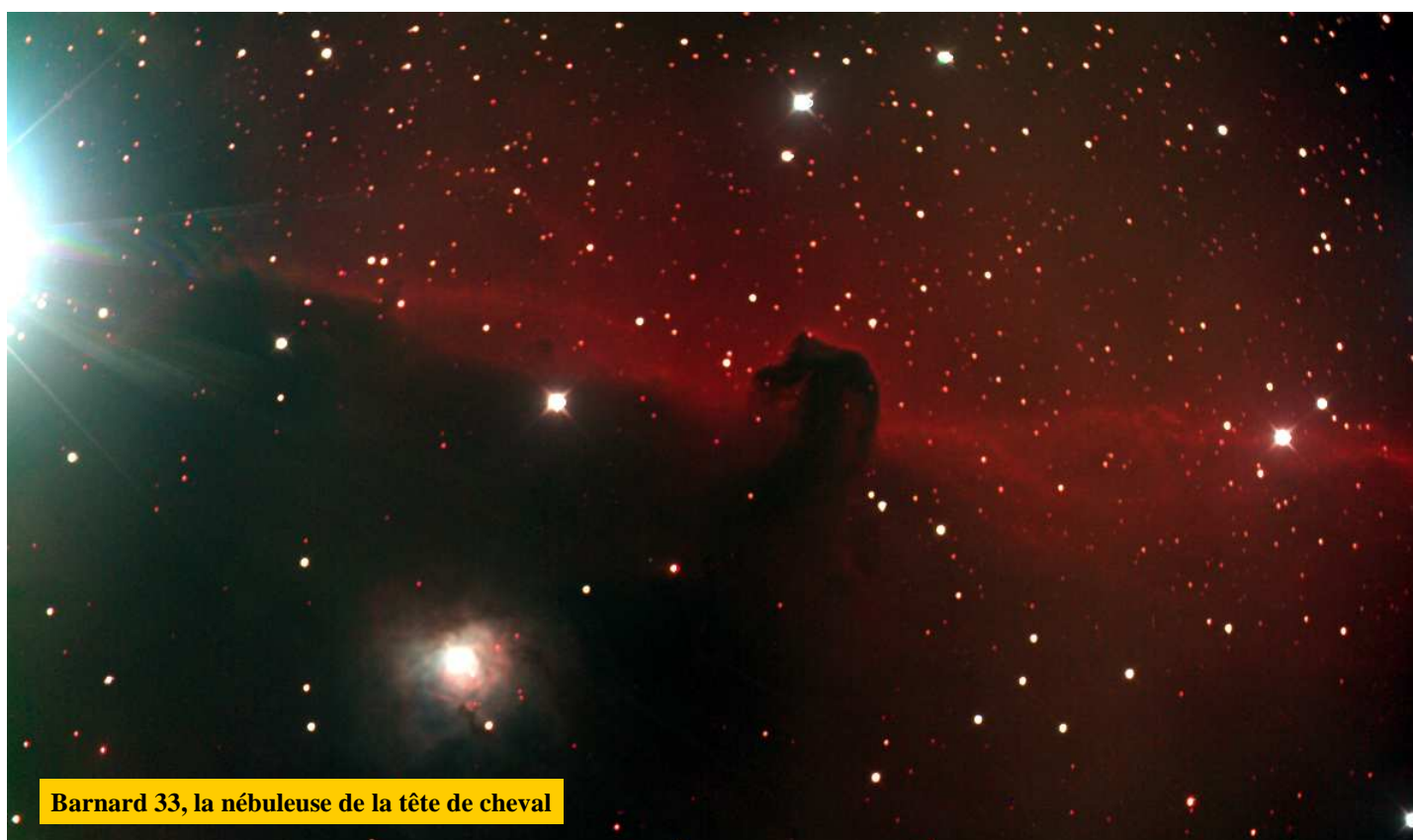


NGC 7662, nébuleuse de la boule de neige bleue

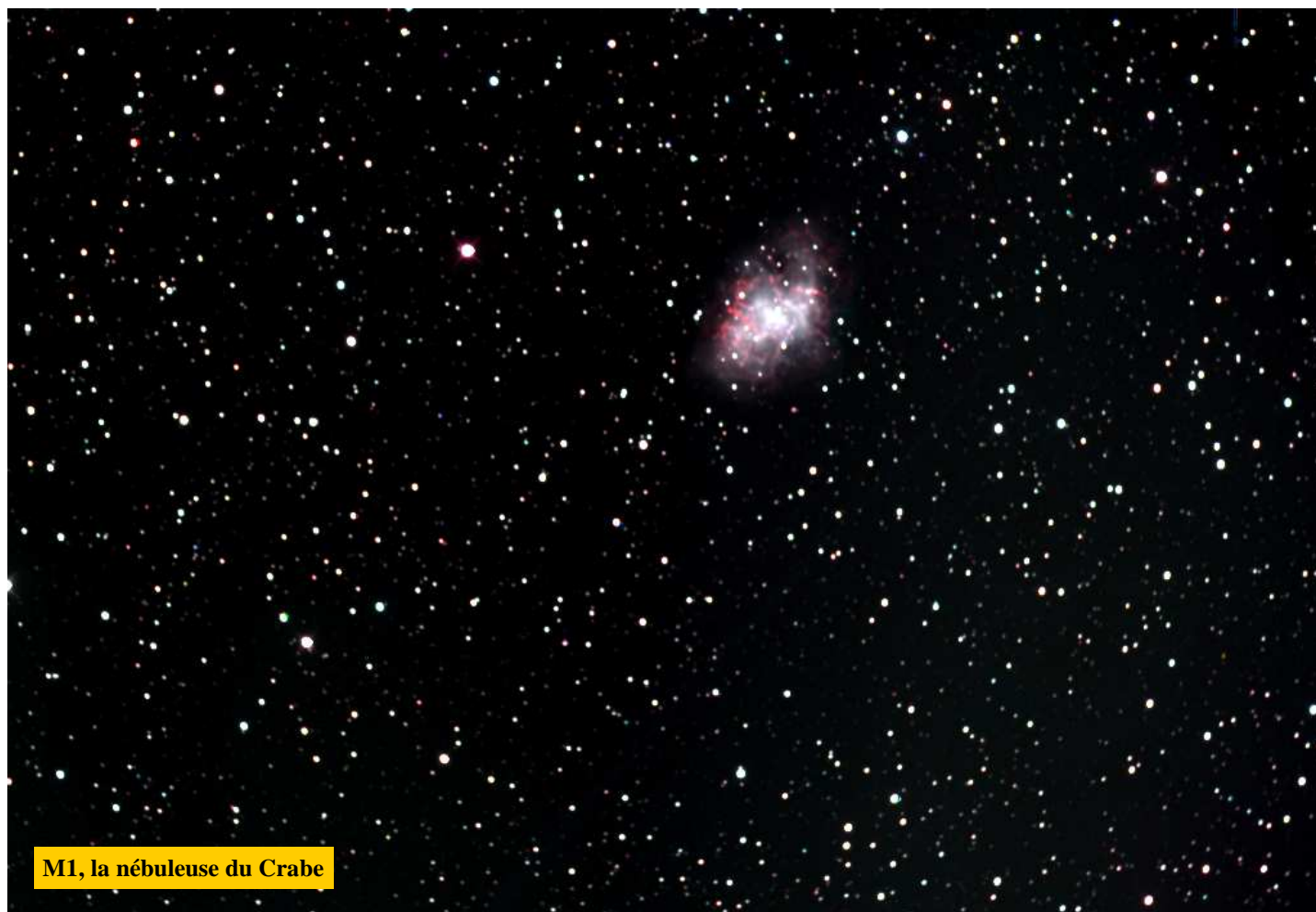


qu'il faudra corriger au traitement en n'oubliant pas de prendre des images particulières qu'on appelle des flat (en anglais) ou des PLU en français pour Plage de Lumière Uniforme. PLU : image d'une zone uniformément éclairée en blanc qui révèle les défauts de la combinaison optique, instrument et caméra, et que l'on retrouve sur toutes les images. Après nous être fait la main sur M15, nous pointons sur la petite nébuleuse planétaire de la boule de neige bleue, toujours dans la constellation de Pégase. On replace l'éscabeau et on tourne le miroir secondaire pour

que la lumière arrive dans le porte-oculaires utilisé pour l'observation visuelle et nous nous succédons pour l'admirer : on devine même la couleur bleue de la nébuleuse, un vrai régal ! Pierre tourne à nouveau le miroir secondaire vers le porte-oculaires de la CCD et nous redescendons dans la salle de contrôle. La nébuleuse apparaît dès les premières poses au centre de l'écran. Nous programmons une série de poses avec tous les filtres, pendant ce temps je traite les films de Jupiter, Uranus et la Lune. Au bout de 10 minutes, avec 2mn 30 pour chaque filtre à raison de poses individuelles de 15s, nous changeons de cible : M33. Je n'y crois pas trop, la Lune est au premier quartier, et elle n'est pas loin de la constellation du Triangle dans laquelle se trouve cette gigantesque galaxie vue de face. La vision à l'oculaire nous confirme que les détails vont être difficiles à voir et nous ne distinguons qu'une vague tache floue au centre de l'oculaire sans aucun détails. De retour devant l'ordi-



Barnard 33, la nébuleuse de la tête de cheval



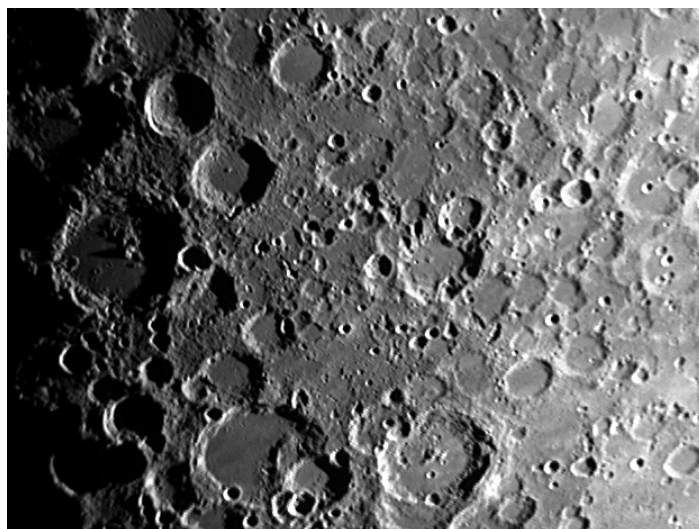
M1, la nébuleuse du Crabe

nateur, les premières poses nous montrent par contre très bien les bras spiraux avec des condensations marquées ; les détails sont bien là, dommage que la Lune soit si présente, on imagine ce que cela donnerait par une nuit sans Lune. Nous regardons ce que voit le capteur d'autoguidage intégré dans la CCD, mais pas de chance : aucune étoile dans son tout petit champ. Vu la taille de la galaxie et la faible intensité des bras, nous programmons des séries de poses en binning 3x3 : en regroupant les pixels de la caméra 3 par 3, on augmente la sensibilité et on diminue les problèmes de suivi et nous montons les poses à 1 minute. Pendant ce temps, j'ai déjà traité les images de M15 et je m'attèle à celle de NGC 7662. Evidemment la cafetière tourne à plein régime, un bon café bien chaud est très apprécié, d'autant plus que dans la coupole il fait maintenant -5,5°C. No-

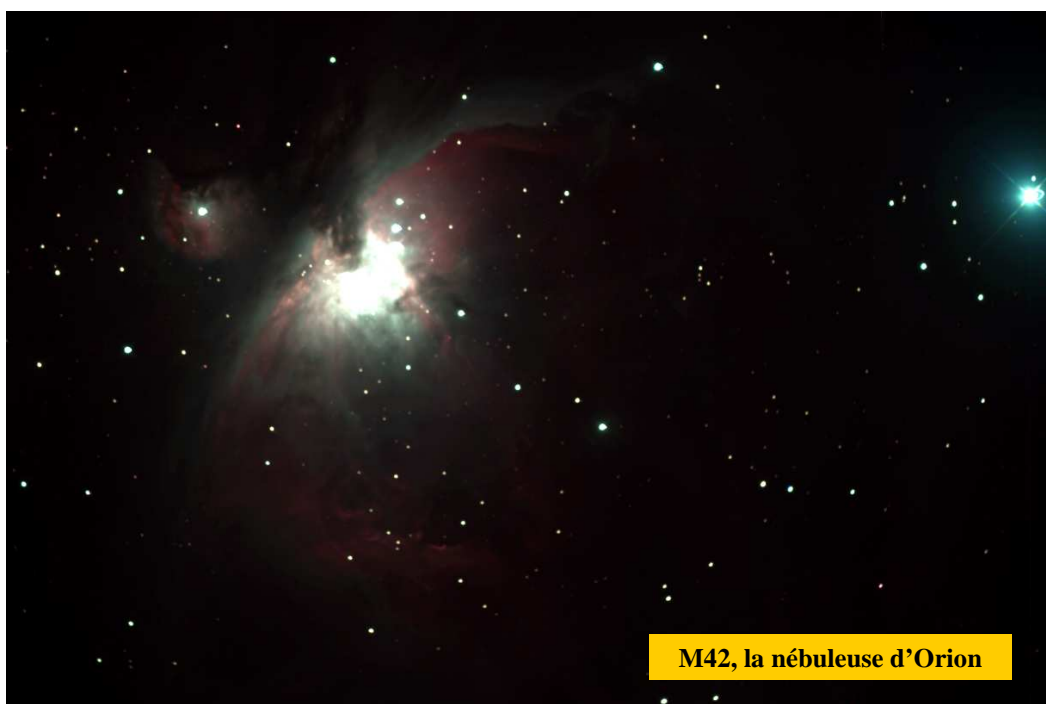
tre cible suivante, c'est NGC 891. C'est une galaxie dans la constellation d'Andromède qui est vue par la tranche. Un petit tour dans la coupole pour l'observer à l'oculaire, mais nous nous rendons à l'évidence : les cirrus doivent être présents car on ne voit strictement rien. En redescendant dans la salle sous la coupole, on ne voit rien non plus sur l'écran de l'ordinateur. Nous montons sur la terrasse pour constater qu'une partie non négligeable du ciel a été envahie par les cirrus. Nous restons à l'extérieur quelques minutes pour observer quelques belles Géminides, en espérant que David en aura capté quelques unes. La terrasse est complètement givrée et de là-haut on perçoit le bruit du déclencheur de l'appareil photos de David qui n'est visiblement pas encore complètement gelé. En scrutant le ciel à la recherche d'une zone non encore envahie

par le voile de cirrus, nous décidons d'observer M42, la célèbre nébuleuse d'Orion. A l'oculaire elle ne semble pas aussi impressionnante que ce qu'on a déjà observée au Maroc, avec un télescope pourtant plus petit (« seulement » 40cm de diamètre), probablement à cause de la Lune et d'un fin voile de nuages. Nous constatons que des poses de 10s ne saturent pas trop le centre de la nébuleuse et nous lançons les séries de photos à travers tous les filtres. Notre cible suivante est la nébuleuse de la Tête de cheval ; ce nuage de poussière, connu sous le nom de Barnard 33, est situé en avant de la nébuleuse IC 434. Les premières images nous révèlent facilement l'encolure de l'équidé et comme pour la galaxie du Triangle nous lançons des poses de 1 minute en binning 3x3. Il est maintenant plus de 1 heure du matin, la température dans la coupole est descendue à -7,5°C et la dernière cible de la nuit sera la nébuleuse du Crabe dans la constellation du Taureau. Nous gardons les mêmes séries de poses et pendant que l'ordinateur travaille avec le télescope, David ramène son appareil photo qui a cessé de fonctionner depuis un moment : la batterie est totalement déchargée et l'appareil est complètement givré.

Après avoir rechargé suffisamment la batterie, nous regardons rapidement les photos pour constater qu'il va peut-être être difficile de reconnaître les étoiles filantes des Géminides parmi tous les avions qui ont zébré le ciel... 2 heures du matin, nous devons absolument faire toutes les images qui nous permettront de traiter

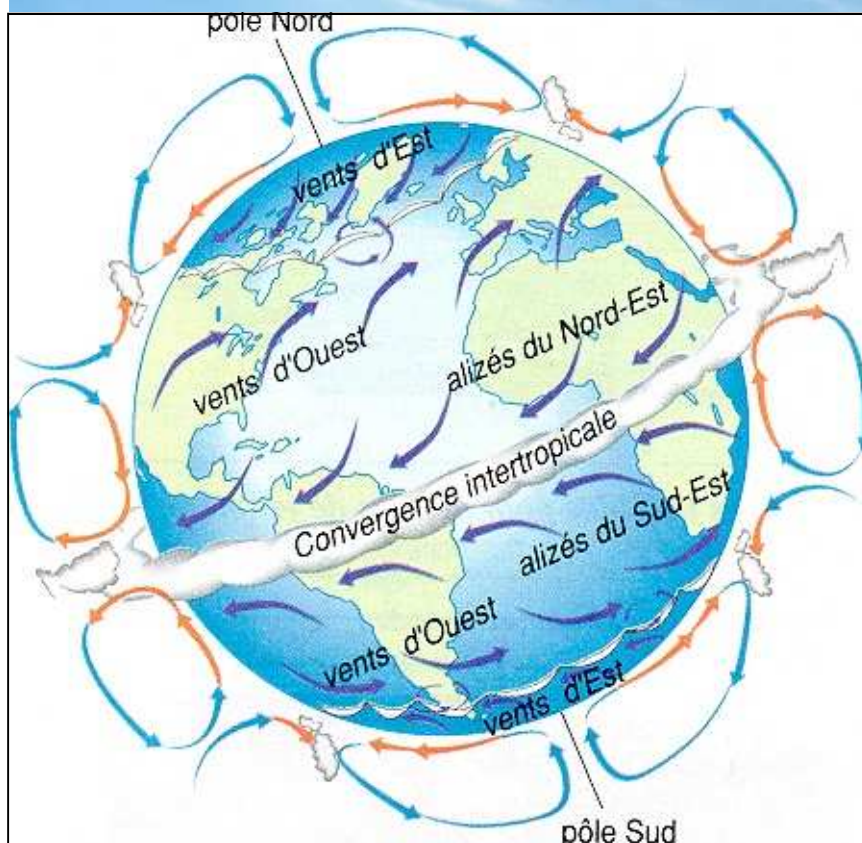


nos photos ; pour les « dark » et les offset, pas de problèmes, quant aux « flat », Pierre va se percher au sommet de l'escabeau devant le tube du télescope avec un tableau blanc. J'installe mon appareil photos pour envoyer des flash au moment où David m'indique qu'il lance une pose. Les résultats sont corrects mais sans plus, il faudra faire mieux la prochaine fois, peut-être avec des images crépusculaires. Nous refermons la coupole et rangeons le matériel. Les prévisions météo ne sont pas optimistes et il faudra peut-être attendre un bon moment avant de revenir passer une nuit ici...

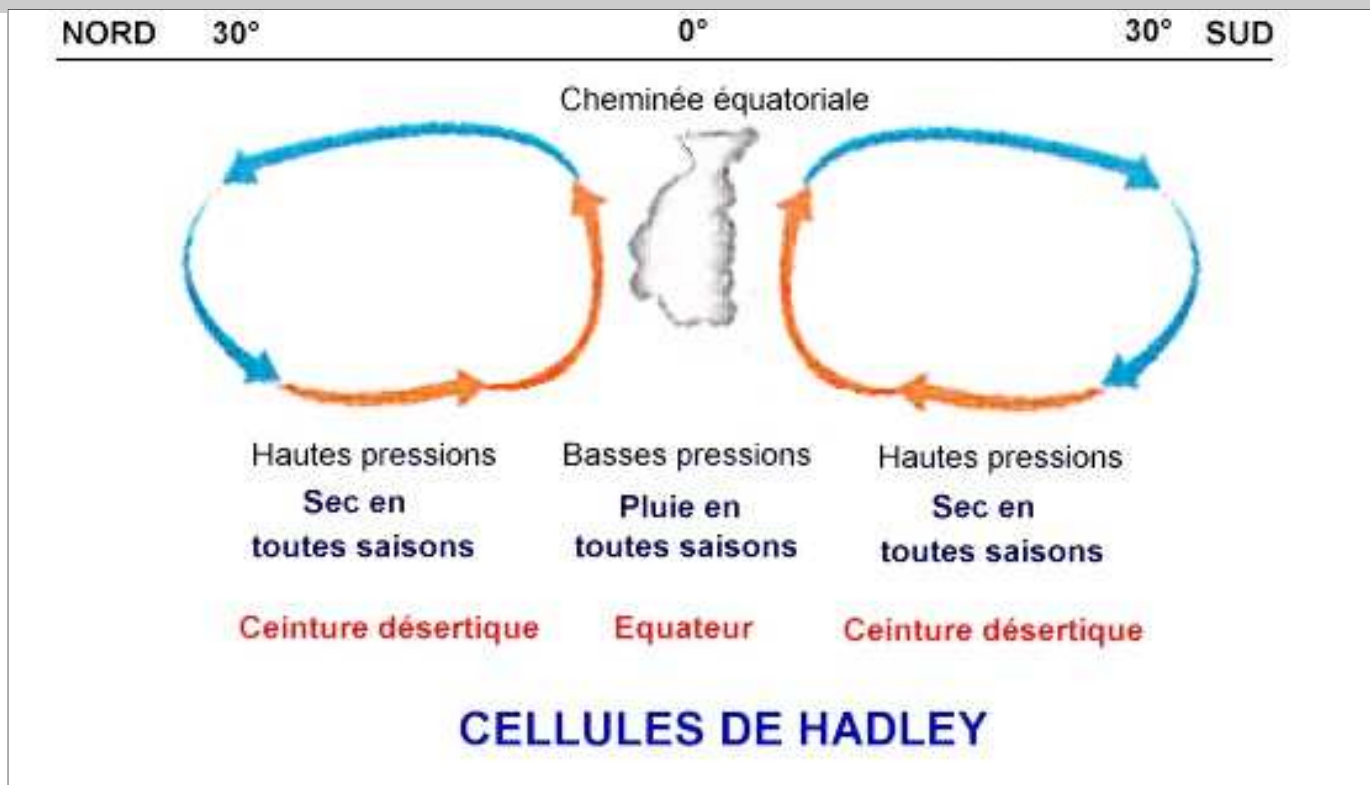


M42, la nébuleuse d'Orion

Lire l'avenir dans les... cirrus.



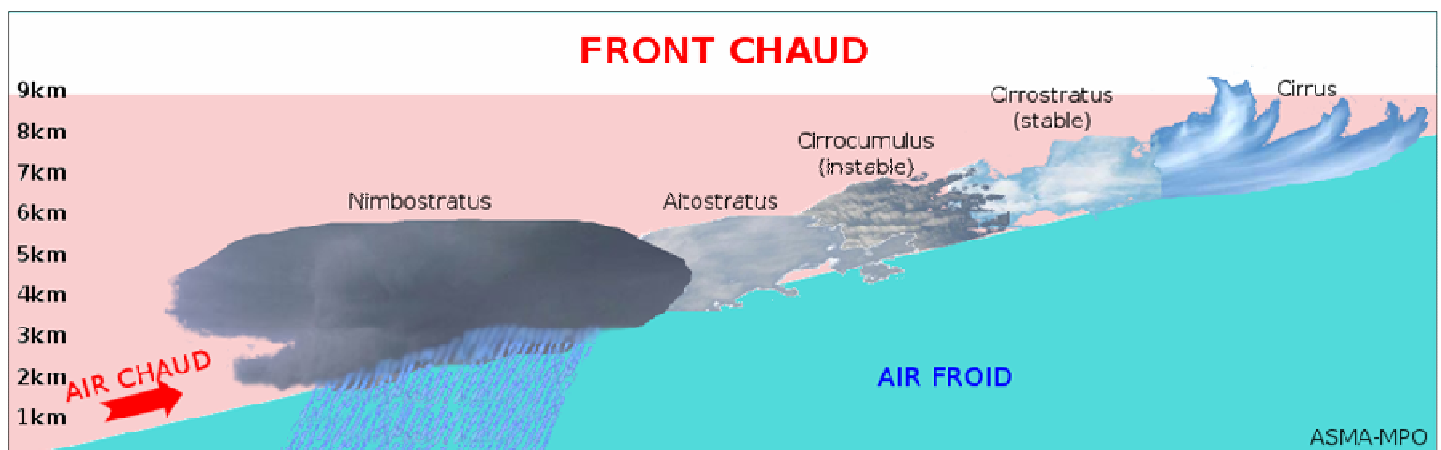
Le Soleil : c'est notre source d'énergie la plus puissante. Il nous procure la lumière et la chaleur. A la distance à laquelle se trouve la Terre, l'énergie que nous recevons est égale à 1370 W/m^2 : c'est la constante solaire. Cette énergie arrive de manière uniforme sur n'importe quel plan perpendiculaire aux rayons du Soleil. A l'équateur et entre les tropiques le sol est effectivement perpendiculaire aux rayons incidents mais aux latitudes plus élevées cette énergie se répartie sur une plus grande surface, chaque mètre carré est donc moins chauffé. La nature du sol joue également un rôle dans la manière dont cette énergie est absorbée et rayonnée ce qui fait que sur le globe on trouve des zones plus chaudes que d'autres. L'air chauffé est plus



léger que l'air froid plus dense, on voit alors apparaître des courants ascendants d'air chaud et ailleurs des courants descendants d'air plus froid et plus dense. C'est ce phénomène qui donne naissance aux régions de hautes pressions (les anticyclones) et de basses pressions (les dépressions). On doit à George Hadley en 1735 la mise en évidence de ces courants aériens qui constituent de véritables cellules pérennes dans le temps. On comprend alors mieux pourquoi les déserts se situent sous les tropiques (zones de hautes pressions permanentes) et pourquoi on trouve les grandes forêts pluviales sous l'équateur (zone dépressionnaire constante).

La formation des nuages

L'air chaud peut contenir une plus grande quantité de vapeur d'eau que l'air froid, voilà pourquoi il fait sec dans les régions polaires et l'atmosphère peut être très humide dans l'air chaud de la forêt amazonienne. En montant, l'air chaud se refroidit, il finit par contenir une quantité de vapeur en excédent. Cette vapeur d'eau excédentaire se condense pour former des nuages. En fonction de l'altitude les nuages sont de formes et donc de types différents. On classe généralement les nuages en trois catégories, les nuages bas, moyens et élevés. Les cirrus,



qui se trouvent entre 6000 et 10 000m sont constitués de cristaux de glace car leur température est inférieure à -40°C . Ils apparaissent comme de fines dentelles. Parfois ils n'ont pas de direction privilégiée dans le ciel mais parfois ils semblent tous indiquer la même direction.

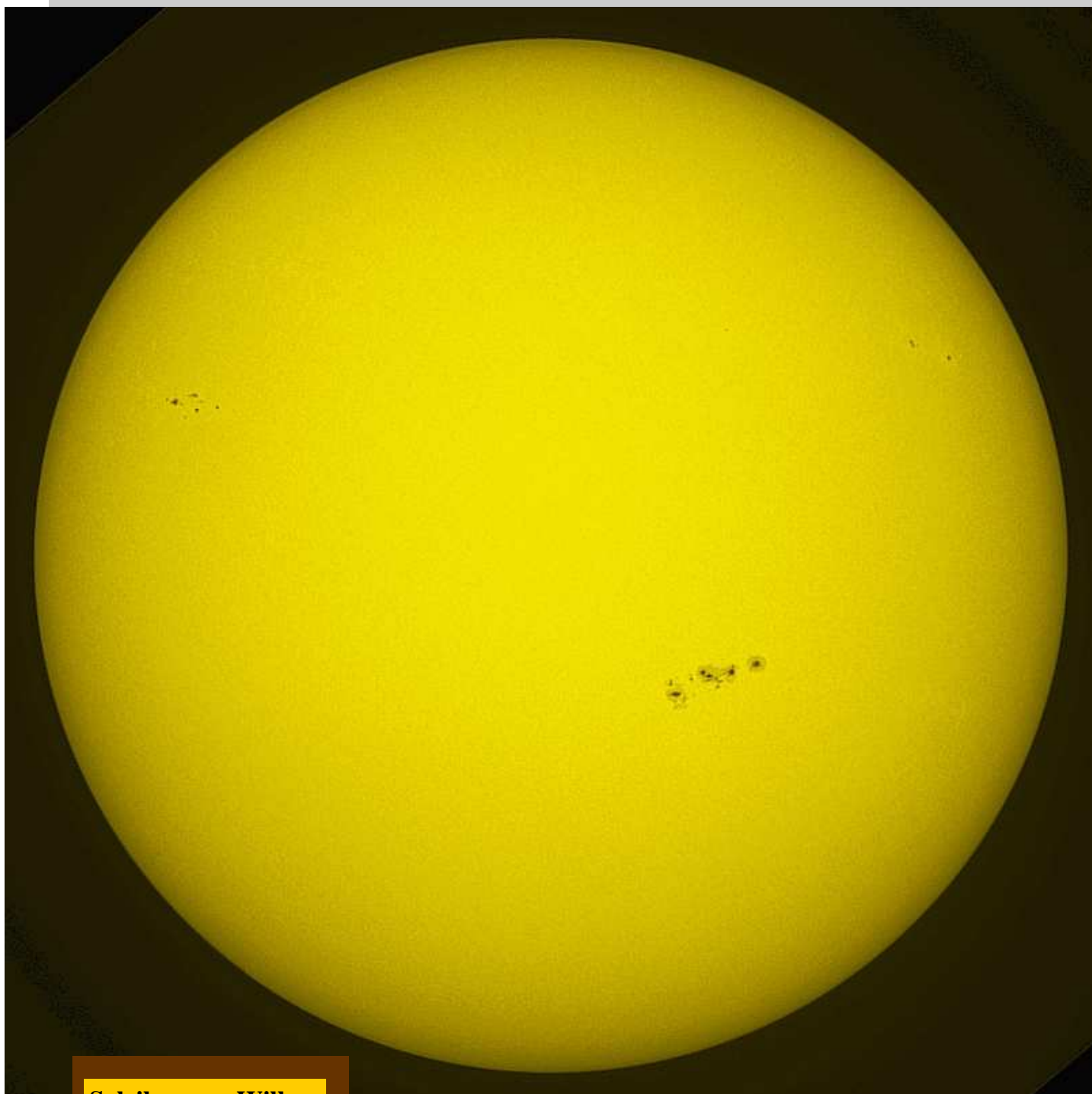
Les fronts des dépressions

Les zones de hautes pressions peuvent se représenter comme des saladiers qu'on aurait posé à l'envers, la base au niveau du sol est plus large qu'aux altitudes plus élevées. Lorsqu'une dépression prend la place d'un anticyclone, l'air instable épouse la forme de la zone de hautes-pressions et ce sont les nuages élevés qui apparaissent les premiers dans le ciel. Lorsque l'air devient instable en altitude, les cirrus se forment et, avec les vents d'altitude, ils s'orientent tous dans la même direction, celle du centre de la dépression. A mesure que le temps passe et que la dépression progresse, des nuages de plus en plus bas se forment. L'apparition des cirrus

est donc annonciatrice de l'arrivée prochaine du mauvais temps. C'est le front chaud de la dépression, la partie la plus active et souvent très pluvieuse de la dépression. A l'arrière, le front froid, est moins actif. Il laisse place à une zone perturbée qu'on appelle la traîne qui peut être plus ou moins active ou qui laisse la place à un nouvel anticyclone qui chasse à nouveau les nuages au-delà de la bulle d'un air plus dense. Si l'air ne contient pas la quantité de vapeur d'eau nécessaire à l'apparition des cirrus, les avions peuvent jouer le rôle d'indicateurs de mauvais temps. Les particules éjectées par les réacteurs sont autant de noyaux de condensation. Si la traînée à l'arrière des avions s'estompe rapidement cela veut dire qu'il évolue dans un air stable donc anticyclonique mais si la traînée ne disparaît pas ou très peu c'est qu'en altitude l'air instable est déjà là, les autres nuages ne tarderont pas à faire leur apparition !



Galerie



Soleil

Willy

Lunette ZS 70ED
Webcam Orion 4 SIII
Filtre Mylar + filtre vert n°56
Colorisé en jaune sous GIMP

Plouzané (29)

Tycho Philippe

Mak 180 + PL1 m
Maurepas (78)

15 novembre 2010



Jupiter Jean-François

Dobson 200/1200 + PLA C

20 janvier 2011



Saturne Jean-François

Dobson 200/1200 + PLA C

21 janvier 2011



Saturne Lionel

C14 + PLA C
À noter la tempête
Bonville (28)
21 janvier 2011



Jupiter Lionel

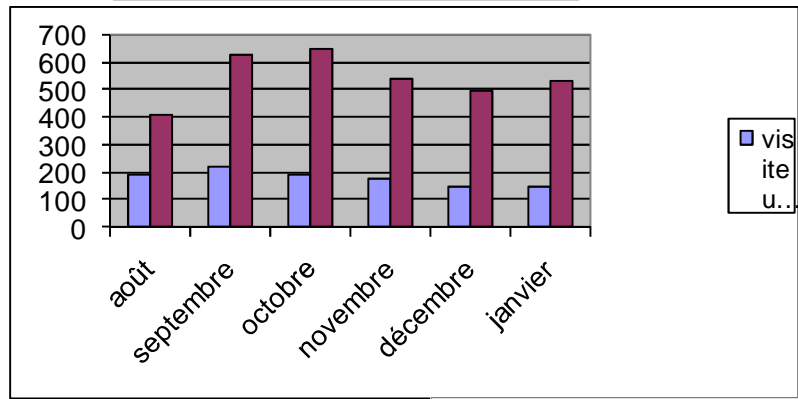
C14 + PLA C
Bonville (28)

16 janvier 2011

Albireo78
saison 2010-2011



Fréquentation du site



Sortie n°55 : avril 2011



Solution du mot fléché

Couvert de dunes	É	Sait pas quoi faire	T	A bon espoir	È	A de la testosterone	M	Agira les cordes	V	Religion à minarets	T	
Personnes alliées	É	Relative à Aristote	T	Affaire de peau	È	Cope fidèle	M	Préfixe d'union	V	C'est facile	T	
	F	R	A	N	C	S	M	A	C	O	N	S
Galaxies au com point faible des APN	G	R	O	U	P	E	L	O	C	A	L	
	A	Coloration jaune	I	C	T	E	R	E	Recueil	A	N	A
	C	Perroquet de mer	S	C	A	R	E	Mollusque fousseur	C	L	A	M
	C	Fric	T	U	N	E	Poil dur	C	R	I	N	Dépourvu
	U	Trou de boulin	O	P	E	Réalise	F	A	I	S	Raconte	D
début du solstice	È	T	E	Repart avec	R	E	M	M	E	N	E	
Petit if	I	V	E	A étendre pour observer	L	A	M	P	E	365 jours	A	N
	A	L	P	A	G	U	E	Divinité romaine	L	A	R	E
Attrape Gaz flectés	A	L	P	A	G	U	E	Drainage dans l'œil	L	A	R	E
	J	Donner un goût de mer	I	O	D	E	R	Divinité romaine	L	A	R	E
	E	Fait briller	C	I	R	E	Bon alcool	F	I	N	E	Pas blonds
	T	Poisson rouge	I	D	E	Petit mat	B	O	B	O	Trouble	B
	S	Symbole de l'enseignement	E	S	Couvrir finement	D	U	V	E	T	È	R
Exprime l'unité	U	N	Faire du vent	A	E	R	E	R	Bouge	M	U	
Salut d'un ange	A	N	N	O	N	C	I	A	T	I	O	N
	S	Sans nuages	E	R	E	I	N	Fleurs de graminées	E	P	I	S

Nom à trouver : MARCONI