

**SOMMAIRE**

**Année 2002** 1<sup>ère</sup> thème (octobre 2002) (Henri Aurignac) - L'observation astronomique amateur (page3=p3)  
(Brève présentation de l'émission en introduction...)

2<sup>ème</sup> novembre 2002 (Henri Aurignac) - Les objets mobiles du ciel (système solaire), p6

3<sup>ème</sup> décembre 2002 (Henri Aurignac) - Les objets fixes du ciel (amas d'étoiles,...galaxies), p12

**Année 2003** 4<sup>ème</sup> janvier 2003 (Michel Dupuy) - Les instruments d'observation, p16

5<sup>ème</sup> février (Odile Wurmser) - Le soleil et son observation, p22

6<sup>ème</sup> mars (Francis Lalanne) - La lumière, messagère des étoiles, p27

7<sup>ème</sup> avril (Henri Aurignac) - La photographie astronomique argentique, p32

8<sup>ème</sup> mai (Patrick Muller) - L'image astronomique numérique (webcam et photo numérique), p38

9<sup>ème</sup> juin (Philippe Viaud) - Le Very Large Telescope (VLT), p44

10<sup>ème</sup> juillet (Jean-Louis Leveil) - La structure de l'Univers (1), p50

**(août : relâche et reprise d'émissions)**

11<sup>ème</sup> septembre (Jean Louis Leveil) - La structure de l'Univers (2), p54

12<sup>ème</sup> octobre (Jean Louis Leveil) - Les exoplanètes, p58

13<sup>ème</sup> novembre (Jacques Mortier)

- Bilan de la 1<sup>ère</sup> année et regard sur les perspectives de l'année à venir, p63

14<sup>ème</sup> décembre 2003 : (Odile Wurmser)

- Le Pic du Midi de Bigorre et les "Observateurs Associés", p67

**Année 2004** 15<sup>ème</sup> janvier 2004 (Jacques Mortier interviewé par Henri Aurignac ) p74

- Interview passion d'un astronome amateur,

16<sup>ème</sup> février (Michel Dupuy) - Les instruments astronomiques anciens, p77

17<sup>ème</sup> mars (Patrick Muller) - Interview passion d'un astronome amateur, p80

18<sup>ème</sup> avril (Odile Wurmser) - Climat et soleil, p83

19<sup>ème</sup> mai (Henri Aurignac) - Interview passion d'un astronome amateur, p89

20<sup>ème</sup> juin (Francis Lalanne) - Transit de Vénus, (pas de texte)

21<sup>ème</sup> juillet (Serge Bonnasserre) - Interview passion d'un astronome amateur, p94

**(août : relâche et reprise d'émissions)**

22<sup>ème</sup> septembre (Jean Lachaise) - La vie extra terrestre (La vie est-elle universelle ?), p98

23<sup>ème</sup> octobre (Pierre Cambeig depuis Aubertin) - Interview passion d'un astronome amateur, (pas de texte)

24<sup>ème</sup> novembre 2004 (Laurent Houssaye) - Interview passion d'un astronome amateur, p106

25<sup>ème</sup> décembre (Jean-Louis Leveil) - Les voyages interplanétaires (1), p108

**Année 2005** 26<sup>ème</sup> janvier (Jean-Louis Leveil) - Les voyages interplanétaires (2), p111

27<sup>ème</sup> février (Jacques Mortier) - Le ciel tropical, p115

28<sup>ème</sup> mars (Cyrille Bouillot) - Interview passion d'un astronome amateur, p118

29<sup>ème</sup> avril (Jean Lachaise) - De l'astronomie à l'astrophysique, p121

30<sup>ème</sup> mai (Philippe Viaud) - Interview passion d'un astronome amateur, p128

31<sup>ème</sup> juin (Jacques Mortier) - « Observations : Ambiances », p131

32<sup>ème</sup> juillet (JM) - Reprise première émission (Saint Castin envisagé),

**(août : relâche et reprise d'émissions)**

33<sup>ème</sup> septembre (Jacques Mortier) - Reportage « Nuits des Etoiles » 2005 Abbadia, p138

34<sup>ème</sup> octobre (Odile Wurmser) - La sonde Cassini-Huygens, p140

35<sup>ème</sup> novembre (Jacques-Clair Noëns)

- Journées du Patrimoine au coronographe du Pic du Midi de Bigorre, p145

36<sup>ème</sup> décembre (Henri Aurignac et Patrick Muller)

- Eclipse annulaire de soleil en Espagne (4-10-2005) (1), p146

**Année 2006** 37<sup>ème</sup> janvier (Henri Aurignac et Patrick Muller)

- Eclipse annulaire de soleil en Espagne (4-10-2005) (2), p147

38<sup>ème</sup> février (Jacques Mortier) - Anniversaire 50 émissions « Bilan et perspectives », p150

39<sup>ème</sup> mars (Jean Lachaise) - La spectroscopie au service de l'astronomie, p157

40<sup>ème</sup> avril (Marc Lérique) - Le Léviathan de lord Rosse, p162

41<sup>ème</sup> mai (Odile Wurmser/Egypte, Max Bonafos/Turquie)

- L'éclipse totale de soleil du 29-03-2006 (1), p169

42<sup>ème</sup> juin (Alain Nectoux, Patrick Muller/Libye) - L'éclipse totale de soleil ... (2), p177

43<sup>ème</sup> juillet (Cyrille Bouillot/Niger) - L'éclipse totale de soleil ... (3), p174

**(août : relâche et reprise d'émissions)**

44<sup>ème</sup> septembre (Alain Nectoux) - Interview passion d'un astronome amateur, p191

# « A LA DECOUVERTE DU CIEL »

(suite à la Nuit des Etoiles 2002 à Sendets)

Une émission mensuelle sur « Radio Voix du Béarn » (95,10 Mhz) proposée par les clubs d'astronomie du Béarn : la SAPO, le GERMEA et l'ALECS chaque 1<sup>er</sup> mercredi du mois de 17h45 à 18h15 (reprise le 3<sup>ème</sup> mardi du mois à 20h30, ainsi que le 3<sup>ème</sup> samedi du mois après les infos de 18h ).

*« Avant d'entrer dans le vif du sujet, quelques informations sur cette émission.*

*Elle s'adresse à tous, petits et grands, du moins à tous ceux qui ont déjà levé les yeux vers le ciel et qui ont eu envie d'en savoir un peu plus. Cette émission est en quelque sorte un feuilleton céleste, initiatique à l'astronomie, où chaque épisode mensuel sera centré sur un thème précis développé par un invité, suivi d'un flash d'actualités astronomiques. N'hésitez pas à vous munir, dès à présent, d'un papier et d'un crayon pour, par exemple, noter la date de phénomènes célestes intéressants et de manifestations terrestres sympathiques.*

L'astronomie est multiforme et chacun devrait pouvoir y trouver un peu de son bonheur, aussi bien dans l'observation que dans la contemplation ou dans la compréhension de notre vaste et superbe univers.

Pour vous mettre l'eau à la bouche, quelques thèmes abordés au cours de l'année 2002/2003 : les objets du ciel (le soleil et ses planètes ; les étoiles, les amas, les nébuleuses, les galaxies), les instruments d'observation, le soleil et son observation, la vie des étoiles, les planètes extrasolaires, la photographie astronomique, la structure de l'Univers, le VLT énorme télescope européen situé au Chili,... »

## CONNAITRE

## COMPRENDRE

## CONTEMPLER

## **L'OBSERVATION DU CIEL (n° 1)** (1<sup>ère</sup> diffusion le 2 octobre 2002)

Le 1<sup>ère</sup> épisode concerne le B à Ba de l'Astronomie avec tout ce qu'il faut savoir sur l'Observation du Ciel. L'intervenant est Henri Aurignac, membre de la SAPO et du GERMEA, soumis à la question par l'intervieweur habituel Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

### **1-Henri, j'ai envie d'observer, je n'y connais rien, comme instrument j'ai seulement mes yeux, où puis-je observer ?**

Partout où il y a un bon ciel. Au début, il s'agira surtout d'une observation " plutôt contemplative ".

#### **Qu'est-ce qu'un bon ciel ?**

- le fond du ciel doit être **noir**,
  - il faut **fuir les zones éclairées**,
    - .centre ville : 20 à 50 étoiles visibles,
    - .campagne ( 10km d'une agglomération ) : 100 à 1000 étoiles
    - .bon ciel ( 20km ) : 1000 à 2000 étoiles et Voie Lactée blanchâtre
    - .montagne ( ou Landes ) : plusieurs milliers , Voie Lactée bien marquée
- il n'y a pas de secret : **fuir les zones éclairées et la pollution lumineuse**,  
ex : halos des villes,  
lampadaires en globe : 70% de lumière gaspillée.

#### **Est-ce suffisant pour bien observer ?**

##### **Il faut s'accoutumer au noir**

- en 5 minutes on double le nombre d'étoiles visibles,
- en 15 / 20 minutes la vue devient performante,
- en 30 minutes on voit suffisamment ce qui nous entoure pour pouvoir se déplacer sans lumière ( lumière rouge si besoin ).

### **2-Merci Henri, il me semble avoir compris « où observer », maintenant quand peut-on observer ?**

L'observation est tributaire de la météo :

l'idéal est le ciel sans brume, ni halo autour des objets les plus brillants.

#### **Attendre la fin du crépuscule**

25 /30min après le coucher du Soleil : 1ères étoiles ( mag. 0 : Arcturus, Véga )

35 min après, on voit la Grande Ourse entière et la Polaire,

45 min après, la plupart des constellations sont visibles,

**le ciel est bien noir au bout d'une heure** ( pour la photo 1h 15 min ).

#### **un ciel avec le moins de lune que possible**

on ne peut pas observer correctement depuis le 1<sup>er</sup> quartier jusqu'à 3/4 jours après la pleine lune.

### **3-Mais que peut-on observer ? par quoi vaut-il mieux commencer ?**

Si elle est là, **la lune** : les phases, la lumière cendrée,

**les mers** et quelques cratères ( avec des jumelles ),

une seule planète : Jupiter , et aux jumelles le ballet des **4 gros satellites**, bien alignés et changeant de position chaque jour.

**les constellations** : dessins formés par les étoiles ( à l'œil nu ).

**En plus**, avec des jumelles **quelques objets du ciel profond** : amas d'étoiles , nébuleuses galaxies, ..

( ces objets seront expliqués le mois prochain ).

#### **4-La reconnaissance des constellations est importante. Comment bien les connaître ?**

Sans être très difficile , ce n'est pas facile car :

**Le ciel tourne pendant la nuit** ( 1 tour en 24 h soit  $15^\circ$  par heure ),

**Le ciel change à chaque saison** ( car la Terre tourne autour du Soleil en 1 an ).

Un peu comme si vous faisiez le tour d'une place ou d'un rond-point en voiture et que vous regardiez par une des vitres latérales.

#### **il faut construire ses repères :**

la base de ces repères est **la Grande Ourse**

( facile à reconnaître , visible toute la nuit et toute l'année ),

avec quelques autres constellations typiques qui serviront de repère saisonnier :

**Cassiopeé** ( le W ), le grand carré de **Pégase** en automne,

**Orion** en hiver,

Le **Lion** au printemps,

Le **Sagittaire** ( théière ), le **Scorpion** ou le **Cygne** ( grande croix ) en été.

En observant régulièrement on rajoute à chaque fois quelques constellations autour de celles que l'on connaît.

#### **5-Henri, pour l'instant je sais où et quand observer. Je sais qu'il faut construire ses repères avec des constellations. Mais au départ, avec quoi faut-il observer ?**

##### **Avant tout, à l'œil nu**

Et en utilisant **une carte tournante du ciel**

Il existe un type de carte dans laquelle les principales étoiles tournent autour d'un axe ( comme les étoiles du ciel autour de l'étoile polaire ).

Un système de graduations permet de la régler à la date du jour et à l'heure à laquelle on observe. Seules les étoiles visibles apparaissent dans la fenêtre d'observation.

Appelé "Mini-ciel" ou "cherche étoiles" ce **1<sup>er</sup> instrument d'astronomie** ne coûte que 7 ou 8 euros ( 50 F ).

On peut en trouver dans les librairies spécialisées avec un rayon astronomie ... ( ou au Germéa ).

#### **6-Faut-il utiliser un autre instrument ?**

**Un autre instrument est recommandé pour débiter : une paire de jumelles.**

Elles vont permettre d'observer des détails et quelques objets entre les étoiles ( amas, nébuleuses et même quelques galaxies).

#### **7-Quel type de jumelles faut-il utiliser ?**

Presque toutes les jumelles peuvent convenir, mais certaines seront beaucoup plus performantes si l'on sait choisir leurs caractéristiques. Deux paramètres sont à prendre en compte :

1°) **la luminosité** : c'est le critère le plus important. C'est la taille du capteur de lumière.  
Elle dépend du **diamètre de l'objectif**. ( le 2<sup>ème</sup> chiffre 8x **30**)  
Un diamètre de 40 ou 50 mm est recommandé.  
Eviter les mini jumelles de poche : pas assez lumineuses.

2°) **le grossissement** : c'est le 1<sup>er</sup> chiffre ( 6x 8x 10x ... )  
Le grossissement idéal est de **8** ou mieux **10 fois**.  
Plus faibles, le champ observé est large, mais elles ne grossissent pas assez les objets.  
Plus puissantes, elles sont plus lourdes et plus difficiles à manier ( voire impossible à main levée ) et nécessitent un pied photo. Elles rendent aussi le repérage plus délicat.

**Le meilleur compromis est 10x50** ( ou 8x 40 )

Cela n'influe pas sur leur prix : - correctes de 45 à 90 euros (300 F à 600 F)  
- bonnes de 90 à 230 euros (600 F à 1500 F)

C'est la qualité optique qui se paye.

Elles seront aussi meilleures pour observer la nature que des jumelles de poche.

### **8-Est-il difficile de s'en servir ?**

Il faut bien sûr apprendre à s'en servir et surtout à viser.

Chaque fois que c'est possible il faut utiliser un point d'appui et même une chaise longue.  
Ne pas oublier une tenue confortable et assez chaude.

**N' hésitez pas à demander conseil, à apprendre à repérer, à observer et à manipuler carte du ciel et jumelles auprès d'un club.**

### **BIBLIOGRAPHIE :**

\* **Petit guide PETERSON** ( BROQUET ) ----- pour apprendre les constellations

- **100 étoiles et constellations à voir** ( Nathan Nature )

dans la série MULTIGUIDES ASTRONOMIE BORDAS :

- **Observer le ciel en ville** ( Hervé BURILLIER )
- **Les plus belles curiosités célestes à l'œil nu ou aux jumelles** ( Hervé BURILLIER )
- **L'observation du ciel à l'œil nu et aux jumelles ou au télescope** ( BROQUET )
- Ou plus cher : **Le grand atlas des étoiles** ( BORDAS )

### **REVUES MENSUELLES**

**ASTRONOMIE MAGAZINE  
CIEL ET ESPACE**

### **SITES INTERNET des associations partenaires de cette émission :**

SAPO : <http://www.astro-bearn.com>

GERMEA : <http://perso.wanadoo.fr/germea>

ALECS : <http://perso.wanadoo.fr/alecs.sendets>

## **LES OBJETS MOBILES DU CIEL ( n°2 )**

**(1<sup>ère</sup> diffusion le 6 novembre 2002)**

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 2<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique, épisode qui se présente avec un titre mystérieux pour l'instant « **Les objets mobiles du ciel** ». La dernière séance était centrée sur l'« Observation du ciel » avec de nombreux conseils pour démarrer de la meilleure façon, ces observations. Chers auditeurs, j'espère que vous commencez à avoir le réflexe de lever les yeux vers le ciel, aussi bien le matin que le soir. Vous verrez, l'observation à l'œil nu, c'est déjà un joli bonheur quotidien.

Sur le plateau, aujourd'hui, comme d'habitude 2 astronomes amateurs, **Henri Aurignac**, membre de la SAPO et du GERMEA, que j'ai le plaisir d'accueillir à nouveau et qui sera donc soumis à la question par votre serviteur Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Henri. Bonjour à tous.

**1-« Les objets mobiles du ciel ». Celà paraît énigmatique. Henri, est-ce que tu peux éclairer notre lanterne. Qu'entend-on par objets mobiles du ciel ?**

Les objets mobiles sont tout ce que l'on peut observer dans le ciel entre les étoiles, à l'intérieur des constellations et qui ne reste pas toujours à la même place.

Les étoiles, qui sont très éloignées ( 45 000 milliards de km pour la plus proche ) sont fixes dans le ciel du moins à notre échelle, et d'autres objets se déplacent devant le fond d'étoiles.

Ils appartiennent tous au système solaire : ce sont le Soleil, la Lune et les planètes avec quelques-uns de leurs satellites et en plus quelques objets occasionnels.

Pour le Soleil et la Lune, leur mouvement est évident, tout le monde l'a remarqué.

**2-Ces mystérieux « objets mobiles », en résumé, ce sont les objets du « système solaire » qui font partie, à l'échelle de l'Univers, de notre tout proche voisinage.**

Henri, tu nous a dit que les étoiles étaient fixes dans le ciel, on sait où les trouver dans les constellations, mais ces objets vagabonds, où va-t-on les trouver dans notre vaste ciel ?

Ces objets parcourent une ligne courbe identique pour tous l'écliptique

Pour schématiser, ils se lèvent vers l'est, s'élèvent pour passer au point le plus haut de leur courbe au Sud. Et enfin ils se couchent vers l'ouest.

**3-L'écliptique, c'est bien noté, mais à quoi correspond cette ligne ?**

Cette ligne correspond au plan du système solaire ou plus précisément au plan de rotation de la Terre lorsqu'elle parcourt une orbite autour du Soleil en un an. Cette ligne est parfois matérialisée par la Lune et des planètes bien brillantes qui semblent y tracer des balises lumineuses.

Tous ces objets s'y promènent en parcourant leurs orbites à des vitesses différentes, à cause de leur éloignement du soleil ( Mercure 3 mois -Vénus 7 mois ½ - la Terre 1 an - Mars 2 ans - Jupiter 12 ans - Saturne 30 ans ...). Au hasard de leurs positions, ils semblent se rencontrer, se croiser et même s'éclipser mutuellement.

**4-Les planètes ressemblent beaucoup à des étoiles. Sont-elles difficiles à repérer ?**

Elles sont assez faciles à repérer car plus brillantes, plus grosses que les étoiles pour les principales. Elles ne scintillent pas, et deviennent un disque en les grossissant beaucoup, contrairement aux étoiles.

La meilleure observation a lieu lorsque ces planètes sont en opposition : au plus près de la Terre et non séparées par le Soleil.

Nous ne parlerons pas du Soleil qui fera l'objet d'une émission à lui tout seul, et nous allons commencer par la Lune.

### **5-Henri , nous partons tout de suite avec toi, à la découverte de ces objets mobiles du ciel. Nous laisserons pour l'instant de côté le Roi Soleil, qui méritera à lui seul une séance spéciale.**

#### **Peux-tu commencer en nous présentant Dame la Lune ?**

C'est le satellite naturel de la Terre, diamètre 3 400 km ( 1/3 de la Terre ).

C'est notre plus proche voisine 384 000 km en moyenne et la seule visitée par l'homme.

Elle tourne sur elle même et autour de la Terre en 28 jours environ et nous montre toujours la même face.

Elle n'a pas d'atmosphère : donc ni eau, ni air, le ciel y est noir, et il n'y a pas de son, ni d'érosion.

La température y varie de + 117° au soleil, à - 173 ° la nuit. La pesanteur y est 1/6 de celle de la Terre.

#### **6-A l'œil nu, que peut-on observer de la lune ?**

A l'œil nu : son déplacement dans le ciel est chaque jour un peu plus à gauche avec un retard moyen de 45 min ( plus à gauche de 15° soit un peu plus d'un travers de main avec le bras tendu ). Cela entraîne les phases : aspect différent chaque soir.

Elle peut être : Nouvelle ( juste devant le Soleil , donc invisible ) puis un fin croissant qui grossit chaque jour

( du coté droit vers le Soleil, 1<sup>er</sup> quartier au 8<sup>ème</sup> jour, puis gibbeuse, pleine au 16<sup>ème</sup> jour ).

Elle va alors diminuer, toujours par la droite, dernier quartier au 24<sup>ème</sup> jour ( elle devient lune du matin).

Puis fin croissant jusqu'à la Nouvelle lune suivante.

Lors des nuits avec un fin croissant, le matin 3 / 4 jours avant la NL et le soir 3 / 4 nuits après, la partie à l'ombre est grisâtre, à peine éclairée par le reflet de la lumière solaire renvoyée par la Terre : c'est la lumière cendrée, très belle à voir.

#### **7-Et aux instruments d'amateurs, que peut-on voir de plus ?**

Aux jumelles, on peut voir des détails de la surface :

Les mers : vastes plaines sombres au fond rempli de lave solidifiée, contrastant avec les zones claires qui sont les reliefs rocheux.

Les cratères, essentiellement des cratères d'impact, de 50 à 200 km de diamètre.

Avec des lunettes ou des télescopes on voit des détails beaucoup plus petits :

( avec un T 200 → détails inférieurs au km )

#### **8-Y a-t-il quelques conseils particuliers pour bien observer la lune ?**

Tout d'abord il faut observer de préférence au terminateur, c'est-à-dire à la limite entre la partie

éclairée et la partie à l'ombre : c'est la zone avec le meilleur relief, car l'éclairage y est rasant.

Le spectacle y est légèrement différent chaque soir.

Il faut éviter la PL et les 2 ou 3 jours qui l'entourent ( relief insuffisant ; mais visibilité de traînées blanches ).

Au hasard de ses positions, la Lune va nous permettre de mieux repérer les autres planètes lors des conjonctions.

Elle peut aussi les cacher momentanément en passant devant, ce qu'on appelle une occultation.

### **9-Henri, nous entendons souvent parler d'éclipses de lune. Peux-tu nous préciser de quoi il s'agit exactement ?**

L'alignement de la Lune, avec le Soleil et la Terre peut amener des éclipses de lune ( mais aussi de

Soleil ) lorsque l'alignement est parfait.

C'est un événement de choix qui a toujours lieu à la pleine lune : la Terre étant entre le Soleil et la Lune, celle-ci passant dans l'ombre de la Terre, s'assombrit tout d'un coup.

L'éclipse est variable selon le centrage ( partielle, totale ou seulement par la pénombre ).

La totalité dure environ 1 h, nous laissant le temps de l'observer et de la photographier.

### **10-Mais, qu'est-ce qui fait le charme particulier d'une éclipse de lune ?**

La Lune devient rouge en raison de la déviation des rayons rouges par l'atmosphère terrestre qui arrivent à l'éclairer dans la zone d'ombre.

Une éclipse de Lune est très esthétique en raison de sa coloration plus ou moins prononcée, et de la réapparition, pendant la totalité, des étoiles éteintes par la lueur de la pleine lune quelques instants avant.

Il y en a eu une très belle en Janvier 2000, une autre assez voilée par les brumes en Janvier 2001. Aucune en 2002. Il y en aura deux en 2003 : le 16 Mai et le 9 Novembre.

### **11-Henri, nous avons longuement parlé de la lune. Honneur maintenant aux planètes. Lesquelles peut-on observer ?**

Tout d'abord un petit rappel :

Il y a 9 planètes : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Pluton.

- 4 sont dites telluriques ( rocheuses, avec un sol dur, d'un diamètre de 4000 à 12 500 km)

Mercure, Vénus, Terre, Mars,

- 4 sont des géantes gazeuses ( structure gazeuse autour d'un noyau solide, elles ont un diamètre de 50 000 à 140 000 km ) : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune,

- la 9ème Pluton est encore mal connue.

Elles se déplacent sur l'écliptique avec des durées de révolution de 88 jours à 249 ans.

Leur plan de révolution fait un très léger écart avec l'écliptique ( 1° à 7° ) amenant souvent des conjonctions et plus rarement des occultations (éclipse étant réservé au Soleil et à la Lune).

Elles ne scintillent pas.

- 6 sont visibles à l'œil nu , mais seul Jupiter est intéressant aux jumelles ( satellites )

et au télescope Mars, Jupiter et Saturne.

### **12-Henri, je te propose un tour d'horizon personnalisé des 9 planètes de notre soleil. Peux-tu nous dire ce que l'on peut voir de particulier sur chacune d'entre elles ?**

Pour Mercure, il est difficile de faire autre chose que la repérer, car elle est petite et toujours proche du Soleil ( élongation maxi 27° ) donc toujours dans les lueurs du crépuscule.

Au mieux 2h avant ou après le Soleil.

Pour Vénus ce n'est guère mieux, bien que 3 fois plus grosse et plus proche de la Terre.

C'est l'« étoile du berger », la plus lumineuse car proche du Soleil et recouverte par une épaisse couche nuageuse qui reflète bien la lumière, mais qui empêche de voir sa surface.

Toujours au crépuscule, mais avec une élongation plus importante ( 48° ).

Télescopes et lunettes permettent de voir les phases et aussi sa taille qui varie beaucoup en raison du rapprochement ( de 41 à 258 millions de km ).

**13-En nous éloignant du soleil, après Mercure et Vénus, la 3<sup>ème</sup> planète est la Terre que tout le monde connaît un peu, puis vient Mars la planète à la mode, puisque ce sera la cible des prochains voyages interplanétaires. Alors Mars ?**

Mars c'est la planète rouge : et pour nous une grosse étoile rougeâtre.

Elle change de constellation tous les 2 mois.

Seuls télescopes et lunettes permettent de l'observer et avec un grossissement de 100 fois, de voir

de rares détails ( calottes polaires, bandes sombres ) quand les conditions sont idéales :

- opposition ( 56 à 400 millions km ) et absence de tempêtes de poussières cachant tout détail.

**14-La 5<sup>ème</sup> planète est Jupiter. Que peut-on y voir ?**

Jupiter est une immense sphère gazeuse et colorée. C'est la plus grosse planète : 11 fois la Terre

mais à une distance de 600 à 1 000 millions km de nous.

La seule accessible avec des jumelles dans lesquelles on peut voir chaque soir le ballet des 4 plus gros satellites autour d'un large point brillant.

Ces 4 satellites ( dits "galiléens " car découverts par Galilée en 1610 avec la 1<sup>ère</sup> lunette ) ont de 4 à 5 000 km de diamètre. Ils tournent autour de Jupiter entre 2 jours ( Io ) à 16 jours ( Callisto ) les autres sont Europe et Ganymède.

Alignés comme un mini système solaire, ils changent de position en permanence ( les éphémérides des revues d'astronomie donnent leur position quotidienne ).

Avec des télescopes d'amateur, on peut même voir leur ombre lorsqu'ils passent devant Jupiter.

On peut voir également les bandes colorées de Jupiter avec de petites lunettes, et avec un télescope

un peu plus gros le passage de la célèbre tache rouge (immense cyclone de 35 000 km de diamètre ),

qui nous donne la vitesse de rotation de Jupiter puisqu'elle passe toutes les 10 h.

Jupiter qui tourne autour du Soleil en près de 12 ans se déplace pour nous d'une constellation zodiacale par an.

**15-La 6<sup>ème</sup> planète est Saturne. On dit que c'est la plus belle à observer ?**

Saturne, la planète aux anneaux, le joyau du système solaire est celle qui impressionne le plus à sa

première observation.

De taille comparable à celle de Jupiter ( diamètre 120 000 km ) mais beaucoup moins brillante car plus éloignée.

A l'œil nu c'est une grosse étoile jaune. Aux jumelles, sa forme ovale est évidente, et dès un grossissement de 20 à 40 fois, on voit l'espace entre la planète et les anneaux. Les détails apparaissent dès X 100, tout comme les colorations des différents anneaux et la séparation entre eux ( division de Cassini ). Actuellement ils sont bien inclinés et on les voit aisément , mais dans 7 ans ils seront de profil ( et comme ils ont moins de 1 km d'épaisseur ... !!! ).

Parmi ses 21 satellites un seul Titan est visible aux jumelles. Une lunette ou un télescope permettent d'en voir 4 autres.

**16-Encore plus loin se situent les 3 dernières planètes de notre système solaire. Comment peut-on les voir ?**

Seule Uranus est tout juste visible à l'œil nu, et à peine identifiable aux jumelles. Neptune est visible aux instruments. Quant à Pluton il faut de gros télescopes pour l'apercevoir ( x 400 à x 500 au moins) .

### **17-Henri, après le survol de la lune et des planètes, avons-nous vu tout ce que des amateurs peuvent observer de mobile dans le ciel ?**

Il y a des objets mobiles occasionnels : ce sont les plus petits, mais aussi les plus spectaculaires et impressionnants. Leur vue a toujours provoqué beaucoup d'émotion.

### **18-Quels sont ces objets impressionnants ?**

Les comètes qui sont moins impressionnantes aujourd'hui, car beaucoup mieux connues. Ce sont de grosses boules de glace, de roches et de poussières ( boule de neige sale ) de quelques dizaines de km au maximum.

Elles viennent de zones lointaines du système solaire ( ceinture de Kuiper – nuage de Oort ) et se trouvant un jour déstabilisées vont s'approcher du Soleil.

Dès qu'elles s'en approchent suffisamment ( distance : Jupiter – Soleil ) le rayonnement solaire va

provoquer l'échauffement des couches superficielles qui vont être vaporisées, formant une traînée

de poussières et de gaz qui devient lumineuse.

Cette queue qui va s'allonger au fur et à mesure que la comète s'approche du Soleil ( le rayonnement augmentant ) est toujours dirigée à l'opposé du Soleil. Elle est plus ou moins grande :

cela dépend de sa distance par rapport au Soleil et à la terre, de la taille du noyau, de sa capacité à libérer gaz et poussières et aussi de sa direction ( face ou profil ) :

en 1861 : comète de 118° de long : plus que de l'horizon au zénith . Cependant plus petite que la comète de 1843 : 68° apparemment , mais 300 millions km ( Soleil- mars ).

### **19-On dit qu'il y a des milliards de comètes autour du soleil, mais celles qu'un amateur peut observer sont-elles nombreuses ?**

On en découvre plusieurs dizaines par an, mais bien peu sont bien visibles.

La dernière, Hale-Boop au printemps 1997, a été remarquable et bien visible plusieurs mois.

En avril-mai Ikeya-zhang plus petite était cependant visible à l'œil nu.

### **20-Comment les observer au mieux ?**

Il faut les observer avec des jumelles de préférence, ou des télescopes à faible grossissement.

### **21-Y a-t-il encore d'autres objets à observer ?**

Les étoiles filantes : ce sont des traînées lumineuses dues à la traversée de l'atmosphère de poussières et de petits grains dus pour la plupart au passage de comètes.

En effet, lors de leur passage, les comètes laissent une traînée de poussières qui ont cessé d'être lumineuses. En parcourant son orbite autour du Soleil, la Terre traverse ces zones poussiéreuses comme votre voiture traverse parfois un nuage de moucherons qui viennent alors s'écraser sur votre pare-brise.

Pendant leur traversée de l'atmosphère terrestre, elles sont échauffées et brûlent pour la plupart entre 120 et 80 km d'altitude ( distance qu'elles franchissent en 1 ou 2 secondes ), les plus grosses , appelées bolides, arrivent jusqu'à 10 km.

## **22-Quand peut-on les voir ?**

Il y en a toutes les nuits avec une densité plus ou moins importante selon la dispersion des poussières.

Mais parfois la Terre traverse la traînée d'une comète plus récente et l'on a alors une pluie d'étoiles

filantes qui peut atteindre plusieurs par minute et parfois plusieurs par seconde.

On en voit plus en 2<sup>ème</sup> partie de nuit car à ce moment-là nous sommes placés à l'avant du véhicule

terrestre, et nous savons tous qu'il y a plus de gouttes de pluie sur le pare-brise d'une voiture en déplacement, que sur les vitres latérales ou la vitre arrière.

Les essaims les plus connus sont les Perséides aux alentours du 12 Août et les Léonides que nous pourrons voir dans la dernière quinzaine de Novembre.

Merci Henri, pour cette présentation des « objets mobiles du ciel », c'est-à-dire de notre système solaire, qui est aussi notre tout proche voisinage.

## **LES OBJETS FIXES DU CIEL ( n°3 )** **(1<sup>ère</sup> diffusion le 4 décembre 2002)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 3<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme pour les deux premiers épisodes, les 2 mêmes protagonistes, l'un qui répond aux questions, **Henri Aurignac**, membre de la SAPO et du GERMEA, et l'autre qui lui pose les questions, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Henri. (Bonjour à tous).

Pour ceux qui prendraient notre feuilleton en cours de route, un bref résumé s'impose. Le 1<sup>er</sup> épisode dévoilait les secrets d'une bonne observation à l'œil nu et aux jumelles, le second intitulé « Les objets mobiles du ciel », c'est-à-dire le système solaire, nous entraînait vers notre voisinage immédiat, la lune, les planètes, leurs satellites, les comètes, les étoiles filantes.

Aujourd'hui, l'aventure se déchaîne avec « **Les objets fixes du ciel** », nous allons aller très, très loin dans l'espace et dans le temps. Accrochez vos ceintures. C'est parti !

### **1-Tout de suite Henri, c'est quoi, ces objets fixes du ciel ?**

Comme leur nom l'indique, ce sont des objets qui ne bougent pas, du moins à l'échelle de l'homme et que nous pourrions trouver chaque soir près des mêmes étoiles pendant toute notre vie.

Contrairement aux objets mobiles qui appartenaient au système solaire, ils sont situés à l'extérieur du système solaire, mais ils font partie de notre galaxie : "la Voie Lactée".

Ils sont à des distances considérables :

- dans le système solaire nous avons parlé de millions de km ( nous aurions pu parler de l'unité Astronomique qui est de 150 millions de km : c'est la distance Terre –Soleil ),
- pour les objets fixes nous allons parler d'Année Lumière.

### **2-Année Lumière, c'est très joli. Mais qu'est-ce que cela veut dire exactement ?**

L'Année Lumière est une unité de mesure de distance : c'est la distance que parcourt la lumière en 1 an, à la vitesse de 300 000 km /s, soit environ 10 000 milliards km.

A titre d'exemple on peut dire que la taille du système solaire est légèrement inférieure à 1 A L. La distance de l'étoile la plus proche est estimée à 4,5 AL et la taille de notre galaxie de 100 000 AL.

### **3-Revenons à nos objets célestes fixes. Peux-tu nous en dire un petit peu plus ?**

On les appelle aussi objets du ciel profond car ils sont cachés entre les étoiles dans les profondeurs du ciel. Ce sont les amas d'étoiles et les nébuleuses.

Nous allons parler tout d'abord des amas d'étoiles. Il y en a de deux sortes les amas ouverts et les amas globulaires.

### **4-Henri, commençons par les amas ouverts d'étoiles. Q'est-ce qu'un amas ouvert ? et à quoi cela ressemble ?**

Les amas ouverts sont des groupements irréguliers de jeunes étoiles, de quelques-unes à un millier, qui sont nées ensemble dans une même nébuleuse. Elles sont réellement proches les unes des autres et se déplacent ensemble dans la galaxie.

Certains amas sont visibles à l'œil nu, comme les Hyades, les Pléiades ...d'autres, à peine perceptibles, comme une tache pale, tel le Double amas de Persée, mais qui commencent à montrer leur richesse aux jumelles, et montrent leur splendeur dans un télescope : c'est un fourmillement d'étoiles de tailles et de couleurs différentes, faisant

penser à des pierres précieuses. D'ailleurs l'un d'entre eux, situé dans l'hémisphère sud, porte le nom évocateur de « boîte à bijoux ».

On en connaît environ 1200 et une trentaine sont à notre portée avec des jumelles.

### **5-Henri, tu nous as aussi parlé d'amas globulaires d'étoiles ? Alors qu'en est-il ?**

Ce sont des groupements sphériques de dizaines de milliers à 1 million d'étoiles anciennes.

Ils font penser à un grumeau avec une plus grande densité d'étoiles au centre.

Ces amas ne sont pas situés dans le plan de la galaxie, mais très au dessus ou très au dessous, dans le halo sphérique qui l'entoure, donc beaucoup plus loin.

Les plus gros sont à peine perceptibles à l'œil nu et visibles comme une grosse tache aux bords flous aux jumelles. Ils ne révèlent leur beauté que dans un télescope ou une lunette avec un grossissement de 100 fois.

Les plus beaux sont l'amas d'Hercule M 13, M 22 dans le Sagittaire, M 3 dans la constellation des Chiens de chasse. Voilà pour les amas d'étoiles.

### **6-Toujours dans notre Galaxie, tu as évoqué les « nébuleuses ». Pourrais-tu, en quelques mots, nous donner une définition simple de ce terme ?**

Les nébuleuses sont d'immenses nuages de gaz et de poussières situés dans les bras de la galaxie.

### **7-C'est bien résumé, mais allons plus loin, de quel gaz s'agit-il ?**

La composition des nébuleuses est semblable à celle du reste de l'univers :

essentiellement de l'hydrogène et d'hélium avec une pincée d'autres éléments chimiques, et des poussières, des particules plus petites que le micron avec du carbone, des silicates ...

Ce sont des cendres d'étoiles mourantes ou mortes.

La concentration de ce gaz est très faible, même dans les zones les plus denses il est plus dilué que le vide que l'on arrive à faire sur la Terre.

Ces nébuleuses sont soit lumineuses, soit obscures.

On les classe en 4 catégories :

-les nébuleuses par émission : ce sont des nuages de gaz se trouvant près d'une étoile très chaude

dont l'intense radiation ultraviolette excite ou ionise les atomes de gaz qui vont alors eux-même produire une lumière, généralement rouge, car c'est la couleur de l'hydrogène ionisé,

-les nébuleuses par réflexion : ce sont des nuages gazeux qui ne sont visibles que parce qu'elles

reflètent la lumière des étoiles voisines. Elles sont moins lumineuses et d'un bleu froid,

-les nébuleuses obscures : ce sont des nuages de poussières et de gaz suffisamment denses pour obscurcir la lumière des étoiles se trouvant derrière elles. On les perçoit mieux lorsqu'elles se découpent devant une nébuleuse lumineuse. Les télescopes à infrarouge ont confirmé leur existence en révélant la présence d'étoiles non visibles derrière elles,

-les nébuleuses planétaires : ce sont des vestiges d'étoiles qui ont expulsé leur enveloppe extérieure au cours des phases finales de leur vie. Elles tirent leur nom de la forme souvent arrondie qu'elles présentent à un faible grossissement, faisant croire à une petite planète. Elles sont souvent très petites.

### **8-Il y a donc plusieurs types de nébuleuses. Mais peut-on les voir ?**

Bien sur, mais il faut avant tout un ciel très noir : sans Lune ni pollution lumineuse. Mais attention : on ne perçoit pas les couleurs, mais des taches lumineuses plus ou moins contrastées par rapport au fond du ciel, car les cellules visuelles qui permettent de voir en lumière faible ne perçoivent pas les couleurs (d'ailleurs on dit bien que " la nuit, tous les chats sont gris ")

Par contre ce sont des sujets de choix pour la photographie à longue pose, car les pellicules photo sont sensibles aux différentes couleurs ( ce sera le sujet d'une prochaine émission ).

A l'œil nu on peut en voir quelques unes : en hiver la grande nébuleuse d'Orion, en été la nébuleuse de la Lagune dans le Sagittaire et en automne, des yeux exercés peuvent apercevoir la nébuleuse América qui tient son nom de sa forme, celle du continent nord américain.

Avec des jumelles lumineuses ( objectifs de 50 mm au moins ) on peut en voir 5 ou 6 de plus dans la constellation du Sagittaire et en hiver dans celle d'Orion. On peut voir aussi plusieurs nébuleuses obscures comme la Pipe et le sac à charbon, et deux nébuleuses planétaires : la nébuleuse Hélix dans le Verseau et la nébuleuse Dumbell à la pointe sud du Triangle de l'été.

Avec un télescope le nombre de nébuleuses visibles va augmenter sensiblement, avec en particulier la nébuleuse de la Lyre qui ressemble à un anneau de fumée, et la nébuleuse du Crabe, dans le Taureau, qui est le résidu d'une supernova, c'est-à-dire de l'explosion d'une étoile, qui en 1054 a été visible en plein jour pendant 3 semaines, et à l'œil nu la nuit pendant deux ans.

Pour les repérer, il faut consulter des cartes célestes ou participer aux soirées d'observation des clubs d'astronomie.

### **Pour résumer ces objets fixes : les amas d'étoiles ouverts ou globulaires, et les nébuleuses font**

partie du ciel profond et se cachent entre les étoiles de notre galaxie.

### **9-Nous avons fait un vaste périple dans notre Galaxie, à la découverte des objets célestes. Peut-on voir encore autre chose ?**

On peut voir d'autres objets encore plus éloignés qui sont à l'extérieur de notre galaxie. Nous les voyons à travers les étoiles de notre galaxie un peu comme si ces étoiles étaient sur les vitres de nos maisons, et que l'on regardait le paysage beaucoup plus loin.

### **10-Henri, mais quels sont donc ces objets si éloignés ?**

Ce sont d'autres galaxies, c'est-à-dire des amas de milliards d'étoiles, de gaz et de poussières.

Elles ont des formes variables, pour la plupart spirales ou elliptiques.

La plus proche, la galaxie naine du Sagittaire est à 80 000 AL, les Nuages de Magellan (dans l'hémisphère sud ) à 200 000 AL, et 2 200 000 AL pour la galaxie d'Andromède qui est l'objet le plus lointain visible à l'œil nu.

### **11-Peut-on voir encore d'autres galaxies à l'œil nu ?**

Les Nuages de Magellan et la galaxie d'Andromède sont les seules que l'on puisse voir à l'œil nu.

Avec des jumelles lumineuses on peut en voir 20 à 30 plus petites, plus faibles et surtout plus éloignées jusqu'à 65 millions d'AL pour la galaxie du Sombrero.

Bien sur avec des télescopes ce nombre augmente considérablement, mais on pourra aussi voir bien mieux leur structure.

Il y en a des milliards et le télescope spatial Hubble en découvre de nouvelles et arrive jusqu'à une quinzaine de milliards d'AL.

Pour terminer, je voudrais vous proposer 3 excellents livres qui vont vous décrire ces objets et vous aider à les repérer :

- L'exploration du ciel ( éditions Konemann )
- J'observe le ciel profond ( Jean Raphael Gillis ) éditions Broquet
- Les objets de Messier ( Stephen O'Méara ) éditions Broquet

Aujourd'hui, grâce à Henri, nous avons découvert de nombreux termes importants que nous retrouverons régulièrement : année lumière, amas ouverts, amas globulaires, nébuleuses par émission, nébuleuses par réflexion, nébuleuses obscures, nébuleuses planétaires, galaxies. Aujourd'hui, à l'oeil nu ou avec des instruments, nous sommes allés très loin dans l'espace et dans le temps, puisque quand on exprime qu'un objet est à 15 milliards d'années lumière, cela veut dire deux choses, d'abord qu'il est loin dans l'espace, environ 150 milliards de milliards de km, ensuite que la lumière que nous recevons a été émise il y a 15 milliards d'années, c'est-à-dire que nous voyons, avec le télescope spatial Hubble, l'objet tel qu'il était il y a 15 milliards d'années. L'astronomie permet donc de remonter le temps et d'observer réellement l'Univers tel qu'il était dans sa petite enfance, peu de temps après sa naissance.

Merci infiniment Henri pour avoir brillamment initié, à toi tout seul, ces trois premières émissions sous mon questionnement sans complaisance... ! Et à une prochaine fois.

## **LES INSTRUMENTS D'OBSERVATION ( n° 4 )** **(1<sup>ère</sup> diffusion le 1<sup>er</sup> Janvier 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 4<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme d'habitude, 2 astronomes amateurs, celui qui répond aux questions, **Michel Dupuy**, membre de la SAPO et du GERMEA, et celui qui lui pose ces délicates questions, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Michel. Bonjour Jacques, bonjour à tous.

Les premiers épisodes nous ont conduit d'abord vers les secrets d'une bonne observation à l'œil nu et aux jumelles, ensuite à la découverte de notre système solaire, enfin à un rapide survol de notre immense Univers. Changement total d'horizon aujourd'hui, avec Michel Dupuy, nous allons nous centrer sur « **les instruments d'observation** » de l'astronomie amateur.

A travers ce thème, notre objectif est de familiariser les auditeurs avec les outils de l'astronomie, mais également de bien conseiller ceux qui auraient envie d'acheter un instrument d'observation.

Nous n'échapperons pas à quelques termes techniques, mais pas d'affolement, même si vous ne comprenez pas tout, au fil du temps, nous reparlerons de tout cela.

### **1-Michel, pour introduire notre thème, pourrais-tu nous esquisser l'histoire de l' « observation astronomique » ?**

Il y a plus de 2000 ans, dans le domaine de l'observation astronomique, les grecs firent des merveilles avec, comme seul instrument, l'œil, assisté d'instruments de visée en bois. Hipparque notamment, découvrit la précession des équinoxes et fit un premier catalogue d'étoiles.

En 1609, Galilée pointa, pour la 1<sup>ère</sup> fois de l'histoire de l'humanité, une lunette astronomique vers les splendeurs célestes. De piètre qualité optique, elle grossissait 5 fois seulement. Elle lui permit cependant de découvrir les 4 principaux satellites de Jupiter, ce qui apportait une preuve supplémentaire à la théorie héliocentrique de Nicolas Copernic.

En 1671, Newton construisit le 1<sup>er</sup> télescope réflecteur, ancêtre des grands télescopes modernes.

Dès lors l'astronomie ne cessa de progresser à pas de géants, et de nos jours, les spectaculaires progrès de l'instrumentation permettent d'envisager une exploration de plus en plus lointaine dans l'espace, mais aussi... dans le temps !

### **2-Michel, tu nous as parlé de plusieurs catégories d'instruments : lunettes, télescopes réflecteurs. Peux-tu nous présenter ces divers types d'instruments avec quelques explications sur leur constitution ?**

Il existe, aujourd'hui, 3 grandes catégories d'instruments astronomiques : les jumelles, les lunettes et les télescopes. Tous trois ont en commun de pouvoir collecter davantage de lumière que l'œil humain et de permettre le grossissement des objets observés.

Les jumelles sont en fait 2 petites lunettes parallèles dont la petite taille est due à un jeu de prismes en verre qui permet de « replier » le trajet de la lumière à l'intérieur. L'image est à l'endroit.

Dans une lunette, la lumière traverse une lentille convergente placée à l'avant du tube, et se dirige vers l'œil de l'observateur. L'image est à l'envers.

Dans un télescope, la lumière est réfléchiée par un miroir concave placé à l'arrière du tube, puis se dirige vers l'œil de l'observateur. L'image est également inversée.

### **3-A ce stade Michel, il me semble qu'il est indispensable, tout en restant simple, de définir quelques éléments d'optique et quelques termes incontournables.**

Commençons par l'Objectif :

L'objectif, c'est la partie principale du tube optique qui déterminera sa puissance. C'est le collecteur de lumière dont on comprendra que plus son diamètre est important, plus il sera lumineux. Il est placé à l'avant du tube pour les lunettes (lentilles convergentes) et à l'arrière pour les télescopes (miroir concave).

### **4-Un mot sur la distance focale, qu'on appelle aussi « focale » :**

La « focale », c'est la distance séparant l'objectif de l'endroit où se forme l'image d'un objet à l'infini (c'est bien le cas en astronomie). Exemple de l'image du soleil obtenue avec une loupe. Cet endroit s'appelle le foyer. La focale détermine le grossissement de l'image obtenue au foyer. Plus la focale est importante, plus l'image sera agrandie.

On voit qu'il s'agit là des deux caractéristiques les plus importantes d'un instrument astronomique et l'idée de les associer a permis de définir ce qu'il est convenu d'appeler le rapport d'ouverture d'un instrument caractérisé par le rapport F/D (Focale de l'instrument/Diamètre de l'objectif). Plus ce rapport est petit, plus le diamètre est important par rapport à la focale et donc plus l'instrument est lumineux. Les rapports F/D vont de 4 à 15. On parlera d'instruments ouverts à 4 (lumineux) et d'instruments ouverts à 15 (peu lumineux).

### **5-Et l'oculaire :**

L'image obtenue au foyer n'est pas exploitable et trop petite, on met alors à cet endroit un oculaire, sorte de loupe qui grossit plus ou moins l'image qui se trouve au foyer. L'oculaire, comme son grand frère, l'objectif, possède une focale, mais beaucoup plus courte, elle va de 40 mm à 2 mm. Plus la focale de l'oculaire sera courte, plus il grossira l'image du foyer (inverse de l'objectif). Les bons oculaires sont dits ORthoscopiques (OR) ou « Plossl ».

### **6-Le grossissement, c'est quoi ?**

Le grossissement est défini par le rapport « Focale de l'instrument/Focale de l'oculaire » (ex. un télescope de 200 mm d'objectif et 1200 mm de focale, avec un oculaire de 10 mm de focale, donnera un grossissement de  $1200/10=120$ ).

### **7-Toujours dans les éléments optiques, le renvoi coudé :**

On l'installe entre le porte-oculaire et l'oculaire. Renvoyant la lumière à 90°, il permet des observations aisées lorsque l'objet se trouve au-dessus de nous, vers le zénith.

### **8-Et le chercheur ?**

C'est une petite lunette (sorte de ½ jumelles), grossissant de 5 à 10 fois, fixé sur l'instrument et permettant un pointage aisé de l'objet convoité. Les axes optiques du chercheur et de l'instrument doivent, bien entendu, être parallèles (réglage à faire de jour).

### **9-Nous avons fait le tour des composants optiques positionnés sur le tube optique : l'objectif, l'oculaire, le chercheur et éventuellement le renvoi coudé.**

#### **Y a-t-il d'autres éléments importants ?**

Oui, il y en a encore 2 : la monture et le trépied.

La monture est la pièce maîtresse sur laquelle est fixé le tube optique, en lui assurant sa mobilité. De cette partie mécanique, on attendra précision et solidité. Les mouvements s'effectuent autour de deux axes perpendiculaires entre eux, permettant une exploration tous azimuts.

Tout cet ensemble, est supporté par un trépied en bois ou en métal, dont la base, suffisamment large assurera une bonne stabilité.

**10-En résumé, c'est assez simple, il y a donc un tube équipé d'éléments optiques, tube optique fixé sur une monture mobile, elle-même, soutenue par un trépied.**

**Maintenant, Michel, nous allons entrer un peu plus dans le détail et comparer les divers types de monture, qui permettent d'orienter le tube optique dans toutes les directions du ciel.**

Il existe deux types de montures : azimutale et équatoriale. La monture azimutale pivote dans le plan horizontal et dans le plan vertical. Or les astres décrivent des arcs de cercle dans le ciel, pour pouvoir les suivre, il faut décrire des mouvements en escalier, en agissant sur les 2 axes : ce n'est pas très pratique.

La monture équatoriale, plus massive, donc plus stable, présente un axe oblique qui, lorsque l'ensemble de l'instrument est bien positionné (mise en station) est parallèle à l'axe de rotation de la terre, c'est l'axe de l'ascension droite, l'autre axe dit de déclinaison est perpendiculaire au précédent. On peut donc suivre un objet céleste en agissant sur un seul axe, quel confort !

**11-Poursuivons la comparaison, et les avantages/inconvénients au niveau des tubes optiques.**

**D'abord les jumelles.**

Les jumelles, instrument indispensable du débutant et de l'amateur confirmé, ont pour seul inconvénient de grossir modestement les objets du ciel (de 7 à 12 fois pour les plus courantes), mais quelle luminosité et quel confort pour la recherche des objets célestes à cause du grand champ de vision. Prix et encombrement minimum.

**12-Et les lunettes astronomiques.**

La lunette astronomique, pour un diamètre donné, donne une image plus fine et plus contrastée qu'un télescope classique autorisant ainsi de plus forts grossissements. L'absence de turbulence instrumentale fait que la lunette a un rendement optimal dès qu'elle est installée. On n'a pas besoin de régler périodiquement l'optique (collimation) comme sur certains télescopes.

Oui mais, car il y a un mais, pour un diamètre donné, le prix de revient d'une lentille est beaucoup plus élevé que pour un miroir et si l'on veut une lunette avec un grand diamètre, le prix sera vraiment... « astronomique ». Un autre petit inconvénient, à focale égale, la lunette est beaucoup plus longue qu'un télescope, donc encombrante. Il faudra donc, dans la plupart des cas, se contenter d'un diamètre relativement modeste, donc d'un instrument moins lumineux.

**13-Et le télescope.**

L'image donnée par le miroir d'un télescope, en fonction de ce que nous venons de dire, est moins fine que celle d'une lunette de même diamètre, donc autorise de plus faibles grossissements ; l'ouverture du tube, à l'avant, induit des turbulences instrumentales qui ne cessent qu'au bout d'un temps assez long. De plus l'optique doit être régulièrement réglée. Par contre, à diamètre égal, le télescope est moins onéreux qu'une lunette, on pourra donc

s'orienter vers de plus grands diamètres, d'où une luminosité accrue avec un encombrement réduit.

Nous verrons plus loin que les télescopes ont fait des progrès grâce à des montages optiques

Chers auditeurs, nous avons décortiqué les diverses composantes des « instruments d'observation ». Après une première pause musicale, nous évoquerons, avec l'ami Michel Dupuy, les caractéristiques et les évolutions actuelles de ces instruments d'observation. Enfin, Michel nous donnera les conseils de base en matière d'achat d'instruments, afin d'éviter les erreurs classiques.

**14-Alors entrons ensemble, un peu plus dans le détail de ces outils d'observation du ciel. Michel, commençons par les jumelles, peux-tu nous préciser leurs caractéristiques essentielles :**

Pour faire son choix, nous avons vu pratiquement tous les paramètres essentiels. Je donnerai quelques précisions supplémentaires en précisant aussi les dernières évolutions.

On trouvera des jumelles de bonne qualité entre 100 et 300 euros. Sur le corps de l'instrument sont gravés deux chiffres séparés par un x. Le premier indique le grossissement, le deuxième précise le diamètre des objectifs (en mm), par ex. 7x50, 12x80. En fonction de ce que nous avons dit précédemment, il faut privilégier le diamètre qui sera au minimum de 50 mm. Plus le grossissement est important, plus l'instrument sera lourd et plus le champ sera réduit. Un bon compromis semble être des 10x50. Un petit accessoire permettant de fixer des jumelles sur un pied photo permettra l'utilisation d'instruments plus performants (12x80 par ex.)

La tendance actuelle des jumelles est orientée vers une focale plus courte pour un diamètre donné, supprimant du même coup l'encombrement et permettant des diamètres plus grands, mais toujours avec un coût relativement élevé.

**15-Après les jumelles, les lunettes astronomiques. Michel, que peux-tu nous en dire ?**

La bonne lunette de base a un objectif achromatique, à deux lentilles supprimant, autant que faire se peut, la dispersion de la lumière blanche. On trouve ensuite des lunettes apochromatiques, des lunettes dites fluorites, ou à verre ED, dont le but est de raccourcir la focale tout en évitant au maximum la dispersion chromatique, voire la supprimer. Il ne faut pas descendre en dessous d'un diamètre de 70 mm avec des focales allant de 400 mm à 700 mm, avec lesquelles on pourra faire de belles observations lunaires et planétaires.

On trouve des lunettes jusqu'à 150 mm de diamètre, fabriquées en Chine, avec une solide monture équatoriale à 1500 euros. Avec un tel diamètre et des focales ne dépassant pas 1200 mm, donc  $F/D=8$ , on a un instrument assez lumineux pour explorer le ciel profond.

**16-Y a-t-il également évolutions en matière de télescopes ? Y a-t-il actuellement plusieurs familles de télescopes ?**

Les télescopes ne sont pas en reste et de nombreuses innovations technologiques les rendent plus performants. On distinguera deux grandes familles, qui diffèrent par l'acheminement de la lumière vers l'oculaire : type Newton et type Cassegrain.

Télescope de Newton : c'est le plus ancien et le plus simple. Le miroir concave, placé au fond du tube optique, renvoie la lumière sur un petit miroir plan, situé à l'avant à 45°. Ce miroir secondaire renvoie le faisceau lumineux sur le côté vers l'oculaire. L'observateur regarde donc par le côté en haut du tube. Les focales assez faibles donnent des rapports  $F/D$  de 4 à 5/6. Ce sont donc des télescopes très lumineux particulièrement bien adaptés à l'observation du ciel profond (objets peu lumineux). On ne cherchera pas avec ces télescopes des grossissements importants, du fait de la focale déjà courte au départ.

Un télescope de Newton particulier, le Dobson, qui est sur monture azimutale, ce qui permet de grands diamètres et fait du Dobson un véritable puits de lumière.

**17-Dans la grande famille des télescopes, après la présentation du télescope père type Newton, Michel, peux-tu continuer ces présentations avec le télescope fils type Cassegrain :**

Le télescope Cassegrain est de conception plus récente. A focale égale, il est plus court qu'un Newton. Le miroir concave placé au fond du tube (miroir primaire) est percé en son centre, afin de laisser passer le faisceau de lumière renvoyé par un petit miroir convexe (miroir secondaire) situé à l'avant du tube, l'oculaire se trouve donc derrière le miroir principal. L'observateur a la même position que pour une lunette. Les focales, notablement plus longues que celles des Newton, donne des rapports d'ouverture de 9 à 15. Ils sont donc moins lumineux, mais les grossissements sont plus importants, d'où l'intérêt d'observer lune, soleil et planètes. On rejoint là le domaine des lunettes, mais avec la possibilité d'avoir des objectifs beaucoup plus grands.

Une particularité, en dehors de la luminosité proportionnelle au carré du diamètre, le pouvoir séparateur d'un instrument, c'est-à-dire la possibilité de distinguer de fins détails, croît avec son diamètre.

Subsiste un petit inconvénient, la turbulence instrumentale. N'oublions pas que le tube est ouvert à l'avant. L'imagination humaine n'étant jamais à court, un opticien nommé Schmidt, eût l'idée de placer à l'avant du tube une lame (lame de Schmidt) au profil très particulier, ayant pour effet de presque supprimer la turbulence instrumentale, mais aussi de raccourcir le tube par un effet optique particulier. Ce sont les télescopes Schmidt-Cassegrain avec une variante les Maksutov. Grossissement important, encombrement réduit, ces instruments équipés d'un réducteur de focale ( $F/D=\sqrt{2}$ ) deviennent polyvalents : ciel profond, planètes.

Michel, nous avons fait un vaste survol des instruments amateurs, et, à cette occasion, tu as évoqué de nombreuses notions et cité des mots, nouveaux pour beaucoup, je pense. Il n'est peut-être pas inutile de revenir sur **deux mots importants et associés : ascension droite et déclinaison. Par analogie, chacun sait que sur notre sphère terrestre, longitude et latitude permettent de situer un lieu sur notre planète. Eh bien, sur la sphère céleste, c'est pareil, ascension droite et déclinaison définissent la position d'un point ou d'un objet céleste. L'ascension droite céleste, c'est l'équivalent de la longitude terrestre, et la déclinaison l'équivalent de la latitude.**

Michel, tu nous as dit aussi qu'il était possible de suivre confortablement un objet céleste avec la motorisation d'un axe de rotation. Un petit moteur, entraînant la monture, est effectivement indispensable avec un instrument de bonnes dimensions.

**18-Mais, au niveau technique, il existe aussi parfois sur l'instrument, de l'informatique embarquée, pourrait-on dire. A ce sujet, les opinions sont diverses. Quelle est ton analyse ?**

L'informatique envahissant notre vie quotidienne, les instruments astronomiques ne pouvaient y échapper. Le pilotage et le pointage automatiques de milliers d'objets célestes est maintenant chose courante, même avec des instruments médiocres. C'est là où se situe le bât blesse. Un instrument médiocre, restera médiocre, même équipé avec un système de pointage informatique ; ce n'est qu'un argument de vente, mais qui fait mouche auprès de nombreux débutants. Ceux-ci font alors l'impasse d'un apprentissage du ciel à l'œil nu, avec des jumelles et avec des cartes. Cela restera préjudiciable, à fortiori lors des pannes de l'informatique.

Cependant pour l'amateur averti, voire confirmé, l'informatique sera une aide précieuse dans la recherche d'objets faibles, le pilotage automatique et le suivi photographique argentique ou mieux encore numérique avec caméras CCD ou webcam.

**19-Michel. Maintenant, une grande question de confiance : « que peut-on conseiller aux auditeurs qui, convaincus par tes explications, souhaiteraient débiter en astronomie et s'équiper d'un instrument ? ».**

En possession d'une carte du ciel tournante et d'une paire de jumelles, familiarisé avec les constellations, les alignements d'étoiles et les différentes positions des planètes (intérêt de logiciel d'astronomie), on peut envisager l'achat d'un instrument. Une solution intéressante consiste à s'inscrire dans un club astro, où notre néophyte trouvera des gens compétents et des instruments qu'il pourra tester.

Un premier instrument sera, de préférence, une petite lunette achromatique d'un diamètre, supérieur ou égal à 70 mm, avec une focale inférieure ou égale à 700 mm, fixée sur une bonne monture équatoriale, qui pourra, ultérieurement, être motorisée (on ne parle pas encore d'informatique).

Un oculaire d'une focale de 40 mm est indispensable pour la recherche des objets, complété par un 20 mm et un 10 mm pour le grandissement des images (avec des oculaires au diamètre, appelé « coulant », de 31,75 mm). N'oublions pas le renvoi coudé.

Le grossissement max à rechercher, doit être égal au diamètre de l'objectif, exprimé en mm (sauf cas exceptionnel).

Une deuxième étape sera fonction de l'intérêt que l'observateur portera aux différents objets du ciel :

- ciel profond, objets de faible luminosité : Newton de 150 à 200 mm de diamètre,

- système solaire : lunette fluorite ou apochromatique de 100 mm de diam. ou télescope Schmidt-Cassegrain de 200 mm de diam.

Il faudra, bien entendu, motoriser la monture et envisager la photo argentique ou numérique (CCD, webcam), l'informatique devenant indispensable.

**20-Côté documentation, quelques conseils :**

Pour bien se familiariser avec toutes ces notions, on peut recommander trois petits livres qui traitent du même sujet, mais sous des angles un peu différents :

Multiguides astronomie chez Bordas

- observer le ciel en ville (Denis Berthier)

- lunettes et télescopes, mode d'emploi (Jean Lacroux, Denis Berthier)

- observer et photographier le système solaire (Hervé Burillier, Christophe Lehénaff)

Merci Michel pour ton intervention sur le sujet essentiel des « instruments d'observation ». Merci surtout de nous avoir fait bénéficier de ton expérience et de ta vaste pratique très concrète.

**LE SOLEIL ( n°5 )**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 5 février 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 5<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme d'habitude, 2 astronomes amateurs, celle qui répond aux questions, Odile Wurmser, secrétaire de la SAPO, et celui qui pose régulièrement les questions, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Odile. (Bonjour à tous).

Les premiers épisodes nous ont fait déjà parcourir de nombreux et divers chemins de traverse, depuis les secrets d'une bonne observation, jusqu'aux galaxies les plus lointaines, en passant par les objets du système solaire et la constitution des appareils d'observation. Aujourd'hui, avec Odile Wurmser, le sujet est royal, puisque nous allons rendre hommage au « roi Soleil ».

**1-Tout de suite, Odile, pour introduire notre thème, qu'est-ce que le Soleil ?**

**Le Soleil ? Et bien le soleil est tout simplement une étoile c'est-à-dire un astre qui rayonne de la lumière et de l'énergie. A l'inverse, une planète est un objet froid qui n'émet pas de lumière et qui n'est visible que parce qu'il est éclairé par une étoile. Par exemple, nous ne voyons la planète Mars que parce qu'elle est éclairée par le Soleil, sinon nous ne la verrions pas !**

**2-Le soleil est une étoile. Allons un peu plus loin. En réalité, une étoile, c'est quoi ?**

**La définition est relativement simple.**

**Une étoile est une sphère de gaz très chauds au cœur de laquelle se produisent des réactions de fusion nucléaire qui en font une source de lumière et de chaleur. De la Terre on voit énormément d'étoiles, on en compte environ 6000 sur la voûte céleste ; l'étoile la plus proche de nous et la mieux connue est le Soleil. Il faut savoir que toutes ces étoiles appartiennent à une seule et même galaxie, la NÔTRE, appelée la Voie Lactée. Rappelons qu'une galaxie est un ensemble de quelques centaines de milliards d'étoiles, dont la cohésion est assurée par la gravitation. Sachant qu'il existe quelques centaines de milliards de galaxies dans l'Univers, contenant chacune quelques centaines de milliards d'étoiles, cela fait des milliards et des milliards d'étoiles dans l'Univers, de quoi nous donner le vertige !!**

**3-Mais une étoile a-t-elle une vie propre, un début, une fin, est-elle en évolution ?**

**Et oui, tout comme nous, une étoile, naît, vit et meurt. Au départ, l'étoile va naître de la contraction de nuages de matière interstellaire composés essentiellement d'hydrogène, ces nuages sont appelés des nébuleuses. Cette contraction va forcément s'accompagner d'une élévation de température. Et lorsque la température aura atteint des valeurs de l'ordre d'une quinzaine de millions de degrés, des réactions thermonucléaires vont s'amorcer au cœur de l'étoile. Ce sont ces réactions qui vont permettre à l'étoile de briller et produire de la chaleur.**

**Cette jeune étoile va alors entamer une petite vie bien tranquille, occupée à transformer essentiellement de l'hydrogène en hélium.**

**Mais au bout de quelques milliards d'années, l'hydrogène va s'épuiser entraînant alors la contraction du cœur de l'étoile. Cette contraction s'accompagnera d'une forte augmentation de température qui aura pour but la formation d'éléments plus lourds que l'hélium, des éléments comme le carbone par exemple. L'équilibre interne de l'étoile sera à nouveau détruit. Et comme la nature a horreur du déséquilibre, les couches externes de l'étoile vont se dilater. L'étoile se transformera alors en ce que l'on appelle une géante rouge.**

**Puis, suite à une chute de pression, l'étoile va s'effondrer et les couches externes de l'étoile sont alors éjectées. De Géante Rouge, l'étoile se transformera en une nouvelle catégorie d'étoiles appelée**

Nébuleuse Planétaire. **Il ne restera alors à l'intérieur de cette nébuleuse qu'un point appelé naine blanche et qui correspond au noyau de l'étoile libérée.**

**Les naines blanches constituent le stade final de l'évolution de la plupart des étoiles. Attention, une étoile ne devient pas systématiquement une naine blanche. Son devenir dépend uniquement de sa masse initiale. Si celle-ci est inférieure à 1fois et demie la masse de notre Soleil, l'étoile en fin de vie deviendra une naine blanche, mais si la masse de l'étoile est supérieure à cette valeur, l'étoile finira sa vie en une supernovae ou même une étoile à neutrons voire un trou noir.**

**4-Revenons à notre soleil. Sans vouloir inquiéter nos auditeurs, le soleil suit-il un parcours analogue qui conduit d'un début à une fin ?**

Et oui, notre Soleil, qui est une étoile, suit exactement le même processus que nous venons d'évoquer. Il est né il y a environ **4,5 milliards** d'années de l'effondrement gravitationnel d'un nuage de poussières et de gaz composés essentiellement d'hydrogène et de l'hélium. Actuellement notre Soleil vit tranquillement sa vie en transformant son hydrogène en hélium et cela pour notre plus grand confort !! Mais dans environ 3,5 milliards d'années, ce qui veut dire que nous avons encore du temps devant nous !! les spécialistes nous disent que notre Soleil aura consommé la quasi-totalité de l'hydrogène de son noyau. Il rejoindra la catégorie des **géantes rouges** dont le diamètre est bien plus grand.

On peut se demander alors ce que deviendront les planètes qui gravitent autour du Soleil. **Mercur**e, la plus proche sera engloutie. Soyons rassurer, pour la Terre et Vénus il en sera autrement. En effet, le Soleil va perdre de la masse ce qui fait que l'attraction qu'il exerce sur nous va diminuer. Ainsi, Vénus et la Terre pourront s'éloigner.

Le long processus d'évolution se poursuivra pour aboutir à une **nébuleuse planétaire**, alors qu'au centre, notre **Soleil** finira son existence en **naine blanche**.

Mais ce n'est pas tout !! La matière éjectée dans l'espace, **dont les atomes de la Terre**,

sera intégrée dans de **nouvelles** étoiles, de **nouvelles** planètes et peut-être de **nouveaux**

êtres vivants....C'est pour cela que l'on entend souvent dire que nous sommes des

**poussières d'étoiles**, c'est parce que **nous aussi** nous avons été formés par des atomes en

provenance d'anciennes étoiles !!

**5-Odile, peux-tu nous présenter notre soleil en quelques chiffres : tour de taille, trajectoire, distance, ... ?**

Pour que ces chiffres qui sont gigantesques nous parlent nous allons les comparer à ceux de la Terre.

Comme nous l'avons dit, notre Soleil est une gigantesque sphère de gaz chauds. Son diamètre **fait près de 110 fois celui de la Terre (12800), c'est-à-dire 1,5 million de km**. Sa masse quant à elle, est environ égale à **330 000** fois celle de la Terre. **Le Soleil à lui seul, représente les 999/1000** de la masse du système solaire ! c'est dire que les neuf planètes ne pèsent pas très lourd dans la balance.

Le Soleil se trouve à 150 millions de kilomètres de la Terre. Cette distance sert de référence et s'appelle une : « Unité Astronomique » ( 1 UA = 149 597 900 km). Ainsi Mars par exemple se situe à 1,5 u.a de la Terre, Saturne à 9,5 et Pluton à 39 Unités Astronomiques. Que dire d'autre ?

La trajectoire de la Terre autour du Soleil est **elliptique**. La **distance** de la Terre au Soleil **varie** donc au cours de l'année. Paradoxalement c'est en hiver, début janvier, qu'il est au plus

près de la Terre et c'est au début du mois de juillet qu'il se situe le plus loin. Ceci qui prouve bien que les **saisons** ne sont pas dues à la distance au Soleil. Rappelons qu'elles sont dues **uniquement à l'inclinaison** de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la verticale (23.5°)

La rotation du Soleil n'est pas uniforme. Elle est ce qu'on appelle **différentielle**, c'est-à-dire plus rapide à l'équateur où le soleil effectue une rotation en 25 jours environ alors qu'aux pôles il met 10 jours de plus soit 35 jours. Cette **rotation différentielle** est une caractéristique **très importante** car elle est en partie responsable de la **formation du champ magnétique** qui produit l'ensemble des phénomènes d'activité solaire.

### **6- Après cette présentation de l'extérieur, peux-tu nous décrire la structure interne et intime du soleil ?**

De l'intérieur vers l'extérieur du Soleil, on distingue tout un tas de zones différentes. Tout d'abord, au centre :

**-le cœur**, qui est le siège des réactions nucléaires, puis au dessus du cœur on observe ce que l'on appelle :

**-la zone radiative**, il s'agit d'une région où l'énergie émise est véhiculée vers l'extérieur par rayonnement. Puis au-delà de la zone radiative on observe la

**-la zone convective**, en s'éloignant du cœur la température baisse et l'énergie peut alors être évacuée par convection. Ensuite, on distingue ce que l'on appelle

**-la photosphère**. (du grec *phôtos/phôs* signifiant lumière), c'est la couche qui délimite la surface visible du Soleil et que nous voyons, nous, depuis la Terre. Sur ce disque se détachent des régions particulières, plus sombres car plus froides, appelées taches solaires. Le Soleil suit un cycle d'activité de 11 années qui est marqué essentiellement par la variation du nombre de ces taches solaires. Vient ensuite

**-la chromosphère (3000km)**, que l'on peut observer sous la forme d'un fin liseré rose lors des éclipses totales de Soleil.

Au-delà de la chromosphère, on observe la :

**-la couronne**, qui est la partie externe de l'atmosphère du Soleil. On y observe les fameuses **protubérances** qui sont des jets de matière en provenance du Soleil et qui sont structurés par les lignes de champ magnétique. A noter, un phénomène particulier qui se produit au niveau de la couronne. En effet, si la **température décroît** régulièrement en allant du cœur du Soleil vers l'extérieur, il n'en va pas de même au niveau de la couronne. La température de la photosphère est environ de **6000°** alors que celle de la couronne qui se situe au-dessus, peut monter jusqu'à **2 millions** de degrés. Malgré toutes les recherches, ce phénomène lié certainement aux champs magnétiques, n'est pas encore complètement expliqué.

Dans cette première partie, Odile nous a détaillé le Soleil, aussi bien dans sa présentation physique, que dans son fonctionnement et dans son évolution future. L'étude de notre étoile soleil, très proche de nous, est pleine d'intérêt au moins à un double titre : d'abord pour imaginer le devenir à très, très long terme des habitants exceptionnels de notre minuscule planète, ensuite pour mieux connaître les autres étoiles, la plus proche étant plus de 250 000 fois plus loin que notre soleil.

Après une première pause musicale, nous évoquerons, avec Odile les moyens d'observation du Soleil, ainsi que l'influence du soleil sur notre planète.

**7-Après ta vaste présentation du soleil, Odile, nous connaissons un peu mieux maintenant notre étoile. Peux-tu aller encore plus loin en évoquant les divers moyens d'observation de notre soleil ?**

**Pour de multiples raisons l'étude du Soleil intéresse de près les astrophysiciens. En effet, le Soleil est l'étoile la plus proche de nous et mieux la comprendre nous permettra de mieux comprendre toutes les autres.**

**De nombreux satellites observent notre étoile à tous les niveaux et dans toutes les gammes de longueur d'onde. Le satellite SoHO, posté à 1,5 million de kilomètres de la terre, l'observe sous toutes ses coutures, 24 heures sur 24.**

**Le satellite japonais Yohkoh (dont la mission vient de s'arrêter) a capté pendant plus de dix ans des images du Soleil en rayons X.**

**Le satellite Trace observe également le Soleil, ainsi que 4 petits satellites appelés Clusters qui eux analysent le vent solaire, ce flot de particules qui s'échappent en permanence du Soleil.**

**D'autres missions verront le jour prochainement, comme le satellite STEREO dont le lancement est prévu en 2005 et le satellite SDO en 2008.**

**Mais on observe aussi le Soleil depuis la Terre. A ce niveau là, on ne peut l'observer que dans des longueurs d'onde qui ne sont pas absorbées par notre atmosphère.**

**A l'observatoire du Pic-du-Midi, un vaste programme scientifique fait appel à des astronomes amateurs pour observer en permanence, 365 jours sur 365, la basse couronne solaire, dans la raie H-alpha de l'hydrogène. Ce programme d'observation constitue un soutien au sol du satellite SoHO.**

**Une dizaine de palois, membres de la SAPO, la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales, participent à ce programme en effectuant plusieurs séjours d'une semaine par an à l'Observatoire.**

**Autre moyen d'observation : les yeux. MAIS ATTENTION, on ne dira jamais assez combien cette observation est dangereuse. Il faut impérativement mettre des lunettes équipées d'un filtre en parfait état. En effet, les rayons du Soleil sont extrêmement dangereux. Sans protection, la rétine de l'œil serait grillée instantanément, rendant aveugle l'observateur imprudent.**

**Une observation moins dangereuse de notre étoile est celle réalisée en projection sur une feuille de papier correctement installée à la sortie d'un télescope dont on a diminué l'entrée de lumière par un réducteur adapté. Apparaissent alors les taches solaires dont on a parlées tout-à-l'heure.**

**8-Est-ce que l'on peut dire que la terre est réellement soumise aux influences du soleil ?**

**Oui, la Terre est aux premières loges pour subir les différentes influences en provenance du Soleil.**

- sans Soleil point de VIE sur Terre. Pas besoin d'arguments pour s'en convaincre !! une autre conséquence du rayonnement solaire, ce sont :
- Les magnifiques aurores polaires. Ce phénomène de luminescence atmosphérique, observé généralement à de hautes latitudes et peu après une éruption solaire, est dû à l'interaction du rayonnement solaire et de la haute atmosphère terrestre. Le ciel se colore alors de façon magique en vert, bleu ou rouges. C'est un spectacle absolument magnifique.

-

**Mais hélas le Soleil n'a pas que des influences positives sur Terre**

- il émet des rayons UV A et B qui sont particulièrement dangereux pour la peau et les yeux. Il est indispensable de s'en protéger

- si la magnétosphère et l'atmosphère sont efficaces pour nous protéger contre un Soleil paisible, il n'en va pas de même lorsque le Soleil se met en colère. La Terre peut subir alors de graves dégâts, par exemple

- sur les satellites en orbite autour de la Terre qui peuvent être freinés voire même tomber.
- les circuits miniaturisés comme les GPS par exemple, les appareils médicaux, les ordinateurs embarqués dans les avions, peuvent griller et engendrer, on le comprend fort bien, de graves conséquences.
- Les réseaux électriques peuvent également disjoncter. En 1989 au Canada une éruption solaire entraîna la mise hors service de toute une centrale électrique.

Toutes ces conséquences néfastes pour l'homme poussent celui-ci à mettre au point une nouvelle discipline appelée météorologie solaire. Cette météo un peu particulière permettra de détecter les éruptions solaires avant qu'elles provoquent des catastrophes telles que celles que nous venons d'énumérer.

**9-Odile, nous ne pouvons quitter le soleil, sans décrire le fabuleux spectacle des éclipses. Et d'abord : qu'est-ce qu'une éclipse ?**

**Le dictionnaire dit qu'une éclipse correspond à la disparition temporaire d'un astre due à son passage dans l'ombre d'un autre.**

**En particulier, une éclipse de Soleil se produit, lors de la nouvelle Lune, par interposition de la Lune entre le Soleil et la Terre. En effet, par une remarquable coïncidence, la Lune est environ 400 fois plus petite que le Soleil mais elle également 400 fois plus proche que lui, de sorte que les deux astres présentent le même diamètre apparent. Mais le plan de l'orbite lunaire étant légèrement incliné sur le plan de révolution de la Terre, il n'y a, bien sûr, pas éclipse à chaque nouvelle Lune.**

**On distingue différentes éclipses selon la position des trois astres. Eclipse partielle lorsque seulement une partie du Soleil est cachée par la Lune, c'est ce qui s'est passé pour un observateur situé à Pau le 11 août 99, éclipse annulaire lorsqu'on distingue un anneau de lumière autour du Soleil et éclipse totale lorsque tout le Soleil est masqué par la Lune.**

**L'observation d'une éclipse de Soleil est un spectacle de toute beauté. La température et la luminosité baissent de façon remarquable à mesure que le disque lunaire grignote le disque solaire. Lors de la courte phase de totalité apparaît alors dans toute sa splendeur, la très belle couronne solaire. Tout au bord du disque on peut alors observer un fin liséré rouge qui correspond à la chromosphère. On peut également distinguer, s'il y en a, les protubérances solaires, ces jets de matières en provenance du Soleil. C'est vraiment un spectacle inoubliable mais qui nécessite, pour l'observer, des conditions de sécurité très strictes. Port de lunettes obligatoire en dehors de la courte phase de totalité.**

**10-Avant la dernière pause musicale et notre flash d'actualités astronomiques, Odile, tu n'échapperas pas à l'ultime question rituelle et plus personnelle : « Quel est l'un de tes meilleurs souvenirs astronomiques ? » :**

**Certes il y a eu l'éclipse de Soleil du 11 août 99, certes il y a eu les Léonides et des éclipses de Lune magnifiques. Cependant j'ai un rêve, celui de voir un jour une aurore boréale et si un jour j'ai la chance d'en voir une, je suis sûre que ce sera à coup sûr mon plus souvenir d'astronomie. Je reviendrai alors vous en parler !**

Merci Odile, au nom du Soleil, pour ton intervention lumineuse. Et nous t'attendons prochainement pour la description de ta première aurore boréale.

## LA LUMIERE MESSAGERE DES ETOILES ( n°6 ) (1<sup>ère</sup> diffusion le 5 mars 2003)

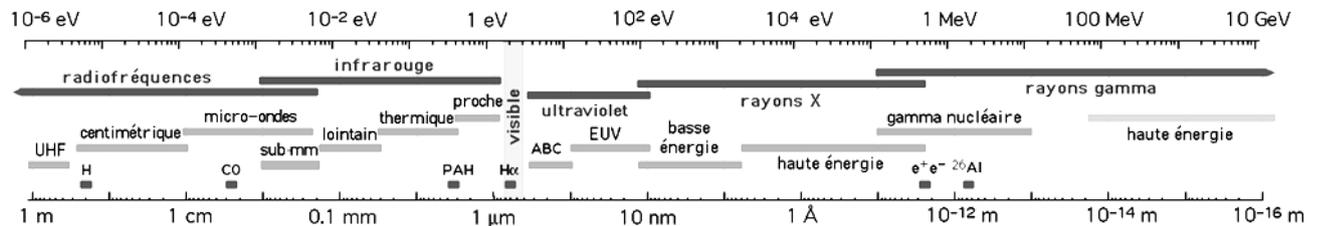
Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 6<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme d'habitude, 2 astronomes amateurs, pour répondre aux questions, Francis Lalanne, enseignant et président du GERMEA et puis l'interviewer, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Francis. Bonjour à tous.

Nos premiers épisodes ont surtout insisté sur la description, l'observation et la contemplation des objets célestes. Nous nous sommes aussi familiarisés avec les instruments d'observation. Aujourd'hui, avec Francis Lalanne, nous allons essayer d'aller un peu plus loin, dans la compréhension. Pour le thème du mois, Francis a choisi un magnifique titre, plein de poésie : « La lumière, messagère des étoiles ». Ah, c'est beau !

Ci-dessous, un schéma mystérieux, compréhensible progressivement au cours de la lecture :



### **1-Francis, dans notre ciel d'hiver actuel, nous voyons des étoiles très brillantes et d'autres à l'éclat plus modeste. Pourrais-tu nous dire simplement pourquoi ces différences ?**

Les étoiles ont des éclats différents. A l'œil nu, on voit bien qu'une étoile comme Sirius brille beaucoup plus que l'étoile polaire. On mesure cet éclat apparent par un nombre m appelé magnitude. Plus ce nombre est petit, plus l'étoile nous apparaît brillante. Exemples : Aldébaran m=1 Etoile polaire m=2. Nous recevons 2,5 fois plus de lumière d'Aldébaran que de l'étoile polaire.

Les étoiles les plus brillantes ont une magnitude proche de 0 (ex : Rigel m=0,3). Quelques-unes ont une magnitude négative (ex : Sirius m=-1,4 ; soleil m=-27).

A l'œil nu, on peut distinguer les étoiles jusqu'à la magnitude apparente +6.

Une étoile émet dans toutes les directions. Nous n'observons sur Terre qu'une partie de la luminosité qu'elle émet (cela dépend du rayon de l'étoile et de sa distance à la Terre).

### **2-La lumière reçue d'une étoile nous renseigne donc sur sa distance. Mais nous savons aussi, à partir de cette lumière, plein d'autres choses sur chaque étoile. Comment la lumière nous informe-t-elle ? et quelles sont ces informations ?**

L'éclat apparent d'une bougie posée à 20 cm de notre œil est plus important que celui d'un phare de moto à 1 km.

Bételgeuse, dans la constellation d'Orion, qui a les dimensions de l'orbite de Jupiter (300 diamètres du soleil) est située à 390 AL (Année-lumière). Elle nous apparaît moins brillante que Sirius (2 diamètres du soleil) qui est à 9 AL environ.

Pour caractériser l'éclat d'une étoile indépendamment de sa distance, on introduit la magnitude absolue  $M$ . C'est l'éclat apparent qu'aurait l'étoile pour un observateur terrestre si elle était située à 10 parsecs (1 parsec = 3,26 AL).

Si la bougie et la moto étaient à la même distance de l'observateur (par exemple 100 m), ce dernier pourrait comparer les éclats des deux sources indépendamment de leurs distances.

Or, il y a une relation entre  $m$  et  $M$  qui fait intervenir la distance  $D$  de l'étoile :  $m - M = \log D - 5$ . Ayant mesuré  $m$  et  $D$ , grâce à la méthode de la parallaxe pour les étoiles proches, on en déduit la magnitude absolue  $M$  et sa luminosité  $L$  ( $M = -2,5 \log L + 7,75$ ). La luminosité  $L$  est un paramètre intrinsèque de l'étoile : c'est l'énergie rayonnée dans toutes les directions en une seconde.

### **3-Francis, les auditeurs qui nous écoutent et observent le ciel régulièrement, savent aussi que les étoiles ont des couleurs différentes. Comment cela s'explique-t-il ?**

En préalable, précisons que la lumière, comme l'indique le titre, transporte le message des astres. Pour décoder ce message, il faut analyser cette lumière : c'est le vaste domaine de la spectroscopie.

Un peu d'histoire : en 1666, Isaac Newton se procure un prisme et fait l'expérience des couleurs. Il obscurcit sa chambre et fait un trou dans les volets pour laisser entrer un faisceau de lumière. Il place son prisme contre le trou et observe sur le mur opposé des couleurs du violet au rouge (les couleurs de l'arc-en-ciel). C'est ce qu'on appelle le **spectre continu** de la lumière blanche. On peut aussi observer ce spectre avec une lampe à incandescence.

Puis Newton va réaliser une deuxième expérience. A l'aide d'un trou dans une planchette, il isole la partie bleue du faisceau émergent du prisme et envoie cette lumière bleue sur un second prisme. Elle est déviée mais pas dispersée en plusieurs couleurs.

La conclusion est que la lumière blanche est un mélange de toutes les couleurs du violet au rouge.

Dans la théorie électromagnétique de la lumière, on attribue une longueur d'onde ( $\lambda$ ) ou une fréquence ( $\nu$ ) à chaque couleur, c'est-à-dire à chaque radiation. Exemples, dans l'air, pour le violet  $\lambda = 400$  nm et pour le rouge  $\lambda = 800$  nm.

Dans notre quotidien, il existe une relation entre la couleur et la température : si on chauffe un morceau de métal, il va apparaître rouge foncé puis rouge clair. Si on poursuit le chauffage, le métal va apparaître blanc, puis blanc-bleu. La couleur d'un corps incandescent est fonction de sa température.

Il en est de même avec le spectre d'une lampe à incandescence : quand la lampe est presque éteinte et le filament pas très chaud, c'est le rouge qui domine. Plus la température du filament de la lampe est élevée, plus le bleu devient intense.

Les applications sont multiples en astronomie :

1-détermination de la température  $T$  de la surface de l'étoile :

il y a une relation entre la longueur d'onde ( $\lambda_m$ ) de la radiation la plus intense et la température ( $T$ ) de la surface de l'étoile. C'est la loi de Wien  $\lambda_m T = 2900 \mu\text{mK}$  ( $K$  étant en degré Kelvin). Quelques exemples :

Bételgeuse, rouge, 3000 K, étoile froide,

Soleil, jaune, 5800 K,

Sirius, blanche, 10000 K,

Rigel, bleue, 13000 K, étoile chaude.

L'œil perd la notion de couleur pour les objets faiblement brillants : les couleurs des étoiles, qui brillent peu, ne sont pas décelables à l'œil nu,

2-détermination du rayon de l'étoile :

l'énergie totale rayonnée (luminosité  $L$ ) par une étoile est proportionnelle à la surface  $S$  de l'étoile et à la température  $T$  de sa surface, selon la loi de Stefan :

$$L = \sigma S T^4 \quad (\sigma \text{ est une constante}).$$

-à partir de l'observation de  $\lambda_m$  (longueur d'onde de la radiation la plus intense dans le spectre de l'étoile) et de la loi de Wien, on détermine la température  $T$ ,

-à partir de la mesure de la magnitude  $m$ , on déduit la luminosité  $L$ ,

Connaissant  $L$  et  $T$ , on peut donc calculer la surface  $S$  de l'étoile avec la loi de Stéfán, et donc son rayon puisque  $S = 4 \pi R^2$ .

#### **4-Francis, tu as évoqué tout à l'heure la spectroscopie et le spectre continu. Allons un peu plus loin. Y a-t-il d'autres types de spectres ?**

Oui, en 1814, le munichois Joseph Fraunhofer décompose la lumière solaire et repère dans le spectre continu des raies sombres qu'il désigne par des lettres. Pendant 50 ans, les physiciens s'interrogent sur la nature et la cause de ces raies. En 1859, deux allemands Robert Bunsen et Gustav Kirchhoff s'intéressent au spectre de Fraunhofer.

Ils ont déjà obtenu les spectres du sodium, du lithium et du potassium : ceux sont des **spectres de raies**.

Chaque élément chimique, à l'état gazeux, a un spectre de raies qui lui est propre. Cela ressemble à un code barre qui serait en couleur. Chaque élément a sa signature spectrale.

Si on observe le spectre des tubes d'éclairage public, dits au néon, on peut voir les raies colorées des vapeurs de mercure.

Donc, on peut identifier un élément chimique à l'aide de son spectre de raies.

Robert Bunsen et Gustav Kirchhoff, à Heidelberg, ont remarqué que la raie noire D du spectre de la lumière solaire a la même longueur d'onde que la raie d'émission jaune du sodium (589 nm).

Kirchhoff réalise alors les expériences suivantes :

1-II obtient le spectre de la flamme jaune du sodium : c'est une raie jaune,

2-II fait traverser cette flamme par un faisceau de lumière blanche : il observe le spectre continu de la lumière blanche et la raie jaune du sodium,

3-II augmente l'intensité du faisceau de lumière blanche : alors apparaît une raie noire à l'emplacement exact où se trouvait la raie jaune. C'est le spectre d'absorption du sodium.

En appliquant ces conclusions sur les spectres d'émission et d'absorption au soleil :

Les raies noires observées par Fraunhofer sont les spectres d'absorption des gaz qui sont dans l'atmosphère de l'étoile. On a pu identifier de l'hydrogène, du calcium, du sodium, du fer,...

D'une façon générale, le spectre de raies d'une étoile renseigne sur la composition chimique de l'étoile.

L'intensité des raies permet de connaître la température de l'atmosphère de l'astre. L'étude du profil des raies apporte des informations sur la densité des éléments chimiques.

#### **5-Francis, la lumière, « messagère des étoiles » nous permet de connaître intimement les étoiles. A partir de l'analyse spectroscopique des étoiles, peut-on établir une classification des étoiles ?**

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, les astronomes photographient les spectres stellaires, en particulier à l'observatoire d'Harvard, pour aboutir à une classification systématique des types spectraux ( O, B, A, F, G, K, M ) par ordre de température décroissante.

C'est à partir de ces données que Hertzsprung en 1911 et Russel en 1913 proposèrent un diagramme qui porte leurs noms : luminosité  $L$  en fonction du type spectral O,B,A...correspondant à la température superficielle de l'étoile.

Ce diagramme fait apparaître un classement des étoiles : géantes, supergéantes, naines, naines blanches,...

Il permet, ayant placé une étoile dans le diagramme, d'évaluer sa luminosité, donc sa distance (méthode de la parallaxe spectroscopique). Il permet aussi de décrire le mode d'évolution des étoiles.

### **6-Nous savons maintenant que les spectres d'étoiles nous disent déjà beaucoup, mais ont-ils encore quelque chose d'essentiel à nous dire ?**

En 1842, l'autrichien Doppler explique comment le mouvement relatif d'une source sonore, par rapport à un observateur, modifie la hauteur, donc la fréquence du son perçu par l'observateur. Chacun a entendu, au bord d'une route, le bruit d'une voiture qui passe : le son est plus aigu quand la voiture s'approche et plus grave quand la voiture s'éloigne.

En 1848, le français Fizeau montre que les vitesses des étoiles sont trop petites par rapport à la vitesse de la lumière pour qu'un observateur terrestre perçoive un changement de couleur des étoiles ; cependant il pense qu'on devrait observer de faibles variations de longueurs d'onde des raies.

Ce n'est qu'en 1868 que Huggins mesura le décalage des raies de l'hydrogène dans le spectre de Sirius.

Pour un observateur terrestre :

-l'étoile se rapproche, la fréquence de la lumière reçue augmente et la longueur d'onde diminue. Le spectre est déplacé dans son ensemble vers le bleu.

-l'étoile s'éloigne, la fréquence diminue et la longueur d'onde augmente. Le spectre est déplacé dans son ensemble vers le rouge.

Du décalage des raies, on déduit par calcul la vitesse radiale de l'astre, dans la direction Terre-astre.

Quelques applications :

-vitesse de la Terre sur son orbite autour du soleil, à l'aide du spectre de l'étoile Arcturus,

-mesures des vitesses radiales des étoiles,

-mesures des vitesses radiales des galaxies : la plupart présente un décalage vers le rouge, qui exprime le phénomène d'expansion de l'Univers.

### **7-Francis, nous avons parlé de la « lumière visible », certains parlent aussi de « lumière invisible » et de « rayonnement électromagnétique ». Sans aller trop loin, pourrais-tu éclairer un peu nos lanternes ?**

Nous n'avons parlé que de la lumière visible, toute petite fenêtre ouverte sur l'Univers, à travers notre atmosphère. Grâce aux développements instrumentaux de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, de nouvelles fenêtres ont pu être ouvertes sur notre Univers : les domaines des ondes radio, du radar, de l'infrarouge, de l'ultraviolet, des rayons X et des rayons gamma sont maintenant accessibles à la curiosité des astrophysiciens. Chaque fois qu'une nouvelle fenêtre spectrale est ouverte, nous trouvons de nouvelles facettes de notre Univers, des phénomènes surprenants, souvent complètement inattendus, provoquant parfois une révolution de la science physique.

Tandis que les télescopes des domaines visible et radio peuvent nous permettre d'observer depuis la surface de la terre, il fallait attendre l'avènement des techniques spatiales pour observer les rayonnements IR, UV, X et gamma, qui ne traversent pas l'atmosphère terrestre.

-Les radiotélescopes au sol nous ont fait découvrir une multitude de sources dont l'existence n'était généralement pas soupçonnée auparavant : pulsars, quasars, restes de supernovae, masers interstellaires etc.

-La carte du ciel à  $\lambda = 21$  cm montre que l'espace séparant les étoiles est loin d'être vide et sombre. Les nuages froids d'hydrogène atomique sont en fait la principale composante du gaz interstellaire,

-L'infrarouge est devenue un outil indispensable pour l'étude de l'Univers froid, des nuages de gaz et de poussières où naissent les étoiles et les planètes,

-Le ciel des rayons X est révélateur de la nature du milieu interstellaire - il met en évidence une galaxie violente, mouvementée et de structure complexe : l'espace interstellaire est balayée et réchauffée par un enchevêtrement de bulles de gaz en expansion. Ces bulles brûlantes sont dues à de très violents phénomènes : les supernovae,

-Pour celui qui aurait des yeux pour voir les rayonnements gamma, le plus impressionnant serait sans doute que le ciel se révèle être un gigantesque feu d'artifice, dominé par des bouffées d'énergie colossale: les sursauts gamma.

Depuis le Big Bang, les sursauts gamma sont les plus importantes explosions dans l'Univers - leur énergie, libérée en quelques secondes, équivaldrait à l'énergie rayonnée par les cent milliards d'étoiles de notre Galaxie pendant une année.

Comme l'indique le schéma, nos yeux percevant une faible fraction de l'Univers, l'essentiel est clairement invisible ... aujourd'hui, l'astronome ne voit bien qu'avec ses détecteurs - et à travers les ordinateurs - au coeur de l'astrophysique moderne sont les observations multi-longueur d'onde.

Merci Francis pour ton intervention concrète et brillante sur ce thème complexe mais essentiel de la lumière, messagère des étoiles.

## LA PHOTOGRAPHIQUE ASTRONOMIQUE ARGENTIQUE ( n° 7 )

(1<sup>ère</sup> diffusion le 2 avril 2003)

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 7<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme d'habitude, 2 astronomes amateurs : pour répondre aux questions, Henri Aurignac, intervenant et pédagogue bien connu puisqu'il était avec nous lors des 3 premières émissions, membre actif de la SAPO et du GERMEA, et puis l'interviewer, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Henri. (Bonjour à tous).

Les 6 premiers épisodes nous ont familiarisé avec les objets du ciel, les instruments d'observation et la lumière, à partir de laquelle on sait plein de choses. Petit à petit, le puzzle astronomique se dévoile, les éléments fondamentaux de l'astronomie se mettent en place. Aujourd'hui, avec Henri Aurignac, nous abordons la « photographie astronomique » et tout particulièrement la photo argentique, qu'on peut appeler aussi classique, ou traditionnelle, par opposition à la toute jeune photographie numérique, que nous survolerons aujourd'hui.

**1-Pour entrer dans ce thème, Henri, deux questions : peux-tu nous dire ce qu'apporte la photographie à l'astronomie, et ensuite nous préciser si cette technique est accessible aux auditeurs qui nous écoutent ?**

On peut faire partout de la " photo souvenir ", même si elle a un rapport quelconque avec l'astronomie, mais ce n'est pas d'elle que nous voulons parler aujourd'hui.

**La photo en astronomie est une activité complémentaire de l'observation**, car les pellicules photo sont sensibles à la couleur que l'œil ne peut pas percevoir en lumière très faible. Ainsi elle nous permettra de voir la richesse des couleurs des nébuleuses, alors que visuellement on ne voit que du noir et blanc.

La photographie avec des longues poses permet de voir des objets plus faibles que visuellement et d'obtenir des détails par accumulation des photons ( ou particules de lumière ) en particulier pour les galaxies dont les bras spirales seront beaucoup détaillés qu'avec l'observation directe.

Une photo à longue pose permet de cumuler des observations tout comme le résumé d'un film sur une seule image : je pense au mouvement des étoiles dans le ciel, à l'accumulation de plusieurs étoiles filantes sur la même image ...

**Il faut démystifier la photo en astronomie**, car même si elle n'est pas très facile, elle n'est pas très difficile si on respecte certaines règles de base, car il y a plusieurs problèmes à résoudre.

De plus elle ne nécessite pas forcément un matériel très sophistiqué et beaucoup d'entre vous possèdent déjà le matériel suffisant.

**2-Merci Henri, tu nous confirmes bien l'importance primordiale de la photo en astronomie et tu rassures aussi nos auditeurs sur la possibilité d'accéder, eux-mêmes, à cette discipline artistico-scientifique. Mais, allons plus loin, quels sont les problèmes particuliers que pose la photographie astronomique ?**

**1<sup>er</sup> problème :** elle concerne des **objets très peu lumineux** ( sauf le Soleil et parfois la Lune ) et l'appoint d'un flash est totalement inutile, bien que j'ai vu des gens s'en servir pour tenter de photographier une éclipse ou le passage d'une comète ( l'objet qu'ils tentaient d'éclairer étant à plusieurs centaines de milliers ou de millions de km, cela n'était pas vraiment efficace, même avec un flash très puissant ).

**3-Oui, mais alors comment, comment résoudre ce problème de lumière faible ?**

Il faut tout d'abord parler un peu de technique des bases de la photo :

La photo de chaque sujet, de jour comme de nuit, nécessite un certain indice de luminosité qui correspond à la quantité de lumière nécessaire pour impressionner correctement une surface sensible. Il tient compte de 3 paramètres :

**1- le rapport d'ouverture** de l'objectif qui fixe le débit d'entrée de la lumière dans l'appareil par l'intermédiaire du diaphragme. Il présente un certain nombre de graduations : 1,8 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 ... plus ce nombre est petit et proche de 1 plus l'objectif est lumineux.

**2- le temps de pose** qui indique la durée d'ouverture de l'obturateur, dosant ainsi la quantité de lumière arrivant jusqu'au film : 1/1000 s , 1/ 500 , 1/ 250 , 1/ 125 , 1/ 60 , 1/ 30 , 1/ 15 , 1/ 8 , 1/ 4 , 1/ 2 , 1 s , 2 s ... + **pose B** ( qui est variable et dépend du moment où on veut fermer l'obturateur avec un déclencheur souple.

**3- la sensibilité du film**, indiquée en ISO ou ASA ( 100 , 200 , 400 , 800 ... ) plus le nombre est élevé, plus le film est sensible et demande donc moins de temps pour obtenir le résultat.

Un seul exemple va vous expliquer leurs rapports :

La photo de la comète Hale-Boop que nous avons tous admirée en Mars 1997. Pour la photo idéale j'ai fait une pose de **2 minutes** avec un diaphragme de **2,8** et un film de **400 ASA**.

Avec un diaphragme de **4** ( cran suivant ) il fallait une pose de **4 minutes** ( double de temps )

Avec " " " **5,6** il aurait fallu poser **8 minutes**

Mais à **1,8** ( cran avant ) une pose de **1 minute** aurait suffi ( moitié du temps )

Avec un film de **800 ISO** ( au lieu de 400 ) à **2,8** **1 seule minute** suffisait

Mais à **200 ISO** ( au lieu de 400 ) il fallait **4 minutes** .

Il faudra donc utiliser la meilleure combinaison de ces 3 paramètres en fonction du diaphragme le plus ouvert dont on dispose.

Habituellement, c'est la cellule de l'appareil et l'automatisme qui règlent le problème. Mais cet automatisme étant réglé pour le jour, **la nuit il vaut mieux le débrayer et passer en mode manuel**.

#### **4-Henri, nous venons de voir les solutions pour capter la lumière faible. Y a-t-il d'autres problèmes particuliers ?**

Le 2<sup>ème</sup> problème posé est que ces objets du ciel sont souvent très petits et ne représentent pas grand chose sur une photo ( même le Soleil et la Lune ) **il faut donc les grossir** . C'est le rôle de l'objectif et de sa distance focale :

Un objectif de **50 mm**( qui correspond au grossissement de l'œil humain ) a un angle de champ de 40° environ.

Un grand angle a une focale inférieure à 50 mm ( 35 , 28 mm ...). Il permet de voir ou de photographier un champ plus large. Par exemple un objectif de **28 mm** a un champ de 67°, c'est à dire qu'il voit presque 2 fois plus large, donc qu'il grossit deux fois moins que le 50.

Un téléobjectif a une focale supérieure à 50 mm ( 80 , 100 , 200 mm ... ) Il agit comme une lunette et grossit un champ plus petit. Par exemple un **100 mm** a un champ de 20° et un grossissement de **2 fois**

Un **200 mm** a un champ de 10° et un grossissement de **4 fois**

Un **400 mm** grossit **8 fois** .( comme des jumelles ) Il servira a

grossir des objets trop petits.

**Il faut adapter la focale à la taille des objets visés.**

Pour une constellation il faut : 28 , 35 ou 50 mm

Pour une comète ou de nombreuses nébuleuses, il faudra 200 mm, et pour la Lune 200 à 800 mm.

Un objectif zoom permet d'adapter le grossissement à plusieurs types d'objets.

**L'idéal est un appareil reflex à objectifs interchangeables**, sinon il faudra se contenter de photographier des objets adaptés à la focale de l'appareil dont on dispose.

## 5-Lumière faible, objets petits. Y aurait-il encore d'autres problèmes spécifiques ?

**Le 3<sup>ème</sup> problème** posé est moins évident pour celui qui n'a pas remarqué que les étoiles et objets célestes tournent avec la Terre ( 1 tour en 24 h, soit 15° par heure ou un déplacement équivalent à la largeur de votre main , doigts écartés, le bras tendu ). Si vous observez la Lune avec une lunette fixe, en très peu de temps elle va quitter le champ visuel.

Ce déplacement entraîne une déformation des étoiles, comme si vous les dessiniez avec un stylo qui en bougeant trace un petit trait et non un point.

Selon le grossissement utilisé, le temps limite avant la déformation est de :

<b>40 s</b>	pour un objectif de <b>28 mm</b> de focale
<b>20 s</b>	“ “ <b>50 mm</b> ( focale de base )
<b>10 s</b>	“ “ <b>80 mm</b>
<b>4 s</b>	“ “ <b>200 mm</b>
<b>1 à 2 s</b>	“ “ <b>500 mm</b>

On a donc intérêt à faire des poses les plus courtes que possible, car un allongement du temps de pose va rendre obligatoire un équipement spécialisé comme la monture équatoriale motorisée.

## 6-Il est donc important de réduire les temps de pose. Oui, mais comment le faire ?

Effectivement, plus il sera court, moins il y aura de difficultés. On peut le faire de deux façons :

**-la 1ere** est très simple : il faut utiliser un film très sensible, de 400 ou mieux de 800 ou 1600 ISO. Par rapport à 400 ISO, un film à 800 ISO divise le temps de pose par deux, et un film à 1600 ISO le divise par quatre, que ce soit en diapositives ou en couleur papier.

## 7-Henri, est-ce qu'il y a des films plus adaptés que d'autres à l'astronomie. Peux-tu nous donner quelques conseils ?

En diapositives, le meilleur film du marché est sans conteste le Fuji PROVIA 400 F que l'on peut exposer à 400 , 800 , 1600 iso ou mieux ( il suffit de le préciser au photographe qui va le développer ) c'est un film d'une grande finesse, c'est celui que j'utilise.

En couleur papier, chez Fuji il y a le SUPERIA ou XTRA 800 et chez Kodak le SUPRA 800.

**- la 2eme façon de réduire le temps de pose** est purement matérielle et dépend de l'ouverture du diaphragme de l'optique utilisée. En astronomie, on privilégie les optiques qui ouvrent à 2,8 ou mieux à 1,8.

Un exemple : deux personnes veulent photographier une belle comète et utilisent le même film.

Le 1<sup>er</sup> a un objectif ouvert à **1,8**, le 2eme un objectif ouvert seulement à **4**. Si le temps de pose idéal est de **20 s à 1,8**, le 1<sup>er</sup> pourra se contenter de fixer son appareil sur un simple pied photo s'il utilise une focale de 28 ou 50 mm.

Le 2eme par contre, avec son ouverture de 4 ( 2 diaphragmes d'écart : 1,8 – 2,8 – 4 ) **devra poser 4 fois plus longtemps** ( puisque d'un diaphragme à l'autre on double le temps ) c'est-à-dire 20s x 4 = 1 minute 20 s .

Il ne pourra pas photographier sur pied photo car la comète aura trop bougé et sera déformée et floue. Il ne pourra le faire qu'avec le secours d'une monture équatoriale motorisée.

Henri, je te propose ainsi qu'aux auditeurs, une pause musicale, qui permettra à chacun de se relaxer avant d'aborder, pour nos auditeurs, leurs premiers pas en photo astronomique, avec leur appareil photo familial.

### 8-Henri, j'ai bien saisi le triple problème de la photo en astronomie : lumière faible, objets minuscules et terre qui n'arrête pas de tourner. Je dispose d'un appareil photo classique, est-ce qu'il est compatible avec la photo astronomique ?

Le matériel minimum consiste en un appareil photo, un pied photo et un déclencheur souple ( on ne pourra faire que peu de choses avec un appareil jetable ).

On peut utiliser un appareil à objectif fixe, un appareil avec un zoom ou un appareil à objectifs interchangeables ( reflex ).

Pour tous, il faut : **l'optique la plus lumineuse que possible, un obturateur** ayant des temps de pose pouvant aller jusqu'à 30s et de préférence **avec la pose B** ( temps réglable à volonté ), **un film très sensible** ( 800 iso au moins ) et toujours **un pied photo et un déclencheur souple**.

### 9-Henri, mon appareil photo est très simple avec un objectif fixe. Que puis-je prendre avec ?

Avec un appareil à objectif fixe, je puis prendre **la Lune** ( phases – fins croissants – et lumière cendrée –éclipses), **les constellations** et **la Voie Lactée** ( si on peut poser 30 à 40s ), les photos **circumpolaires** ( poses de 10 minutes à 1 heure faites en visant le nord, ce qui montre la rotation des étoiles avec les traces concentriques ). Avec des poses de 10 minutes on peut capturer plusieurs étoiles filantes.

### 10-Dis-moi Henri, si mon appareil avait un zoom, ou même si j'avais un reflex avec plusieurs objectifs, pourrais-je aller plus loin dans mes photos ?

Je pourrais alors prendre la même chose, plus des objets bien plus petits :

**La Lune** ( avec quelques cratères visibles ), **des petites constellations, les Pléiades, des comètes** (s'il en passe) **Jupiter et ses satellites** ...

Mais ces deux types d'appareils pourront faire beaucoup mieux si, au lieu d'être fixés sur un simple pied photo, sont fixés sur une monture de télescope **équatoriale et motorisée**, c'est à dire qui tourne à la même vitesse que les étoiles du ciel : c'est la **photo en parallèle** ( l'appareil étant fixé parallèlement au tube du télescope ). Elle va éviter l'allongement des étoiles sur l'image et autoriser des poses très longues .

Cela permet la photo des objets les plus beaux, comme **les amas d'étoiles , les nébuleuses** ( avec des poses de 3 à 5 minutes au moins ), **quelques galaxies, les comètes, les aurores boréales et le cœur de la Voie Lactée**.

### 11-Avec la photo en parallèle , est-ce que j'ai atteint les limites de l'utilisation de mon appareil photo en astronomie ?

La photo des objets plus petits : galaxies, toutes les nébuleuses, les amas globulaires, les planètes ( Jupiter , Saturne et Mars ), des détails sur la Lune ... nécessite un grossissement plus important et l'utilisation d'un télescope ou d'une lunette à la place de l'objectif, et donc un appareil reflex à objectifs interchangeables. Le boîtier est fixé au télescope ou à la lunette à la place de l'oculaire avec une simple bague d'adaptation.

On appelle cette méthode la **photo au foyer** d'un instrument. On atteint des grossissements de 15 à 60 fois au moins ( 10 au maxi en parallèle ).

L'appareil est bien entendu réglé en manuel avec la pose B ( on fait des poses de 5 à 30 mn ) et le télescope doit être obligatoirement motorisé. Un reflex "ordinaire" est préférable à un boîtier très sophistiqué.

Seules **la maîtrise du temps de pose** ( qui dépend de la luminosité de chaque objet ) et **la recherche et le cadrage de l'objet visé** offrent des difficultés, avec bien entendu une bonne mise au point. Mais là, on est entré vraiment dans le domaine de la photographie astronomique.

### **12-Henri, sans entrer dans le détail aujourd'hui, si j'ai un appareil photo numérique, est-ce que tout ce que tu as dit, reste toujours valable ?**

L'utilisation d'un appareil photo numérique répond aux mêmes principes et permet la photo **sur pied** ou **en parallèle**, et, pour les rares et heureux possesseurs d'un reflex numérique ( vu le prix d'un tel équipement ), **la photo au foyer** à condition que ces appareils aient une sensibilité suffisante : **400** ou **800 iso** ( tous ne l'ont pas) avec peu de bruit électronique ( ce qui est rare ) et un obturateur qui permette de prendre des poses jusqu'à **15 s** et bien entendu une bonne définition : **3** ou **4 méga pixels** au moins.

Les appareils numériques auront la possibilité de vous aider en visualisant tout de suite vos essais, mais aussi d'améliorer vos images et de vous permettre de remplacer des poses très longues (de 1 à plusieurs minutes ) par la superposition de plusieurs poses de quelques secondes seulement à l'aide d'un traitement informatique appelé **compositage** ( on vous parlera de cela dans une prochaine émission consacrée au numérique à la Webcam et à la CCD ).

Mais attention, pour l'instant, si peu d'appareils numériques peuvent donner de bons résultats en astronomie, la photo numérique permet cependant de nombreux types de photo parmi les plus simples techniquement.

Encore très inférieure en qualité pour la photo à champ large à faible grossissement ( sur pied ou en parallèle ) par rapport à la photo classique ( ou argentique ), la photo numérique est une méthode d'avenir, surtout à fort grossissement grâce aux nombreux traitements qu'elle permet, même si son utilisation a encore de gros problèmes de mise au point. Mais la photo numérique devient alors du domaine des spécialistes équipés d'un matériel haut de gamme donc très onéreux (boîtier – ordinateur – logiciels de traitement de l'image – et ... télescope ou lunette ).

### **13-Une question de confiance Henri. Est-ce qu'il est possible de démarrer tout seul la photo astronomique ?**

C'est possible si on connaît déjà un peu l'astronomie, mais rien ne vaut l'expérience et la pratique avec quelqu'un qui connaît. Il y en a dans chaque club d'astronomie qui partageront cela avec plaisir, ou vous donneront plus de détails et répondront à vos questions, lors de soirées d'observation ou réservées à la photo.

Ils pourraient même vous permettre de fixer un instant votre appareil sur la monture de leur télescope.

Ils vous aideront aussi à corriger les erreurs que l'on peut faire. Mais si vous vous lancez tout seul, prenez la peine de noter pour chaque photo les paramètres ( sensibilité du film, diaphragme et temps de pose surtout ) pour chaque type d'objet afin d'en tenir compte pour la séance suivante.

Tout ne peut pas être dit dans une seule émission , mais je voudrais vous rappeler deux conseils :

- pour la photographie il faut être dans un endroit bien noir ( c'est plus important que pour l'observation ),
- entraînez-vous à manipuler votre appareil dans le noir.

La photo astronomique est un domaine extraordinaire, vraiment intéressant, et il mérite quelques essais.

**14-Henri, beaucoup savent que tu es un photographe astronomique d'expérience et de grand talent. Pourrais-tu en confiance, nous livrer quelques secrets en conseillant quelques temps de pose à nos auditeurs ?**

Pour les constellations ( à 2,8 d'ouverture et à 1600 iso ) :  
en **20 s** on a les étoiles principales,  
en **40 s** de nombreux détails et quelques amas,  
en **2 minutes** plusieurs nébuleuses,  
et en **3 minutes** de très nombreux détails de la Voie Lactée.

**15-Henri, quels sont les livres que tu conseillerais pour démarrer la photo astronomique ?**

Aux éditions BURILIER :

**La photographie du ciel** de Christophe LEHENAFF

**Observer et photographier le système solaire** de Christophe LEHENAFF

**A l'affût des étoiles** de Pierre BOURGE aux éditions DUNOD

Merci encore Henri. Et à une prochaine fois.

**LA PHOTOGRAPHIQUE ASTRONOMIQUE NUMERIQUE**  
**( la WEBCAM en astronomie n° 8 )**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 7 MAI 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 8<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. D'entrée, j'énoncerai le thème du jour, qui pourrait s'appeler de divers noms : « la photographie astronomique numérique », ou l'« imagerie numérique en astronomie », ou plus précisément « **la webcam en astronomie** ». Voilà, sur le plateau, comme d'habitude, 2 astronomes amateurs : pour répondre aux questions, **Patrick Muller, dit PatMul**, une authentique figure locale de la webcam en astronomie, membre actif de la SAPO et du Germea, et puis l'interviewer, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS.

Bonjour Patrick. (Bonjour à tous).

Le mois dernier, avec Henri Aurignac, nous avons longuement parlé de « la photographie astronomique argentique » qu'on peut appeler aussi classique, et nous avons aussi survolé la « toute jeune photographie ou imagerie numérique ». Nous poursuivons sur ce sujet avec Patrick, en précisant que notre objectif aujourd'hui est double : d'abord éveiller la curiosité de nos auditeurs sur une technique nouvelle et prometteuse, et ensuite donner envie aux astronomes amateurs de se faire plaisir avec les webcams en astronomie.

Juste un petit mot de vocabulaire, pour ne pas être perdu : il sera question de capture d'images. Il suffit de savoir qu'il y a des expressions synonymes : prendre, capturer ou acquérir des images, c'est la même chose (ou aussi la prise, la capture et l'acquisition d'images).

**1-Patrick, pour entrer dans le sujet, peux-tu nous raconter la belle histoire de la rencontre entre la modeste webcam et la sublime astronomie ?**

Personnellement je préfère dire imagerie astro plutôt que photo (je m'en expliquerais peut être plus tard) Jusqu'à présent la capture reine en astro était la photographie argentique, avec tous ses inconvénients et ses avantages dont nous a longuement parlé Henri Aurignac dans l'émission précédente. Mais l'avènement des caméras numériques CCD (charge coupled device) révolutionna l'astronomie professionnelle et amateur, par les avantages qu'elle présentait : images immédiates visibles sur écran, possibilité de travailler directement sur les images en jouant sur le contraste et la luminosité et surtout intérêt de pouvoir retravailler les images a posteriori via des logiciels de traitement d'images ou d'analyse de ces images.

Mais ce procédé restait encore cher et peu abordable pour un amateur, même s'il était déjà possesseur d'un ordinateur portable. Il faut compter entre 1100 € & 3000 € pour une caméra CCD.

Alors une poignée de passionnés peu fortunés s'est rendu compte, en lisant les fiches techniques des petites caméras de vidéo conférence (webcam), que certaines étaient équipées de capteurs CCD. Et de là est partie l'idée de les utiliser pour faire de l'imagerie astronomique à moindre coût, une webcam coûte entre 50€ et 150€ (soit 20 fois moins cher).

**2-C'est une bien belle histoire. Avant d'aller plus avant dans le détail, peux-tu, Patrick, nous dire si tous les objets célestes sont accessibles aux webcams, ou alors s'il y a des privilégiés ?**

Il y a encore peu de temps, les webcams étaient surtout destinées à capturer des images des planètes, du soleil, des cratères lunaires. Mais les astronomes sont souvent de redoutables bricoleurs et ils ont trouvé des astuces pour accéder maintenant aux objets plus éloignés, qu'on appelle objets du ciel profond. J'en reparlerai un peu plus tard.

**3-Patrick, encore une question préalable. Tu es très sensible au vocabulaire et, au sujet des CCD et webcams, tu préfères parler d'imagerie numérique plutôt que de photographie numérique ? Alors pourquoi ?**

Oui, en effet, je trouve le terme plus approprié, car la photo pour moi, a un caractère instantané. Je m'explique : le gros du travail du photographe est en amont de la capture cadrage, temps de pose, ouverture, mise au point et autres problèmes de suivie puis il lance sa pose. En clair il travaille sans filet et ne peut voir les résultats de son travail qu'après développement.

Alors qu'avec le numérique, nous avons ce travail en aval facilité par une vision directe de l'image pendant la capture et la possibilité, après, de travailler cette image par l'intermédiaire de logiciel adapté, pour en obtenir le meilleur résultat, qu'il soit artistique ou astronomique.

Mais que les photographes classiques se rassurent. Ils auront toujours leur place ! Car je pense que les deux activités sont complémentaires.

**4-Nous allons évoquer maintenant le matériel. Tout d'abord, peut-on utiliser n'importe quelle webcam en astronomie ?**

Je pense que oui ! Mais certaines webcams sont équipées de capteur CMOS, ce qui présente l'avantage d'être moins cher mais aussi l'inconvénient d'être moins lumineux, et comme nous avons les mêmes problèmes de lumière que nos camarades photographes, il vaudra mieux privilégier l'achat d'une caméra équipée d'un capteur CCD beaucoup plus lumineuse.

Donc mon conseil pour les amateurs qui souhaiteraient acheter une webcam à but astro, ce serait de bien lire les fiches techniques et de privilégier les caméras équipées d'un capteur CCD, capable de capturer des fichiers au format « avi » de dimension 640x480 pixels, et de bien vérifier que l'ensemble est compatible avec l'ordinateur que vous utilisez.

**5-Autre question relative au matériel. Peut-on mettre ces webcams sur n'importe quel instrument ?**

En théorie oui ! Tout instrument d'amateur peut recevoir une webcam, sous réserve qu'il soit motorisé et qu'il assure un suivi correct. En effet le champ des capteurs CCD est très réduit, d'où la difficulté de garder un objet centré sur le capteur. Nous avons là le problème principal de ces caméras.

**6-Nous avons une webcam, un télescope. Mais comment fait-on pour les coupler ?**

Le principe est simple, il suffit de démonter l'objectif d'origine de la caméra et de le remplacer par un adaptateur qui viendra se mettre dans le porte oculaire de votre télescope.

Pour la réalisation, c'est un peu différent selon le modèle de caméra que vous possédez et si vous êtes plus ou moins bricoleur. Pour faire simple et sans entrer ici dans le détail, vous

aurez à effectuer des opérations de dévissage ou démontage de l'objectif de la caméra, ou même parfois vous pourrez fabriquer votre propre boîtier pour installer l'ensemble électronique de la caméra.

- 1) de 0,5 pour visser à la place de l'objectif de la caméra.
- 2) Exemple : C'est une adaptation qui demande un démontage de la webcam, pour retirer l'objectif d'origine et le remplacer par un adaptateur au coulant de 31,75. Dans ce cas la caméra ne pourra plus exemple : celui des caméras Philips vestapro (aujourd'hui introuvable dans le commerce) ou sa remplaçante la toucampro. L'objectif de ces caméras se devise, il vous suffit de faire un adaptateur ( ou de l'acheter + ou - 30€) Coulant de 31,75 pour le porte oculaire du télescope et filetage 12 mm au pas être utilisée pour sa fonction première à savoir la vidéo conférence.
- 3) Exemple : Si vous êtes très bricoleur vous pouvez vous fabriquer votre propre boîtier avec une ouverture au coulant de votre porte oculaire, dans lequel vous installerez l'ensemble électronique de la caméra.

### **7-Patrick, il me semble que nous sommes maintenant prêts à prendre, capturer ou acquérir des images. Sommes-nous bien prêts ?**

Pas tout à fait ! Il nous faut encore régler quelques détails qui ont leur importance :

- 1) Le site : l'avantage des webcams, en comparaison des vrais CCD ou des appareils photos, c'est que l'on travaille sur du planétaire et que l'on filme, d'où une sensibilité moindre à l'éclairage environnant. Mais si le site est bien noir cela n'en sera que mieux.
- 2) La collimation : les champs étant réduits, comme nous l'avons dit précédemment il est très important d'avoir un télescope très bien collimaté, c'est-à-dire avec un très bon réglage de l'alignement des pièces optiques du télescope.
- 3) Le chercheur : il doit être parfaitement aligné, car une fois la caméra installée sur votre instrument vous ne pourrez plus regarder dans l'oculaire. Il existe des appareils, que l'on appelle « flip mirror », qui sont en fait des systèmes de miroirs basculant, et qui vous permettent de centrer votre objet dans un oculaire réticulé. Cela facilite la vie, mais ce n'est pas indispensable.
- 4) La mise en station : il faut qu'elle soit le plus irréprochable possible, sans quoi vous risquez de voir votre planète sortir du champ et les images qui en résulteront seront inexploitable.
- 5) Les conditions météo : vous allez me dire qu'en général pour l'astronomie il vaut mieux qu'il fasse beau. Mais quand je parle de condition météo, je veux parler d'un phénomène très particulier à notre activité « LA TURBULENCE » qui doit être la plus faible possible, c'est-à-dire l'atmosphère la plus immobile possible.
- 6) La focalisation de l'objet : les webcams sont moins sensibles que les vrais CCD d'astronomie. Si votre objet est trop défocalisé, il peut être invisible sur l'écran. Il est donc conseillé de trouver des oculaires parafocaux du montage utilisé, pour faciliter la mise au point. Exemple : avec un télescope schmidt-cassegrain de 203mm ouvert à 10 et équipé d'un oculaire Plössl de 10mm, vous obtenez approximativement la même mise au point qu'avec une vestapro + une barlow x2. Mais c'est à chacun de faire ses essais avec son matériel et de voir ce qui lui convient le mieux.

### **8-Patrick. Le télescope est en station, la webcam est sur le porte-oculaire, l'ordinateur portable est branché, la nuit est tombée. Nous sommes prêts à capturer notre première image. Que doit-on faire ?**

Enfin, nous sommes presque prêts, car il nous faut encore posséder le bon logiciel pour la capture et le traitement de nos images. Il en existe plusieurs téléchargeable gratuitement en

freeware sur le net Iris, Qcfocus ou Astrosnap. Ce sont des logiciels multifonctions qui vous permettent de capturer et de traiter les images.

Tous ces logiciels vont nous permettre de capturer de petits films de 30 à 40 secondes au format « avi ».

Pour réaliser cette opération, on ouvre un répertoire pour le stockage des images, puis on procède au réglage de l'image à l'aide des pilotes drivers de la caméra ( luminosité, contraste exposition, vitesse de rafraîchissement des images etc.....) C'est une série de réglages par tâtonnements qui sera plus ou moins fastidieuse, en fonction des conditions climatiques (la turbulence ou d'éventuels nuages d'altitudes), de l'objet que l'on veut filmer et bien évidemment du montage optique que l'on utilise (sans Barlow ou avec, avec Barlow x2 ou x3 etc...). Une fois que tous ces réglages sont effectués et que l'on est satisfait on peut lancer la capture.

Ce qui est bien avec les webcams, c'est que l'on visualise immédiatement ce que l'on capture. Avec une capture à 10 images par seconde, une minute vous donnera un fichier film de 600 images, que l'on pourra examiner tout à loisir soit image par image ou sous forme de film.

### **9-La moisson d'images paraît correcte. Mais nous n'avons toujours pas notre image finale, objet de tous nos désirs. Que doit-on faire ?**

En effet ! Sur notre film de 600 images, on s'apercevra très vite qu'un certain nombre d'images n'est pas exploitable. Il va nous falloir sélectionner les meilleures. Pour cela nous disposons de logiciels comme Avi2bmp qui permet de sélectionner les images que l'on veut garder et de les transformer en fichiers fit ou bmp.

Une fois cette sélection effectuée, il ne nous reste plus qu'à créer notre image, par superposition de l'ensemble ou partie de cette sélection, nous appelons ça le compositage.

Cette opération a pour but de diminuer le bruit de fond généré par la caméra et de faire ressortir des détails qui restent invisibles sur une image brute.

Le traitement sera différent en fonction de l'objet du ciel que l'on va traiter.

- 1) La Lune ou le Soleil : Objet très brillant, qui ne nécessitera que très peu d'images, voir même qu'une seule (si les conditions de prise de vue étaient optimales), que l'on travaillera ensuite avec un logiciel de traitement d'images, comme Photoshop ou PaintShopPro, pour en faire ressortir le maximum de détails.
- 2) Les Planètes ( Jupiter, Saturne, Mars et les autres) : Pour ces objets, il faudra avoir recours à un compositage beaucoup plus massif de 100 à 300 images pour Jupiter voir même jusqu'à 500 ou 600 images pour Saturne. Là encore c'est à force de tests et d'essais que chacun trouvera ses marques.

Pour réaliser toutes ces opérations il existe des logiciels très efficaces comme « Iris » ou « Registax » beaucoup plus simple d'emploi qu'Iris et qui, en plus permet de sélectionner les images à garder.

Nous venons d'obtenir notre image finale, on peut, si nécessaire, lui faire subir quelques traitements supplémentaires du style masque flou ou réglage des seuils par le biais de logiciels de traitement photo classique.

Le plus dur étant de trouver le juste dosage, pour éviter le surtraitement, qui donnerait une image esthétique mais éloignée de la réalité.

### **10-Patrick, je reviens à une de mes premières questions : les webcams ne pouvaient faire que des images planétaires. Est-ce toujours vrai ?**

Tels qu'on peut les trouver dans le commerce oui !

C'est pour cela que quelques bricoleurs de génie les ont ouvertes pour les modifier, afin de permettre d'effectuer des poses plus ou moins longues.

Les webcams ainsi modifiées permettent d'accéder à des objets du ciel peu lumineux, qui leur étaient jusque là interdits par manque de luminosité. La modification la plus courante est celle mise au point par Steves Chandler, dite modification SC, qui consiste en une modification du système électronique de la caméra lui permettant de prendre des images en pose comme un appareil photo, via certain logiciel intégrant ce type de modification. Ce qui est le cas de « Astrosnap » « Qcfocus » ou « Iris » dans sa version 1.80.

### **11-Avec ces caméras modifiées, la technique reste-t-elle la même ?**

Non, elle diffère légèrement, et le principe rejoint celui de la CCD !

En fait il consiste à prendre, à la place d'un film, un nombre d'images plus ou moins important, d'une durée de pose de 1s à 1mn, et de les composer entre elle.

Mais avec la longue pose d'autres problèmes apparaissent :

- 1) le bruit : les capteurs CCD sont très sensibles au bruit de fond créé par l'électronique. Pour y remédier il faut réaliser ce que l'on appelle un « Dark » ; En fait c'est une image noire que l'on réalise dans les même conditions que la prise vue, mais en occultant l'ouverture du télescope. Au traitement cette image sera déduite des autres ce qui aura pour effet de supprimer les défauts dus au bruit.
- 2) Les saletés sur le capteur : elles peuvent être retirées de la même manière. Sauf que dans ce cas on réalisera un « flat » ou « PLU ». A la place d'une image noire, on fera une image unie blanche en défocalisant sur un mur blanc, par exemple. Ce qui aura pour effet de faire ressortir tous les petits défauts du capteur et de la même façon que pour le dark on le déduira des images pour faire disparaître les défauts du capteur.

Pour le reste, la technique est la même que précédemment, c'est du traitement d'images.

### **12-Une question de confiance Patrick. Que conseillerais-tu à une personne qui voudrait débiter dans le domaine de l'imagerie numérique ?**

Tout d'abord de s'armer de patience, car comme en photo cela ne marche pas toujours comme on le veut.

Puis de s'informer, car c'est une activité en pleine évolution qui progresse rapidement. Rien ne vaut l'expérience et la pratique avec quelqu'un qui connaît. Il y en a dans chaque club d'astronomie qui partageront cela avec plaisir, ou vous donneront plus de détails et répondront à vos questions, lors de soirées d'observation ou réservées à la photo.

De nouvelles techniques sont mises au point régulièrement, et il est vrai que les caméras utilisées pour l'astronomie commencent à ressembler de moins en moins aux webcams d'origines (changement de capteur, installation de système de refroidissement ou boîtier futuriste pour une meilleure adaptation).

Et pour finir de ne pas avoir peur de tester toutes les possibilités, toutes les techniques de traitement pour découvrir ce qui lui convient le mieux.

Et surtout de se faire plaisir.

**13-Juste avant la dernière pause musicale et notre flash d'actualités astronomiques, tu n'échapperas pas Patrick à une question plus personnelle : pourrais-tu faire partager aux auditeurs un de tes meilleurs souvenirs d'astronomie ?**

Ce fut la description d'un grand moment de bonheur astronomique : les 4mn 35 s d'éclipse totale de soleil en Zambie le 21 juin 2001 (images sur site <http://astrosurf.com/astromania> ).

Merci encore Patrick pour ton intervention très dense et très concrète. Merci aussi pour tout ce que tu es.

**LE « VERY LARGE TELESCOPE » (VLT n° 9)**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 4 juin 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 9<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique sur un thème énigmatique, pour l'instant :

« **Le VLT** ». Je laisserai le soin d'éclaircir cette énigme à notre intervenant du jour, **Philippe Viaud**, membre éminent et dynamique de la SAPO, également efficace trésorier. Les questions de votre serviteur habituel, Jacques Mortier de la SAPO et de l'ALECS, n'épargneront donc pas notre jeune ami.

Bonjour Philippe. (Bonjour à tous).

Chers auditeurs, voilà déjà 9 fois et donc 9 mois que progressivement, nous essayons, avec nos intervenants, de faire partager notre passion pour l'astronomie. Nous avons pratiquement fait le tour des « fondamentaux » de l'astronomie amateur avec des séances sur l'observation, les objets célestes, les appareils d'observation, « la lumière, messagère des étoiles », la photo argentique et numérique, la webcam en astronomie. Dans le prolongement de l'astronomie amateur, nous n'hésitons pas aujourd'hui à vous entraîner vers le top mondial en matière d'astronomie professionnelle, avec le VLT. Nous serons amenés à évoquer des mots compliqués (trous noirs, arcs gravitationnels, etc ..), n'ayez pas peur, ne zappez pas, laissez vous imprégner, tout s'éclairera avec la séance du mois de juillet, sur la structure de l'Univers.

**1-Philippe, je sens les auditeurs impatients, présente-nous brièvement le VLT, c'est quoi, c'est où, c'est à qui**

Le VLT est un ensemble de 4 télescopes géants construit au nord du Chili sur le mont Paranal pour l'E.S.O.

Il est situé dans le désert d'Atacama au nord du Chili, 120 km au sud d'Antofagasta le port où arrivent par bateau en provenance de France les miroirs et leurs berceaux.

L'ESO (ou European Southern Observatory) est l'Observatoire européen austral.

L'ESO est une organisation intergouvernementale fondée en 1962 pour faire des recherches astronomiques dans l'hémisphère austral. Elle comprend 10 pays (Allemagne, Belgique, Danemark, France, Grande Bretagne, Italie, Pays Bas, Portugal, Suède et Suisse). Elle opère au Chili aux observatoires de La Silla et du Cerro Paranal et son quartier général est à Garching près de Munich en Allemagne.

En 1953 l'astronome américain Walter Baade donne aux européens l'idée de la construction d'un télescope géant dans l'hémisphère sud. En 2001 tous les télescopes sont opérationnels . 48 ans se sont écoulés.

L'idée de Baader a mis près de 10 ans pour aboutir à la naissance de l'ESO. Il faudra 15 ans avant que l'on réfléchisse réellement sur le projet VLT et encore 10 ans avant que le projet ne soit entériné.

Cette lenteur a permis aux américains de prendre beaucoup d'avance avec les Keck, télescopes aux miroirs de 10 m de diamètre, installés sur le volcan Mauna Kea à Hawaï mais cette longue réflexion a permis de créer un projet qui redonne maintenant la première place aux européens.

Dès le départ l'optique active, l'optique adaptative et l'interférométrie que nous reverrons plus loin étaient prévues et le site a été construit en conséquence et sera à terme parfaitement fonctionnel.

## **2-Voilà, nous savons maintenant ce qu'est le VLT, mais quels sont ses objectifs essentiels ?**

### **Les objectifs stellaires :**

Au départ les objectifs de l'ESO étaient purement stellaires et intra galactiques. On a réalisé notamment une cartographie du ciel austral à l'observatoire de La Silla.

### **Les objectifs extra galactiques**

A partir de 1978 l'ESO se lance dans la recherche extragalactique avec la classe des télescopes de 4 m, toujours à La Silla. Ils permettent l'étude des galaxies proches (Nuages de Magellan) et de la structure de l'Univers local.

### **Les objectifs cosmologiques**

L'ESO se lance comme d'autres dans la cosmologie observationnelle. La Cosmologie c'est la science qui cherche à connaître l'Univers, sa structure et ses lois générales, c'est la science qui cherche à regrouper toutes les connaissances de l'Univers en un tout cohérent.

Il faut étudier des objets très faibles (plus faibles que la brillance du fond du ciel noir), situés à grande distance (cela revient à observer l'Univers à ses débuts).

On obtient ainsi des données sur la formation des galaxies et sur l'évolution de l'Univers.

On utilise pour ça le HST (Hubble Space Telescope) et les grands télescopes de la classe des 10 m.

## **3-Philippe, parle-nous du VLT en fonctionnement et de ses possibilités.**

Le VLT comprend 4 télescopes de 8,20 m de diamètre équivalents à un télescope de 16 m, il permet des images de grande résolution angulaire ( la résolution angulaire c'est la taille (en seconde d'arc) du plus petit détail que l'on peut observer sur l'image), avec pour le moment 1 télescope sur les 4 équipé avec l'optique adaptative.

Le VLT peut fonctionner avec le mode interférométrique et permet des observations répétées et de longue durée.

Outre ses possibilités en Cosmologie le VLT a aussi des possibilités en Astrophysique :

- formation et évolution des galaxies
- étude des détails du cœur des galaxies
  - recherche de la preuve de l'existence des trous noirs

Un trou noir c'est une région de l'espace dotée d'un champ gravitationnel si intense qu'aucun rayonnement ne peut s'en échapper

- les trous noirs existent-ils dans toutes les galaxies ? ou seulement dans des objets actifs comme les quasars

Un quasar c'est un astre d'apparence stellaire et de très grande luminosité, dont le spectre présente un fort décalage vers le rouge. On considère généralement que les quasars sont les objets les plus lointains actuellement observés dans l'Univers.

- les trous noirs sont-ils indépendants de la formation d'étoiles dans les régions centrales
- quelle est la différence entre les galaxies lointaines et les galaxies proches plus étudiées auparavant
- formation des étoiles dans notre galaxie grâce aux capacités infra rouges.
- découverte et étude de systèmes planétaires autour d'autres étoiles pour déterminer la fréquence du phénomène en étudiant de nombreuses étoiles.
- étude des confins du Système Solaire en particulier le nuage de Oort (réservoir de comètes) et les astéroïdes trans-uraniens.

**4-Philippe, je me suis laissé dire que les 4 énormes télescopes du VLT avaient des noms charmants, pourrais-tu nous les prononcer avec l'accent si possible et nous conter leurs origines ?**

Le 5/3/99 on inaugure officiellement et on baptise les 4 télescopes. Les noms choisis Antu, Kueyen, Melipal et Yepun sont d'origine Mapuche (indigènes du sud du Chili) et ont été trouvés à l'occasion d'un concours lancé dans les lycées chiliens et remporté par une lycéenne de terminale du lycée America de Chuquicamata.

**UT1 Antu le Soleil**

**UT2 Kueyen la Lune**

**UT3 Melipal la Croix du Sud**

**UT4 Yepun Sirius ou plus sûrement l'étoile du soir Vénus**

**5-Lors de la 4<sup>ème</sup> émission, avec Michel Dupuy, nous avons disséqué les composantes d'un télescope (tube optique, monture, miroirs, trépied, ..). Finalement le VLT, c'est presque pareil, mais j'imagine que c'est énorme, pourrais-tu nous donner quelques caractéristiques des instruments ?**

Le VLT c'est 4 Télescopes de 8,20m de diamètre UT1 à 4 associés à 3 Télescopes de 1,80 m AT1 AT2 et AT3, télescopes mobiles répliques à l'échelle 2/9<sup>ème</sup> des UT. Ils peuvent prendre 30 emplacements possibles pour l'interférométrie mais seul le premier vient d'être installé.

Les montures des UT sont altazimutales et pèsent près de 430 tonnes. Les mouvements se font dans les plans horizontal et vertical. Il n'y a pas de rotation simple comme avec une monture équatoriale et il faut donc une gestion par ordinateur pour les piloter. La précision du système électronique de pointage est inférieure à 1 s d'arc ce qui est remarquable.

Les bâtiments ont un diamètre de 29 m, une hauteur de 26,50 m, et comportent un sous-sol de 4,50 m. La forme habituelle circulaire des coupoles astronomiques avec dôme hémisphérique et cimier est abandonnée.

Les toits suivent le mouvement des télescopes. Les 2 ½ toits s'écartent pour permettre une ouverture d'un côté à l'autre du bâtiment de 9,50 m de large, ce qui favorise la création d'un courant d'air laminaire dans l'enceinte pour équilibrer thermiquement les télescopes.

Le miroir primaire est un miroir de la catégorie des miroirs minces légers, pesant près de 23 tonnes et fabriqué par la société Schott à Mayence.

La surface de collection des photons représente un peu plus de 50 m<sup>2</sup>.

Le miroir est constitué d'un ménisque de 175 mm d'épaisseur en verre zérodur à faible coefficient de dilatation.

Chacun des miroirs de 8 m polis pour le VLT par le REOSC a reçu un surnom:

Joe Jack William et Averell en référence aux célèbres frères Dalton.

Une ouverture centrale de 1 m est prévue pour installer le foyer M3 qui dirige les photons vers les foyers Nasmyth.

Les déplacements se font sur le berceau du primaire avec 150 vérins axiaux et 64 latéraux plus un système de régulation de température et un système d'attache pour l'instrument au foyer Cassegrain. Le berceau est créé par GIAT Industries.

Après nettoyage du miroir l'aluminisation est réalisée dans la salle de maintenance des miroirs au Cerro Paranal par un procédé qui permet un pouvoir de réflexion de 97%.

Le miroir secondaire est un miroir convexe hyperbolique de 1,116 m de diamètre.

Il pèse 51 kg et reste suffisamment rigide pour supporter des mouvements rapides.

**6-A ce stade, Philippe, nous n'échapperons pas à quelques explications de ta part sur des termes de l'astronomie professionnelle : on entend parler d'optique active, d'optique adaptative et aussi d'interférométrie. Alors.**

### *Optique active*

Le miroir est de la catégorie des miroirs minces légers.

Il se déforme en fonction de son poids, de la température ambiante et des manœuvres de la monture car le verre est considéré malgré son apparente rigidité comme un fluide très visqueux. On compense ces déformations par une optique active constituée de vérins placés sur la face arrière et gérés par ordinateur pour donner au miroir une forme optimale.

### *Optique adaptative*

La turbulence atmosphérique limite la résolution angulaire des télescopes.

Elle est améliorée par l'optique adaptative qui permet de s'affranchir des effets néfastes de l'atmosphère qui dégradent les images restituées par les télescopes terrestres. C'est une technique simple dans son principe : en pilotant un miroir, dont la surface se déforme sous l'action de moteurs situés sur sa face arrière, on reforme en temps réel l'image optimale de l'objet observé. Une analyse permanente des aberrations du front d'onde incident sert à commander les déformations du miroir.

Appliquée aux télescopes de 8 m et plus, existants aujourd'hui, l'optique adaptative permet d'atteindre au sol un pouvoir séparateur jusque la réservé aux seuls télescopes spatiaux.

### **L'Interférométrie**

Elle est utilisée depuis longtemps avec les radiotélescopes.

Il faut recombinaison de façon cohérente les faisceaux provenant de différents télescopes en compensant le trajet relatif des différents faisceaux (lignes de retard) et ce avec une précision de la fraction de l'unité de longueur d'onde (dur car l'unité c'est le  $\mu\text{m}$ ).

L'interférométrie permet donc:

- l'observation de la formation des amas de galaxies autour de radiosources
- la découverte des contreparties optiques aux sursauts gamma
- la recherche d'exoplanètes
- l'analyse de la surface et de la composition des étoiles
- l'étude des naines brunes et des céphéïdes.

**7-Philippe. Nos auditeurs ont appris le trajet de la lumière dans un télescope d'amateur : pour résumer simplement, la lumière de l'objet observé arrive par le bout du tube sur un miroir primaire concave placé au fond du tube, puis est renvoyée vers un miroir secondaire qui peut être plan ou hyperbolique, avant d'être observée visuellement avec un oculaire ou reçue sur appareil photo au foyer. Pour bien comprendre la différence avec un télescope d'amateur, pourrais-tu essayer de nous décrire le trajet de la lumière dans les immenses télescopes du VLT ?**

Les photons provenant d'un objet arrivent par l'entrée du télescope et se réfléchissent sur le miroir primaire M1 situé au pied du télescope puis sur le miroir secondaire M2 situé au sommet du télescope et vont ensuite soit vers le foyer Nasmyth renvoyés par le miroir escamotable M3 situé au centre de M1 soit vers le foyer Cassegrain situé en arrière de M1.

On trouve donc sur chaque UT :

- 2 foyers Nasmyth situés de part et d'autre de l'axe de rotation horizontal. On passe de l'un à l'autre en tournant le support du miroir M3.
- 1 foyer Cassegrain pour l'observation avec un maximum de photons placé en arrière du miroir primaire M1 et auquel on accède après avoir escamoté le miroir M3.
- 1 foyer Coudé utilisé pour l'interférométrie et situé loin du télescope après un trajet complexe jusqu'au sous sol.

**8-Logiquement, la question suivante concerne une composante très importante d'un télescope : les types d'instruments mis aux foyers. Peux-tu nous en dire l'essentiel, leur rôle, etc ?**

Ils permettent de collecter, analyser et enregistrer (grâce à un capteur ccd). On obtient des images grâce à des lentilles, des miroirs et des filtres, des spectres grâce à des réseaux et des prismes permettant de connaître:

**composition chimique, température, mouvements internes et distance d'un objet.**

Les instruments peuvent être conçus et construits par l'ESO mais le plus souvent les instruments sont financés par l'ESO. Après acceptation d'un projet, la construction est faite par des sociétés européennes et un temps d'observation est garanti pour les scientifiques concepteurs.

Les instruments sont utilisés en mode multi-modes permettant différents types d'observations.

Imagerie, spectroscopie et polarimétrie

La polarimétrie est une technique expérimentale basée sur la mesure de la déviation du plan de polarisation d'une lumière polarisée. Une lumière "normale" est composée d'un champ électrique et d'un champ électromagnétique Ce champ peut prendre n'importe quelle direction. Dans une lumière polarisée, le champ électrique est limité à une seule direction.

**9-Philippe, tu nous as dit que le miroir primaire était de la catégorie des miroirs minces légers. Cela veut donc dire qu'il y a d'autres catégories de miroirs ?**

**Les miroirs alvéolés**

Le rapport épaisseur/diamètre de ces miroirs est conservé mais leur masse est diminuée grâce aux alvéoles. La technique des fours tournant pour la parabolisation durant le refroidissement est aussi utilisée. On trouve: le 5 m du Mont Palomar le 6,50 m Magellan les deux 8,40 m du LBT (Large Binocular Telescope)

**Les miroirs segmentés**

Il y a un problème de mise en phase des différents segments (selon la fraction de la longueur d'onde) Une optique active est donc nécessaire. On trouve les deux Keck de 10 m installés en 93 et 96 au Mauna Kea. Ils permettent d'envisager des miroirs de 50 à 100 m de diamètre selon la même technique.

**Les miroirs minces**

Ils ont obligatoirement une optique active avec des vérins gérés par informatique.

Cela permet d'annuler les défauts de polissage et donc de réduire le prix de fabrication des miroirs. On trouve: les 4 VLT le 3,5 m NTT les deux 8 m Gemini (REOSC) le Subaru de 8.30 m à Hawaï

**10-En astronomie professionnelle, j'ai appris qu'il existait plusieurs modes d'utilisation des télescopes. Peux-tu nous en parler pour le VLT ?**

Les recherches avec le VLT ont commencé le 1/4/99. 800 candidatures de projets d'utilisation ont été envoyées mais seuls les plus intéressants étaient retenus et portent surtout sur l'observation des quasars.

**Observation en mode visiteur**

Les scientifiques sont présents physiquement sur le site ou électroniquement par Internet et dirigent les observations selon leurs programmes.

## **Observation en mode service**

Des professionnels sur le site effectuent les observations demandées s'adaptant en fonction des conditions pour choisir le meilleur objectif dans le programme. Les résultats sont envoyés ensuite aux scientifiques dans leurs laboratoires.

### **11-Philippe. S'il y en a, quels sont les premiers résultats significatifs de notre VLT ?**

Ce sont principalement des résultats obtenus pour la mise au point des instruments avec par exemple la meilleure image de Saturne prise par un télescope terrestre avec une résolution de l'image composite de 0,07", des arcs gravitationnels (amas de galaxies qui déforment sous forme d'arcs la lumière provenant d'objets plus lointains et donc plus anciens,

Centaurus A radiosource située près du centre de notre galaxie où se situe un trou noir massif, les débris de Linear C/1999 S4, la naissance d'un système solaire dans Ophiuchus et le Hubble Deep Field South dans le Toucan revu par le VLT avec une Mag 30 mieux que le HST

**Zone qui en apparence ne présente pas d'étoiles mais qui en utilisant de grands miroirs et des poses de plusieurs dizaines d'heures montrent alors de très nombreuses galaxies. Existe aussi dans l'hémisphère nord dans une région de la Grande Ourse**

### **12-Et, demain ou après-demain, avec la mise en service de la totalité du programme VLT, quelles seront les perspectives réalistes ?**

Les instruments de deuxième génération plus performants.

Les instruments du VLTI qui avec l'arrivée des AT et de l'optique adaptative sur tous les UT permettront une véritable interférométrie.

Une spectroscopie et une imagerie modernes avec lesquelles on pourra réaliser la spectroscopie de 1000 galaxies de Mag 24 simultanément en 5 mn et l'imagerie de galaxies ou de quasars de Mag 28-29.

Fleuron de l'ESO le VLT dépasse maintenant le télescope spatial Hubble par la qualité de ses instruments et par son mode interférométrique.

Petit à petit les différents éléments de ce formidable défi technologique se mettent en place. Les premiers résultats vont déjà au-delà des espoirs des scientifiques qui savent que l'Astronomie du 21ème siècle sera dominée par les télescopes géants.

Aucun domaine majeur de l'Astrophysique ne devrait lui échapper et ainsi le VLT risque de poser plus de questions nouvelles qu'il n'apportera de réponses aux questions actuelles.

### **13-Juste avant la dernière pause musicale et notre flash d'actualités astronomiques, tu n'échapperas pas Philippe à une question plus personnelle : pourrais-tu faire partager aux auditeurs un de tes meilleurs souvenirs d'astronomie ?**

L'éclipse totale du Soleil le 11 août 1999 dans la région de Reims avec un périple de plus de 3400 km.

Merci encore Philippe pour ce exercice difficile, sans l'appui de schémas visuels. Et très probablement, à une prochaine fois.

## **LA STRUCTURE DE L'UNIVERS ( n° 10 )** **(1<sup>ère</sup> diffusion le 2 juillet 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 10<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique sur un thème énorme, à couper le souffle :

« **La structure de l'Univers** ». Pour ce grand voyage, qui s'appuiera sur des notions évoquées dans les épisodes précédents, **Jean-Louis Leveil** sera notre intervenant du jour, membre de la SAPO et de l'ALECS, comme votre serviteur habituel, Jacques Mortier, chargé de le soumettre à de redoutables questions. Ce sujet est tellement énorme qu'il est programmé sur 2 émissions successives.

Bonjour Jean-Louis. (Bonjour à tous).

Le mois dernier, Philippe Viaud nous faisait découvrir le top mondial en matière d'astronomie professionnelle, avec le VLT. Nous avons alors entraperçu les objectifs et les performances de cet outil, essentiel, en particulier, pour une connaissance approfondie des structures de notre Univers. Aujourd'hui, nous partons à la découverte de notre Univers.

### **1-Pour entrer dans notre thème, Jean-Louis, que peux-tu nous dire sur notre connaissance actuelle de l'Univers ?**

- La cosmologie est l'étude de l'univers.

Notre connaissance de l'Univers a progressé de manière spectaculaire depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle. C'est un domaine où il y a du nouveau très souvent.

*Mais attention en science aucune théorie n'est vraie de façon définitive.*

<ul style="list-style-type: none"><li>• Informations complémentaires</li></ul>
--

<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Cosmologie</li></ul>
--

L'étude de l'Univers fait appel à plusieurs disciplines :
---

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- astronomie qui est la plus ancienne des sciences</li><li>- astrophysique</li><li>- physique des particules (expériences dans les accélérateurs)</li><li>- mathématiques (pour construire les modèles et les théories)</li></ul> |
|---|

<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Progrès</li></ul>
---

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- instruments de plus en plus puissants</li><li>- savants exceptionnels et théories révolutionnaires (Einstein)</li></ul> |
|---|

### **2-Qu'est-ce qui nous permet de nous faire une idée assez précise de notre Univers et pourrais-tu nous donner simplement quelques traits de caractère de cet Univers ?**

**Les informations dont nous disposons :**

- Des **échantillons** qui nous viennent de l'extérieur : grains poussière, météorites, prélèvements = roches lunaires, bientôt sonde Huygens sur Titan, peut-être sonde sur comètes *mais c'est une information rare et peu abondante.*

- Essentiellement **la lumière au sens large**

1. lumière visible (elle-même composée de plusieurs lumières => arc en ciel).

⇒ Le ciel visible est un ciel d'étoiles

information très riche apportée par la lumière (objets qui émettent) : composition chimique, distance, vitesse, température, nature des milieux traversés

2. autres lumières : ondes radio et micro-ondes, radar, infrarouges, ultra-violets, rayons X, rayons Gamma (technique spatiales). La caractéristique importante d'une lumière c'est sa *longueur d'onde* : avec des longueurs d'onde différentes on voit des choses différentes.

Principe simple : plus on capte de lumière, plus on a d'information => télescopes géants (VLT), télescopes en orbite (Hubble). Vitesse de la lumière = 300 000 km/s

Pour les télescopes : voir loin c'est lire le passé, ce que l'on " voit" n'est pas ce qui "est" mais ce qui a "été" => aujourd'hui on scrute jusqu'à 13.7 milliards d'al. (1 al = 10 000 milliards de km)

=> nous voyons en fait une succession de tranches, chacune prise à un instant donné.

- **Informations indirectes** : on détecte la présence d'objets qui n'émettent pas de lumière

par les effets qu'ils exercent sur des objets que l'on voit.

- **Pour résumer**

Les observations montrent que l'Univers est d'une richesse incroyable, elles donnent une idée de sa taille, elles montrent aussi sa face violente et imprévisible.

On est très loin de la conception de nos ancêtres : Univers immuable = "La sphère des fixes".

### **3-Jean-Louis, allons maintenant un peu plus dans le détail. De quoi est composé notre Univers ?**

A grande échelle (à partir 200 millions d'al) l'Univers est à peu près le même dans toutes les directions. C'est encore plus vrai à des distances plus grandes.

- L'Univers est surtout constitué de vide (un atome H<sub>2</sub> dans un 5 m<sup>3</sup> d'espace). Ce qui laisse beaucoup de place pour laisser passer la lumière et nous permet ainsi de voir très loin dans le ciel.

- L'Univers est constitué de galaxies formées d'étoiles (H<sub>2</sub>, He, "métaux"). Les galaxies sont regroupées en amas et en super-amas.

- L'Univers en chiffres :

⇒ nombre d'étoiles dans l'Univers = cent mille milliards de milliards

Si une étoile = grain de sable on pourrait recouvrir la France avec une couche d'1 mètre d'épaisseur.

1 million d'années = durée de vie des plus massives étoiles primordiales, 100 fois plus massives et un million de fois plus lumineuses que le soleil.

100 milliards d'années = durée de vie des plus petites étoiles nées avec la première génération d'étoiles.

- L'Univers est constitué de grands nuages de gaz (H<sub>2</sub>, He, CO, CH<sub>4</sub>), de vapeur d'eau et de poussières (C et Si) qui flottent au sein des galaxies et qui emplissent les espaces intergalactiques => pouponnière d'étoiles, *il y a des naissances*
- L'Univers est peuplé d'objets étranges : supernovae, étoiles à neutron, trous noirs, quasars *il y a des cadavres*,
- L'Univers est le siège de phénomènes d'une extrême violence : sursauts gamma (quelques secondes) et X  
⇒ témoins que l'Univers n'est pas un monde tranquille

#### • Informations complémentaires

##### ➤ Métaux

En astronomie ce sont tous les éléments plus lourds que H<sub>2</sub> et He

##### ➤ Galaxie versus étoiles

Etoiles d'abord puis regroupement en galaxies *ou bien* Structure de galaxie pré-formée, les étoiles naissent dedans

C'est plutôt la deuxième hypothèse. A cause de l'expansion de l'Univers (collisions moins fréquentes) et à cause de la matière qui ne peut plus participer au "recyclage" (stockage dans pulsars, trous noirs) il y a moins de naissances que de décès

##### ➤ Etoiles

Il y en a de toutes les couleurs, c'est une question de température à la surface de l'astre (analogie avec le fer chauffé : rouge profond, rouge clair, orange, jaune, bleu, violet). La température fixe la couleur.

Le soleil est jaune à 6000 °, Sirius est bleue entre 8000 et 9000 °.

La masse d'une étoile détermine sa température. Plus une étoile est massive plus son noyau central est chaud et plus sa température de surface augmente.

Etoiles massives = 100 masses solaires

##### ➤ Durée de vie des étoiles massives et des petites étoiles

Cycle "CNO" plus rapide que chaîne "proton-proton", le « carburant » est consommé plus vite. Température cœur de l'étoile > 15 000 000 ° pour le cycle CNO

##### ➤ Eau, poussières dans les nuages de gaz

Le plus souvent à l'état solide ou gazeux, exceptionnellement à l'état liquide, poussières recouvertes d'une mince couche de glace

##### ➤ Trous noirs

Certainement les objets les plus mystérieux du cosmos. "Monstres" qui avalent tout et pourtant ce sont des constructeurs d'univers. Ils ont joué un rôle fondamental pour rassembler les milliards d'étoiles et les organiser en galaxies grâce à la gravité. Ils ont peut-être évité le chaos cosmique.

**4-Nous retrouvons des objets déjà identifiés précédemment : galaxies, nébuleuses, supernovae, étoiles à neutrons, trous noirs. Y a-t-il encore d'autres composants dans notre Univers ?**

- Tout cela cumulé représente 15 % de la matière présente dans l'Univers.
- Les 85 % restants doivent être attribués à une matière de nature inconnue : la matière noire

On connaît sa présence par ses effets indirects, gravitationnels, sur la matière lumineuse

- ⇒ mise en évidence en 1932, anomalie de la vitesse des galaxies dans un amas
- ⇒ anomalie de la vitesse des étoiles périphériques dans la Voie Lactée : ces étoiles tournent aussi vite que celles qui sont près du centre, cette vitesse correspond à une masse qui est 10 fois plus importante que la masse de la galaxie (étoiles, gaz, poussières).

Newton : plus les masses sont importantes plus le mouvement qu'elles créent est rapide. La terre tourne autour du soleil à 30 km/s, si le soleil était 4 fois plus gros la vitesse devrait être de 60 km/s.

La Voie Lactée fait un tour complet en 250 millions d'années. Elle en est à son 18<sup>ème</sup> tour.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informations complémentaires           <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <u>matière noire</u> Ce serait un gaz très peu dense et très chaud installé entre les galaxies. Espèce de halo au niveau de la galaxie.</li> <li>➤ <u>mise en évidence de la matière noire</u> Stabilité des amas de galaxies qui ne peut pas s'expliquer par la seule présence de la matière visible Stabilité des galaxies qui ne se disloquent pas Régularité des arcs des lentilles gravitationnelles</li> </ul> </li> </ul>
---

**5-Jean-Louis, même si cette matière noire est, pour l'instant encore, une grande inconnue pour nous, notre connaissance de l'Univers a pourtant, me semble-t-il, progressé énormément au début du 20<sup>ème</sup> siècle ?**

- En 1920 et en 1929 il y a eu deux découvertes qui ont bouleversé notre connaissance de l'Univers :
  - ⇒ découverte d'autres galaxies : l'Univers semble "infini"
  - ⇒ l'Univers est en mouvement (en expansion), à grande échelle les galaxies s'éloignent les unes des autres
- Les grandes questions que posent ces découvertes :
  - ⇒ est-ce que ce mouvement va continuer, s'arrêter, s'inverser ?  
**quel est le futur de l'Univers ?**
  - ⇒ raisonnement inverse : en remontant le temps les galaxies étaient plus proches les unes des autres, l'Univers se concentre de plus en plus  
**quelle est l'origine de l'Univers ?**
- futur, origine : l'Univers évolue, l'Univers a une histoire

• Informations complémentaires

➤ Galaxie jumelle de la Voie Lactée - Andromède

Beaucoup plus loin que ce que l'on croyait

➤ Fuite des galaxies

Mise en évidence par effet Doppler-Fizeau.

**LA STRUCTURE DE L'UNIVERS ( suite et fin)**  
**( n° 11 )**

**(1<sup>ère</sup> diffusion le 3 septembre 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 11<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Nous poursuivons sur le thème : « **La structure de l'Univers** ». Nous poursuivons avec notre pilote du mois dernier **Jean-Louis Levieil**, membre de la SAPO et de l'ALECS, comme votre serviteur habituel, Jacques Mortier, chargé de l'interviewer.

Bonjour Jean-Louis. (Bonjour à tous).

**1-L'origine de notre Univers, le Big-Bang, alors, Jean-Louis, raconte-nous, comment cela s'est passé ?**

Pour essayer de comprendre des choses difficiles on bâtit des théories et on regarde si ce que

l'on observe est conforme aux théories (validation ou abandon des théories)

• Pour expliquer l'origine de l'Univers => **Théorie du Big Bang**

Il était une fois il y a 13.7 milliards d'années :

⇒ au temps 0 que s'est-il passé : une certitude = personne n'en sait rien

⇒ au début l'Univers était infiniment dense, infiniment chaud et très petit

⇒ à 10 –35 seconde l'Univers a la taille d'une balle de tennis

⇒ il grossit des milliards de milliards de fois plus vite que la lumière, c'est l'inflation cosmique, l'Univers libère une intense quantité d'énergie et commence à se refroidir

⇒ à 1 seconde les premiers noyaux se créent H<sub>2</sub>, He, Deutérium, Lithium

⇒ à 3 minutes la matière se compose de 77 % H<sub>2</sub> et 23 % He

l'Univers est une soupe de particules primordiales, l'Univers est opaque

⇒ l'Univers se refroidit et son expansion continue

⇒ à 380 000 ans l'Univers s'illumine et devient transparent = flash

⇒ aux alentours de 100 millions d'années après le Big Bang l'Univers a dû s'embraser d'étoiles super-géantes qui ont explosé environ 1 million d'années après leur naissance

rappel : une grosse étoile a une durée de vie beaucoup plus courte qu'une petite étoile (100 milliards d'années)

• Informations complémentaires

➤ Univers opaque

Les conditions physiques sont telles (densité, température) que les photons émis sont instantanément réabsorbés.

➤ Flash

L'Univers à partir du Big-bang se refroidit, les conditions physiques changent pour atteindre une situation où les photons se libèrent. C'est la première lumière de l'Univers.

## **2-Jean-Louis, je me suis laissé dire, mais on dit tellement de choses, qu'il y avait encore des traces directes de cette explosion initiale, des fossiles du Big-Bang en quelque sorte ? Peux-tu nous en dire un peu plus ?**

- Le rayonnement fossile

Découvert par hasard en 1965. Domaine des ondes radios millimétriques qui pénètrent les nuages, rayonnement très affaibli, sa longueur d'onde a augmenté, température à  $-270^\circ$ , **c'est la mémoire refroidie de la naissance de l'Univers**

- ⇒ c'est le signal le plus ancien qu'il nous soit donné d'observer
- ⇒ une des principales preuves de la théorie du Big Bang.
- ⇒ uniformité de l'univers (à grande échelle)
- ⇒ variations d'intensité de ce rayonnement, légères fluctuations (grâce à instruments plus précis)
  - = témoignage de la formation des premières structures de l'univers longtemps avant la formation des galaxies et des étoiles
  - = fluctuations à l'origine des galaxies et des amas de galaxies ?

## **3-Mais, Jean-Louis, qu'est-ce qui nous prouve que le Big-Bang n'est pas une simple vue de l'esprit de cosmologistes illuminés ?**

- Observations en faveur du Big Bang
  - ⇒ ciel noir la nuit => l'Univers a évolué et continue d'évoluer
  - ⇒ loi de Hubble, distance en fonction du redshift
  - ⇒ homogénéité : notre situation notamment n'a rien de spécial
  - ⇒ isotropie : le ciel semble être le même quelque soit la direction d'observation
  - ⇒ rayonnement fossile
  - ⇒ variations du rayonnement fossile
  - ⇒ éléments légers en abondance (H<sub>2</sub>, He, Deutérium, Lithium)

## **4-Notre Univers évolue sous l'action de forces diverses : forces de contraction, forces d'expansion. Entrons dans ce combat titanesque de forces ?**

- Le premier mouvement de l'Univers est le **mouvement d'expansion**, insufflé par le Big Bang, qui continue "aujourd'hui" et qui s'accélère. Pour l'expliquer on évoque une mystérieuse énergie sombre dont la nature nous échappe. C'est une force répulsive, une **anti-gravité** qui va à l'encontre des effets de la matière.
- L'autre mouvement qui va structurer l'Univers, c'est la **gravité**, force attractive. Toute chose tend à s'effondrer sur elle-même ou sur ses voisins. Un nuage de gaz finit inéluctablement par se contracter. Chaque grain de poussière et chaque molécule de gaz étant attirés par un autre grain ou par une autre molécule.
  - ⇒ formation des étoiles et des planètes dans les nébuleuses (c'est un véritable recyclage)

- ⇒ la Voie Lactée et Andromède se rapprochent l'une de l'autre 275 km/s
- ⇒ notre amas, le Groupe Local, file vers l'amas de la Vierge 600 km/s et vers un superamas (Hydre et Centaure)

## 5-Jean-Louis, s'il fallait que nos auditeurs retiennent l'essentiel de nos connaissances actuelles sur l'Univers, que leur soufflerais-tu ?

- Les connaissances actuelles

- ⇒ l'Univers se compose de :

- 70 % d'énergie sombre (nature inconnue)

- 25 % de matière noire (nature inconnue)

- 5 % de matière ordinaire

- rappel : équivalence énergie - matière

- avec 1 kg de sucre on pourrait conduire sa voiture pendant 100 000 ans sans s'arrêter !

- ⇒ l'Univers n'a pas de limites mais infini ou fini ?

- ⇒ L'Univers est en expansion accélérée

- Informations complémentaires

- Univers sans limites

Déjà pressenti par les grecs. S'il y avait une limite il y aurait « quelque chose » au delà de l'Univers hors l'Univers contient tout.

Analogie avec la surface de la Terre : il n'y a pas sur Terre un panneau qui indique « fin de la Terre ». Mais dans le cas de cette analogie on observe la Terre de l'extérieur, ce qui n'est pas possible avec l'Univers !

- Univers fini ou infini

Univers fini : cela voudrait dire que si je parcours l'Univers je peux passer deux fois à côté d'une même galaxie ou revenir à mon point de départ. Analogie là aussi avec la surface de la Terre.

Univers infini : il n'est pas possible de s'en faire une représentation même très approximative. A ce jour c'est plutôt cette hypothèse qui prévaut ???

- Expansion

« Match » titanesque entre gravité et anti-gravité (énergie sombre). Une conséquence de l'expansion est qu'une grande partie de l'Univers ne nous est pas accessible. Autre constat : L'Univers n'est ni immuable, ni même immobile comme on l'imaginait encore au début du XX siècle : ses éléments constitutifs naissent et meurent, sont en mouvement parfois violent, voire explosif, et l'Univers tout entier est en expansion et en évolution.

**6-Pour terminer sur ce thème, une question double incontournable: d'abord que s'est-il passé avant le Big-bang, ensuite, et cela concerne les enfants de nos enfants dans très longtemps, que va devenir notre Univers ?**

- Les grandes questions
  - ⇒ que s'est-il passé "avant" le Big Bang ?  
on ose maintenant poser la question, théories nouvelles nécessaires (théorie des cordes pour tenter de comprendre)
  - ⇒ que va devenir l'Univers ?  
constat : il « meurt » plus d'étoiles qu'il n'en « naît »  
scénario possible : l'Univers va continuer à se refroidir pour finalement s'éteindre (plus aucune étoile), dans 100 000 milliards d'années.

Merci encore Jean-Louis.

**LES EXOPLANETES ( n° 12 )**  
**(ou Les planètes extrasolaires)**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 1<sup>er</sup> octobre 2003)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 12<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique sur un thème passionnant aussi bien les petits que les plus grands. En effet, depuis très longtemps, en contemplant l'immensité du ciel étoilé, les femmes et les hommes pensaient bien que notre soleil ne devait pas être la seule étoile à avoir des planètes, eh bien oui, on peut l'affirmer depuis peu, nous savons maintenant qu'il existe effectivement des planètes gravitant autour d'autres soleils. On les appelle les « **exoplanètes** » ou aussi « les planètes extrasolaires » et ce sera donc notre thème du mois avec notre intervenant **Jean-Louis Leveil**, membre de la SAPO et de l'ALECS, comme votre serviteur habituel, Jacques Mortier, chargé de le soumettre à la question.

Bonjour Jean-Louis. (Bonjour à tous).

**1-Pour entrer dans ce vaste sujet des « exoplanètes », Jean-Louis, peut-être serait-il intéressant de décrire brièvement ce que nous connaissons mieux, notre propre système planétaire, appelé aussi système solaire ?**

- La première détection indirecte d'une exoplanète date de 1995 => 51 Pegasi b
- Rappel de la composition de notre système solaire
  - le soleil (étoile qui fait plutôt partie des grosses étoiles),
  - 9 planètes,
  - 100 satellites (on en découvre encore aujourd'hui, petite corps),
  - un grand nombre de petits objets (astéroïdes, comètes),
  - milieu interplanétaire.

**2-Habitants de la planète Terre, nous sommes partie intégrante du système solaire et donc bien placés pour comprendre comment s'est formé notre système planétaire. Jean-Louis, qu'en dit la science aujourd'hui ?**

- Formation d'un système planétaire
  - => à partir d'un énorme nuage de gaz froid et de poussières(C, Si),
  - => suite à une perturbation quelconque (collision avec un autre nuage, onde de choc de l'explosion d'étoile) qui provoque la fragmentation du nuage en "paquets de matière" plus petits et plus denses qui se contractent sous l'effet de la gravité,
  - => peut-être en environ 100 000 années l'un de ces "paquets", une nébuleuse, se condense en un volume de la taille de notre système solaire,
  - => au cœur du nuage augmentation de la densité et de la température,
  - => formation d'une protoétoile,
  - => pas facile à voir à cause de la poussière : détection en IR,
  - => autour de cette protoétoile se forme un disque peu épais "disque

d'accrétion" (première observation en 1984 autour de Bêta Pictoris)  
(à cause de la rotation de l'ensemble),

Passage de la protoétoile et l'étoile ?

**3-Jean-Louis, alors ces exoplanètes, parlons-en. Sont-elles nombreuses ? et à quoi elles ressemblent ?**

- On estime que 10 % des quelques 1000 étoiles situées à moins de 100 al de nous ont un système planétaire.  
=> 200 milliards dans la Voie Lactée  
=> 20 milliards de planètes
- Depuis 1996, 108 exoplanètes autour de 94 étoiles,
- La plupart sont des géantes gazeuses immenses et brûlantes, ressemblant à Jupiter ou à Saturne (à cause des moyens de détection actuels)

**4-Au stade actuel, nos auditeurs savent comment se forme un système planétaire, ils savent aussi qu'il y a beaucoup d'exoplanètes. Il est temps Jean-Louis de leur expliquer comment on peut découvrir ces planètes d'autres soleils ?**

Il y a trois grandes techniques qui reposent sur la détection des effets que produit la planète sur son étoile.

- Perturbation de la vitesse radiale par rapport à la Terre
  - mesures par effet Doppler, c'est la mise en évidence qu'un objet tourne autour de l'étoile et la fait très légèrement osciller (effet périodique)
  - dans la ligne de visée étoile-Terre on mesure le décalage de la lumière qui nous parvient, vers le bleu quand l'étoile se déplace vers nous, vers le rouge quand l'étoile s'éloigne de nous,
  - technique possible à partir d'un observatoire terrestre.

**5-Jean-Louis, tu nous as annoncé 3 techniques de détection indirecte, la variation de vitesse radiale de l'étoile est donc une 1<sup>ère</sup> méthode, je sens nos auditeurs impatients de connaître les autres méthodes ?**

- Astrométrie c'est l'étude, sur plusieurs années, de la position de de l'étoile projetée sur le ciel relativement à des positions d'étoiles de référence observées simultanément avec un interféromètre.  
=> l'oscillation de cette position peut correspondre à la présence d'une exoplanète,  
=> technique difficile à partir d'un observatoire terrestre, ce sont des mesures faites à partir d'un satellite.

**6-Pour clôturer les méthodes de détection indirecte, Jean-Louis, décris-nous la 3<sup>ème</sup> méthode ?**

- Photométrie le passage de la planète près de son étoile affecte la

luminosité de l'étoile de deux façons :

– transit : la planète passe devant son étoile (Cf : transit de Mercure le 7 mai 2003)

=> la luminosité apparente diminue d'un montant proportionnel aux surfaces relatives des deux objets. Dans le cas de la Terre et du Soleil ce serait une diminution de la luminosité de 1/10 000.

Méthode prometteuse, déjà utilisée pour confirmer la détection d'une exoplanète par la méthode de la « vitesse radiale »,

=> mais mesures difficiles, (attention à la fluctuation intrinsèque de l'étoile), phénomène rare (1 %) et court (en heures)

– micro-lentille : phénomène expliqué par la Relativité Générale.

=> quand deux étoiles s'alignent, la luminosité de l'étoile la plus lointaine augmente. Analogie avec une lentille dans un instrument.

l'étoile la plus proche courbe les rayons provenant de l'étoile la plus lointaine, il y a plus de lumière qui nous arrive (> 100 % pendant quelques heures).

cet effet est symétrique s'il n'y a pas de planète autour de l'étoile.

=> quand il y a une exoplanète qui tourne autour de l'étoile la plus proche il n'y a pas de symétrie.

**Avant d'aller plus loin, Jean-Louis, nos auditeurs méritent une première pause musicale. Cela facilite l'assimilation de notions quelque peu éloignées des préoccupations quotidiennes.**

**7-Jean-Louis, nous avons survolé les 3 techniques de détection indirecte d'exoplanètes, serait-ce que la recherche directe est impossible ?**

• C'est le futur : il s'agit de la détection de photons venant de la planète, cette méthode permettrait la détection de planètes de la taille de la Terre et la connaissance de la composition de leur atmosphère par spectroscopie.

– Lumière de l'étoile réfléchiée par la surface de la planète

=> espoir dans la détection de la lumière polarisée

=> espoir dans l'interférométrie nulle

– Radiation infrarouge émise par la planète, son énergie interne

=> difficile car la radiation de la planète est « noyée » dans la radiation de l'étoile

**8-Jean-Louis, essayons de faire plus ample et concrète connaissance avec une**

**exoplanète, par exemple celle qui a fait récemment la une des médias : une planète qui,**

**nous a-t-on dit, s'évapore et qui répond au poétique nom de HD209458b.**

- Découverte récente et surprenante dans la constellation de Pégase
- Géante à 7 millions de km de son étoile (type soleil), 1.3 fois le diamètre de Jupiter, 2/3 de sa masse, 3.5 jours pour faire le tour

**autour de son étoile (Jupiter met 12 ans pour faire un tour complet**

autour du Soleil)

- **Hydrogène chauffé, qui échappe à la gravité de l'exoplanète et qui est « poussé » par la lumière de l'étoile, formant une queue comme**

**dans une comète (200 000 km de long)**

**9-Jean-Louis, 48 h avant l'enregistrement de cette émission, une première vient de se réaliser. Peux-tu nous en dire un mot ? Peux-tu développer un peu plus aussi les perspectives de découvertes de planètes comme la Terre ?**

- Le 1<sup>er</sup> juin 2003, première découverte par méthode du « transit »
  - planète 20 fois plus lointaine que la plus lointaine connue,
  - 1<sup>ère</sup> planète en dehors du bras spiral d'Orion, où se trouve le soleil,
  - planète plus près du centre de la Voie Lactée,
  - taille de Jupiter, à 3,5 millions de km de son étoile, révolution en 29 heures,
  - plus de 2000° C,
- Découverte de 3 planètes autour d'un pulsar !
- Découvrir des planètes de la taille de la Terre :
  - avant 10 ans grâce à méthodes et instruments nouveaux,
  - 3 missions pour Mars décollent ce mois-ci (situation favorable),
  - intérêt pour la recherche de la vie.

**10-Jean-Louis, j'imagine les auditeurs, les plus jeunes en particulier, très attentifs à cette interrogation sur « la vie ailleurs ». C'est une vaste question qui fera probablement l'objet de toute une émission. Mais esquissons la tout de même. Alors « La Vie ailleurs », que peut-on en dire ? et d'abord, une question simple, c'est quoi la Vie ?**

- C'est un domaine de recherche qui s'appelle l'exobiologie
- Qu'est-ce que la vie ? Définition :
  - des molécules complexes
  - une chimie spécifique (la vie repose sur la chimie du carbone dans l'eau)
  - une capacité de reproduction
- Qu'est-ce que la vie ? Ce qu'il faut :
  - composants H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, C, N, S, P
  - source d'énergie (chimique ou solaire)
  - eau liquide
  - température entre -20 ° et 113° C (organismes extrémophiles)

**11-Nous sommes toujours ramenés à ce que nous connaissons un peu mieux : la Vie sur Terre. Que nous dit la science aujourd'hui sur les origines de la vie chez nous et sur le rôle régulateur méconnu de Jupiter et de la lune ?**

- Apparition de la vie sur Terre ?
  - les composants se sont formés sur la Terre ou bien
  - les composants sont venus de l'espace (comètes, météorites)
- => peut-être une combinaison des deux
  - Origine externe probable
- => nébuleuses de gaz moléculaire (CH<sub>4</sub>, ...), météorites, comètes
  - La vie ne peut-elle exister que sur des planètes jumelles de la Terre ?
- => peut-être pas
  - Pour l'instant on a pas trouvé de système planétaire dont les caractéristiques se rapprochent du système solaire
- => protection de Jupiter au moment du grand bombardement
- => stabilisation de la rotation de la Terre autour du soleil et de la rotation de la terre sur elle-même par Jupiter et par la Lune

## **12- En conclusion et à la lumière de tout ce que tu nous as dit, Jean-Louis, alors la Vie ailleurs est-elle présente ?**

- Deux raisonnements possibles :
    - Nombre d'étoiles dans une galaxie, nombre de galaxies dans l'Univers.
- Il serait étonnant qu'il n'y ait pas quelque part des conditions semblables à celles de notre Terre.
- Si il y avait d'autres vies intelligentes dans l'Univers. Il y en aurait certainement, apparues il y a très longtemps par rapport à nous (disons 1 million d'années), leurs avancées technologiques seraient telles qu'ils auraient déjà dû se manifester ou nous rendre visite.

Merci Jean-Louis pour la qualité de ton intervention au cours de ces deux émissions. Merci pour le travail énorme que cela t'a demandé. Et, sans aucun doute, à une prochaine fois, sur un sujet à ton initiative.

**BILAN « Un An » et Perspectives ( n° 13 )**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 5 novembre 2003)**

Bonjour Karine, bonjour à tous. « A la découverte du ciel » : 13<sup>ème</sup> émission mensuelle aujourd'hui. C'est une émission très spéciale, une émission 1<sup>er</sup> anniversaire, une émission transition où nous nous arrêterons pour poser un double regard : un vers l'arrière, regard-bilan de notre 1<sup>ère</sup> année d'émission, un vers l'avant, regard-perspective sur l'année à venir. Une émission très spéciale également, car sur le plateau l'intervieweur habituel, votre serviteur, Jacques Mortier, deviendra l'interviewé. A la Voix du Béarn, nous rêvons de mieux connaître nos auditeurs, aussi, nous n'avons pas hésité à faire intervenir plusieurs auditeurs fictifs pour poser des questions. Il va de soi que toute ressemblance avec quiconque serait purement fortuite.

Lors de la 1<sup>ère</sup> émission, quand nous avons un an de moins, j'avais défini notre objectif : « Cette émission s'adresse à tous, petits et grands, du moins à tous ceux qui ont déjà levé les yeux vers le ciel et qui ont eu envie d'en savoir un peu plus. Cette émission est en quelque sorte un feuilleton céleste, initiatique à l'astronomie, où chaque épisode mensuel sera centré sur un thème précis développé par un invité, suivi d'un flash d'actualités astronomiques. L'astronomie est multiforme et chacun devrait pouvoir y trouver un peu de son bonheur, aussi bien dans l'observation que dans la contemplation ou dans la compréhension de notre vaste et superbe univers ».

**Q1 Nous prenons une première question de Claudie à Béost : Cette émission a un an d'existence. Comment s'est-elle introduite à Radio Voix du Béarn ? par surprise ? par hasard?**

R1 : presque, vous allez tout savoir Claudie, c'est très simple, en 2002, nous avons organisé à Sendets la Nuit des Etoiles 2002 avec la participation des 3 associations d'astronomie béarnaises (SAPO, GERMEA et ALECS). C'est ainsi que pour informer le public potentiel, je me suis trouvé le 7 août 2002 dans ce studio invité par Océane à ses légendaires « matinales ». L'ambiance fut fort sympathique. Océane a évoqué sur le champ la possibilité d'une émission périodique sur l'astronomie. La perspective de transmettre cette passion à ceux qui n'ont pas eu la chance d'y goûter était intéressante. Le défi était lancé, la réponse positive quasi-immédiate et voilà c'était parti.

**Q2 : Pierre à Sauveterre : eh alors, comment concrètement cela s'est-il passé ?**

R2 : la page était blanche, il a fallu réfléchir rapidement et définir les grands axes

- les objectifs : initiation astronomique (connaissance et compréhension, observation et contemplation), et surtout arriver à faire lever la tête aux auditeurs, avec le bon réflexe quotidien, dès le lever et au coucher, de regarder le ciel : c'est beau, c'est gratuit, c'est facile et ça change toujours,...),
- la périodicité mensuelle avec une durée de 30 mn (20mn sur un thème, 10mn sur le ciel du mois en cours, avec des pauses musicales habilement concoctées par Karine),
- le choix des thèmes : ne posait pas trop de problèmes dans la mesure, où le terrain était vierge : il s'agissait des bases de l'astronomie, ce qu'on appelle les « fondamentaux »,
- les personnes-ressources potentielles étaient les collègues et amis astronomes amateurs des 3 assos ; mais une certaine inquiétude devant la radio devait être levée impérativement,
- comme initiateur de cette émission, j'avais bien senti que je ne pourrai éviter le rôle d'animateur-intervieweur, du moins au démarrage, dans la mesure, où cela pouvait rassurer les hésitants, aussi bien au niveau de la préparation que de l'enregistrement.

J'ai eu l'immense plaisir de voir que, très rapidement, des intervenants potentiels se manifestaient. Le 7 août au matin, je ne connaissais pas Océane, qui allait m'interviewer ; à peine 1 mois et demi après, le 25 septembre au soir, Karine mettait en boîte la première émission, qui se diffusait une semaine après, le 2 octobre.

**Q3 : Fernand à Balirac et Jules à St Pée de Bigorre ont posé pratiquement la même question : Pour ceux et celles qui n'ont pas eu la chance d'écouter toutes ces émissions, pourrait-on avoir un aperçu de ces « fondamentaux » évoqués ?**

R3 : Eh bien, allons-y avec un petit flash sur chacune des 12 séances. J'essaierai d'être assez bref, mais ce sera difficile :

Séance 1-Henri Aurignac a ouvert le bal avec tout ce qu'il faut savoir sur l' « **observation astronomique** ». Les 3 outils de base pour démarrer : une carte tournante (pour connaître le ciel à l'heure et au jour considéré), un petit bouquin (pour repérer les constellations et les objets classiques du ciel), une paire de jumelles. Il est possible de commencer tout seul l'astronomie, mais c'est beaucoup plus rapide et motivant dans une association.

2/3-Henri a poursuivi la 2<sup>ème</sup> séance sur les « **objets mobiles du ciel** », et la 3<sup>ème</sup> sur les « **objets fixes du ciel** ». Henri nous a présenté ces objets mobiles et fixes. Quelques explications sont nécessaires : une enquête récente montre que chez nous, 5 adultes sur 10 croient que le soleil tourne autour de la terre, alors qu'en réalité la terre, comme les autres planètes, tourne autour du soleil. A nos yeux de terriens, si la terre ne tournait pas sur elle-même en presque 24h, les étoiles seraient immobiles dans le ciel, alors que nous constaterions le déplacement des planètes autour du soleil : ce qui signifie que les objets mobiles correspondent au « système solaire » et les objets fixes aux étoiles et autres objets célestes.

4-Michel Dupuy nous a présenté **les instruments d'observation** amateurs, en disséquant jumelles, lunettes astronomiques et télescopes. Il a donné force conseils pour ceux qui voudraient s'équiper.

5-Odile Wurmser, que nous retrouverons avec plaisir le mois prochain, nous a familiarisé avec notre **soleil**, à qui nous devons la vie. La connaissance de notre étoile soleil est très importante, car elle est à proximité. Il faut savoir que la seconde étoile plus proche de nous est 300 000 fois plus éloignée que notre soleil.

6-Francis Lalanne, avec « **la lumière, messagère des étoiles** » nous a exprimé simplement des choses compliquées : rayonnement électromagnétique, spectroscopie,...l'analyse de la lumière reçue d'un objet céleste nous dit presque tout sur cet objet.

7-Henri Aurignac, photographe virtuose, est venu nous parler de **la photographie astronomique argentique** à portée de tout le monde.

8-Patrick Muller, dit Patmul, grand praticien de la webcam, s'est penché sur **l'imagerie numérique avec la webcam en astronomie**.

9-Philippe Viaud nous a superbement conduit vers le top mondial en matière d'astronomie professionnelle : **le VLT (very large telescope)** dépendant de l'«Observatoire Européen Austral » et situé au Chili. Grâce à cet observatoire du futur, que de réponses à des questions anciennes, mais aussi que de nouvelles questions.

10/11-Jean-Louis Levieil s'est lancé courageusement, au long de deux émissions, sur un thème immense et évolutif « **La structure de l'Univers** ». Ces grands espaces peuvent donner le vertige, mais n'est-il pas merveilleux que l'Homme, poussière d'étoiles, minuscule par sa taille, est parfois capable d'être immense par sa pensée, sa conscience et son humanité.

12-Jean-Louis Levieil a poursuivi sur sa lancée avec **les « exoplanètes », ou « planètes extrasolaires »**, planètes tournant autour d'une étoile autre que notre soleil. Depuis très longtemps, en contemplant l'immensité du ciel étoilé, les femmes et les hommes pensaient bien que notre soleil ne devait pas être la seule étoile à avoir des planètes, eh bien oui, on peut l'affirmer depuis peu, nous savons maintenant qu'il existe effectivement des planètes

gravitant autour d'autres soleils. Plus d'une centaine ont été découvertes depuis 1995, année qui restera, dans les livres d'histoire du futur, aussi importante que l'année 1492, où Christophe Colomb a découvert l'Amérique.

A l'issue de l'évocation de ces 12 émissions, vous me permettrez de préciser que j'ai eu personnellement beaucoup de plaisir à interviewer mes amis astronomes amateurs avec une admiration pour l'énorme travail effectué au bénéfice des auditeurs. En particulier j'ai apprécié le souci d'exactitude scientifique. Un merci mille fois aux 7 intervenants bénévoles et passionnés Odile, Michel, Francis, Patrick, Philippe, avec une mention encore plus particulière à Jean-Louis Levieil pour ses 3 émissions et à Henri Aurignac pour ses 4 émissions.

**Avant d'aller plus loin, je propose à Karine et aux auditeurs de vous reposer l'esprit avec une pause musicale.**

.....

**Q4 : Lionel à Bizanos : Pour résumer « vous, Jacques, l'astronome de la Voix du Béarn », quel bilan tirez-vous de cette première année ?**

R4 : en résumé, on peut dire que c'est un travail important de grande qualité effectué par les collègues avec une initiation aux « fondamentaux » de l'astronomie magistralement effectuée. C'est, sans aucun doute, le sentiment d'une mission collective parfaitement accomplie, au-delà de nos espérances ; ce qui nous engagerait moralement à poursuivre dans le même esprit. Par contre subsiste une grande interrogation, commune, j'imagine, à tous les gens de radio lucides et honnêtes :

-les auditeurs : qui sont-ils ? que souhaitent-ils ? apprécient-ils ? lèvent-ils les yeux « à la découverte du ciel » ? comment imaginer un échange minimal avec eux pour être bien accordés sur la même « longueur d'ondes » ; cet échange apporterait aussi des éléments de motivation aux intervenants potentiels.

**Q5 : Jean-Michel à Navailles-Angos : S'il vous plaît, Monsieur l'astronome, nous sommes impatients, rassurez-nous sur la poursuite de votre émission ?**

R5 : Eh bien, ... oui nous repartons courageusement, avec toujours le même défi et le même objectif d'inciter les auditeurs à lever les yeux pour mieux connaître et contempler notre ciel. Trois orientations pour cette année :

-d'abord, poursuivre sur des thèmes précis. Après les fondamentaux de l'an passé, il sera important que des intervenants se proposent pour aborder des sujets intéressants et grand public. S'il y a des intervenants intéressés que je ne connaîtrais pas, n'hésitez pas à me contacter. Merci d'avance.

-ensuite, sans faire de prosélytisme excessif, il sera bon de faire un peu mieux connaissance avec les activités astronomiques des 3 associations partenaires : SAPO, GERMEA et ALECS, -enfin, il s'agit de faire germer et émerger chez nos auditeurs une passion pour l'astronomie, aussi nous croyons au témoignage et au mimétisme et nous irons donc à la rencontre d'astronomes amateurs, qui nous diront tout de leur propre passion : comment elle est née ? comment elle s'exprime ? quelles sont, à leurs yeux, les merveilles du ciel ? , etc, etc,....

**Q6 : Daniel à Tarbes et Jacques à Idron : L'an passé, les bases de l'astronomie ont été solidement posées. Pourrait-t-on bénéficier de ces enseignements ? et comment ? :**

R6 : c'est effectivement une de nos préoccupations, nous avons des idées, mais cela suppose un délai pour les concrétiser. En fait, il devrait être possible, dans les mois à venir, de retrouver ces émissions de 3 façons :

-d'abord par le canal de « la Voix du Béarn », qui envisage certaines « reprises » de ces émissions,  
-ensuite, au sein des 3 associations partenaires, qui disposeront, pour leurs adhérents, des copies des CD audio et des disquettes en version écrite,  
-enfin probablement, dans la version écrite, sur le site web de l'une ou l'autre des associations partenaires SAPO, GERMEA et ALECS, ou, pourquoi pas de toutes les 3,

**Q7 : Michel à Navarrenx : vous avez évoqué plusieurs questions relatives aux auditeurs que nous sommes, en particulier un échange entre vous et nous. Merci de nous interpellier amicalement. Mais, avez-vous quelques idées pour avancer dans cette direction ?**

R7 : Pour l'instant, je dirai que ce sont des interrogations fondamentales : qui sont les auditeurs de cette émission « à la découverte du ciel » : d'abord y en a-t-il ? que souhaitent-ils ? apprécient-ils ? lèvent-ils les yeux ? comment imaginer un échange minimal avec eux ? Eh bien, cet échange, nous essayerons de le construire ensemble au cours de l'année et j'espère que dans un an, le programme proposé intégrera vos observations, réactions, ou souhaits. Pour avancer dans cette direction, sans lourdeur administrative, ni coût, je proposerai, dans un premier temps à ceux qui ont Internet, de m'adresser un mail, soit très sobre, par ex : « j'existe, j'écoute l'émission à peu près une fois sur deux,.. », soit avec un peu plus de détails sur vos souhaits, vos remarques... mon adresse mail est < [mortier.jacques@libertysurf.fr](mailto:mortier.jacques@libertysurf.fr) >. J'accepte d'avance un blocage potentiel de ma boîte aux lettres...Ceux qui n'ont pas cet outil, c'est moins facile : peut-être un mot dans la boîte aux lettres de « Radio Voix du Béarn » ( au 33 avenue Fouchet à Pau, face au lycée St Dominique).

Avant de clôturer cette première partie, vous me permettrez de remercier

-tous ceux qui ont contribué à faire vivre cette émission au cours de l'année écoulée, sans oublier Karine et Océane,  
-remercier les auditeurs, intervieweurs fictifs du jour, qui m'ont posé d'excellentes questions : Pierre à Sauveterre, Michel à Navarrenx, Fernand à Balirac, Daniel à Tarbes, Claudie à Béost, Jean-Michel à Navailles-Angos, Jules à St Pée de Bigorre, Jacques à Idron, Lionel à Bizanos. Je les salue amicalement,  
-je voudrais aussi remercier par avance aussi tous ceux qui m'adresseront un petit message pour amorcer un échange amical et constructif.

Dans un instant, vous découvrirez le ciel du mois de novembre, mais tout de suite, une 2<sup>ème</sup> pause musicale avec Karine.

.....

SITES INTERNET des associations partenaires de cette émission :

SAPO : <http://www.astro-bearn.com>

GERMEA : <http://perso.wanadoo.fr/germea>

ALECS : <http://perso.wanadoo.fr/alecs.sendets>

**LE PIC DU MIDI DE BIGORRE et les OA ( n°14 )**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 3 décembre 2003)**

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 14<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique centré sur un exceptionnel trésor, méconnu de beaucoup, que nous avons à proximité de chez nous : l'observatoire astronomique du Pic du Midi de Bigorre. Des astronomes amateurs ont la chance de contribuer avec des professionnels à l'étude du soleil : on les appelle les "Observateurs Associés" (les OA). Odile Wurmser, secrétaire de la SAPO et des OA, Odile qui est déjà venue plancher sur le soleil, va nous raconter cette belle aventure.  
Bonjour Odile.

**1 - Odile, quelle drôle d'idée d'installer un observatoire, en haute altitude, au sommet du Pic du Midi de Bigorre. Pourquoi ?**

C'est tout simplement la situation exceptionnelle de ce Pic qui explique l'idée de cette création. En effet, ce sommet est :

- Premièrement très élevé : 2877m d'altitude,
- Deuxièmement, sa position est dégagée, si bien qu'aucun sommet d'égale importance ne se trouve en son voisinage d'horizon. Cette position confère à l'atmosphère environnant une grande stabilité, qualité très importante en astronomie,
- Et enfin troisièmement, le Pic est d'accès très aisé. A présent le téléphérique permet de rejoindre le sommet tout l'année.

**2 - Odile, tu ne couperas pas à un bref historique de l'Observatoire ?**

Etant donné la facilité d'accès de la montée en été, on ignore qui en fit la « première

ascension ». Mais ce qu'on sait, c'est que déjà au 16<sup>ème</sup> siècle, un érudit nommé Scaliger y montait souvent. C'est l'astronome Plantade, de Montpellier, qui le premier laissa un souvenir durable, hélas pour une raison tragique puisqu'il mourut en 1741 à Sencours, situé 500 m sous la base Sud du Pic, le sextant à la main. En 1852, le Docteur Costallat de Bagnères-de-Bigorre fonde une hôtellerie à Sencours pour y accueillir des touristes mais aussi des observateurs scientifiques. C'est avec la création de la société Ramond de Carbonnières que commence réellement l'histoire du Pic.

Deux hommes en particulier allaient jouer un rôle important et sont considérés comme les fondateurs incontestés de la difficile réalisation de l'Observatoire au sommet. Il s'agit du Général de Nansouty et de l'ingénieur Vaussenat. Chacun, par sa passion, son dévouement et son investissement total allait contribuer à l'aboutissement du projet.

Je vais rapidement donner quelques dates qui ont marqué l'histoire du Pic.

1878 : les premiers travaux débutent au sommet.

1881 : le premier bâtiment est habitable, il se nomme aujourd'hui le bâtiment Nansouty.

1906-1907 : construction de la première coupole : la coupole Baillaud.

1926/27 : premiers essais de radiophonie depuis le Pic.

1930 : Bernard Lyot met au point le coronographe ; et nous verrons tout-à-l'heure l'importance de cette découverte.

1957 : l'ORTF émet en télévision et en radiodiffusion depuis le Pic.

1963 : le télescope de 106 cm est mis en service pour cartographier la Lune pour les missions Apollo.

1980 : le 2 m est achevé et baptisé TBL (Télescope Bernard Lyot). C'est le plus grand télescope du territoire français.

Années 90 : menace de fermeture de l'Observatoire. Les capitaux destinés à l'astronomie sont principalement investis à l'étranger dans la réalisation de projets internationaux.

1995 : Projet touristique Pic 2000 voit le jour et aboutit à la configuration actuelle du site, à savoir la partie Ouest dédiée au tourisme et la partie Est transformée en quartier scientifique.

### **3 - Pourquoi l'étude du soleil au Pic ?**

Le Pic-du-Midi a eu jusqu'à aujourd'hui un rôle de tout premier plan pour l'étude du Soleil. La stabilité remarquable des couches atmosphériques locales, associée à la pureté bien connue du ciel pyrénéen de haute altitude, ont été exploitées par plusieurs générations d'astronomes et physiciens solaires. De nombreux instruments spécialisés ont été installés au Pic. L'observation du Soleil est considérée comme l'une des spécialités du Pic.

### **4 - Odile, on entend parler de couronne solaire. C'est quoi cette couronne ? et comment l'observer ?**

La couronne solaire est la partie externe de l'atmosphère du Soleil. Elle est constituée en majorité :

- d'électrons libres
- de protons
- et pour un très faible pourcentage d'éléments lourds (1%).

C'est dans ce milieu en perpétuelle agitation qu'on observe ce qu'on appelle les « protubérances ». De façon simple et imagée on peut dire qu'une protubérance est une formation de gaz constitué essentiellement d'hydrogène, semblable à des arcs, des boucles, des jets etc... Ces phénomènes sont un million de fois moins lumineux que le Soleil lui-même et leur observation nécessite un appareil très particulier appelé coronographe. C'est un astronome français, Bernard Lyot, qui en 1930, inventa le principe de cet instrument et l'expérimenta pour la première fois au Pic du Midi. Un coronographe est un instrument qui réalise une éclipse artificielle, permettant ainsi d'observer dans de bonnes conditions la couronne solaire.

### **5 - Odile, tu as évoqué l'invention du coronographe par Bernard Lyot en 1930 au Pic, peux-tu nous parler du coronographe en fonctionnement aujourd'hui au Pic ?**

L'histoire d'HACO, c'est le nom qu'on a donné à notre coronographe, est une belle histoire, que je vais rapidement vous raconter. Faisons un tout petit peu de physique solaire avant de commencer.

Nous avons dit tout à l'heure que les protubérances sont essentiellement constituées d'hydrogène ; la principale émission de lumière se fera à une longueur d'onde correspondante à une certaine transition d'énergie de l'atome d'hydrogène (appelée h-alpha), cette longueur d'onde se situe dans le domaine du visible à 656,3nm. C'est pourquoi on a baptisé le coronographe du Pic « HACO » pour h-alpha coronographe. On ne peut parler du coronographe du Pic sans évoquer rapidement au préalable le satellite SOHO, issu d'une collaboration américano-européenne. Véritable laboratoire spatial lancé le 2 décembre 1995, cette sonde observe le Soleil en continu sous toutes ses coutures et ce 24 heures sur 24 car elle se situe à 1,5 million de km de la Terre. Seulement voilà, les instruments coronographiques à bord de SOHO ne produisent aucune image en rayonnement  $H_{\alpha}$ , et c'est à ce niveau là que la complémentarité entre « sol et espace » va intervenir. La qualité de l'atmosphère du Pic-du-Midi est connue dans le monde entier et la communauté scientifique a demandé à Monsieur Jacques-Clair Noëns, astronome à l'Observatoire du Pic-du-Midi, de réaliser un coronographe h-alpha en soutien du satellite SOHO. Et c'est ainsi que HACO, le coronographe du Pic voit le jour au début des années 90.

### **6 - Voilà, HACO a été présenté, que peut-on dire de ses objectifs ?**

Si la mission de relais au sol pour le satellite SOHO constitue un pan important de ce programme d'observation au Pic, elle n'en est pas le seul objectif. La deuxième mission et à mon sens la plus importante de ce programme est la constitution d'une base de données solaires. Toutes les images numériques de la couronne solaire prises au Pic, ainsi que le catalogue d'observation qui les caractérise, sont enregistrés dans une base de données informatiques. Une particularité de cette base de données solaires est la mise à disposition de son contenu sur internet. Ainsi, la communauté scientifique du monde entier peut avoir accès

à cette base de données. Pour les auditeurs qui seraient intéressés par ces images il suffit de passer par un moteur de recherche : [google](https://www.google.com) par exemple puis de taper : bass2000.

Une meilleure connaissance de notre soleil grâce à toutes ces informations permettra de mettre au point la science nouvelle de demain : la météorologie solaire. Un exemple très récent, celui de l'éruption solaire qui a eu lieu le 18 novembre dernier et qui a été observée au Pic. Cette éruption gigantesque a eu de nombreuses répercussions sur notre Terre et nous a donné, l'opportunité d'admirer sous nos latitudes la nuit du 20 au 21 novembre, aux environs de Pau même, une magnifique aurore boréale que malheureusement je n'ai pas eu la chance d'apercevoir. Mais les éruptions solaires ont aussi des conséquences dramatiques puisqu'elles peuvent endommager des satellites, l'instrumentation à bord des avions et même faire disjoncter des centrales électriques comme au Canada en 1989. Mieux connaître notre Soleil comme nous essayons de le faire au Pic, peut donc apporter des améliorations considérables pour nous, habitants de la Terre !

### **7 - Odile, peux-tu nous expliquer comment est née cette équipe des « Observateurs Associés », des OA ?**

L'instrument est opérationnel mais il faut à présent de la main-d'œuvre pour faire fonctionner ce programme de façon quotidienne et tout au long de l'année. Les restrictions budgétaires interdisent de penser à des professionnels.

Jacques-Clair Noëns, qui accueille régulièrement des stagiaires des écoles d'ingénieurs de Tarbes ou de Metz et qui rencontre souvent au Pic des astronomes amateurs a l'idée géniale de faire appel à eux pour mener à bien ce programme de surveillance de la couronne solaire. Petit à petit, il regroupe des astronomes amateurs, passionnés, prêts à s'investir avec lui dans cette formidable aventure. Quoi de plus merveilleux et valorisant pour un astronome amateur que d'observer au Pic-du-Midi, observatoire mythique, en liaison avec des astronomes professionnels et qui plus est, avec le satellite SOHO. Il faut former ces

personnes bénévoles pour que l'équipe soit performante et opérationnelle lors de la mise en activité du satellite. Le pari est gagné. Le programme d'observation en continu de la couronne solaire démarre dès le début de l'année 1994. Aujourd'hui l'équipe compte une soixantaine de personnes, toutes amateurs. La SAPO, la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales, est particulièrement bien représentée puisque 11 membres participent à ce programme d'observation au Pic. Ces « Observateurs Associés » se relaient par deux, toutes les semaines, pour assurer le bon fonctionnement du programme d'observation.

### **8 - Et concrètement la vie des OA au Pic, c'est quoi. Comment se déroule une journée ordinaire ?**

L'objectif des observateurs associés, nous venons de le dire, est d'assurer une surveillance quotidienne de la couronne solaire avec le coronographe HACO, du moins dès que le temps le permet. La journée d'un observateur associé commence, chaque matin lorsque la météo est bonne bien sûr, par la contemplation du lever du Soleil et la quête du rayon vert ! Ce premier ou dernier rayon du soleil que les phénomènes de diffraction de l'atmosphère nous font voir vert est le grand bonheur de l'observateur. Mais il est très rare de l'observer et donc d'autant plus convoité ! Puis le Soleil émerge, la montagne s'éveille, se colore de rose de mauve, de jaune et d'orangé, les crêtes s'illuminent, c'est une féerie sans cesse renouvelée. Empli de cette énergie, l'observateur associé va commencer sa journée de travail.

Selon une procédure qu'il suit scrupuleusement, il met en route la manip., branche les différents instruments, met en chauffe le filtre qui sélectionne la longueur d'onde H-alpha. Puis, dès que le Soleil montre le bout de son nez au-dessus des murs de la coupole, l'observateur déplace l'instrument afin que le Soleil y soit parfaitement centré. Cette condition est impérative sous peine de détruire le coronographe. Vient alors une journée qui sera rythmée par la prise rapprochée et régulière d'images numériques de la couronne solaire, journée rythmée aussi par l'envoi régulier d'images sur la base de données. Cette démarche est importante puisqu'elle va permettre aux scientifiques du monde entier de suivre, en temps

quasi-réel, l'évolution de notre Etoile. Si le temps est coronal, c'est-à-dire sans le moindre nuage, condition sine qua non pour observer les protubérances, les observateurs auront enregistré jusqu'à 500 images numériques en fin de journée !!

Le moment du coucher du Soleil arrive et là aussi, tout comme le matin, l'observateur sort pour l'admirer et espérer, s'il ne l'a pas vu le matin, voir le rayon vert. Mais la journée de l'observateur ne s'arrête pas au coucher du soleil. Après avoir arrêté les instruments, là aussi, selon une procédure très précise, il lui faut rédiger le catalogue des observations qui viendra compléter et donner toute sa valeur au programme d'observation.

Le moment est maintenant venu pour l'observateur de se détendre.

Et les journées vont se succéder ainsi, pendant une semaine. Seule l'arrivée d'une perturbation météorologique viendra troubler ce rythme.

**9 - Les OA, si j'ai bien compris, c'est une formidable équipe d'une soixantaine de personnes, qui se relaient au Pic. Mais avez-vous déjà eu l'occasion de tous vous rencontrer ?**

Très bonne question Jacques. Tu ne penses pas si bien dire puisque les O.A. viennent

d'organiser leur premier séminaire, les 11 et 12 octobre dernier à Clermont-Ferrand. Ce fut un réel bonheur de se retrouver ainsi, dans le cadre magnifique du Puy de Dôme, tous unis par une même passion. 45 personnes sur les 60 qui composent l'équipe étaient présentes. Des professionnels sont venus nous parler de physique solaire, de liaison entre climat et activité solaire, tous cela pour notre plus grand plaisir et intérêt. Un tel séminaire est grandement porteur d'échanges d'idées passionnantes et des perspectives de nouvelles collaborations entre professionnels et amateurs ont été discutées. A refaire !

**10 – Odile, tu as évoqué la SAPO, qui, à travers 11 membres, participe à cette belle aventure scientifique. Peux-tu nous en dire un peu plus ?**

OUI !! La SAPO, la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales participe activement à

ce programme de recherche sur la couronne solaire au Pic puisque 11 membres de cette

société font partie des Observateurs Associés et 8 personnes étaient présentes au séminaire de Clermont. Non seulement nous sommes nombreux de la SAPO à faire partie des O.A mais nous sommes également très assidus puisque chacun d'entre nous monte deux, voire trois semaines par an dans le cadre de ce programme !

Merci infiniment Odile pour cette brillante intervention, qui nous a permis de mieux connaître le fabuleux Pic du Midi de Bigorre et cette sympathique équipe des « Observateurs Associés », des OA. Pour les auditeurs qui seraient intéressés par le site des OA, il suffit de passer par un moteur de recherche : [google](#) par exemple puis de taper : « Observateurs associés ». Il est bon de dire aussi à nos auditeurs, que les visiteurs peuvent accéder, tout au long de l'année, au sommet du Pic grâce au téléphérique au départ de La Mongie : là-haut vous attendent de superbes paysages, un musée astronomique, et éventuellement une pause gastronomique.

**Interview-Passion Jacques Mortier (n° 15)**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 3 décembre 2003)**

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, grande première au cœur de notre émission, le 15<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique se centrera sur un astronome amateur qui nous dira tout de sa passion. Comme Jacques Mortier, l'animateur de l'émission, l'avait exprimé récemment, « il s'agit de faire germer et émerger chez nos auditeurs une passion pour l'astronomie, aussi nous croyons au témoignage et au mimétisme et nous irons donc à la rencontre d'astronomes amateurs, qui nous diront tout de leur propre passion : comment elle est née ? comment elle s'exprime ? quelles sont, à leurs yeux, les merveilles du ciel ?, etc, etc ». Eh bien pour démarrer cette nouvelle série, Henri Aurignac, l'intervenant bien connu de la SAPO et du GERMEA, soumettra à la question l'animateur lui-même Jacques Mortier, de la SAPO, qui pourra ainsi très directement tester sa formule.

**1-Jacques, au delà de l'astronome amateur, qui es-tu ?**

Grave question. Je suis jeune... jeune retraité d'une entreprise publique la SNCF et j'aurai 60 ans en 2004 : le bel âge. Ardéchois de souche, provençal de naissance et béarnais d'adoption, j'habite Sendets entre Pau et Soumoulou, mais je me sens surtout citoyen du monde. Marié depuis presque 34 ans avec la même épouse, nous avons 2 garçons qui vivent à Montpellier. J'ai beaucoup de chance dans la vie : d'abord une solide santé et aussi un tempérament passionné de tout : les sports, la montagne, les jeunes, l'Afrique, l'Homme (sans exclure la Femme) ; je suis aussi amoureux des chevaux. Et j'ai une tendresse particulière pour les associations, lieu de vie et d'engagements. Je me reconnais assez bien dans la formule de Cocteau : « je ne suis pas un touche-à-tout, mais un « tout me touche ». L'astronomie est une de mes grandes passions, mais elle n'est pas exclusive, il y en a quelques autres simultanées.

**2-Comment as-tu découvert l'astronomie ?**

-il y a très longtemps à Nîmes où j'ai vécu jeunesse et adolescence, j'ai été boy-scout et donc j'ai eu la chance d'être souvent immergé dans dame Nature et, en particulier, de passer de nombreuses nuits à la belle étoile. Curieux, j'ai donc ressenti tout jeune cet émerveillement pour la voûte céleste étoilée, avec plein d'interrogations de toutes natures : scientifiques, philosophiques, spirituelles,... Et voilà c'était parti, ...en résumé, je suis tombé dans la marmite astronomique tout petit et je ne n'ai jamais réussi à en sortir.

**3-Pour toi, pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente l'astronomie dans ton emploi du temps ?**

-au fil du temps et de la vie, l'astronomie a toujours conservé une double dimension individuelle et collective. A travers la dizaine de résidences professionnelles et familiales, l'inscription aux associations locales d'astronomie était systématique. Aujourd'hui, concrètement pour moi, l'astronomie est multiforme : ce sont les observations périodiques aux 2 observatoires de la SAPO à St Castin et à Sendets, c'est, à la coupole de Sendets, l'initiation ponctuelle d'adultes, des écoliers de Sendets et des villages voisins (Artigueloutan, Lée, probablement l'école de Lons Perlic), c'est également l'animation de la présente émission mensuelle d'astronomie sur RVB, ce sont aussi 2/3 semaines par an au Pic du Midi dans le cadre des « Observateurs Associés » pour l'observation du soleil, ce sont les rendez-vous impromptus d'observation en montagne après bulletin d'alerte de beau temps (à Port de Castet, Hautacam), ce sont aussi systématiquement quelques nuits estivales à la belle étoile,... C'est la météo qui commande, il faut être patient et philosophe.

Par ailleurs, l'astronomie c'est aussi pour moi, la visite périodique de sites internet remarquables, qui permettent de suivre en direct le travail des astronomes professionnels, d'admirer de belles images, de comprendre un peu mieux notre Univers.

#### **4-L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des bonheurs et des merveilles du ciel ?**

-par tempérament, je suis très éclectique :

1-un de mes plus grands bonheurs est simple, c'est, allongé sur un relax, à l'œil nu et aux jumelles, me balader dans le ciel en le connaissant de mieux en mieux. Je me souviens encore de la jubilation à découvrir quelques objets-amis accessibles à tout le monde : la galaxie d'Andromède M31 (à 2,2 millions d'année-lumière, la lumière a été émise à l'époque des premiers hommes), amas globulaire M13 de notre galaxie 3 fois plus âgé que notre système solaire ; étoiles doubles aux couleurs différentes (Albireo dans la constellation du Cygne) ; la nébuleuse d'Orion, véritable pouponnière d'étoiles,

2-bonheur de transmettre cette passion, de lire la joie chez ceux qui découvrent pour la 1<sup>ère</sup> fois les cratères lunaires, les anneaux de Saturne, et qui comprennent aussi un peu mieux l'évolution de notre univers,

3-voir dans un gros instrument de qualité (ex le dobson de 550 mm de diamètre de l'ami Laurent Houssaye),

4-au Pic du Midi, la montagne, comme le désert, est propice à la contemplation : bien sûr fabuleux levers et couchers de soleil, mais aussi bonheur profond quand, au loin près de l'horizon, on ne discerne pas l'origine des petites lumières, céleste ou terrestre,

#### **5-Ton analyse personnelle « Comment pourrais-tu expliquer cette passion pour l'astronomie ? »**

1-multitude d'approches : compréhension et contemplation, mémoire des anciens (science la plus ancienne), immensité, période d'évolution rapide (du matériel APN et webcams, VLT, des techniques, qui conduisent à des découvertes jubilatoires : planètes extra-solaires,..),

2-bonheur partagé entre amis, les étoiles brillent pour tout le monde, c'est gratuit, les spectacles sont grandioses (étoiles filantes, aurores, éclipses, ...il y a toujours quelque chose à voir),

3-l'astronomie, c'est une machine à remonter le temps, c'est magique.

#### **6-Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?**

Sans aucun doute fidèle à cette passion avec sa dualité : observation-contemplation et compréhension,

-poursuivre la transmission de cette passion, bénéficier des opérations commandos suite à alerte beau temps, rester fidèle à l'origine de cette passion : nuits à la belle étoile dans la plénitude, ...

La compréhension facilite le recul par rapport à certaines situations quotidiennes : je voudrais commenter 2 images que j'ai sous les yeux et que je ne me lasse pas de regarder :

-la 1<sup>ère</sup> c'est en février 2003, la 1<sup>ère</sup> photo de l'Univers quand il était bébé, quelques 380 000 ans après le big-bang. Cette lumière captée, a été émise il y a plus de 13 milliards d'années, nous disent les scientifiques. C'est un satellite de la NASA le WMAP (Wilkinson Map), qui a établi ce portrait. D'infimes différences de température du fond cosmique indiquent les embryons de structures, que nous connaissons aujourd'hui,

-la 2<sup>ème</sup>, c'est l'Evolution de l'Univers concentrée en une année. Le 1<sup>er</sup> janvier à 0h, c'est le big-bang, le 31 décembre à minuit, c'est aujourd'hui. L'image précédente correspond au 1<sup>er</sup> janvier à 0h 12 mn après le big-bang, les premiers hominidés sont arrivés le 31 décembre vers 22h30. Avec cette contraction d'échelle, la durée de vie d'un homme de 80 ans correspond à quelques 2/10<sup>ème</sup> de seconde.

**7-Peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

-parmi de nombreux (rayon vert et bleu au Pic, colères du soleil en direct avec gigantesques protubérances, 1<sup>ère</sup> fois à l'œil nu Andromède, œil brillant d'un enfant qui découvre dans l'oculaire, éclipse totale de soleil en 99),

-Léonides au Burkina Faso en 1998 (à nouveau en 2004) et l'occultation de Saturne par la lune au télescope de 1 m du Pic,

**8-Aurais-tu un message, une ultime recommandation à nos auditeurs ?**

-avez-vous connu une fois le bonheur d'une nuit complète à la belle étoile, soit tout seul avec une carte du ciel pour vous repérer, soit avec quelqu'un qui vous raconte le ciel. Essayez sans tarder.

Merci Jacques de t'être livré aux auditeurs dans le noble objectif de transmettre ta passion de l'astronomie.

## Les instruments astronomiques anciens (n° 16)

(1<sup>ère</sup> diffusion le 4 février 2004)

*Pour évoquer les instruments anciens, nous avons préféré conserver les notes manuscrites originales de l'auteur Michel Dupuy. Exceptionnellement, les questions et les réponses sont séparées et il appartiendra au lecteur du site, tel Champollion, d'aller rechercher les réponses dans le texte original...*

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 16<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique centré sur un sujet, vous verrez, très intéressant. Michel Dupuy qui était venu nous parler des « instruments d'observation astronomiques » lors des premières émissions, eh bien Michel revient nous parler du même sujet mais en nous projetant quelques siècles en arrière. C'est-à-dire que nous allons parler de l'astronomie et de l'évolution des instruments astronomiques, au temps de nos anciens, avant la conception de la lunette astronomique en 1610 par Galilée et du télescope quelques 50 ans plus tard. Nous rendrons hommage au passage à quelques glorieux anciens.

Bonjour Michel.

1-Michel, pour commencer peux-tu nous dire pourquoi l'astronomie et pourquoi tous ces instruments ?

...

2-Nous allons découvrir de nombreux instruments qui ont permis déjà d'avancer dans la science astronomique. Le premier instrument est, me semble-t-il, universellement connu ?

...

3-Michel, si tu n'as pas d'objection, je te propose de décrire les instruments les plus significatifs, et ensuite, peut-être serait-il intéressant de revenir sur 2 ou 3 d'entre eux, en fonction du temps dont nous disposerons ou que nous accordera Karine. Après l'œil, hors concours, quel est le 1<sup>er</sup> vrai instrument ?

..

4-après le gnomon, que nous proposes-tu ?

..

5-Si j'ai bien compris, l' « astrolabe plan » est une projection particulière de la sphère armillaire. Peux-tu évoquer cette merveille ?

...

Pause musicale

...

6-Michel, nous avons découvert le gnomon, le dioptré, l'astrolabe plan, la sphère armillaire, peux-tu poursuivre tes descriptions ?

..

7-Après ce survol, nous allons revenir plus en détail sur 2 déjà cités : le gnomon pour l'orientation de jour et peut-être le nocturlabe pour l'orientation de nuit ?  
Détaillons le gnomon ?

..

8-Et le nocturlabe ?

..

Juste Flaubert écrit à propos de l'astronomie :  
 " Belle science, n'est utile que pour la marine !"  
 cette boutade reflète une vérité historique

Il faut rechercher l'origine des instruments anciens d'astronomie dans l'histoire des peuples de la mer et parmi ceux-ci les deux plus célèbres : Les Grecs (1400 Av.J.C.) et les Phéniciens (1300 Av.J.C.) qui communiquèrent leurs connaissances à la Grèce antique dont sont issus les plus célèbres astronomes de l'antiquité (Aristarque de Samos, Hipparque, Ptolémée)

- Ancien système héliocentrique
- Eudoxe : même du rayon terrestre
- Hipparque : 1<sup>er</sup> catalogue d'étoiles, précession des équinoxes
- Ptolémée : système géocentrique

Les marins grecs et phéniciens avaient remarqué qu'une bonne connaissance du ciel permettait de se repérer sur mer, mais aussi sur terre et c'est pour cela qu'il fut associé aux marins, les géographes dont le plus fameux fut sans doute Hipparque qui "inventa" le système des méridiens et des parallèles (axe des pôles, équateur et tropiques)

La connaissance du ciel permettait également de prévoir les saisons, donc l'époque des semailles et de récoltes. Enfin on n'aura garde d'oublier ceux qui se sont préoccupés de la mesure du temps et qui sont à l'origine des premiers cadrans solaires.

À l'origine le seul instrument d'observation astronomique était l'œil humain, observation dite à "l'œil nu" et les instruments, généralement en bois, certains fort rudimentaires, permettant de mesurer des angles, par des systèmes de visée :

- écart angulaire entre deux astres
  - hauteur angulaire d'un astre au dessus de l'horizon
  - angle entre un astre et le zénith
- Ces mesures d'angles permirent de dresser les premiers cartes du ciel.

Le premier instrument astronomique qui eût été le plus simple fut le "gnomon", bâton planté verticalement dans le sol. Ce sont les Babyloniens, ce très grand peuple d'astronomes, qui firent connaître aux Grecs l'usage de cet instrument. Il fut utilisé au départ pour déterminer les dates des saisons (longueur de l'ombre, trajectoire de l'extrémité de l'ombre) puis pour trouver la latitude du lieu d'observation et tracer le méridien local.

• Au 3<sup>ème</sup> siècle Av. J.C. Archimède inventa le "DIOPTRÉ", sorte de longue règle en bois sur laquelle couraient une petite plaque qui permettait de mesurer des écarts angulaires très utilisés par les marins.

• Au 3<sup>ème</sup> siècle Av. J.C. Apollonios découvrit la "projection stéréographique" ce qui lui permit d'inventer le "l'astrolabe plan", perfectionné au siècle suivant par Hipparque, encore lui. L'astrolabe fut sans cesse amélioré en particulier par les arabes, il devint une véritable œuvre d'art et de nos jours, dans certains salles de vente il attire des prix... astronomiques.

Au 2<sup>e</sup> siècle Av JC Hipparque dont on sait peu il avait ~~le premier~~ le premier système de quadrants terrestre à l'origine de la longitude et de la latitude conçu un instrument conique qui représentait le système géocentrique avec sur la voûte céleste la projection des grands cercles (écliptique) dont les plus importants sont l'équateur, les tropiques, les cercles polaires, l'horizon local, et le méridien local : la sphère armillaire tel est le nom de cet instrument futur magique.

Au début de notre ère les marins utilisaient le "quadrant" ou  $\frac{1}{4}$  de cercle. L'invention de cet instrument remonte à Ptolémée. Fait en métal, pourvu d'une alidade de visée sur un des côtés de l'angle droit et d'un fil à plomb. En augmentant les dimensions de cet instrument les arabes d'abord, puis Tycho Brahe en firent un instrument relativement précis (1546-1601).

Au moyen âge les marins déterminaient la latitude avec l'arcubalète ou bâton de Jacob. Les différentes améliorations du bâton de Jacob donneront l'arcubalète, puis le quadrant de Davis au XVI<sup>e</sup> siècle (précision au  $\frac{1}{10}$  de degré) puis finalement aboutira au sextant en faisant passer le cercle de Borda avant le XVIII<sup>e</sup> les marins utilisaient le nocturlabe pour connaître l'heure la nuit.

## **Interview-Passion Patrick Muller (n° 17)**

(1<sup>ère</sup> diffusion le 3 mars 2004)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 17<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Comme prévu, tout au long de l'année 2004 notre émission alternera thème astronomique et interviews d'astronome-amateur. Aujourd'hui, nous allons donc aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un astronome amateur. Notre intervenant, Patrick Muller, est bien connu des auditeurs habituels puisqu'il est venu, lors d'une précédente émission, tout nous dire sur la webcam en astronomie. Notre objectif affiché, à travers ces rencontres d'astronomes, est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une sympathique contagion.

Bonjour Patrick, bonjour à toutes et à tous.

### **1-Au delà de l'astronome amateur. Qui es-tu ?**

**En fait un français moyen !!!!!**

**Né au milieu du siècle dernier à Paris, je suis marié depuis 31 ans, père de trois enfants et 3 fois grand-père.**

**Du point de vue professionnel, J'ai fait une carrière de sous-officier dans les armées ce qui n'a pas grand chose à voir avec l'astronomie, mais qui m'a mené jusqu'à PAU.**

**Amateur de sensations fortes, parachutisme et parapente furent longtemps mes activités favorites, je me suis par ailleurs intéressé à la science fiction et à la BD.**

**Mes goûts musicaux iraient plutôt vers le Blues et le Rock and Roll bien que les autres genres musicaux ne me soient pas indifférents.**

**Puis, la vie moderne aidant, je me suis intéressé à l'informatique.**

**Tout cela semble très loin de l'astronomie.**

### **2-Comment as-tu découvert l'astronomie ?**

**A vrai dire je n'en sais rien !**

Je ne me souviens pas être tombé dedans quand j'étais petit !

Donc cela a dû arriver beaucoup plus tard....

Pour être plus sérieux je dirai que c'était un besoin latent qui a attendu la cinquantaine pour émerger.

J'ai toujours été plus ou moins attiré par le ciel et les objets qui le composent, et petit à petit la passion et l'envie d'en connaître un peu plus ont fait le reste.

Mais si je devais nommer les événements qui déclenchèrent cette passion, j'opterais certainement pour les deux suivants :

1° l'éclipse manquée du 21 août 1999 dans le nord de la France, qui alluma la mèche en me laissant sur une sensation de manque (en effet moi j'y étais, le Soleil et la Lune étaient présents, mais les nuages aussi....)

2° Ce qui a mis le feu aux poudres, ce fut mon cinquantième anniversaire où mon entourage a cru me faire plaisir en m'offrant mon premier télescope. Non seulement ils ont réussi mais en plus, ils ont ouvert une porte dans laquelle je me suis engouffré, et je les en remercie encore aujourd'hui....

### **3-Pour toi, pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente**

**l'astronomie dans ton emploi du temps ?**

**Maintenant pas mal de mon temps libre!!**

**Depuis 2 ans ½ je m'implique au sein de deux associations.**

**Tout d'abord à la SAPO (Société Astronomique des Pyrénées Occidentales), en faisant partie de son conseil d'administration et où j'organise les observations solaires le dernier samedi de chaque mois.**

**Puis les OA (les observateurs associés) qui ont pour mission de surveiller l'activité de la couronne solaire à l'observatoire du Pic du midi. Nous y montons par groupes de 2 pour une semaine.**

**Personnellement, en 2 ans, j'y ai fait 5 séjours.**

**Puis avec un certain nombre de « fadas » du ciel, nous organisons des sorties d'observations en fonction des conditions du ciel de la météo et des événements astronomiques observables.**

**4-L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des merveilles et des bonheurs du ciel ?**

Oui effectivement, l'astronomie est un grand terrain de jeux, aussi grand que le ciel dans lequel on la pratique.

C'est vrai, tout le monde trouve son bonheur dans cette activité aux multiples facettes.

On peut être tout simplement contemplatif ou plus actif (photos, imagerie, recherche d'astéroïdes ou de comètes voir même de supernovae, spectroscopie, ) et j'en oublie.

Personnellement pour le côté contemplatif je m'émerveille sur des objets lointains comme les nébuleuses ou les galaxies. Rien que le fait d'imaginer que les objets que l'on regarde dans nos instruments se trouvent à des dizaines voire des milliers ou millions d'années-lumière, me fait rêver.

Mais pour moi, mon vrai plaisir « astro » est le moment où j'arrive à faire une belle image d'un objet. Ca, ça fait partie des bonheurs que peut m'offrir le ciel.

**5-Ton analyse personnelle « Comment pourrais-tu expliquer ta passion pour**

**l'astronomie ? »**

L'Astronomie est en perpétuelle évolution, quelle soit amateur ou professionnel, ce qui la rend intéressante et non ennuyeuse, quelque soit le niveau auquel on la pratique.

Contrairement à ce que l'on peut penser le ciel et les étoiles ne sont pas éternels et immobiles mais en constante évolution, tout vit et tout meurt dans l'univers qui est le nôtre et dont on ignore pratiquement tout. Alors regardons le et cherchons à le comprendre cela apportera peut-être un jour à nos descendants des réponses à nos petits problèmes existentiels.

D'autre part, les progrès techniques nous permettent de voir toujours plus loin et de plus en plus nettement, donc l'astronomie devient de plus en plus intéressante.

Et puis ! l'astro c'est aussi un moyen de s'évader, d'imaginer des promenades ou des aventures célestes (là c'est l'amateur de sciences fiction qui parle plus que l'astronome...)

En fait c'est tout un univers (c'est le cas de le dire...) dans lequel chacun peut évoluer à sa guise, l'éventail des activités astro étant tellement large et varié que tous les passionnés y trouvent chaussures à leurs pieds.

Voilà en quelques mots, comment je pourrais résumer la passion qui m'anime pour l'astronomie.....

**6-Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?**

**Me suis je déjà posé la question ????**

C'est difficile à dire aujourd'hui, les techniques, et les possibilités évoluent tellement vite !!

Mais tant que je trouverai du plaisir à passer des nuits dehors à observer ou à photographier le ciel et tous ses objets, je continuerai...

Et tant qu'il y aura des événements astronomiques à voir, genre éclipse de soleil ou de lune, occultation de planètes ou d'étoiles, transit de planètes devant le soleil, pluies d'étoiles filantes, éruptions solaires et aurores boréales je pense que je continuerai à les observer.

### **7-Peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

**Je pense que mon plus grand moment d'astro, fut le voyage en Zambie pour observer ma première éclipse totale de Soleil.**

1° le voyage 4 saisons en 3 jours (changements de saison et d'hémisphère)

2° découverte du ciel austral,

3° Eclipsé totale de soleil de 4'32 ''

### **8-A l'approche de la fin de cette intervention, probablement souhaiterais-tu répondre à**

**une question que je ne t'ai pas posée ?**

Oui ! ce serait une question sur la pollution lumineuse !!!!

En effet avec la vie moderne, nous constatons une prolifération de lumières inutiles et polluantes. Si nous continuons cette extension nos petits enfants ne sauront même pas que l'on peut voir la voie lactée, notre Galaxie .

Une association l'ANPCN (Association National pour la Protection du Ciel Nocturne) œuvre, lutte contre la pollution lumineuse et tente, par tous les moyens à sa disposition, de faire prendre conscience du problème aux autorités (et malheureusement c'est souvent un dialogue de sourds...). Pour en savoir plus vous pouvez vous rendre sur leur site internet à l'adresse suivante : <http://www.astrosurf.com/anpcn/>

### **9-Aurais-tu un message, une ultime recommandation à faire à nos auditeurs ?**

**Si j'avais un conseil à leur donner, ce serait de temps en temps le soir d'éteindre leur lumière de sortir et de lever la tête.**

Et de regarder le ciel.

Merci Patrick, garde ton punch et ton enthousiasme. Et j'espère comme toi que nos auditeurs prendront l'habitude de lever les yeux au ciel.

**SOLEIL et CLIMAT ( n°18 )**  
**(1<sup>ère</sup> diffusion le 7 avril 2004)**

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 18<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Nous avons encore la chance d'avoir une sympathique intervenante, familière de la Voix du Béarn : Odile Wurmser, trésorière de la SAPO. A plusieurs reprises, elle nous a parlé du soleil, de son observation au Pic du Midi de Bigorre avec les « Observateurs Associés ». Eh bien, elle reste toujours inconditionnellement fidèle à cet amour solaire, puisque, vous allez voir, il sera encore question du soleil. Le thème de ce jour, « Soleil et climat » est, vous verrez, essentiel pour les humains que nous sommes, mais je ne m'avance pas plus, et je vais laisser le soin à Odile de vous en dire beaucoup plus.  
Bonjour Odile.

**1 Soleil et Climat : ce thème est vaste et mystérieux, Odile. Peux-tu, en introduction, nous dire en quoi il consiste précisément,**

**Le sujet qui nous intéresse aujourd'hui est à la fois passionnant et d'actualité mais également extrêmement complexe, et ce en raison des très nombreux facteurs qui entrent en jeu dans son analyse. Au cours de l'émission, nous ferons tout d'abord quelques rappels sur le Soleil et sur le caractère variable de son activité. Puis nous nous intéresserons à la notion de climat. Nous verrons quels sont les paramètres qui le définissent, de quelles façons on peut connaître le climat du passé, et quels sont les facteurs déterminant de son évolution. Enfin en troisième partie nous essayerons de voir dans quelles mesures et jusqu'à quel point ces deux notions, Soleil et climat, sont liées et dépendantes l'une de l'autre. Et nous verrons qu'il faut rester extrêmement prudent dans ce domaine.**

**2 Eh bien Odile, commençons donc par le soleil et son caractère variable,**

**Tout d'abord rappelons que le Soleil est une étoile, c'est-à-dire une boule de gaz, essentiellement de l'hydrogène, au cœur de laquelle se produisent des réactions thermonucléaires. Ces réactions sont pour notre Terre source de lumière et d'énergie.**

**Considéré en général comme un astre stable, notre Soleil est en fait beaucoup plus variable qu'on pourrait le penser.**

**L'origine de cette activité se situe dans les couches profondes du Soleil. C'est en effet, dans ces régions que prend naissance l'intense champ magnétique qui règne dans le Soleil.**

Le terme d'activité solaire regroupe un ensemble très variés de phénomènes qui sont tous, directement ou indirectement, liés aux variations du champ magnétique solaire. Depuis quand s'intéresse-t-on à l'activité du Soleil? Et bien, on peut dire que le Soleil est observé régulièrement depuis l'apparition de la lunette au début du 17<sup>ème</sup> siècle. Ce sont les taches solaires, ces régions qui nous apparaissent plus sombres parce que plus froides que le reste de la surface du Soleil, qui caractérisent l'activité solaire.

On s'est rendu compte, en observant régulièrement le Soleil, que le nombre de taches varie dans le temps. Et on a pu mettre en évidence un cycle qui passe par un maximum et un minimum d'activité. Ce cycle est d'environ 11 ans et il est appelé cycle de Schwabe en l'honneur du pharmacien allemand qui le découvrit.

Des tentatives ont été faites pour mettre en évidence des cycles de plus longue période, de l'ordre de grandeur du siècle. Et même si nous manquons de recul pour distinguer ces "super-cycles", les scientifiques sont en accord pour mettre en évidence un cycle d'une centaine d'années appelés le cycle de Gleissberg ainsi qu'un autre cycle plus long de deux cents ans environ appelé cycle de Suess

Nous venons de dire que le cycle de Schwabe se déroule sur environ 11 ans, mais il est

arrivé, au cours du temps, de constater des anomalies dans cette périodicité. Et bien oui notre Soleil n'est pas aussi régulier qu'on pourrait le penser et il lui arrive de se mettre au repos. Tenez, par exemple, entre 1645 et 1715 on remarque une absence quasi-totale de taches solaires et ce qui est encore plus curieux c'est qu'on constate en même temps une sérieuse modification du climat caractérisée par mini-période glaciaire. Paradoxalement cette période de grand froid survient pendant le règne du roi Louis XIV dit roi Soleil!! L'origine de cette singularité reste encore mystérieuse, mais cet événement représente une liaison directe entre activité solaire et climat.

Mais laissons le Roi Soleil à son histoire et revenons à nos jours! Le dernier cycle solaire, le cycle n° 23 a commencé en juillet 1997, et a atteint son maximum principal d'activité au milieu de l'année 2000. Le cycle est actuellement en phase décroissante, mais là encore le Soleil n'est pas aussi régulier que le veut la théorie, puisqu'on a enregistré des sursauts importants à la fin de l'année dernière. En effet, on a observé de gigantesques éruptions provoquant des aurores boréales visibles en France et même à Pau à l'automne dernier. Malheureusement ce genre de manifestations peut également provoquer des dégâts, dégâts sur les satellites, des perturbations dans les communications radio, voire des pannes généralisées sur les installations électriques au sol.

C'est pourquoi il devient, à l'heure actuelle, important de surveiller de près notre étoile et une nouvelle discipline a vu le jour ces dernières années, discipline qu'on a appelée: "météorologie solaire".

Selon les prévisions des scientifiques et au-delà du cycle de 11 ans, le soleil devrait présenter une activité croissante jusqu'en 2040. Retenez bien: une activité croissante pendant encore une quarantaine d'années. Ce fait est important car nous verrons qu'il va se conjuguer avec d'autres facteurs pour provoquer un réchauffement du climat.

### **3 Odile, nous venons de voir d'abord que l'activité solaire est variable avec une superposition de plusieurs cycles, et ensuite que ces variations ont une influence directe sur le climat. Parlons un peu du climat. D'abord c'est quoi le climat ?**

Tout d'abord essayons de définir cette notion qui à priori peut paraître triviale. Les médias diffusent en permanence des prévisions météorologiques concernant la journée à venir ou les jours suivants. Et nous sommes bien placés pour dire que parfois il existe un écart entre les prévisions et les conditions locales réelles. Nous avons tous vécus ce genre de choses. Cependant, il se dégage une notion plus globale d'un été chaud voir caniculaire comme celui que nous avons connu l'an dernier ou d'un hiver particulièrement rigoureux. Une succession de quelques étés chauds n'est pas le signe d'un changement climatique certain mais lorsqu'ils se répètent pendant dix ans ou plus alors il le devient. C'est pourquoi les climatologues ont défini la notion de climat comme étant une moyenne de certains paramètres atmosphériques (comme par exemple la température, la pluviométrie, la nébulosité...) sur une longue durée et concernant de vastes étendues. La durée de référence est de trente ans. Donc, si on se résume, si on n'observe pas une modification des conditions climatiques pendant au moins 30 ans on ne peut pas parler de modification du climat.

### **4 Encore une question sur le climat Odile, comment peut-on connaître le climat du passé ?**

Dans la définition du climat nous avons parlé de température, de pluviométrie. Il faut donc des instruments pour mesurer ces paramètres. Le baromètre et le thermomètre ont été inventés au cours du XVIIe siècle, mais ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XIXe siècle que des relevés sont effectués régulièrement par des stations météorologiques. Avant

l'invention de ces instruments la connaissance des conditions climatiques repose sur les archives et les chroniques dans lesquelles des mentions, plus ou moins objectives il faut le dire, sont consignées.

Pour les périodes antérieures encore, les scientifiques disposent d'autres méthodes que nous allons citer sans forcément entrer dans le détail.

Par exemple, l'étude des glaciers et des traces qu'ils laissent au sol lorsqu'ils se déplacent fournissent des indications importantes sur le climat.

Les coraux également donnent des renseignements très intéressants.

A savoir que pendant les phases de glaciation et de déglaciation le niveau des océans varie de façon importante. Or les coraux construisent des récifs dans les premiers mètres d'eau et renseignent donc sur le niveau de la mer.

Une autre méthode permet de connaître le climat du passé; elle porte un nom relativement barbare: la dendroclimatologie, et elle se rapporte à l'étude des arbres:

En effet, chacun d'entre nous sait que lorsqu'on effectue une coupe transversale d'un tronc d'arbre, on voit apparaître des anneaux appelés cernes. Or, ces cernes, qui apparaissent chaque année, sont d'autant plus larges que les conditions climatiques sont favorables.

Pour des périodes antérieures à 10 000 ans on fait appel encore à d'autres méthodes, celles utilisant les pollens, ou les calottes polaires ou encore les sédiments. Ainsi on a pu mettre en évidence que le climat de la Terre a beaucoup changé au cours du temps.

### **5 Odile, c'est incroyable la diversité de ces outils, nous pouvons donc savoir les variations passées du climat. Juste quelques mots, pour satisfaire la curiosité légitime de nos auditeurs, sur l'évolution du climat dans le passé.**

Il n'est pas possible de décrire ici tous les changements climatiques que la Terre a connus depuis sa formation. En schématisant beaucoup on peut dire que la Terre a connu, depuis 600 millions d'années, une alternance de périodes froides et périodes chaudes. Depuis 10 000 ans la température augmente en moyenne régulièrement avec cependant quelques périodes froides, rappelons *la mini période glaciaire du règne de Louis XIV appelé minimum de Maunder* dont nous avons parlé précédemment.

### **6 Merci Odile. Maintenant nous allons nous intéresser aux divers facteurs qui influent sur le climat de la Terre. D'abord bien sûr le soleil, notre étoile variable.**

En effet, nous avons vu que l'activité du Soleil est variable et cette variation a une action directe sur de nombreux facteurs que nous allons étudier. Commençons par ce qu'on appelle la constante solaire.

Mais qu'est-ce que la constante solaire?

Alors, écoutez bien, c'est un peu long mais simple à comprendre. Par définition, la constante solaire est l'énergie émise par le Soleil et reçue par la Terre, hors atmosphère, sur une surface de 1m<sup>2</sup> placée perpendiculairement au rayonnement incident le tout à la distance d'une unité astronomique, c'est-à-dire la distance qui nous sépare du Soleil à savoir 150 millions de kilomètres en moyenne. La valeur de cette constante actuellement est de 1368 W/m<sup>2</sup>. Les scientifiques ont montré que cette constante solaire varie en fonction du cycle. Son augmentation au cours du cycle de 11 ans se traduit par une augmentation du bilan radiatif sur Terre de 0.2 W/m<sup>2</sup>. Pour comparaison, il faut savoir les effets engendrés par les hommes depuis le début de l'ère industrielle, correspondent à une augmentation de 0.35 W/m<sup>2</sup>.

Nous venons de parler de la constante solaire, mais la variation de l'activité du Soleil semble avoir également une action sur la température. En effet des études menées depuis 1860 ont mis en évidence une relation directe non seulement entre la température et l'activité solaire, mais également entre la température et la longueur du cycle solaire. Donc on voit que la température sur Terre suit parfaitement l'activité du Soleil.

**7 Odile, les nuages, ou, comme diraient les scientifiques la nébulosité, jouent un rôle important pour le climat. Il me semble que la variation de l'activité solaire influe sur la formation des nuages.**

Il faut savoir que la Terre est bombardée en permanence par des rayonnements cosmiques en provenance de l'Univers. Elle est également balayée par d'autres particules énergétiques, celles en provenance du Soleil et que nous appelons vent solaire. Or une des fonctions du vent solaire est de dévier les particules cosmiques de leur trajectoire. Plus le soleil est actif et plus le vent solaire est important et donc plus il dévient les rayonnements cosmiques. Or, par ailleurs il faut savoir que, par un processus que nous n'expliquerons pas, le rayonnement cosmique favorise la formation de nuages. Et c'est donc par ce biais que nous pouvons dire que la variation de l'activité solaire a une conséquence sur la nébulosité globale de la Terre et donc, de façon général, sur le climat.

**8 Odile, nous avons vu l'influence du soleil sur le climat de la terre. Et la terre elle-même, tournant bizarrement autour du soleil, n'a-t-elle pas aussi sa propre influence ?**

Effectivement, SES PARAMÈTRES ORBITAUX, comme sa trajectoire, ou son inclinaison jouent également un rôle important sur le climat. Commençons par :

a°) La trajectoire de la Terre autour du Soleil. Elle a la forme d'une ellipse qui, en raison des influences créées par les autres planètes du système solaire, varie au cours du temps sur des périodes qu'on a mesurer qui vont de 400 000 à 100 000 ans. Il en résulte donc que la variation de la distance Terre-Soleil engendre également une variation de mêmes périodes de l'énergie reçue par notre planète et donc du climat à sa surface.

Un deuxième paramètre important est ce qu'on appelle :

b°) L'obliquité de la Terre. Alors qu'est-ce que l'obliquité de la Terre?. Il faut savoir que l'axe de la Terre n'est pas vertical mais légèrement incliné sur le plan de l'orbite terrestre. Cet axe varie de 3° sur une période de 41 000 ans. Et bien sûr, la aussi nous allons retrouver une influence importante sur le climat de la Terre. En effet, l'obliquité agit sur le contraste thermique entre les hémisphères, c'est-à-dire que lorsque l'obliquité augmente les hivers sont plus rigoureux et l'été plus chauds.

Et enfin, un troisième paramètre important:

c°) la précession qui se caractérise par un mouvement rétrograde de la direction Terre-Soleil à l'équinoxe, par rapport aux étoiles. Il en résulte deux variations périodiques, appelées cycles de Milankovitch, l'une de 19 000 ans et l'autre de 23 000 ans, chacune ayant une action spécifique sur le climat. En effet, la précession détermine la dissymétrie des saisons.

Actuellement c'est le 4 janvier donc en hiver que la Terre est au plus près du Soleil et c'est début juillet qu'elle se trouve le plus loin. Cette particularité engendre des hivers plus doux dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud. Mais il y a 11 000 ans la situation était inversée et donc le climat différent!!

Force est de constater que le changement dans le temps des paramètres orbitaux de la Terre à savoir, l'orbite, l'inclinaison ou la précession entraîne des variations significatives sur le climat. Ces variations ont été observées de façon concrète au cours du temps.

### **9 Après le soleil, et les paramètres orbitaux de la terre, y a-t-il d'autres influences significatives ?**

L'EFFET DE SERRE dont on entend tant parler en ce moment.

Le phénomène d'effet de serre est lié à la présence dans notre atmosphère de certains gaz qui piègent le rayonnement infrarouge (c-à-d celui qui génère de la chaleur) émis par la Terre. Une partie de ce rayonnement est alors renvoyée en direction du sol, et contribue ainsi au réchauffement des basses couches de l'atmosphère. Les gaz à effet de serre sont, soit d'origine naturelle comme la vapeur d'eau, soit à la fois d'origine naturelle et d'origine industrielle, comme le dioxyde de carbone et le méthane, soit totalement liée aux activités de l'homme, comme les fameux CFC, chlorofluorocarbones dont on a tant parlés. Depuis 1860, on a constaté une augmentation de température de  $0.6^{\circ}\text{C}$  et on sait bien que les variations de l'activité solaire ne sont pas la cause majeure de ce réchauffement. Il faut savoir que, durant la même période, le  $\text{CO}_2$ , qui est un gaz à effet de serre, a augmenté de 30% en relation directe avec les activités industrielles de l'homme.... Je vous laisse méditer sur ce sujet.

### **10 Odile, tu nous as cité 3 éléments très importants influençant le climat terrestre. Y en a-t-il d'autres ? Si oui, juste quelques mots pour notre curiosité.**

Alors effectivement, en plus du Soleil, des paramètres orbitaux de la Terre et de l'effet de serre qui influencent le climat de la Terre dont nous venons de parler, on pourrait parler du :

- cycle de l'eau qui joue un rôle essentiel dans le transport de l'énergie des basses latitudes vers les hautes latitudes,
- du volcanisme qui propage des aérosols dans la haute atmosphère et qui diminue ainsi le flux solaire reçu par la Terre,
- et un dernier facteur très important : les océans . En effet, ils jouent un double rôle dans l'établissement du climat de la Terre car, d'une part ils sont capables d'absorber de l'énergie, de la conserver puis de la restituer. Ils agissent donc en régulateur thermique. Et d'autre part, ils ont la possibilité de se mettre en mouvement et de transporter de l'énergie sur de grandes distances; ils diminuent ainsi le déficit en énergie des régions à faible ensoleillement.

### **11 Odile, si je résume, les nombreuses observations, les progrès des instruments de mesures et de calcul ont permis d'expliquer, au moins en partie, le fonctionnement de la machine climatique terrestre et, en particulier, le rôle spécifique du Soleil. Ces avancées autorisent maintenant une réflexion sur l'évolution du climat de la Terre en tenant compte des gaz à effet de serre et de la constante solaire. Il va de soi, que la prudence est de rigueur, tant le problème est complexe. Mais Odile, tu n'échapperas pas à la question de confiance – peux-tu nous laisser entrevoir une tendance de l'évolution du climat dans l'avenir ?**

Alors tout d'abord il est important de dire que prévoir l'évolution climatique repose d'abord sur un certain déterminisme, c'est-à-dire qu'il faut savoir accepter l'existence de cycles observés dans le passé et croire à leur persistance dans l'avenir du moins pendant un certain temps.

Dans ce cadre là et uniquement dans celui-ci, étudions le changement climatique à moyen et long terme.

Les effets liés aux paramètres orbitaux dont nous avons parlés tout à l'heure, se reproduiront inmanquablement puisqu'ils reposent sur la mécanique céleste. Il ressort d'une étude liée à ces paramètres orbitaux qu'une grande glaciation débutera avant 25 000 ans; elle s'installera

par phases successives et culminera dans quelque 90 000 ans. Nous avons donc le temps voir venir!!

Mais à court terme, nous avons vu que, d'une part le Soleil devrait présenter une activité croissante jusqu'en 2040 et d'autre part on devrait s'attendre également dans la première moitié du XXIème siècle à un doublement de l'émission de dioxyde de carbone due à l'activité humaine. Cette conjonction particulière doit être prise en compte pour prévoir un changement climatique dans le sens du réchauffement.

Toutefois, la climatologie présente la caractéristique d'intégrer de très nombreux facteurs variables et il en résulte également de très nombreuses rétroactions, c'est-à-dire des actions qui vont dans le sens inverse de l'effet initial. Tout ceci rend le problème extrêmement complexe. C'est pourquoi il faut rester très prudent et ce n'est que la mise en œuvre de calculateurs de plus en plus puissants qui permettra de modéliser tous ces paramètres. On vient d'apprendre la mise en service très prochaine par les services de météorologie française d'ordinateurs extrêmement performants permettant de donner des prévisions à trois mois. Ne le dites à personne mais il paraît que le printemps sera doux et sec.....

## **12 Odile, nous arrivons au terme de cette émission. Que souhaiterais-tu exprimer en conclusion ?**

En conclusion, on peut dire que depuis sa formation, la Terre a subi de nombreux changements climatiques. L'arrivée de l'Homme sur Terre est tardive à l'échelle géologique. Il a traversé des conditions climatiques très difficiles et il a survécu. Mais les choses changent à l'heure actuelle car nous avons la capacité de modifier les conditions de Vie sur Terre.

Une chose est certaine, c'est que le climat est en train de se réchauffer. Le déséquilibre chimique actuel se poursuivant et l'activité solaire croissant, des modifications climatiques sont à craindre et ces modifications seront d'autant plus grandes que la population mondiale est importante.

*C'est pourquoi et j'insiste sur ce fait, le principe de précaution est à prévaloir.*

*Le progrès c'est BIEN mais pas à n'importe quel prix!!*

*ATTENTION, ayant sans cesse à l'esprit l'héritage que nous laisserons aux générations futures.....*

**Bravo Odile et merci infiniment pour la qualité de ton intervention. Je suis assez bien place pour savoir l'énorme travail que cela a nécessité. Et à une prochaine fois sur la Voix du Béarn.**

## Interview-Passion Henri Aurignac (n° 19)

(1<sup>ère</sup> diffusion le 9 mai 2004)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 19<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Comme prévu, tout au long de l'année 2004 notre émission alterne thème astronomique et interviews d'astronome-amateur. Aujourd'hui, nous allons donc aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un grand astronome amateur. Notre intervenant, Henri Aurignac, est bien connu des auditeurs habituels puisqu'il est venu à de multiples reprises dans cette émission. Rappelons notre objectif à travers ces rencontres d'astronomes : c'est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une sympathique contagion.

### 1°- Henri, au-delà de l'astronome amateur, qui es-tu ?

De vieille souche béarnaise, je suis né à Coarraze il y a 60 ans, mais je vis à Pau depuis près de 40 ans. Je suis marié depuis 34 ans. J'ai 2 enfants et aussi 4 petits enfants. Retraité de l'Education Nationale depuis 6 ans, j'ai effectué quasiment toute ma carrière à Pau. Passionné de sport et de montagne, j'ai œuvré une douzaine d'années au Club Universitaire Palois.

### 2°- Henri, comment as-tu découvert l'astronomie ?

J'ai toujours été vivement intéressé par les Sciences, toutes les sciences, et si j'ai forcé sur les sciences de la nature au début (zoologie et botanique) je regardais un peu le ciel et achetais la revue Ciel et Espace dès l'âge de 25 /30 ans. Je me souviens d'avoir admiré l'éclipse de soleil de 1962 et la splendide comète Ikeya-Seki en 1965, plus grande et plus brillante que Hale-Boop.

Mais le vrai démarrage a eu lieu lorsque ma femme et mes enfants m'ont offert pour une fête des pères une paire de jumelles plus puissantes. J'ai vite acheté une bonne carte du ciel : la machine était lancée.

Je dois à Michel Dupuy avec qui j'œuvrais à la section athlétisme du CUP, d'avoir quitté l'astronomie individuelle à petit niveau pour passer à un niveau supérieur et à l'astrophotographie lors du passage de la comète Hale-Boop au printemps 1997. Alors que nous étions allés jusqu'à la station de Hautacam pour faire des photos, il m'a permis de placer mon appareil et le téléobjectif en parallèle sur sa lunette et de prendre 2 photos qui ont tout changé :

- La 1<sup>ère</sup> avec un bon téléobjectif de 200 était un magnifique : gros plan de la comète, semblable aux images vues dans les revues spécialisées.
- La 2<sup>ème</sup> était une photo de la constellation d'Orion.

Comme prévu la grande nébuleuse M 42 était bien sortie, mais oh surprise, près du baudrier la nébulosité rouge et la petite Tête de cheval visibles. Un objet mythique pour moi que je ne croyais accessible qu'aux grands télescopes. Ce soir-là j'ai basculé à fond dans l'astronomie.

### 3°- Pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente l'astronomie dans ton emploi du temps ?

Elle représente beaucoup de mes occupations hors de la vie courante depuis que je suis à la retraite car en particulier, je ne dois pas me lever tôt et aller travailler après une nuit d'observation plus ou moins longue.

Elle occupe la majeure partie de mes activités intellectuelles.

Je pratique l'Astronomie au sein de 3 associations :

- le groupe Ciel du **GERMEA** qui m'a permis de progresser en écoutant, puis en faisant des exposés, des soirées diapositives éducatives et en pratiquant l'animation comme les cours donnés pour l'Université du Temps Libre.
- La **SAPO** ou Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales : avec 2 permanences et une conférence par mois, plus des soirées d'observation organisées (les Veillées aux Etoiles à l'observatoire de St Castin) et de nombreuses autres improvisées en petit groupe, le plus souvent en altitude (soirées photo et observation)

- Et enfin avec les **Observateurs Associés** qui participent à l'observation en continu de la couronne solaire depuis l'observatoire du Pic du Midi, dans le cadre du programme du satellite SOHO de l'Agence Spatiale Européenne.

C'est la seule observation qui se fait depuis la Terre, avec le coronographe. Elle consiste en la prise d'images de la couronne solaire toutes les minutes, chaque jour de l'année où l'observation est possible, sous la direction de l'astronome Jacques-Clair Noëns, pour constituer en plus une base de données internationale. Nous montons par équipes de 2, pour des séjours de une semaine, environ 4 fois par an. Personnellement, depuis 2000, j'ai effectué une douzaine de missions.

#### 4°- L'astronomie est multiforme et chacun se passionne pour certains aspects.

##### Quels aspects de l'astronomie privilégies-tu ?

Plusieurs me passionnent particulièrement :

- Tout d'abord l'observation du ciel profond : galaxies, nébuleuses, amas d'étoiles, que je pratique avec des jumelles ou au télescope, parfois seul, mais le plus souvent avec un groupe d'amis, de "fadas du ciel" et chaque fois que les conditions le permettent, nous allons observer en montagne pour bénéficier d'un excellent ciel, à 1h de Pau seulement.

Je suis assez contemplatif et il y a tellement de belles choses à voir. D'ailleurs, plusieurs fois, il m'est arrivé après un soirée photo, vers 4h du matin de me coucher sur un plastique et de regarder à l'œil nu ou aux jumelles les merveilles d'une Voie Lactée bien colorée.

- La 2<sup>ème</sup> grande passion est la photographie astronomique qui me permet de réunir l'astronomie et une autre vieille passion : la photo. Je pratique surtout la photo argentique, c'est-à-dire avec des pellicules classiques: la photo de constellations sur pied photo ou en parallèle sur la monture de mon télescope, ou encore la photo au foyer, l'optique du télescope remplaçant l'objectif de l'appareil ( cela permet la photo de galaxies et de nébuleuses).

Depuis quelques mois j'y ai rajouté la photo avec un appareil numérique, surtout pour trouver les façons de l'adapter et de profiter des avantages de l'image numérique.

Vous savez, si la photographie astronomique demande des précautions particulières, elle n'est pas si compliquée que cela. J'ai beaucoup travaillé avec mon ami Michel Dupuy pour trouver et affiner les méthodes et temps de pose, jamais ou mal indiqués dans les ouvrages.

Elle a parfois nécessité des déplacements pour des évènements exceptionnels, comme l'éclipse de Soleil dans l'Oise, la pluie d'étoiles filantes dans les Corbières, le passage d'une comète près d'une galaxie sur la cote languedocienne alors que les Pyrénées étaient sous la pluie, ou des éclipses de Lune dans la neige, en altitude, au dessus de la mer de nuages en janvier...

- Je ne voudrais pas oublier l'observation du soleil au Pic du Midi, qui en plus me permet de pratiquer les deux autres lors des nuits passées à l'observatoire à 3000m dans un ciel extraordinaire et d'admirer et photographier le panorama exceptionnel le jour.

#### 5°- Comment pourrais-tu expliquer ta passion pour l'astronomie ?

J'ai toujours aimé observer la nature et tout ce qui m'entoure, alors la magie d'une belle nuit étoilée ne pouvait pas y échapper, surtout si l'on sait observer entre les étoiles les merveilles qui s'y cachent.

J'ai toujours été passionné par toutes les sciences et par la conquête spatiale (j'ai fait partie de ceux qui ont passé une nuit blanche le 21 juillet 1969 lorsque les américains ont marché sur la Lune.

L'astronomie fait le lien entre ces choses et, la découverte des mondes lointains mais cachés et des mécanismes qui régissent l'Univers est particulièrement captivante.

#### 6°- Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?

Je ne me pose pas trop la question. Je ne la vois pas diminuer. D'ailleurs j'ai entrepris la construction d'un télescope plus gros de 400 mm.

Je pense que j'aurai toujours autant de plaisir à observer le ciel, à le photographier et à faire découvrir cet univers (notre univers, d'ailleurs) à tous ceux qui voudront se donner la peine de le regarder avec moi et de leur ouvrir les portes du ciel nocturne.

### **7°- Henri, tu as évoqué et tu aimes évoquer le ciel nocturne. Mais ne crois-tu pas qu'il y a un vrai problème avec un ciel qu'on observe de moins en moins noir ?**

Cette question à laquelle Patrick Muller a fait allusion dans son interview passée en Mars me tient particulièrement à cœur.

Nous avons besoin d'un ciel bien noir pour observer.

On ne peut voir une galaxie que si elle est plus claire que le fond du ciel. Et ce fond du ciel est de moins en moins noir.

Savez-vous qu'à l'œil nu, au centre ville on ne peut voir que 20 à 50 étoiles.

A la campagne, le même soir, à 10km de Pau, on peut en voir de 100 à 1000

Dans un bon ciel, à 20km environ, on en voit 1000 à 1500 et la Voie Lactée paraît à peine blanchâtre

En montagne, dans un ciel vraiment noir on en voit plusieurs milliers et la Voie Lactée apparaît même en couleurs

Une petite anecdote : en septembre 2003, au pic du Midi nous avons eu un soir la mer de nuages 200m sous le pic : aucune lumière ne venait d'en bas. De nombreux objets étaient évidents à l'œil nu alors qu'on ne les voit qu'aux jumelles d'habitude. Le lendemain, aucun nuage, le ciel était limpide: on voyait beaucoup moins bien (une à deux magnitudes de différence) nous étions même gênés pas les lasers d'une boîte de nuit de Lannemezan (à 30km)

C'est en grande partie pour cette raison que les observatoires des villes (Paris, Toulouse, Nice...etc.) sont abandonnés et que l'on a déménagé tous les grands télescopes dans des zones quasi désertes de l'hémisphère sud (Chili, Australie, Hawaï...)

En France on ne trouve un bon ciel que dans le triangle noir du Quercy, dans quelques trous de la forêt landaise et en montagne : Pyrénées et Alpes du sud.

### **8°-Henri, la pollution lumineuse est l'ennemi des astronomes. Attardons-nous quelques instants sur le pourquoi de cette pollution.**

L'éclairage nocturne est de plus en plus envahissant :

Eclairage public : voirie, stades, monuments...

Eclairage privé : zones industrielles et commerciales, boîtes de nuit, lotissements...

Savez-vous que l'éclairage public représente 40% de la facture EDF d'une commune ?

La lumière nocturne est une partie intégrante et utile de notre mode de vie. Elle est même bien belle souvent, mais si elle est excessive elle est une source de nuisances pour l'astronomie mais aussi pour l'environnement (faune, flore et humains) et une énorme source de gaspillage.

Savez-vous que les beaux lampadaires en forme de globe qui éclairent nos lotissements et de nombreux lieux publics gaspillent près de 70% de l'énergie qui est envoyée dans le ciel pour rien : seulement 30% sont utiles. Imaginez nos impôts locaux si les 40% de la facture EDF de la commune sont diminués de 70%

(28% de moins) tout simplement si on éclaire mieux.

Il est évident que l'éclairage nocturne a un rôle dans la sécurité.

Mais pas n'importe comment, il y a de nombreuses fausses évidences :

- sur la route : un éclairage trop important incite à rouler plus vite car on y voit mieux et on se sent plus sûr, mais il amène aussi de plus en plus de gens à rouler sans éclairage car ils ne s'en aperçoivent pas tout de suite. Des études officielles ont montré que l'éclairage des ronds-points et des autoroutes n'entraîne aucune amélioration de la sécurité. Au contraire, les différences de luminosité en passant sous une longue rangée de réverbères ont un effet sédatif et de plus amènent la présence de plus d'obstacles dans le long de ces voies. Pourquoi éclairer une rocade avec un lampadaire tous les 15 m alors qu'elle est interdite aux piétons ?

- Dans les rues et lotissements un éclairage important amène un sentiment de sécurité, on a peur des voleurs, mais 80% des cambriolages ont lieu en plein jour.
- L'éclairage nocturne favorise aussi les attroupements bruyants de jeunes dans les quartiers à des heures de plus en plus tardives, alors que l'on note un retour au calme quand ces zones ne sont plus éclairées.
- L'éclairage des monuments amène aussi des aberrations. Un spectacle son et lumière est magnifique, mais après, il doit s'arrêter. A quoi sert d'éclairer un monument à certaines heures alors qu'il n'y a plus personne pour les regarder ? De même pour les zones commerciales qui à partir d'une certaine heure devraient réduire leur éclairage extérieur.

### **9°-Henri, la situation est-elle désespérée ? ou alors, y a-t-il des améliorations réalistes à proposer ?**

Il est impératif d'éclairer mieux.

- Où c'est nécessaire : rues et trottoirs, pas le domaine privé et les façades autour.

- Quand c'est nécessaire : pour les monuments, zones commerciales et parkings.

Pourquoi ne pas investir comme certaines résidences dans des détecteurs de présence qui allument l'éclairage lorsque arrive quelqu'un, mais qui l'éteignent après un certain nombre de minutes. Cela est beaucoup plus dissuasif qu'un éclairage permanent qui permet aux rôdeurs de s'approcher en bénéficiant de notre éclairage.

A quoi sert à un particulier d'éclairer son jardin toute la nuit si ce n'est pour attirer l'attention sur ce jardin ?

Et surtout de mieux s'éclairer :

Avec une puissance modérée : à Paris la norme est de 25 lux pour la chaussée et de 10 lux sur les trottoirs.  
Pour d'autres villes la norme est fixée à 100 lux.

Un éclairage mieux dirigé : vers le sol et non vers le ciel. Aucun éclairage en dessous de l'horizontale.

Proscrire les globes : mettre seulement des lampadaires qui ont un réflecteur qui dirige toute la lumière vers le sol.

Un éclairage des monuments de près et non de loin : une lampe faible éclaire mieux un monument si elle est sur lui ou très proche de lui, qu'un projecteur puissant et éloigné qui de plus éclairera tous les alentours.

Cela me fait penser à l'architecte urbaniste qui lors du projet de rénovation du Pic du Midi voulait le faire éclairer toute la nuit par de puissants projecteurs de DCA, afin qu'il soit visible depuis la plaine à une grande distance. Avait-il réalisé qu'il s'agissait d'un observatoire qui avait besoin de noir pour travailler ?

### **10°- Henri, j'imagine que nos auditeurs sont sensibles à cette grave question. Quel message aurais-tu envie de leur faire passer pour conclure sur la pollution lumineuse ?**

Il est temps de limiter ce gaspillage.

Vous-vous rendriez service (financièrement) et vous rendriez service à la collectivité, si vous arriviez à sensibiliser nos élus à reconsidérer la politique de l'éclairage urbain de votre ville ou village. C'est eux qui prennent les décisions.

Quel bel argument électoral :'' je vais diminuer considérablement vos impôts locaux, grâce à une facture EDF allégée avec une diminution du gaspillage''.

C'est toute une chaîne qui s'est mise en place : du concepteur éclairagiste, au fabricant, à l'installateur et au fournisseur d'énergie qui pourraient travailler mieux, tout simplement en réfléchissant au lieu de nous entraîner vers ce gaspillage polluant.

Il existe de nombreux sites et des plaquettes d'information officielles gratuites pour ceux qui veulent s'y intéresser.

En République Tchèque et en Italie des Lois anti-pollution lumineuse ont déjà été prises .Serons-nous encore les derniers à nous y mettre ?

Il ne s'agit pas d'être contre l'éclairage nocturne, mais pour un meilleur éclairage qui de plus sera beaucoup moins gaspilleur.

Le site utile dans cet objectif, celui de l'ANCPN : <http://www.astrosurf.com/ancpn/>

**11°- Henri, merci pour ta défense passionnée de nos ciels. Maintenant, revenons à ta passion de l'astronomie, peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

- L'éclipse totale de Soleil de 1999
- La pluie d'étoiles filantes de novembre 2002
- 10 galaxies dans le même coup d'œil...

**12°- Aurais-tu un message, une ultime recommandation à faire à nos auditeurs ?**

Prenez la peine de temps en temps de regarder au-dessus de vos têtes, sortez et regardez le ciel la nuit. Vous ne risquez que de vous émerveiller.

Merci infiniment Henri pour ta passion communicative et, sûr, à une prochaine fois pour aborder un autre thème.

**(pour mémoire 20-TransitVénus)**

## **Interview-Passion Serge Bonnasserre (n° 21)**

(1<sup>ère</sup> diffusion le 7 juillet 2004)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 21<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Rappelons que, tout au long de l'année 2004, notre émission alterne thème astronomique et interviews d'astronome-amateur. Aujourd'hui, nous allons donc aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un astronome amateur, Serge Bonnasserre, membre de la SAPO qui a accepté avec beaucoup de gentillesse de subir l'assaut des questions de Jacques Mortier, votre serviteur. Rappelons que notre objectif affiché, à travers ces rencontres d'astronomes, est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une immense contagion.

### **1-Au delà de l'astronome amateur. Qui es-tu ?**

J'ai 45 ans, je suis né à Pau et je suis béarnais de souche. Je vis avec Véronique, mon épouse depuis 25 ans, pour qui j'ai vraiment une pensée particulière ce soir car sans son action et son soutien je n'aurais peut être pas développé aussi rapidement cet intérêt pour le ciel. Elle a su devancer mes pensées par l'achat de livres ou de documents capables de susciter un intérêt grandissant. J'habite à Artigueloutan petit village entre PAU et SOUMOULOU (que je salue chaleureusement ce soir) et j'ai une vie professionnelle bien remplie car je suis responsable d'une PME Paloise spécialisée dans le Thermique. J'ai quelques « passes temps » comme la vidéo, j'aime bien filmer et faire quelques montages vidéo, la musique, avec quelques préférences actuellement pour la musique ancienne X<sup>ème</sup> au XIV<sup>ème</sup> siècle qui est pour moi une vraie découverte, et les voyages, j'ai participé voilà 3 ans à un voyage au ZANSKAR (Nord de l'Inde – dans la chaîne de l'Himalaya) entre 4000 et 5000 m d'altitude, mais sans télescope malheureusement, à cette altitude le ciel est d'une limpidité sans commune mesure avec notre latitude. C'est la première fois que j'ai pu de visu mesurer la quantité d'objets célestes contenus dans l'espace sidéral y compris l'ampleur de la voie lactée. Bien sûr toutes ces activités n'auraient pas de sens si au « cérébral » on oubliait la mécanique du corps intimement lié entre eux, c'est pourquoi vélo, marche en montagne, natation font aussi partie de mes passes temps. L'ensemble de ces points évoqués m'aident bien sûr dans ma vie de tous les jours, semblables à des balanciers qui m'équilibrent mais avec, en contre partie, la sensation de n'être jamais à fond dans chacun d'entre eux. J'entretiens de très bonnes relations avec mes parents que j'invite souvent à venir partager mes observations.

### **2-Comment as-tu découvert l'astronomie ?**

Je crois tout d'abord pouvoir dire que mon parcours est vraiment atypique, parce que très récent et, aussi loin que je me souviens, je ne me rappelle pas m'être posé des questions sur le ciel et les étoiles. Seule la conquête spatiale, « je n'aime pas le terme de conquête mais.... », avait retenu mon attention dans les années 70 et notamment le programme Apollo j'avais moins de 10 ans et l'image de ces hommes en scaphandre flottant dans l'espace ou débarquant sur la lune ont sûrement marqué mon esprit d'enfant ? ou alors la collection de magazine de sciences fiction de mon père des années cinquante objet de sa propre passion, émergeait-elle de mon patrimoine génétique ??? Toujours est-il que la « SF » étant ce qu'elle est, et que je ne serais jamais un « astraucosmotaïkospationnautes » il ne devait plus me rester qu'à regarder le ciel !!!!! en fait il faut attendre 30 ans de plus pour que se produise quelque chose, tu sais Jacques, ce petit quelque chose comme la seconde d'avant le big-bang, enfin tu comprends le « petit quelque chose que l'on ne peut pas

expliquer » et qui fait que cela germe ou tout simplement qui nous fait lever la tête et découvrir un autre monde. Ce que je considère extraordinaire, c'est comment une action engendre son contraire. Je m'explique, au même moment où je découvrais que le ciel et les étoiles existaient et faisaient inconsciemment partie de tout mon être, de ce qui régit nos lois et le rythme de la vie, je réalisais mon ignorance dans le domaine, on passe de la « joie » de la découverte à la « peine » de l'ignorance,

Crois moi il y avait du boulot pour se mettre au niveau.

### **3-Pour toi, pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente**

#### **l'astronomie dans ton emploi du temps ?**

Au départ, la découverte du ciel est une activité de terrain, purement nocturne par conséquent très épuisante. C'est difficile de se coucher ou de se lever à 2 ou 3 heures du matin pour observer quand il faut démarrer le lendemain à 8 heures au bureau, c'est un rythme que je ne pouvais tenir. J'ai donc très rapidement rejoint la SAPO où l'on se retrouve plusieurs fois par mois pour baigner dans cet esprit astro, où la mise en commun des connaissances favorise l'évolution de chacun d'entre nous, en fait c'est l'endroit où les yeux de nos copains deviennent les nôtres quand on ne peut pas être sur le terrain. Ils nous font part de leurs soirées, de leurs découvertes, de leur technique, et par dessus tout de leurs images. Mais la découverte du ciel, c'est aussi de la littérature, des magazines, des livres spécialisés sur l'optique, sur la mécanique céleste, sur le soleil, les planètes, etc.... en fait des activités diurnes.

Donc l'astronomie n'est pas qu'une activité d'observation nocturne mais c'est aussi une activité que l'on peut pratiquer de jour, n'oublions pas que notre chère étoile fait partie intégrante de nos observations.

A ce propos merci aux bénévoles de la SAPO qui travaillent au pic du midi pour assurer la continuité de l'observation du soleil.

**Enfin pour répondre plus précisément à ta question de départ, l'astronomie ne représente pas assez de temps dans mon emploi du temps. Le domaine est vaste et le temps me manque. J'ai toujours sous la main un livre ou un magazine d'astro, une carte des étoiles, mon carnet d'observations personnelles, et même si je ne travaille pas comme un écolier sur le sujet, je pense enregistrer et surtout entretenir l'esprit astro.**

#### **4-L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des merveilles et des bonheurs du ciel ?**

Au début, je passais mon temps à reconnaître les constellations, cela me paraissait indispensable pour se situer. Je passais donc des soirées entières à observer la voûte céleste, à repérer les étoiles de magnitude les plus faibles dans chacune des constellations – la magnitude c'est la luminosité d'une étoile ou d'un objet dans le ciel, la magnitude dépend de la luminosité absolue de l'objet et de sa distance avec la terre, elle est définie par une échelle numérique dans laquelle les objets les plus brillants portent un nombre faible et les objets de faible luminosité un nombre élevé – et de repérer ensuite les lignes de liaisons avec les autres étoiles. En partant toujours de l'étoile polaire, j'essayais de reconstruire les constellations en associant les signes du zodiaques dans l'ordre. Donc pour moi reconnaître le ciel à l'œil nu me paraît être un postulat de départ indispensable. Ensuite je ne savais pas faire la différence entre une étoile et une planète, mais je savais pour l'avoir lu, que les planètes se déplaçaient sur la voûte céleste contrairement aux étoiles qui restent apparemment fixes. Donc avec une

carte doublée d'un magazine spécialisé, j'ai commencé à repérer les planètes sans pouvoir les observer pleinement, car je n'avais pas d'appareils, même pas une paire de jumelles. Tu imagines qu'à l'œil nu avec le peu d'expériences que j'avais, j'étais incapable d'affirmer que le point brillant que je voyais dans les constellations repérées était Saturne, ou Mars, ou.....

**A part Jupiter peut-être parce que plus grosse et plus brillante que les autres. Après une année, le désir de voir devenant grandissant je me suis équipé d'une paire de jumelles de qualité 10 x 50 – grossissement de 10 fois et oculaire de 50mm – bon compromis à mon sens. Je ne pensais pas que le ciel fourmillait d'autant d'objets et je ne pouvais m'arrêter en si bon chemin, aussi dans la foulée je me suis équipé d'un télescope : un newton de 114 x 900 avec une monture équatoriale. Et me voilà parti pour des nuits et des nuits d'observation.**

## **5-Ton analyse personnelle « Comment pourrais-tu expliquer ta passion pour l'astronomie ? »**

Pour les raisons que j'ai évoquées précédemment, il y a sûrement quelque part une « quête » qui s'est amorcée en moi, dont je ne connais pas à ce jour les raisons profondes, peut-être avais-je envie d'aller au delà de mon horizon naturel, pour casser une limite, pour aller au delà...Toujours est-il qu'une amorce, -tout comme le booster d'une fusée lors de sa mise à feu - peut difficilement s'arrêter, il en est de même pour le plaisir et la passion de l'astronomie. Au fur et à mesure où tu te poses des questions, tu trouves une réponse, par la lecture, le partage, la trouvaille et bien souvent tu découvres que les anciens possédaient une partie de cette science, qu'elle intégrait parfois leur vie, et qu'ils pouvaient vivre en harmonie avec elle. On se souviendra d'Eratosthène qui avant l'ère Chrétienne avait calculé le diamètre de la terre - et par conséquent avait admis que la terre était ronde – grâce à ses talents d'observateur, suivi de Ptolémée, avec quelques erreurs pour sûr, mais corrigées par Copernic qui replacera le soleil au centre de l'Univers et puis par les maîtres Kepler et Galilée qui réussirent à démontrer comment fonctionne notre système solaire, avec sûrement des imperfections, mais les bases sont jetées ; à nous de recadrer notre propre foi. Plein d'autres suivirent, on ne peut pas tous les citer, mais aujourd'hui l'héritage laissé est édifiant ; et nous devons le nourrir chacun à notre façon et chacun avec nos propres potentiels.

## **6-Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?**

Mon programme d'apprentissage, si tout se passe bien, résidera dans la continuité de l'observation, de la compréhension. J'ai besoin de comprendre comment marche le ciel, la terre, le soleil et puis j'ai grand espoir très prochainement de m'équiper d'un appareil plus performant car l'astrophotographie me tente. Je pense que c'est une étape indispensable pour progresser. Je ne me sentais pas prêt jusqu'à présent mais la foule de clichés de Patrick, Cyrille, Henri ou Laurent me rassure, sans oublier les conseils avisés de tous les passionnés. Je veux continuer à partager cette passion avec d'autres, amener d'autres personnes à cette découverte, peut-être contribuer à mon niveau à transmettre aux gens qui m'entourent un intérêt pour les éléments eau, air, terre, feu car ils sont à l'origine même de la vie et souvent peu respectés.

## **7-Peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

Sans me tromper, à la date d'aujourd'hui, mon plus grand bonheur c'est d'être arrivé à découvrir un tas de choses qui me semblait insurmontable. Qu'elle ne fût pas ma joie ou, le même matin lors de ma première installation, j'ai découvert dans mon oculaire Saturne et ses anneaux puis quelques instant après Jupiter - c'est pas simple à exprimer car c'est un moment qui se vit – je savais qu'elles étaient là mais sans confirmation, alors que maintenant je les observais. Un autre grand moment ma première visée sur une nébuleuse, celle d'Orion M42, puis la galaxie d'Andromède M31, des étoiles doubles comme Albiréo et puis plus simplement la découverte de la lune, de ses phases, de ses cratères, des ses mers et puis plus récemment le soleil grâce à un filtre spécial qui atténue les rayons nocifs UV – IR. L'observation de Mars avec ses calottes glaciaires qu, au fil des observations, se rétractaient, lors de son rapprochement avec la terre en 2003.

#### **8-Aurais-tu un message, une ultime recommandation à faire à nos auditeurs ?**

Découvrez le ciel, vous y apprendrez pour sûr, un peu de vous même ; vous y trouverez une foule de questions, mais aussi une foule de réponses. Pour ma part j'y ai trouvé un endroit plein de sérénité et de beauté et croyez moi cela m'a rassuré. Je voudrais terminer tous simplement par la phrase suivante que j'ai agencée à partir des titres de trois livres qui me tiennent à coeur :

**« Nous sommes les enfants du soleil, nés dans les poussières d'étoiles, pour construire la plus belle histoire du monde »**

Serge, merci infiniment pour la très belle histoire que tu nous as racontée et qui se poursuit et se poursuivra, j'en suis sûr, très longtemps.

## LA VIE EXTRATERRESTRE ou LA VIE EST ELLE UNIVERSELLE ? (n° 22)

(1<sup>ère</sup> diffusion le 1<sup>er</sup> septembre 2004)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 22<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Tout de suite, nous avons le plaisir d'accueillir notre intervenant du jour, Jean Lachaise, professeur de physique à l'UPPA, c'est-à-dire à la fac de Pau et des pays de l'Adour, et qui est également président de la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales, la SAPO, qui est à l'origine même de cette émission de radio. Bonjour Jean... Le thème qui va être abordé est majeur et intéressera, sans aucun doute, les petits et les grands : il s'agit de faire le point sur la vie extraterrestre. La vie est-elle universelle ? ou sommes-nous seuls sur notre petite planète ? Pour décrire la naissance de l'espèce humaine, il est classique de le faire en 3 étapes relatives d'abord à l'Univers, ensuite à la vie et enfin à l'espèce humaine. Au cours des émissions précédentes, nous avons longuement expliqué la 1<sup>ère</sup> étape, l'Univers, sa naissance il y a quelques 14 milliards d'années, et puis l'évolution de cet univers avec la naissance il y a quelques 4,5 milliards de notre système solaire : soleil, et planètes. Aujourd'hui nous nous centrons sur la 2<sup>ème</sup> étape, celle de la vie, nous allons d'abord nous situer sur notre terre à son tout début pour comprendre comment la vie élémentaire, en bref la cellule vivante est apparue, ce qui nous permettra ensuite d'aller voir ailleurs, au-delà de la terre, ce qu'il en est. Peut-être que dans une émission ultérieure, si les auditeurs insistent, nous raconterons la 3<sup>ème</sup> étape, c'est-à-dire l'évolution depuis la cellule jusqu'à l'espèce humaine.

Le thème du jour est complexe, parfois quelques clins d'œil seront faits aux scientifiques avec quelques notions ou mots compliqués, mais ne vous inquiétez pas, ce n'est pas très important pour la compréhension générale et, je vous promets, il n'y aura pas d'interrogation écrite surprise...

**1 - Jean, pour entrer dans notre thème, une question préalable : Qu'entend-on exactement par "vie" ?**

**Il y a près de 4 milliards d'années sont apparues sur Terre des structures chimiques qui allaient bouleverser l'histoire de la planète car elles permirent à la matière de se mettre à vivre. Du fait de la tectonique des plaques qui a détruit ou altéré la croûte primitive de la Terre, les premières parcelles de terrains préservées remontent seulement à 3,5 milliards d'années. Pourtant ces parcelles contiennent déjà des organismes qui ressemblent beaucoup à des bactéries modernes. Dès lors, les chercheurs s'interrogent sur ce qu'ont pu être les premières étapes de la vie...**

Ils pensent qu'un certain nombre de molécules se sont auto-organisées dans l'eau pour former des sortes de petits automates chimiques capables d'assembler d'autres molécules pour générer des structures à leur image. C'est l'*auto-reproduction*.

Par suite de subtiles différences de montage, des automates plus aptes à se reproduire sont apparus et devinrent les espèces dominantes. C'est l'*évolution*.

Auto-reproduction et évolution sont les deux conditions qui caractérisent *a minima* le passage de la matière à la vie.

**2 – Mais, comment scientifiquement cherche-t-on à résoudre l'énigme de la matière qui se met à vivre, de ce passage à la vie ?**

On suppose que les premiers petits automates chimiques apparurent dans l'eau des océans il y a environ 4 milliards d'années. La présence de l'eau ne pose pas de problème majeur car il semble que la Terre en était déjà couverte peu de temps après sa formation, il y a 4,5 milliards d'années.

Dès 1953, date de l'expérience de Miller qui marqua le début de la chimie prébiotique, les chimistes ont cherché à reconstituer, dans leurs tubes à essais, des automates ressemblant à

une cellule simplifiée. Pendant des décennies ils se sont évertués à reconstituer les molécules indispensables au fonctionnement d'une cellule, à savoir :

- des molécules de la compartimentation, molécules dites membranaires
- des molécules de l'information, telles que l'acide ribonucléique (ARN) et l'acide desoxyribonucléique (ADN).
- des molécules catalytiques (enzymes protéiques).

Ces trois sortes de molécules, qualifiées de biologiques, sont des molécules organiques. Elles sont construites autour d'une ossature d'atomes de carbone liés entre eux. Ces atomes de carbone peuvent à leur tour être liés à des atomes d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, de phosphore, de soufre.

### **3 – Jean, tu nous as dit que ces petits automates chimiques, devaient ressembler à une cellule simplifiée. Mais quelle est la constitution d'une cellule ?**

Dans une cellule vivante, l'intérieur est séparé du milieu extérieur aqueux par une membrane lipidique. Les lipides membranaires sont des molécules possédant une partie hydrophile (qui recherche l'eau) et une partie hydrophobe (qui fuit l'eau). Mises en présence d'eau, ces molécules s'agrègent pour enfouir leurs parties hydrophobes et exposer leurs parties hydrophiles.

### **4 – Et l'auto reproduction, comment est-elle assurée ?**

L'auto reproduction est assurée par les enzymes, qui sont des protéines capables d'exercer une activité catalytique, c'est-à-dire qui sont capables d'accélérer certaines réactions chimiques.

Les enzymes sont comme de longs mots écrits à l'aide d'un alphabet de vingt lettres : les acides aminés.

Une enzyme résulte de l'enchaînement de plusieurs centaines d'acides aminés. La chaîne principale, une fois formée, adopte des géométries régulières, hélices droites ou feuilletés formés par l'association côte à côte de plusieurs chaînes. L'activité catalytique s'exerce au niveau des chaînes latérales réactives, disposées d'une manière précise dans des poches façonnées par les contraintes exercées par l'eau environnante.

### **5 – Jean, tu nous as aussi parlé de molécules de l'information ARN et ADN. J'imagine que ceux sont elles qui détiennent le plan de montage d'une cellule ?**

Le plan de montage d'une cellule est contenu dans les acides nucléiques : ADN et ARN. Ce sont de très longues chaînes constituées par la répétition de maillons élémentaires appelés nucléotides. Chaque nucléotide comporte une base azotée.

**ADN et ARN s'écrivent à l'aide de quatre lettres seulement, représentant quatre bases différentes. Mais les mots sont très longs. Par exemple, le mot schématisant l'ADN humain, compte près de cent trente millions de lettres !**

ADN et ARN forment des géométries stables en double hélice.

### **6 – Après cette description succincte des éléments incontournables d'une cellule, revenons à nos automates. Quelle est la matière première de ces automates ?**

Par analogie avec le monde vivant contemporain, on considère généralement que la vie primitive utilisait déjà des molécules organiques.

### **7 – Et quels étaient les chemins possibles pour la formation de ces automates, il y a quatre milliards d'années ?**

Les formes de carbone les plus simples, capables de conduire aux molécules organiques, sont gazeuses : dioxyde de carbone et monoxyde de carbone pour les formes oxydées, et méthane pour la forme réduite.

Quand on pense molécules gazeuses, on pense naturellement à atmosphère terrestre. L'idée de composés chimiques fabriqués dans l'atmosphère terrestre fut d'abord émise par le biochimiste russe Oparin en 1924. Oparin pensait que l'atmosphère primitive était dominée par le méthane. L'hypothèse d'Oparin se trouva confortée en 1953 par l'expérience du chimiste américain Stanley Miller. Ce dernier remplit un ballon d'un mélange gazeux de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et de vapeur d'eau et soumit ce mélange à l'action d'un arc électrique simulant les orages de la Terre primitive. Parmi les composés formés, il identifia l'acide cyanhydrique (un poison violent) et le formaldéhyde (le formol des pharmaciens), passages obligés pour conduire aux molécules biologiques. Il isola également plusieurs acides aminés.

Depuis l'expérience de Miller, 17 des 20 acides aminés protéiques ont été isolés, ainsi que certains éléments constitutifs des acides nucléiques.

### **8 - Mais l'atmosphère primitive contenait-elle assez de méthane pour produire ces molécules organiques ?**

Les géochimistes nous disent que l'atmosphère terrestre primitive était essentiellement neutre, formée majoritairement de dioxyde de carbone, d'eau et d'azote, d'origine volcanique ou micrométéoritique, avec des quantités mineures d'autres gaz tels que le méthane, le monoxyde de carbone ou l'hydrogène sulfuré (le gaz des œufs pourris). Lorsqu'on refait l'expérience de Miller en diminuant progressivement la proportion de méthane, la formation d'acides aminés devient de plus en plus difficile. Par conséquent d'autres chemins ont dû contribuer à la production des pièces des automates chimiques : le chemin océanique et le chemin spatial.

### **9 – Jean, nous sommes en plein mécano pour construire nos petits automates ou robots. Nous venons de voir le chemin atmosphérique. Qu'entends-tu par chemin océanique ?**

**Lorsque deux plaques tectoniques s'écartent, le magma remonte et se solidifie pour former les dorsales océaniques, véritables chaînes de montagne émergeant sous la mer. Au cours de son ascension et de son refroidissement, le magma se contracte et se fissure. L'eau de mer s'infiltré sur plusieurs centaines de mètres de profondeur et se réchauffe au contact du basalte chaud jusqu'à atteindre des températures de l'ordre de 350 °C. L'eau se charge en gaz (hydrogène, azote, oxyde de carbone, dioxyde de carbone, méthane, anhydride sulfureux, hydrogène sulfuré), puis s'échappe du fond de l'océan sous forme de véritables geysers.**

Ces sources hydrothermales sous-marines présentent un environnement favorable aux synthèses prébiotiques. Les éléments indispensables à la fabrication des pièces d'automates chimiques y sont présents : hydrogène, azote, monoxyde et dioxyde de carbone, hydrogène sulfuré, méthane et, bien sûr, eau. Le magma fournit en continu l'énergie nécessaire sous forme de chaleur. Le milieu est enfin protégé des effets destructeurs des rayons ultraviolets par la couche d'eau océanique, qui amortit également le bombardement météoritique.

Les sources hydrothermales furent-elles donc le berceau des automates chimiques ? Probablement pas, car leur température était trop élevée pour permettre la survie de ces automates. Mais elles ont très bien pu produire certaines des pièces nécessaires à leur émergence.

### **10 – Poursuivons le mécano, le chemin spatial, cela veut dire quoi ?**

L'apport de molécules organiques d'origine extraterrestre. Les différentes sondes qui se sont approchées de la comète de Halley ont trouvé qu'elle était composée à 14 % de matériaux organiques. Parmi les molécules identifiées, on retrouve l'acide cyanhydrique et le formaldéhyde. Ces composés, ainsi que de nombreuses autres molécules d'intérêt prébiotique, ont été observés plus récemment dans les comètes Hyakutake en 1996, et Hale-Bopp, en 1997.

**Dans les météorites carbonées, de nombreuses molécules proches des composés biologiques ont été identifiées : acides carboxyliques, acides aminés, bases nucléiques, amines, amides, alcools... La météorite de Murchison renferme, à elle seule, plus de 70 acides aminés différents. Au nombre de ceux-ci, on trouve 8 acides aminés protéiques.**

### **11 - L'apport du chemin spatial est-il suffisamment conséquent ?**

Des collectes de poussières interplanétaires dans les glaces du Groenland et de l'Antarctique permettent d'évaluer à environ 50 à 100 tonnes la quantité de grains interplanétaires arrivant tous les jours actuellement sur la Terre. 99 % de cette masse est apporté par des micrométéorites dont le diamètre est compris entre 50 et 500 micromètres. Une analyse détaillée des teneurs en carbone de différents groupes de micrométéorites permet d'estimer à 100 tonnes le flux global de carbone apporté chaque année à la Terre. La quantité livrée à la Terre pendant la phase active du bombardement terrestre qui remonte à environ 4 milliards d'années et qui s'étale sur 300 000 années, est estimée à  $10^{17}$  tonnes. Cette valeur représente 100 000 fois la quantité de carbone nécessaire à l'entretien de la vie aujourd'hui à la surface de la Terre.

Ces grains renferment une forte proportion de catalyseurs comme les sulfures métalliques, les oxydes, les argiles. Au contact de l'eau liquide, les grains ont donc pu fonctionner comme des microréacteurs chimiques transformant la matière organique des grains à l'aide des catalyseurs présents.

### **12 - Mais d'où proviennent ces molécules organiques ?**

De l'espace, aussi étrange que cela puisse paraître à première vue. A ce jour, près de 110 molécules différentes ont été identifiées dans les nuages denses de gaz et de poussière du milieu interstellaire. 83 de ces molécules contiennent du carbone. La glycine, l'acide aminé le plus simple, a été identifiée dans le milieu interstellaire, ainsi que les molécules qui conduisent aux acides aminés : acide cyanhydrique, ammoniac, formaldéhyde. Pour vérifier que la synthèse d'acides aminés dans les conditions du milieu interstellaire est possible, un mélange de glaces d'eau, d'ammoniac, de méthanol, de monoxyde et de dioxyde de carbone a été irradié au Laboratoire d'astrophysique de Leyde, aux Pays-Bas, dans des conditions mimant celles du milieu interstellaire (vide poussé à  $10^{-7}$  mbar, température de  $-261$  °C). Une fois ramenés à la température ambiante, ces échantillons ont été analysés au centre de biophysique moléculaire du CNRS, à Orléans. 16 acides aminés ont été trouvés dont 6 font partie des 20 acides aminés protéiques.

Enfin, il a été vérifié que la poudre météoritique protège efficacement les acides aminés à partir d'une épaisseur de 5 micromètres. En d'autres termes, toute micrométéorite de taille supérieure à 5 micromètres représente un transporteur potentiel de ces acides dans l'espace.

### **13 - A quoi ressemblaient les premiers automates ?**

La grande majorité des travaux de reconstitution d'acides nucléiques prébiotiques porte sur les ARN car ils sont considérés comme plus primitifs, que les ADN. Bien que les résultats obtenus jusqu'ici soient encourageants, la formation prébiotique d'ARN demeure encore inexplicée.

### **14 – La cellule est souvent considérée comme la vie élémentaire de base, l'ancêtre commun à tout ce qui vit. Mais peut-on envisager une vie primaire encore plus simple que celle de la cellule ?**

**Dans les années 1980, on a découvert que certains ARN étaient capables non seulement de véhiculer l'information mais aussi d'exécuter une activité catalytique, comme les enzymes protéiques. Très**

**vite s'est développée l'idée d'un monde d'ARN, berceau de la vie sur Terre. Ce monde a vraisemblablement constitué un épisode de l'histoire de la vie.**

**15 - Peut-on espérer un jour trouver des automates fossiles dans les sédiments anciens ?**

L'espoir de retrouver de petits automates chimiques fossilisés depuis quatre milliards d'années, ou même les molécules organiques qui constituaient ces automates, est pratiquement nul. En fait, trois facteurs ont contribué à effacer leurs traces sur la Terre : l'histoire géologique mouvementée de la Terre, en particulier la tectonique des plaques, l'érosion due à la présence permanente d'eau liquide et, enfin, la vie elle-même, qui produit d'énormes quantités d'oxygène, un poison pour les molécules organiques réduites. On peut donc craindre que les premières pages du livre de l'histoire de la vie restent blanches à jamais.

Jean, dans un instant, avec les auditeurs, nous allons profiter d'un temps de respiration grâce à Karine et à sa pause musicale coutumière. Juste une remarque pour la méditation avant cette pause, nous sommes pour l'instant restés sur notre terre, mais l'extra terrestre est déjà doublement présent dans ce cheminement vers la vie : d'abord à travers les molécules évoquées (oxygène, carbone, azote, phosphore, soufre, etc..) qui ont été constituées lors de l'évolution et de la mort d'étoiles massives, ensuite grâce au chemin spatial évoqué avec l'arrivée massive de poussières interplanétaires composées de molécules organiques. A toi Karine pour la musique.

**16 – Merci Karine pour cette pause. Jean, revenons à nos automates, nous sommes restés sur un schéma très simple. Et si ces automates avaient été plus complexes dès l'origine ?**

Probablement non, car ils devaient être suffisamment robustes pour pouvoir survivre aux impacts météoritiques et cométaires. Eventuellement même, capables de redémarrer après les plus gros impacts qui ont vraisemblablement évaporé toute l'eau des océans primitifs. Il est donc raisonnable de penser que pour être robuste, la vie primitive devait être relativement simple et apte à être répétée en de nombreux exemplaires.

**17 – Oui, mais comment prouver la simplicité des automates primitifs ?**

La découverte d'autres exemples de vies sur d'autres corps célestes conforterait la relative simplicité de l'origine de la vie en apportant la preuve de son caractère répétitif. En ayant identifié à ce jour plus de 80 molécules organiques dans le milieu interstellaire, les radioastronomes ont démontré que la chimie organique est universelle. Il ne reste plus maintenant qu'à rechercher la présence permanente d'eau liquide. Présente en surface, elle signale l'existence d'une atmosphère qui permet l'apport en douceur de molécules organiques par le biais de micrométéorites. Comme les molécules organiques peuvent également se former dans les sources chaudes sous-marines, tout océan extraterrestre présentant les signes d'une activité hydrothermale constitue également un habitat biotique possible.

**18 – Jean, maintenant nous sommes fins prêts pour aller voir ailleurs. Qu'en est-il de la recherche de traces de vie sur Mars ?**

La planète Mars est, bien sûr, l'objet d'une attention toute particulière. Les lits asséchés observés par les missions martiennes indiquent clairement que Mars a connu dans sa jeunesse des écoulements permanents de fluides. Ecoulements d'eau ? de dioxyde de carbone ? La sonde martienne *Odyssey* placée en orbite martienne en 2001 a détecté de très importantes quantités d'atomes d'hydrogène présents en surface aux pôles mais également dans le proche

sous-sol martien. La présence de ces atomes prouve l'existence de glace d'eau, permettant ainsi d'attribuer la formation des lits d'écoulement à la présence d'eau liquide ayant coulé jadis à la surface de Mars. La présence permanente d'eau liquide suppose une température constamment supérieure à 0°C, température atteinte probablement grâce à l'existence d'une atmosphère dense générant un effet de serre important. Grâce à cette atmosphère, la planète a pu accumuler des micrométéorites à sa surface, à l'instar de la Terre. Toutefois, en 1976, les deux sondes *Viking* ne détectèrent ni molécules organiques, ni vie à la surface de Mars sur une profondeur de quelques centimètres. En fait le sol martien semble renfermer des oxydants puissants produits par le rayonnement solaire dans l'atmosphère et/ou par des processus photochimiques au niveau du sol. La présence d'oxydants exclut toute accumulation de molécules organiques à la surface de la planète. L'absence de matière organique à la surface de Mars pourrait également être due à des processus de dégradation directe par les ultraviolets solaires, l'atmosphère martienne ne possédant pas de couche protectrice d'ozone.

### **19 – On a aussi récemment beaucoup parlé des météorites de Mars ? Que nous apprennent-elles ?**

On dispose aujourd'hui de 28 météorites qui proviennent très probablement de Mars. Parmi ces météorites la fameuse ALH 84001, présentée comme renfermant des nanobactéries fossilisées. Cette affirmation est cependant aujourd'hui de plus en plus contestée. Les pseudo microfossiles ont très probablement été formés par des processus minéraux consécutifs à des infiltrations d'eau terrestre. Par ailleurs, la présence de cristaux de magnétite présentée comme preuve de la présence de vie martienne dans la météorite, n'est pas non plus convaincante dans la mesure où des cristaux identiques ont été obtenus en laboratoire, d'une manière non biologique.

Il n'empêche, certaines des météorites recueillies renferment des molécules organiques. Les ingrédients qui ont permis l'apparition de la vie sur Terre étaient donc rassemblés sur Mars. Il est dès lors tentant de penser qu'une vie élémentaire de type terrestre a pu apparaître et se développer sur la planète rouge.

### **20 - La planète Mars est-elle la seule candidate de notre système solaire ?**

Non. Europe, le plus petit satellite de Jupiter, pourrait bien présenter des environnements marins ressemblant aux sources sous-marines terrestres. Il orbite à une distance d'environ 600 000 km de Jupiter, donc suffisamment près pour être réchauffé par l'effet de marée dû au champ gravitationnel de la planète géante. Toutes les observations effectuées par les missions *Voyager* et *Galileo* plaident en faveur de l'existence d'un océan sous-glaciaire d'eau salée. Il est maintenant important de savoir s'il existe sur Europe un magma capable de transférer la chaleur du cœur planétaire vers le fond océanique pour créer des sources hydrothermales et, par conséquent, des molécules organiques. Sa mise en évidence est l'un des objectifs prioritaires de l'exploration d'Europe actuellement à l'étude. Si Europe a maintenu une activité de marée et une activité hydrothermale sous-glaciaire, une vie bactérienne a pu y apparaître et s'y maintenir. Ainsi, Europe apparaît de plus en plus un lieu privilégié du système solaire pouvant héberger de l'eau et une vie bactérienne en activité.

### **21 - Et si nous parlions un peu de Titan ?**

Titan, le plus gros satellite de Saturne, possède une atmosphère dense de 1,5 bar constituée d'azote à plus de 90%, mais aussi de méthane et d'un peu d'hydrogène. L'atmosphère renferme également d'épais brouillards organiques. Les observations recueillies par la mission *Voyager* et les mesures faites à partir de la Terre indiquent clairement la présence de nombreux hydrocarbures et de nitriles. Parmi ces composés organiques figurent l'acide cyanhydrique, l'acétylène, le cyanoacétylène, passages obligés de la chimie prébiotique. La modélisation des

processus physico-chimiques supposés se dérouler à la surface de Titan envisage la présence d'océans de méthane et d'éthane liquide en équilibre avec les constituants de l'atmosphère. Titan représente donc un véritable laboratoire de production de composés prébiotiques à l'échelle planétaire. Bien que des traces de vapeur d'eau aient été récemment détectées par le satellite *Iso* dans sa haute atmosphère, la température très basse, - 180°C, régnant près de sa surface interdit la présence d'eau liquide. Les molécules ne peuvent donc pas évoluer vers une vie de type terrestre. Vers quels systèmes complexes évoluent-elles en l'absence d'eau ? La sonde *Cassini-Huygens*, qui s'est placée en orbite autour de Saturne le 1<sup>er</sup> juillet dernier, devrait apporter des éléments de réponse à la fin de l'année lors d'une approche programmée de Titan.

## **22 – Après cette trilogie, Mars, Europe et Titan autour de notre soleil, si nous allions voir un peu plus loin des planètes autour d'autres soleils ?**

Depuis septembre 1995, date de la découverte de la première planète extrasolaire par Michel Mayor et Didier Queloz à l'observatoire de Haute-Provence, 122 autres planètes extrasolaires ont été trouvées. Ce sont toutes des planètes géantes car les moyens de détection actuels ne permettent pas de mettre en évidence des planètes telluriques, comme la Terre, qui sont beaucoup plus petites.

La confirmation de l'existence jusqu'alors supposée de planètes extrasolaires plaide pour étendre la recherche de la vie hors du système solaire.

## **23 - Comment peut-on détecter la vie sur ces planètes lointaines ?**

La recherche de la vie sur les planètes extrasolaires ne peut se faire que par l'analyse spectrale de ses éventuelles manifestations : singularités dans la composition de l'atmosphère et/ou messages électromagnétiques "intelligents".

L'atmosphère terrestre renferme en permanence 21 % d'oxygène alors que les atmosphères des autres planètes du système solaire n'en renferment que des traces. Cette surabondance est liée à l'existence d'une vie intense à la surface de notre planète. Détectée dans l'atmosphère d'une planète extrasolaire, elle indiquerait la présence d'une vie à sa surface...

L'oxygène atmosphérique pourrait être décelé dans le spectre visible par la raie caractéristique de cette molécule à 760 nm. Mais pour des raisons pratiques, il est plus facile de rechercher la signature de l'ozone (O<sub>3</sub>) dans le spectre infrarouge à 9,6 mm. La présence simultanée d'ozone (donc d'oxygène), de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone apparaît aujourd'hui comme une signature probante d'une vie planétaire exploitant largement la photosynthèse.

Vers 2020, deux projets seront dédiés à la recherche d'exoplanètes de type terrestre. Le projet américain TPF et le projet européen Darwin/Irsi. Ce dernier consistera à placer dans l'espace une flottille de six télescopes spatiaux qui seront coordonnés pour analyser les atmosphères planétaires par interférométrie et y rechercher des singularités dues à une activité biologique.

Enfin, la détection par radioastronomie d'un signal électromagnétique "intelligent" provenant d'une civilisation extraterrestre ayant atteint un niveau suffisant de développement technologique, apporterait la preuve indéniable de l'existence d'une vie extraterrestre. Ce programme d'étude mérite d'être soutenu même si, *a priori*, la probabilité pour qu'une vie bactérienne extrasolaire évolue vers des systèmes vivants exploitant la technologie électromagnétique est extrêmement faible.

## **24 – Jean, et s'il fallait tirer une conclusion de tout cela ?**

En démontrant qu'il était possible de former des acides aminés à partir de méthane, Miller suscita un énorme espoir : les chimistes allaient pouvoir reconstituer une vie primitive en tube à essais. Mais après cinquante ans d'efforts soutenus, force est de constater que le rêve n'a pas encore été réalisé.

Les chimistes se sont efforcés de reconstituer en laboratoire les trois familles de molécules indispensables au fonctionnement de la cellule : les molécules de l'information ARN et ADN, les molécules catalytiques et les molécules de compartimentation. Ils ont réussi à reconstituer des précurseurs de membranes et des miniprotéines. En revanche, ils n'ont pas réussi à reconstituer des molécules d'ARN, ni *a fortiori* des molécules d'ADN. Même si la vie cellulaire a été précédée par un monde vivant d'ARN capable de fournir à la fois le "plan de montage" et l'outil nécessaires à l'auto reproduction, le problème reste entier car la synthèse des ARN primitifs reste problématique.

Les chances de succès vont dépendre de la simplicité des automates à construire. Aussi, serait-il important de découvrir un deuxième exemple de vie qui conforterait cette idée de simplicité en démontrant le caractère ubiquitaire de la vie. Ce nouveau rêve peut-il devenir réalité ? Les biologistes ont montré que la vie bactérienne peut survivre en s'adaptant à des conditions extrêmes et à des environnements très diversifiés, ce qui élargit considérablement l'éventail des niches biologiques extraterrestres. Planétologues et astronomes nous ont fait découvrir des habitats possibles dans le système solaire et même au-delà...

**Mais à ce jour, la vie n'est connue que sur Terre et tant que l'on ne dispose que d'un seul exemplaire de vie, on ne peut pas exclure l'idée que la vie terrestre résulte de la rencontre, extraordinaire et unique, d'un très grand nombre de molécules spécialisés. Si, d'ici, plusieurs décennies, aucun autre exemple de vie n'était découvert dans les nombreux habitats extraterrestres répertoriés, si aucun signal intelligent n'était perçu, si aucune vie ne pouvait être reconstituée en tube à essais, alors il faudra accepter l'idée que la vie terrestre pourrait bien être unique, que nous sommes peut-être seuls dans le vaste univers et que nous ne saurons probablement jamais comment la matière devint vivante, voilà quatre milliards d'années sur notre belle planète bleue...**

**24 bis – Jean, avant mon ultime question, peut-être souhaiterais-tu communiquer aux auditeurs les références des ouvrages qui t'ont été utiles dans ton intervention :**

André BRACK, *Et la matière devint vivante...*

Editions Le Pommier (2004), 64 pages.

André BRACK, Bénédicte LECLERCQ, *La vie est-elle universelle ?*

EDP Sciences (2003), 200 pages.

**25 – Cette ultime question, Jean, elle n'est pas simple, elle mériterait une émission à elle toute seule « et Dieu dans tout cela » ?**

**Ne faisons pas comme Gagarine qui lors de son vol spatial historique annonçait malicieusement qu'il n'avait pas trouvé Dieu dans le ciel. Nous ne le trouverons pas chevauchant un automate chimique. Acceptons simplement de le voir dans les merveilles qui nous entourent.**

J'ajouterai pour terminer que la vie est un superbe cadeau que nous ont offert notre papa et notre maman. Un cadeau auquel il nous faut donner un sens avant que la mort ne nous l'enlève. Pour les croyants, Dieu aide à trouver ce sens. Ce qui n'est pas rien dans le monde déboussolé dans lequel nous vivons.

Merci infiniment Jean pour ton intervention qui abordait un sujet complexe et passionnant. Merci pour l'énergie dépensée, pour les recherches effectuées et pour le temps passé au service totalement gratuit des auditeurs. J'ai été très heureux d'être ton partenaire en cette circonstance.

## **Interview-Passion Laurent Houssaye (n° 24)**

(1<sup>ère</sup> diffusion le 3 novembre 2004)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 24<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Rappelons que, tout au long de l'année 2004, notre émission alterne thème astronomique et interviews d'astronome-amateur. L'émission précédente était émise depuis la coupole de Pierre Cambeig, sur ses terres d'Aubertin. Aujourd'hui, nous restons au studio en compagnie de Karine et nous allons aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un autre phénomène de l'astronomie amateur, Laurent Houssaye, membre de la SAPO qui a accepté de subir l'assaut des questions de Jacques Mortier, votre serviteur. Rappelons que notre objectif affiché, à travers ces rencontres d'astronomes, est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une sympathique contagion. Permettez-moi de vous dire tout de suite que c'est une grande joie d'accueillir ici l'ami Laurent Houssaye, car pour moi, comme pour tous les astronomes amateurs qui le connaissent, quand on parle de Laurent, c'est un sentiment d'admiration qui domine et que je suis sûr, vous allez partager. Bonjour Laurent, (bonjour à toutes et à tous).

### **1-Au delà de l'astronome amateur. Qui es-tu ?**

Mes grands parents étaient paysans mais je ne les ai pas connus. Mon père fut d'abord charpentier avant de devenir professeur de dessin bâtiment, et ma mère fut professeur de Français (maintenant à la retraite). J'ai 39 ans, je suis marié et père de trois garçons de 4, 8 et 10 ans. Je suis ingénieur à Turboméca. Voilà pour l'état civil. Mes passions sont l'observation (je suis un éternel admirateur du grand spectacle de la Nature), la musique (je pratique le piano), et la montagne.

### **2-Comment as-tu découvert l'astronomie ?**

Grâce à mon papa qui m'avait emmené à une soirée découverte réalisée lors d'une éclipse de lune. Puis ce furent les revues de Ciel & Espace, à la grande époque de Pierre Bourges, l'achat d'une petite lunette de 50 mm, la construction d'un télescope de 210 mm de diamètre (moi pour la taille et le polissage du miroir et mon père pour la réalisation de la monture), la lecture d'Hubert Reeves pour les explications sur l'Univers.

Après une période de sommeil, la passion s'est réveillée lors du passage de l'inattendue comète Hale Bopp en 1997, et les révélations que j'ai eues en surfant sur internet. Ce fut alors le projet de la réalisation d'un très gros télescope (550 mm de diamètre) optique comprise (2 ans de travail acharné). Aujourd'hui je suis heureux de pouvoir partager cette passion au sein de la SAPO ou avec les enfants de l'école de St Faust où j'habite.

### **3-Pour toi, pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente l'astronomie dans ton emploi du temps ?**

L'astronomie a donc occupé une place très variable dans mon emploi du temps (entre le néant et l'envahissant !) Aujourd'hui l'astronomie doit trouver un rythme de croisière, conciliant vie familiale et professionnelle, et les projets se dessinent dans le plus long terme (observatoire équipé d'un autre télescope à poste fixe).

### **4-L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des merveilles et des bonheurs du ciel ?**

En premier je parlerais de l'émotion intense ressentie lors de l'éclipse totale de soleil de 1999 qui a eu lieu dans le Nord de la France.

Ensuite la magie d'un ciel d'été en altitude où les étoiles abondent à un tel point que même les figures familières des constellations les plus communes sont difficilement discernables !

Puis c'est l'observation de Saturne ou de Jupiter ou encore de notre voisine la lune, quand la turbulence atmosphérique s'arrête pour des instants trop brefs et trop rares, et que surgissent alors quantité de détails à couper le souffle !

Enfin, cheminer, l'œil à l'oculaire, au beau milieu de l'amas de galaxies de la Vierge et discerner dans le champ de vision, une dizaine de ces petits flocons pâles qui sont autant de voies lactées...

**5-Ton analyse personnelle « Comment pourrais-tu expliquer ta passion pour l'astronomie ? »**

Parce que je crois que l'on ne peut aimer bien que ce que l'on connaît bien. Je vais illustrer mon propos mais auparavant je voudrais faire un bref rappel sur les dimensions de l'univers qui nous entoure, et pour cela nous allons nous transformer d'un coup de baguette magique en photon, particule de lumière qui détient le record de l'univers en vitesse pure (300 000 km/s). La lune (1s) le soleil (8 min) quelques heures pour quitter le système solaire, 4 ans ! pour l'étoile la plus proche 100 000 ans pour traverser notre galaxie (la voie lactée) et plus d'1 million d'année pour la galaxie la plus proche.

**Maintenant si l'on est en montagne par une nuit d'été sans lune et qu'on lève les yeux, on peut être immédiatement séduit par la beauté de ce scintillement traversé par le grand ruban blanc de la voie lactée. Je crois cependant que les plus grands frissons ne se produiront que si un ami, ou un guide astronome donne ces quelques explications sur les distances, si l'on explique que ce ruban blanc est en fait notre galaxie que l'on observe de l'intérieur, forcément, qu'il est constitué de quelques 100 milliards d'étoiles qui sont autant de soleils, et que cette petite tâche floue, à peine perceptible à l'œil nu, est une autre galaxie, la galaxie d'Andromède, et qu'il faut 1 million d'année à la lumière pour y arriver. C'est en général à ce moment là que fuse le classique : « On est vraiment peu de chose ! » Eh bien on a souvent tort d'arrêter là les explications, car c'est ici que commence une autre Histoire! S'il est exact que la Terre est bien quantité négligeable en face de l'Univers, elle abrite ce que l'Univers a de plus précieux et complexe : la Vie ! Et comme sait si bien le raconter Hubert Reeves dans ses livres (Patience dans l'Azur), il a fallu ces énergies gigantesques, ces distances phénoménales, ce temps là (notre Univers a environ 15 milliards d'années) pour que la vie puisse apparaître sur Terre et que l'Homme, l'un des fruits de cette longue évolution puisse se retourner et poser cette question : « d'où venons nous ? »**

Enfin, cheminer, l'œil à l'oculaire, au beau milieu de l'amas de galaxies de la Vierge et discerner dans le champ de vision, une dizaine de ces petits flocons pâles qui sont autant de voies lactées...

**6-Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?**

Projet de construction d'un observatoire avec mes fils, avec un télescope encore plus gros !

**7-Peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

Bivouacs familiaux

Soirées avec les enfants de l'école

**8-A l'approche de la fin de cette intervention, probablement souhaiterais-tu répondre à une question que je ne t'ai pas posée ?**

Peut-on se passer d'éclairage la nuit ?

**9-Aurais-tu un message, une ultime recommandation à nos auditeurs ?**

Allez passer une nuit d'été en montagne à la belle étoile ! et éteignez vos lumières !

Merci infiniment Laurent pour tout ce que tu fais et pour le plaisir que tu as procuré, sans aucun doute, aux auditeurs dont je n'étais pas le moins attentif.

**LES VOYAGES INTERPLANETAIRES ( n° 25 )**  
**(Jean-Louis Levieil 1<sup>ère</sup> diffusion le 1<sup>er</sup> décembre 2004)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 25<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme d'habitude, 2 astronomes amateurs : pour répondre aux questions, Jean-Louis Levieil, intervenant habitué au plateau de Radio Voix du Béarn, membre actif de la SAPO, et puis l'interviewer, votre serviteur, Jacques Mortier de la SAPO. Le thème, qui occupera deux émissions successives, intéressera aussi bien les petits que les grands, il s'agit des « voyages interplanétaires ». Alors, n'ayez pas peur, parfois ce sera un peu compliqué, mais ce n'est pas grave, cela vous donnera des notions sur ce sujet passionnant.

Bonjour Jean-Louis. (Bonjour à tous).

**1- Pour commencer, Jean-Louis, il serait bon que tu nous dises ce qu'est « Un voyage interplanétaire », et, ensuite dans la foulée que tu nous précises ces « perspectives » de voyages ?**

Voyages interplanétaires – La définition

- Voyage dans le système solaire, d'un objet à un autre  
 ⇒ planètes, satellites des planètes, astéroïdes, comètes
- Rappel de ce qui a été fait  
 ⇒ Sondes vers presque toutes les planètes du Système Solaire. Les plus loin Voyager 1 et 2, lancées en 1977, sont à 90 UA i.e 13.5 milliards de km. Vitesse = 3 UA / an = 56 000 km/h.

On pense qu'elles pourront fonctionner jusqu'en 2020.

⇒ Missions Apollo sur la Lune (12 hommes ont marché sur la Lune). Rien depuis une trentaine d'années.

- Constats  
 ⇒ Les vitesses que l'on peut atteindre semblent élevées mais quand on considère les distances, c'est désespérément lent.
- ⇒ Envoyer des hommes dans l'espace requiert d'énormes moyens. A ce jour on est incapable de refaire ce qui a été fait en 1969.

Sondes les plus loins : lancées en 1972 et 1977. Pioneer 10 et 11, Voyager1 et 2 => 90 UA = 13.5 milliards km

Vitesse = 3 AU / an. 56 000 km/h (c'est lent), fonctionnement jusqu 'en 2020.

Remarque : il se passe toujours un certain temps (plusieurs décennies) entre une découverte et l'exploitation que l'on peut en faire.

- Il se dégage deux types d 'exploration  
 ⇒ Sondes automatiques (sondes, robots, ...)  
 ⇒ Vaisseaux avec un équipage

	Avantages	Inconvénients
Sondes automatiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pas de pb de sécurité (*)</li> <li>• durée de mission élevée</li> <li>• coût relativement faible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• faible réactivité</li> </ul> il faut tout programmer à l'avance

	* sauf lancement (nucléaire)	
Vaisseaux avec équipage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• grande réactivité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aspect sécurité primordial</li> <li>• problème de la durée de la mission</li> <li>• coût élevé</li> </ul>

## 2-Jean-Louis, j'imagine que certains auditeurs se posent, à juste titre, une question. Mais pourquoi donc vouloir aller aussi loin ? A quoi ça sert ?

Connaissance

⇒ c'est dans la nature humaine

- découvertes spectaculaires en astronomie depuis un siècle grâce à des instruments de plus en plus puissants (VLT, Hubble, ...)
- question de toujours = recherche de la vie ailleurs que sur Terre

- Economiques et stratégiques (ressources minières, énergie, fabrications industrielles)

L'exploration spatiale depuis une quarantaine d'années a eu des retombées technologiques énormes.

- Poursuite de l'exploration de l'espace et "Colonisation". L'installation de bases sur la Lune par exemple favorisera ou sera indispensable pour aller plus loin.

Ressources minières :

Il y a sur certaines planètes des éléments qui sont rares sur Terre.

Energie :

Pétrole pour 40-50 ans, gaz pour 60 ans.

Manufacture :

Tirer profit de certaines caractéristiques physiques, faible gravité par exemple.

## 3-Jean-Louis, tu nous as dit, en introduction, que les distances à parcourir sont très grandes. Les distances des futures missions le seront encore plus. Le problème de la vitesse de déplacement est primordial. Pour aller plus loin et plus vite, quels sont les défis à relever ?

Défis technologiques – La propulsion

⇒ Les moteurs "chimiques" ont un rendement faible. Avec nos fusées le vol vers Mars prendrait au total environ 2.5 ans.

### 1. Voile solaire

C'est un vaisseau sans moteur fait de panneaux très légers constitués d'un matériau réfléchissant (feuille d'alu, film plastique de qqs microns d'épaisseur).

La voile est maintenue déployée par une structure de poutrelles.

⇒ fonctionne comme la voile d'un bateau, au lieu du vent c'est la lumière du soleil qui propulse = pression photonique.

Remarque : pression photonique et non pas vent solaire qui lui est fait de particules (protons, électrons) ⇒ aurores boréales.

C'est un phénomène de type "action / réaction".

Le principe du moteur "chimique" c'est une explosion qui produit des gaz qui, expulsés par l'arrière, donnent une poussée. Le tout coûte cher en argent et en poids car il faut emporter le carburant H<sub>2</sub> liquide et le comburant O<sub>2</sub> liquide.

Mise en évidence de la pression photonique quand on observe les queues des comètes qui s'orientent dans le sens opposé au soleil (Képler).

⇒ Accélération faible mais constante qui permet d'atteindre des vitesses hors de portée des sondes actuelles (12 UA / an). Première expérience par les japonais en août 2004 (voile 10m diam.)

⇒ Pilotage

Inclinaison de la voile par rapport aux rayons du soleil pour renvoyer les rayons dans la direction opposée à celle du vaisseau. Déplacement en "louvoyant" (cf : dériveur). En "louvoyant", on peut mettre le vaisseau spatial sur une spirale extérieure ou intérieure, utile aux trajectoires des missions interplanétaires.

⇒ Déploiement de la voile

C'est l'une des difficultés majeures. Projet européen AURORA de déploiement d'une voile de 300 m<sup>2</sup> de côté pour vitesse de 12 UA/an.

⇒ Moyen qui ne semble pas adapté à des missions lointaines avec un équipage, intéressant pour de faibles charges utiles.

## 2. Moteur ionique

⇒ Des panneaux solaires produisent de l'électricité qui ionise un gaz inerte (du xénon). Les ions sont accélérés par un champ électrique et expulsés à très grande vitesse par une tuyère. La poussée est faible mais le moteur peut fonctionner pendant des années, d'où des vitesses finales élevées.

⇒ Technologie économique (10 fois moins de combustible qu'un moteur-fusée classique à base d'ergols qui fonctionne qq minutes seulement).

⇒ 2 sondes lancées en 1998 (Deep Space 1, moteur hybride) et en 2003 (Smart 1) en sont déjà équipées.

Pour atteindre l'orbite lunaire le moteur de Smart 1 a fonctionné pendant 3 600 heures (5 mois) et permis de parcourir 84 millions de km avec seulement 59 kg de carburant. Smart 1 : Sonde de la taille d'une machine à laver, 370 kg. Atteinte orbite lunaire après 332 orbites terrestres en spirale.

## 3. Moteur nucléaire

⇒ Moteur à fission : La fission de l'Uranium 235 produit de la chaleur qui est transformée en énergie.

Le but est alors d'expulser de la matière à la plus grande vitesse possible pour se propulser. Utilisation dans les 10 ans, à venir. Mission Jimo (NASA) en 2011. Engin 2 fois plus rapides que les engins à moteur "chimique"

Inconvénient : risques du nucléaire, déchets, vaisseau avec équipage exposé.

⇒ Moteur à fusion (cf : les étoiles), 10 millions de fois plus puissants que les moteurs "chimiques", moins de radiations

⇒ Inconvénients : on ne sait pas maîtriser la fusion, le meilleur "carburant" pour la fusion est l'Hélium 3, mais rare et sur la Lune.

• Fission : La technologie n'est pas nouvelle, 2 solutions :

1 – soit on fait passer directement à travers le réacteur de l'hydrogène liquide qui est chauffé puis éjecté = propulsion nucléaire thermique

2 – soit l'énergie libérée est convertie (turbine, semi-conducteurs) en électricité qui sert à accélérer fortement un gaz ionisé = propulsion nucléaire électrique plus performante

La sonde Cassini, actuellement en orbite autour de Saturne, emporte 32.5 kg de plutonium 238. Sa radioactivité naturelle produit de la chaleur convertie en électricité. Panneaux solaires inefficaces car on est trop loin du Soleil.

**4-Jean-Louis, revenons à nos moteurs de l'espace, tu as évoqué la voile solaire, les moteurs ioniques, les moteurs nucléaires. Ces techniques existent déjà, elles sont à**

**perfectionner. Mais ce n'est pas encore le top pour aller aussi loin, y-a-t-il d'autres idées dans le domaine de la propulsion ?**

4. Moteur à antimatière

- ⇒ L'antimatière c'est la même chose que la matière mais avec des charges électriques opposées : électron / positron, proton/antiproton
- ⇒ La rencontre de la matière et de l'anti-matière produit de la pure énergie ( $E=mc^2$ ). Un volume équivalent à un cachet d'Aspirine d'anti-matière pourrait propulser un vaisseau sur une distance de plusieurs années-lumières. Exemple chiffré : une petite sonde avec 30 milligrammes d'antihydrogène pourrait être envoyée à 250 UA (37.5 milliards de km) en 10 ans.
- ⇒  $E=mc^2$  donne l'équivalence entre la matière et l'énergie. Comme la vitesse de la lumière au carré " $c^2$ " est un grand nombre, on voit que la formule donne beaucoup d'énergie "E" pour peu de matière "m".
- ⇒ Le problème c'est que l'antimatière n'existe pas à l'état naturel. Si elle existait on ne sera pas là pour en parler, sauf si ! On ne sait en produire que d'infimes quantités et le procédé a besoin de beaucoup d'énergie (+ que ce que l'antimatière pourrait fournir). On comprend bien aussi qu'il y a un problème de stockage puisque l'antimatière ne doit pas être en contact avec la matière. Utilisation de champs magnétiques.
- ⇒ Envisageable dans 30-40 ans
- ⇒ Déjà utilisé en médecine dans certains types de scanner (PET)

**Jean-Louis, merci une fois de plus pour la qualité de ton intervention, merci aussi, au nom des auditeurs, pour l'important travail de recherche effectué pour cette émission. Nous t'attendons en 2005 sur la suite et fin de ce passionnant thème.**

**LES VOYAGES INTERPLANETAIRES ( n° 26 ) (suite)**  
**(Jean-Louis Levieil 1<sup>ère</sup> diffusion le 5 janvier 2005)**

Bonjour à toutes et à tous.

Aujourd'hui, 26<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Sur le plateau, comme le mois dernier, les 2 même astronomes amateurs : Jean-Louis Levieil, membre actif de la SAPO, et puis l'interviewer, votre serviteur, Jacques Mortier. Et, comme thème, la poursuite et la fin de notre feuilleton sur les « voyages interplanétaires ». Bonjour Jean-Louis. (Bonjour à tous).

**1-Dans la précédente émission, Jean-Louis, tu nous as dit que pour aller plus loin et plus vite dans notre Système Solaire, il fallait d'autres moyens de propulsion que les moteurs "chimiques" classiques qui équipent nos fusées, car ils n'étaient pas à la hauteur des nouveaux besoins. Jean-Louis, pourrais-tu rappeler brièvement à nos auditeurs quels sont ces moyens de propulsion du futur ?**

- voile solaire propulsée par les photons du Soleil
- moteur ionique qui utilise l'énergie solaire pour accélérer un gaz ionisé
- moteur atomique qui fournit de la chaleur pour accélérer un gaz
- moteur à antimatière

**2-Jean-Louis, maintenant, prenons donc comme hypothèse qu'avec ces moyens, la question de la vitesse est résolue. Le mois dernier, tu nous avais dit aussi qu'il y avait 2 types d'exploration, d'une part des sondes automatiques, d'autre part des vaisseaux avec équipage. Jean-Louis, plein de questions se bousculent : Quels sont les avantages et les inconvénients de chaque type ? Va-t-on privilégier un type d'exploration ? Et dans le cas d'un vaisseau avec équipage : quels sont les défis spécifiques à relever ?**

- L'exploration va se faire en 2 temps

C'est ce qui s'est passé jusqu'à présent.

1 - Envoi de sondes automatiques

⇒ Essentiellement pour recueillir des informations et tester la faisabilité de futures missions.

2 - Envoi de vaisseaux avec équipage quand il y aura un intérêt

⇒ Les hommes n'iront pas sur Vénus : atmosphère acide, pression 100 fois plus élevée que sur Terre et 460 degrés !

**Défis technologiques** – La sécurité des équipages

- Problèmes de la vie dans l'espace

⇒ Constat : l'homme est une espèce fragile.

L'homme est loin d'avoir les performances de certains organismes les extrêmophiles".

Apollo 12 a emporté par inadvertance un lot de bactéries, certaines ont survécu au lancement, au vide, à une exposition aux radiations pendant 3 ans, à une température de -250 degrés et ceci sans eau, sans aliment, sans source d'énergie. Chapeau les bactéries !

⇒ Problèmes physiologiques (sommeil, atrophie des muscles, ...)

La mission la plus longue dans l'espace a duré 439 jours (russe)

⇒ Problèmes psychologiques et relationnels (mental, équipage mixte ?, "vie normale" ?)

**Défis économiques** – Les coûts

- Coopération internationale nécessaire

Quelques chiffres pour comprendre :

Une mission "navette spatiale" coûte entre 400 et 500 million \$. La mise en orbite d'un satellite coûte environ 20 million \$. 15 000 € pour mettre un kg en orbite.

L'envoi de robots sur Mars a coûté 250 million \$. L'envoi d'un vaisseau vers Mars avec un équipage coûterait entre 50 et 500 milliards \$.

**3-Jean-Louis, au point où nous en sommes, pourrais-tu nous présenter un éventail des projets actuels et à venir ?**

- Sondes vers planètes, satellites, comètes

Succès spectaculaires des robots de la NASA et de la sonde européenne Mars Express, données recueillies très riches et même inattendues (notamment les figures de ravinements dont certaines sont les mêmes que ce que l'on observe sur Terre. Les causes qui les ont provoqué sont probablement les mêmes => présence d'eau liquide). Il y a des reconstitutions de la surface de Mars telle qu'elle aurait pu être il y a 3.5 milliards d'années : lacs, rivières qui creusent des canyons, océans ...

⇒ Cassini-Huygens, module qui doit se poser sur Titan

L'atmosphère contient du méthane. Normalement le méthane est détruit par la lumière du soleil. Question : qu'est-ce qui produit le méthane contenu dans l'atmosphère de Titan ? Sur Terre le méthane est produit par les organismes vivants.

Sur Titan -180 degrés !

⇒ Rosetta, arrivée prévue en 2014 sur une comète

Intérêt : la composition des comètes est semblable à la composition initiale de notre Système Solaire, l'eau de nos océans vient sans doute en grande partie des comètes qui ont percuté la Terre

⇒ Corot lancée en 2006, détection d'exoplanètes "terrestre" (en fait plusieurs fois la taille de la Terre) par photométrie. Cf : transit de Vénus en juin 2004

⇒ Jimo prévue par la NASA vers 2011 : exploration détaillée des lunes "glacées" de Jupiter : Callisto, Ganymède et Europe

- Robots sur la Lune en 2008

- Missions habitées vers la Lune vers 2015 pour préparer le grand projet de voyage vers Mars (mission de 6 à 9 mois), 2030 ?

**4-Jean-Louis, pour aller encore plus loin, n'hésitons pas à rêver encore un peu plus. Tentons l'impossible. Après les vols interplanétaires, peux-tu nous dire un mot sur les « Voyages interstellaires » ?**

Aller plus loin ? - Voyages interstellaires

C'est un voyage vers d'autres étoiles, vers d'autres systèmes planétaires.

- L'étoile la plus proche " Alpha du Centaure" est à un peu plus de 4 al = 260 000 UA (Rappel : Voyager 1 est à 90 UA)

Pour le moment c'est purement spéculatif, c'est peut-être tout simplement impossible mais :

⇒ Il y a de l'eau partout dans l'Univers (glace et vapeur)

- Composants de l'eau abondants : 75 % H, 10 % He, C, N, O

- Formation de H<sub>2</sub>O = réaction exothermique c'est-à-dire que non seulement elle n'a pas besoin d'énergie mais qu'en plus elle dégage de la chaleur. Le milieu interstellaire est essentiellement froid.

- Molécule de H<sub>2</sub>O stable jusqu'à 3000 Kelvins. Il y a de l'eau sur Mars, l'enjeu est très important, eau sur la Lune il y a débat, eau probablement dans les taches solaires

⇒ Le mécanisme de formation d'un système planétaire commence à être assez bien compris. On pense que la formation d'un système planétaire est un événement banal.

⇒ A ce jour on a dénombré plus de 130 exoplanètes (depuis 1995) dont certaines sont peut-être "telluriques".

- Il reste que les défis à relever sont colossaux, peut-être insurmontables. Certaines idées viennent de la Science Fiction et sont prises au sérieux. Il n'est pas interdit de faire des hypothèses

- Les explorateurs partent mais sans billet de retour

⇒ le voyage dure pendant plusieurs générations

- Les explorateurs sont mis en sommeil

⇒ mécanisme de l'hibernation étudié sérieusement : moins d'eau, moins de nourriture, moins de stress, ...

- Problème de la relativité générale (mouvements accélérés)

Il y a un ralentissement des horloges en mouvement. C'est vérifié expérimentalement. Horloge sur la Terre et horloge dans la Navette. Au retour sur Terre on constate que l'horloge de la Navette retarde. Il n'y a pas de raison que l'horloge interne de notre corps, qui enregistre notre vieillissement, se comporte différemment. A 60 % de la vitesse de la lumière un explorateur de retour sur Terre aura vieilli de 8 ans alors que les gens sur Terre auront vieilli de 10 ans. Accélération et décélération sont une "cure de jeunesse".

**5-Jean-Louis, pour terminer, tu n'échapperas pas à une question déjà évoquée dans une précédente émission, et que nous nous poserons probablement encore longtemps : la vie ailleurs, alors que peut-on en dire ?**

- Une certitude : personne n'en sait rien

- Hypothèses possibles "hors approche religieuse"

⇒ Qu'est-ce que la vie ?

Comme la réponse n'est pas simple je propose une définition courte

Il y a vie lorsqu'il y a auto-reproduction et évolution.

La vie telle que nous la connaissons se présente sur un éventail très large qui va de la bactérie à l'homme.

L'eau liquide est certainement un facteur essentiel car c'est un très bon solvant qui favorise la rencontre de molécules organiques complexes. On pourrait aussi dire que la vie c'est la chimie du Carbone dans l'eau.

- Vie intelligente : deux raisonnements

⇒ L'Univers est "infini" ou plutôt immensément grand. Il y a certainement des systèmes planétaires identiques au nôtre, avec des planètes favorables à la vie.

⇒ Paradoxe de Fermi : si c'est le cas il y a certainement des civilisations, beaucoup plus anciennes et beaucoup plus avancées technologiquement que la notre.

Comment se fait-il que nous n'ayons jamais capté de signaux ! (nous-même depuis plus d'un siècle nous envoyons des signaux dans l'Univers).

Jean-Louis, merci une fois de plus pour la qualité de tes interventions, merci aussi, au nom des auditeurs, pour l'important travail de recherche effectué pour cette émission. Nous t'attendons en 2005 sur un thème à ton initiative, quelque'il soit ce sera bien. Merci d'avance.

**CIEL TROPICAL** (27<sup>ème</sup> émission le 2 février 2005)  
**BURKINA FASO 1-23 novembre 2004**

**Introduction :**

Aujourd'hui, 18 janvier 2005, enregistrement à Radio Voix du Béarn du 27<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique, épisode qui sera diffusé les 2, 15 et 19 février. Bonjour les amis, bonjour à toutes et à tous. Petit changement aujourd'hui puisque l'animateur habituel, Jacques Mortier, votre humble serviteur, sera seul sur le plateau à la fois intervieweur, et à la fois intervenant. De plus, nous délaisserons nos ciels des latitudes moyennes pour aller vers les basses latitudes et découvrir avec moi le « ciel tropical ». Nous sommes au 27<sup>ème</sup> épisode et donc les auditeurs habitués savent à priori se repérer sommairement dans le ciel de chez nous.

Juste un mot d'explication et d'information : je suis rentré en fin d'année dernière du Burkina Faso en zone tropicale, d'un voyage très dense dans un pays pauvre cher à mon cœur (4<sup>ème</sup> voyage dans ce pays). Océane a souhaité m'interroger sur ce voyage, aussi je plancherai devant elle dans quelques jours pour une diffusion en février. Ce sera le 1<sup>er</sup> épisode d'une nouvelle émission dans laquelle je me lance courageusement, inconsciemment et bénévolement au service des auditeurs, émission dont nous reparlerons intitulée « Regards du Sud ». « Le ciel tropical », c'est déjà un regard du Sud.

Mais me direz-vous ?

**1- Pourquoi le ciel tropical ? le ciel n'est-il pas partout le même ?**

Eh non. Chacun sait que la terre tourne sur elle-même, autour de l'axe Nord-Sud en une journée, ce qui donne l'impression que c'est le ciel étoilé lui-même qui tourne autour de l'axe NS et donc autour de l'étoile polaire dans notre hémisphère Nord. Plaçons-nous au pôle Nord : l'étoile polaire est à la verticale et le ciel étoilé tourne autour de celle-ci : nous ne verrons jamais que la moitié du ciel, qu'on appelle l'hémisphère céleste Nord. A l'équateur, l'étoile polaire est à l'horizon Nord et au fil de l'année, c'est la totale, les deux hémisphères célestes seront visibles. A nos latitudes basques, béarnaises, landaises ou bigourdanaises, les  $\frac{3}{4}$  des étoiles nous sont accessibles et donc  $\frac{1}{4}$  inaccessibles. Le ciel n'est pas partout le même et il dépend donc de la latitude du lieu d'observation. Une autre différence importante concerne la durée des journées : ici, chez nous, la présence du soleil varie selon la saison de 8h à 16h sur 24h, en zone tropicale, la durée du jour est pratiquement toujours de 12h avec lever et coucher du soleil respectivement à 6h et 18h, heure temps universel.

**2-Pourquoi cet intérêt pour le ciel tropical ?**

D'abord bien sûr, parce que, depuis presque toujours, je suis amoureux de la vie en général, et du ciel en particulier. Ensuite parce j'avais prévu d'être au Burkina autour du 17 novembre et que cette période est celle où l'essaim des Léonides se déchaîne chaque année. En 1998, présent au Burkina Faso, au cœur de la brousse, j'avais été fasciné par un feu d'artifice céleste de quelques milliers d'étoiles filantes aux magnifiques couleurs, qui reste encore aujourd'hui mon meilleur souvenir d'astronomie.

Compte tenu de tout cela, j'ai eu des pressions amicales pour faire des interventions, avec projection et observation, au Centre culturel de Bobo-Dioulasso ainsi que dans un lycée de Bobo. N'ayant pu résister à ces sympathiques pressions, j'ai été condamné à dormir un peu moins pour apprendre tout seul le « ciel tropical » avant de pouvoir le présenter. Précisons que Bobo est à 11° de latitude Nord et donc la hauteur de l'étoile polaire est de 11°, c'est-à-dire qu'elle est à 11° au dessus de l'horizon.

**3-Alors ces premiers regards ? ces balbutiements ?**

Je vais vous raconter. Comme tout néophyte, il faut avoir les outils de base : indispensable : la carte tournante du ciel correspondant aux latitudes tropicales (en fait il y a 2 cartes : l'une de 0° à 10° de latitude Nord centrée sur l'étoile polaire, l'autre de 0° à 10° centrée de latitude Sud, centrée sur le pôle Sud), qui s'achète au moins à Paris à la Maison de l'Astronomie rue de Rivoli, une petite paire de jumelles et aussi une boussole qui peut faciliter l'apprentissage.

#### **Premiers regards, premiers dépaysements :**

- d'abord la nuit est noire très vite après le coucher du soleil, car le soleil descend quasi à la verticale,
- une première difficulté : en novembre, après la saison des pluies, l'harmattan, vent d'Est souffle fréquemment en levant une poussière de latérite qui éteint souvent les étoiles les plus faibles, et totalement celles à l'horizon,
- le ciel connu chez nous paraît se rabougrir en se concentrant vers le Nord, et en dévoilant à la place au Sud le ¼ du ciel qui nous est inconnu,
- même les constellations connues sont déstabilisantes : elles se lèvent différemment, elles paraissent faire des contorsions par rapport à leurs habitudes,
- notre Galaxie même, la Voie Lactée, dignement longiligne chez nous, s'amuse à s'enrouler,
- de plus la projection des étoiles basses sur l'horizon apparaît distordue sur la carte tournante du ciel et rend très difficile l'identification de ces étoiles,
- Dieu merci, les planètes ne se mettent pas dans cette entreprise de déstabilisation massive et restent dans les mêmes constellations, mais l'apprentissage s'avère rude, car la connaissance du ciel du Nord est rigidement imprimée sur le disque dur de mon cerveau et il est indispensable d'acquérir un « regard du Sud ».

#### **4-Concrètement, comment cet apprentissage s'est-il passé ?**

Cela a été plus long que prévu, je me surestimais probablement. Il y a eu plusieurs défis à relever pour construire mes repères :

-le 1<sup>er</sup> immédiat : où est le Nord ?

-chez nous au Nord, c'est toujours aisé, la Grande Ourse est toujours visible et en prolongeant de 5 fois le côté alpha-bêta du chariot, on voit la polaire et donc le Nord est immédiat.

-là-bas, l'étoile polaire était à 11° au dessus de l'horizon, donc dans la poussière et en cette saison, la Grande Ourse ne se levait qu'en fin de nuit.

Je vais essayer d'expliquer comment j'ai réussi à trouver le Nord. Revenons chez nous et faisons un détour par M31, la galaxie d'Andromède. Pas d'affolement vous allez saisir. Pour trouver M31 il existe deux méthodes classiques : 1-soit on part du carré de Pégase, puis on va vers Andromède en prolongeant d'un côté vers « bêta » d'Andromède, puis on remonte perpendiculairement d'un demi-côté vers le Nord et voilà M31, 2-soit on part de la polaire, on aligne avec alpha de Cassiopée (c'est le point bas à droite du W de Cassiopée), et on prolonge de la moitié de la distance et M31 est au rendez-vous.

Eh bien, pour trouver le Nord, il s'agit de trouver M31 par la méthode Pégase, ensuite d'aligner avec alpha de Cassiopée, de prolonger de deux fois cette distance et toc, la polaire et le Nord sont là tapis derrière la poussière (on peut aussi tricher en utilisant la boussole).

-le 2<sup>ème</sup> défi, moins évident encore : en particulier les premiers soirées d'observation, quelques étoiles seulement brillent dans un ciel poussiéreux. Quelles sont-elles ?

J'ai séché une soirée, puis le zénith étant plus propre, j'ai réussi le lendemain soir, j'étais content comme un gosse, j'ai réussi à trouver les alignements fondamentaux. Je me suis encore appuyé sur le carré de Pégase pour découvrir qu'en prolongeant chacun des côtés alignés NS, on identifiait, et je cite pour la musique des mots et pour les amis connaisseurs : une première série du N vers le Sud Scheat, Markab (de la constellation de Pégase), puis Fomalhaut (du Poisson austral) et enfin bêta et alpha de la Grue. La 2<sup>ème</sup> série me donna

Alpheratz, Algenib de Pégase, puis Deneb Kaitos de la Baleine, puis Ankaa du Phénix et enfin Achernar, terminus brillant de la constellation du fleuve Eridan.

Quant aux observations matinales, Canopus dans la Carène s'est dévoilée assez facilement.

Les grands repères étaient établis pour aller plus loin...

-je dois avouer que je n'ai pu réussir à voir la Croix du Sud, que je connaissais bien déjà. Les nuages de Magellan aussi me sont restés inaccessibles, soit à cause de la luminosité à Ouagadougou et à Bobo Dioulasso, soit à cause de l'Harmattan en brousse.

### **5-Et après cet apprentissage, comment se sont déroulées les initiations :**

-précisons que c'était mon 4<sup>ème</sup> voyage au Burkina faso, mais le premier où j'avais des interventions programmées et donc où j'approfondissais autant le ciel. Je savais que les africains ignoraient pratiquement tout du ciel, mais je savais aussi qu'ils étaient, du plus jeune à l'ancien, d'une curiosité boulimique. Je ne suis pas sûr d'ailleurs qu'on puisse trouver des cartes tournantes du ciel, même à la capitale Ouagadougou. Il y a eu beaucoup d'africains à mes côtés lors de mon apprentissage, toujours enthousiastes et époustouflés par ce que je leur racontais, aussi bien burkinabè de la ville, que ceux de la brousse. Mes interventions collectives se passaient en deux phases, une au video-projecteur, cela existe aussi là-bas et l'autre repérage élémentaire de base compte tenu des lumières de la ville et de l'horizon peu dégagé. J'avais préparé un CD-Rom sympathique.

### **6-Quels furent les grands moments de bonheur ?**

Juste une petite déception, les Léonides n'ont pas été à la hauteur de ce que j'espérais dans un ciel très moyen.

En vrac, il y eut de grands bonheurs :

A titre individuel :

-bien sûr la découverte d'étoiles connues théoriquement,

-observer et photographier dans le même champ les deux étoiles les plus brillantes du ciel Sirius et Canopus,

-le plaisir plusieurs fois renouvelé de dérouler le long fleuve Eridan, étoile par étoile,

-l'observation en brousse au milieu du silence et des bruits de la savane, où la vie sauvage s'active toute proche,

Dans le collectif :

-bien sûr, toujours le même plaisir d'initier et de faire partager connaissances et expériences, dans une proximité fraternelle,

-la qualité de l'écoute et l'admiration ressentie devant les images présentées chez les amateurs et les pros, lors des interventions collectives,

Le meilleur moment, sans aucun doute, la belle soirée du 19 novembre au lycée Malraux de Bobo. Nous étions à l'extérieur, j'étais au centre d'un sympathique amphithéâtre en plein air, avec sur les gradins des visages blancs et des visages noirs, c'est-à-dire une centaine de jeunes, de parents, d'enseignants d'une attention extraordinaire. Nous étions bien, les images projetées illustraient mes propos, et il y eût un mixage naturel et très heureux de regards sur l'écran et dans les cieux. Le summum fut certainement la batterie de questions/réponses qui s'en suivit pendant une bonne demie heure, avec profusion de mains levées. Que du bonheur avec force questions pertinentes, émanant aussi bien des adultes que des plus jeunes.

**En résumé**, dans un voyage très dense tous azimuts, la composante astronomie a tenu aussi, en ce qui me concerne, une place très importante. J'espère, chers auditeurs, que vous aurez eu un peu de plaisir à partager avec moi ce « Regard du Sud », regard astronomique en la circonstance.

**Interview-Passion Cyrille Bouillot (n° 28)**  
(enregistrement le 14-2-05, 1<sup>ère</sup> diffusion le 2 mars 2005)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 28<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique mensuel. Nous allons aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un des nombreux phénomènes de l'astronomie amateur de la SAPO, Cyrille Bouillot, qui a accepté courageusement de répondre aux questions de Jacques Mortier, votre serviteur habituel. N'hésitons pas à rappeler que notre objectif affiché, à travers ces rencontres d'astronomes, est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une sympathique contagion. Bonjour Cyrille, (bonjour à toutes et à tous).

**1- Au delà de l'astronome amateur, qui es-tu ?**

A 30 ans je suis quelqu'un qui a pas mal bougé puisqu'en moyenne j'ai déménagé tous les 3 ans. Mon père était dans les travaux publics. Ça m'a fait voir du paysage et c'est peut être de là que je suis depuis tout jeune un amoureux de la nature : faune, flore, paysage et montagne, ainsi que tous les phénomènes naturels en général m'intéressent. Et comme les phénomènes naturels sont souvent dévastateurs (volcans, séismes, avalanches, incendies, inondations) on m'a très vite surnommé « monsieur catastrophes naturelles ». J'ai été un assidu de Cousteau, de Tazieff, des Kraft, puis de Nicolas Hulot. Et tout naturellement je me suis tourné vers la géologie qui est un peu la synthèse de tout cela. Aujourd'hui j'exerce en domaine pétrolier et je vais encore être amené à voyager.

**2- Comment as-tu découvert l'astronomie ?**

Ca m'est venu dans la suite logique de mon amour pour la nature. A partir de mes 10 ans j'ai eu plusieurs occasions de regarder la Lune, Jupiter et Saturne dans de petites lunettes d'amis. Les comètes me fascinaient déjà ; je me souviens avoir fait un exposé sur la comète de Halley en classe de 6<sup>ème</sup>. Mais c'est vers mes 20 ans qu'il y a eu plusieurs belles comètes (Hyakutake, Hale Bopp). On m'a offert une paire de jumelles, que j'ai toujours, pour les suivre. Et puis j'ai commencé à les prendre en photo. J'ai pu m'équiper plus sérieusement à 25 ans quand j'ai eu mes premiers salaires, peu de temps après l'éclipse de Soleil de 99. Enfin c'est la fréquentation de clubs qui m'a fait gagner en autonomie.

**3- Pour toi, pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente l'astronomie dans ton emploi du temps ?**

**Comme tout hobby ça prend du temps, et à chaque âge ça évolue. Et plus on s'équipe plus on a de quoi faire. Donc au début je ne sortais que de temps en temps, pour un événement astronomique particulier. Puis l'équipement venant je me suis mis à observer le ciel plusieurs nuits par mois, voir parfois plusieurs fois par semaine. Il m'est même arrivé de prendre des congés spécialement pour une nuit d'observation. Je suis célibataire donc j'en profite tant que j'ai une certaine disponibilité.**

**4- L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des merveilles et des bonheurs du ciel ?**

En premier je mettrais ce que l'on appelle le ciel profond : la Voie Lactée qui est notre galaxie et qui est fabuleuse en montagne. Elle renferme tant d'objets dès que l'on zoome un peu : les nébuleuses, les amas, avec en arrière-plan d'autres galaxies... En deuxième je pense à la Lune. Quand on débute l'astronomie c'est toujours une révélation. Les cratères, mers et rainures sont très nombreux et l'éclairage du Soleil les change en permanence. On y revient toujours. Enfin en troisième c'est bien sûr les deux planètes géantes : Jupiter et Saturne. Elles sont bien loin mais suffisamment accessibles à nos télescopes pour suivre leur évolution,

comme le ballet de leurs satellites, l'ouverture des anneaux sur Saturne, ou pour Jupiter sa rotation ou l'évolution de ses nuages.

**5- Ton analyse personnelle : « comment pourrais-tu expliquer ta passion pour l'astronomie ? »**

Je pense que ma passion pour l'astronomie vient de mon approche naturaliste du monde. A la fois contemplative et scientifique. Le ciel est très esthétique et chaque objet est un plaisir pour les yeux. Alors pour moi qui aime aussi en garder des photos, les modèles sont infinis. Et c'est cet infini que l'on rejoint quand on prend conscience que la Terre n'est rien par rapport à tout ce qui l'entoure. A chaque fois que je le réalise en regardant le ciel (un bon ciel), j'en attrape une sensation de vertige ! On arrive à peine au bout de notre système solaire qui est minuscule par rapport à la galaxie ; et cette galaxie n'est qu'une île dans l'univers où on distingue tout juste les galaxies voisines. C'est grandiose et ça laisse songeur de penser à tous les progrès que la recherche peut encore faire dans ce domaine.

**6- Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?**

A mon avis cela dépendra de deux choses. En un, de l'évolution de mon temps libre. Une telle passion nocturne n'est pas facilement compatible avec beaucoup de choses. Un exemple simple : j'adore aussi la montagne. Pour randonner il faut partir au lever du jour, alors qu'avec l'astronomie c'est plutôt au lever du jour qu'on se couche. J'ai déjà essayé d'enchaîner les deux mais ce n'est pas de tout repos. Il faut bien dormir à un moment donné. Donc des choix s'imposent, et s'imposeront. En deux, l'évolution de ma passion dépendra aussi sûrement de l'évolution des technologies qui va très vite. Il y a encore peu l'amateur se contentait d'observer. Aujourd'hui le télescope est souvent accompagné par un ordinateur, une caméra, ou un appareil photo numérique pour faire des images dignes des images des plus grands télescopes il y a à peine dix ans. Les amateurs en arrivent à aider les observatoires. C'est une vraie révolution silencieuse. Alors qui sait, dans dix ans de plus ce que l'on pourra faire ?

**7- Peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

Difficile de n'en choisir qu'un. Tous sont uniques. Le transit de Vénus au Pic du Midi est le moment fort le plus récent. Un autre a été le week-end expédition que je me suis organisé dans le Midi pour voir la dernière grande pluie d'étoiles filantes des Léonides. Un super souvenir ; en pleine nature à 4h00 du matin j'étais tombé nez à nez avec un ami italien que je ne connaissais que par internet... L'éclipse de Soleil de 99 m'a évidemment aussi beaucoup marqué pour son ambiance inhabituelle, malgré les nuages. Sinon chaque observation de comète est aussi une excitation particulière car ce sont des bijoux imprévisibles et éphémères. Hale Bopp en 96 m'a marqué à vie ! Mais pour finir, le plus féérique est sans conteste un incroyable coup de chance : l'observation d'une aurore boréale dans les Pyrénées. De souvenir c'est la seule fois où j'ai applaudi tout seul un spectacle de la nature !

**8- A l'approche de la fin de cette intervention, probablement souhaiterais-tu répondre à une question que je ne t'ai pas posée ?**

Est-ce que l'astronomie est accessible à tous ? Bien sûr. A cause de sa connotation scientifique et d'une assez mauvaise médiatisation peu de gens osent franchir le pas. Alors que chacun peut y trouver son bonheur : on trouve à la fois le simple observateur, l'amoureux des belles images, le bricoleur de génie, ou même le fort en maths-physique qui veut tout comprendre. Les amateurs ont chacun leur domaine de prédilection mais tous sont prêts à partager leur passion. Et il y a beaucoup de clubs pour s'initier. Les instruments y sont variés. Et tout ce dont on a besoin pour débiter, c'est d'un œil !

**9- Aurais-tu un message, une ultime recommandation à nos auditeurs ?**

Oui, je voudrais dire à chacun d'éteindre la télévision de temps en temps, de quitter les villes sur-éclairées et d'aller en campagne ou en montagne observer le ciel. En levant les yeux on réalise mieux où nous sommes et ce que nous sommes. Parce qu'en plus de la beauté du ciel on prend mieux conscience du peu de chose que l'on est, de la rareté de la vie et donc de sa préciosité. D'où l'urgence de protéger la vie et la planète qui l'accueille.

Merci infiniment Cyrille. Merci, au nom des auditeurs, de t'être livré à mes questions. Je suis persuadé que les auditeurs auront apprécié ton témoignage et je suis sûr qu'ils prendront encore plus le réflexe de lever les yeux vers le cosmos qui nous passionne. Cyrille, probablement à une autre fois sur Radio Voix du Béarn. Tu sais que je suis un peu le sergent-recruteur d'intervenants qualifiés. Pour l'instant, une pause musicale avant le flash d'actualités astronomiques de mars 2005.

## **De l'Astronomie à l'Astrophysique : 400 ans de progrès (n° 29)**

(1<sup>ère</sup> diffusion le 6 avril, puis les 16 et 19 avril 2005)

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bonjour Jean... Nous avons le plaisir d'accueillir ici pour la 2<sup>ème</sup> fois notre intervenant du jour, Jean Lachaise, professeur de physique à l'UPPA, c'est-à-dire à la fac de Pau et des pays de l'Adour, Jean également président de la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales, la SAPO. Jean, tu nous as habitué à des thèmes costauds, la première fois, il s'agissait rien de moins que de faire le point sur la vie extraterrestre : La vie est-elle universelle ? ou sommes-nous seuls sur notre petite planète ? Aujourd'hui, notre 29<sup>ème</sup> épisode va nous conduire à effectuer un survol astronomique à grande vitesse des 4 derniers siècles puisque tu as choisi d'intituler ton intervention « De l'Astronomie à l'Astrophysique : 400 ans de progrès ».

### **La première question pourrait être : pourquoi cette intervention ?**

Comme tu le sais, Jacques, cette année a été déclarée, année de la Physique, pour célébrer le centenaire des contributions majeures qu'Einstein a apportées à cette discipline en 1905. La Physique rebute un peu élèves et étudiants, car son apprentissage est difficile. Pourtant nombre de ses découvertes ont été mises à profit pour améliorer notre quotidien. C'est donc une discipline utile qu'il convient de continuer à enseigner et à pratiquer. L'objet de mon intervention à « Radio Voix du Béarn » est d'illustrer son apport dans le domaine de l'astronomie.

### **Comment sont constitués les instruments d'observation en astronomie ?**

Les instruments astronomiques sont constitués d'un collecteur - lentille ou miroir - qui focalise la lumière et d'un oculaire qui agrandit l'image fournie. A l'oculaire on observe à l'oeil nu ou bien, on enregistre l'image avec un appareil photographique ou un appareil électronique.

### **L'invention de la lunette astronomique ?**

L'invention de la lunette astronomique constitue un mode artisanal d'innovation technologique, car à l'époque, on ne connaissait pas les lois de l'optique géométrique. L'identité de l'inventeur est inconnue. Tout ce que l'on sait c'est que les lunettes firent leur apparition au début des années 1600, en Hollande. Il y a donc quatre siècles. C'est Galilée qui s'est servi le premier des lunettes. Sa première lunette grossissait 3 fois. Par la suite en tâtonnant, il réussit à obtenir un grossissement de 33 fois avec une lunette de 1 mètre 20 de distance focale.

Entre 1609 et 1612, en utilisant ses lunettes, Galilée fit tout une série de découvertes : cratères et montagnes lunaires, taches solaires, satellites de Jupiter, anneaux de saturne, phases de Vénus, nature stellaire de la Voie Lactée.

### **Evolution de la lunette astronomique ?**

L'histoire de l'évolution de la lunette au cours des 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècle est une lutte contre l'aberration chromatique et l'aberration de sphéricité qui affectent la qualité des images. A l'époque personne ne comprenait l'origine de ces aberrations. A force d'expérimentation on finit par découvrir qu'il était possible de diminuer leur importance en utilisant des lentilles très peu bombées, c'est-à-dire dont la distance focale est très grande. Cela mena à la fabrication de lunettes extrêmement longues. En 1659, Huygens en construisit une de 38 m, et on alla par la suite jusqu'à 60 m ! Ces lunettes étaient très difficilement

maniables. Elles permirent néanmoins de découvrir les détails des anneaux de Saturne et on découvrit de nouveaux satellites gravitant autour de Jupiter et de Saturne.

### **L'invention du télescope ?**

Vers la fin du 16<sup>ème</sup> siècle, Newton découvrit que la lumière blanche était un mélange de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, et que chacune était déviée différemment par le verre. Il savait par ailleurs que l'angle de réflexion de la lumière sur un miroir ne dépend pas de la couleur. Pour se débarrasser de l'aberration chromatique, et du coup réduire la longueur de l'instrument, il eut l'idée de remplacer la lentille de la lunette par un miroir, construisant ainsi le premier télescope en 1668. Doté d'un miroir sphérique en alliage de cuivre et d'étain d'à peine 2,5 cm de diamètre, ce télescope ne mesurait que 15 cm de long, soit dix fois moins qu'une lunette offrant des performances similaires. Toutefois, ses images étaient moins lumineuses, car le miroir métallique ne réfléchissait que 20 % de la lumière incidente. En 1721, Hadley s'aperçut que l'aberration de sphéricité, dont étaient encore affectés les miroirs, disparaissait quand on leur donnait une courbure parabolique. On améliora aussi la réflectivité des miroirs qui atteignit rapidement 80 %.

### **La compétition entre lunettes et télescopes ?**

Les fabricants de lentilles réussirent eux aussi à tirer profit des travaux de Newton. En 1733, en combinant deux lentilles faites de matériaux différents, Hall réussit à construire les premières lentilles achromatiques, des lentilles pratiquement dénuées d'aberration chromatique. On se rendit compte alors que l'aberration de sphéricité était grandement réduite. Cette trouvaille permit de rouvrir la voie à la construction des lunettes, celles-ci étant désormais capables de rivaliser avec les télescopes. Mais, à la différence de ce qui s'était passé lors de l'invention originale de la lunette, cette renaissance était une retombée de la théorie de la réfraction. Cette fois, la science avait devancé la technologie. Expérience et théorie se complètent pour faire progresser les connaissances. C'est une démarche typique de la Physique.

Jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, on assistera à une lutte pour la suprématie entre les tenants des lunettes et ceux des télescopes. Le but est de construire des collecteurs de lumière de plus en plus gros, donc des lentilles ou des miroirs de diamètres de plus en plus grands, pour pouvoir observer des objets de plus en plus lointains et de moins en moins brillants.

### **La dernière grande lunette ?**

La dernière et la plus grande lunette fut mise en service en 1897 au Wisconsin, sous la direction du plus grand bâtisseur de télescopes de tous les temps George Hale. La lunette Yerkes, du nom du donateur qui en régla le coût, est munie d'une lentille de 1 m de diamètre. En la construisant Hale comprit que le développement des lunettes avait atteint ses limites. Il y a en effet beaucoup de difficultés à obtenir une lentille aussi grande et de composition parfaitement homogène. De plus, avec ses 250 kg, la lentille avait tendance à se déformer sous son propre poids. Or il est très difficile de remédier à cette déformation : comme la lumière doit traverser la lentille, on ne peut la supporter que par son pourtour. Hale se rendit compte alors que même en améliorant les procédés de contrôle de la composition du verre, il était impossible d'envisager la fabrication d'une lentille plus grande qui soit utilisable.

### **Les télescopes géants ?**

Connaissant les limitations des lunettes, Hale se lança dans la fabrication de grands télescopes. Il fabriqua d'abord en 1908, un télescope dont le miroir faisait 1,6 m de diamètre. Puis en 1917, il supervisa la construction du télescope de 2,5 m qui allait rester longtemps le plus grand du monde, sur le mont Wilson, en Californie. Il permit de révéler la nature

stellaire de la galaxie d'Andromède. Il permit à Hertzsprung et Russell d'établir leur fameux diagramme sur l'évolution des étoiles. Il permit à Baade de fournir des renseignements sur la répartition spatiale des amas globulaires ce qui montra que le Soleil n'est pas au centre de la galaxie, il permit surtout à Hubble de découvrir l'expansion de l'univers. Ces succès consacreront la suprématie des télescopes sur les lunettes. En 1948, fut mis en service le télescope de 5 m du mont Palomar, en Californie, qui porte le nom de Hale, en hommage aux efforts déployés par ce dernier pour promouvoir l'utilisation des télescopes.

### **Les télescopes modernes ?**

Les télescopes construits depuis les années 1980 bénéficient de nouvelles avancées technologiques qui permettent d'obtenir des miroirs plus légers et plus faciles à manier. Dans un télescope à miroirs multiples, un grand nombre de petits miroirs hexagonaux sont agencés les uns à côté des autres. Leur alignement est assuré par un ordinateur de telle sorte qu'ils agissent de concert comme un gros collecteur primaire. Les télescopes Keck au Mauna Kea à Hawaï fonctionnent selon ce principe.

Dans un télescope à miroir souple, le miroir est relativement mince (environ 10 cm d'épaisseur), ce qui fait qu'il est légèrement flexible, en raison de son grand diamètre. Le miroir est soutenu par un grand nombre de supports hydrauliques indépendants, qui lui assurent une courbure optimale pour produire une focalisation parfaite de la lumière. Le Very Large Telescope du Cerro Paranal au Chili est un exemple de ce genre d'instrument.

### **En quoi consiste l'optique adaptative ?**

Cette technique développée dans les années 1990 est utilisée avec succès dans les grands observatoires astronomiques. Il s'agit de placer un miroir secondaire flexible sur le trajet de la lumière entre le collecteur primaire du télescope et l'endroit où se forme l'image finale. Le miroir flexible est retenu par plusieurs dizaines de petits vérins placés dessous. Un ordinateur contrôle les vérins ce qui permet de modifier la forme du miroir plusieurs milliers de fois par seconde afin de contrer continuellement les distorsions de l'image produites par la turbulence atmosphérique. Avec cette technique, les télescopes terrestres peuvent s'approcher de leur limite de résolution théorique, surtout dans le domaine infrarouge.

### **L'évolution des montures ?**

La monture d'un télescope est une de ses composantes les plus importantes. Elle doit être assez solide pour supporter le poids du tube, tout en permettant de le pointer n'importe où dans le ciel. De plus pour que le télescope pointe constamment vers l'objet que l'on veut observer, il faut que l'entraînement de la monture compense la rotation de la Terre. La monture équatoriale utilisée depuis le début du 19ème siècle a, de nos jours, tendance à être remplacée par la monture alt-azimutale qui peut être guidée par ordinateur.

Il existe un parallèle frappant entre l'évolution des miroirs et celle des montures. Dans les deux cas, l'avènement du contrôle par ordinateur a rendu possible le recours à de nouvelles solutions. Les télescopes à miroir rigide et à monture équatoriale ont ainsi été remplacés par des télescopes à miroirs multiples ou à miroir souple et à monture alt-azimutale.

### **L'enregistrement de la lumière ?**

La photographie, puis diverses techniques de détection électronique de la lumière, ont pratiquement fait disparaître l'observation directe au télescope. Le gros avantage des plaques photographiques tient dans la possibilité de les soumettre à de longues durées d'exposition, ce qui permet de faire apparaître des objets qui seraient restés invisibles à l'oeil nu.

De nos jours, le CCD (de l'anglais Charged Coupled Device) a fait disparaître l'usage

de la photographie en astronomie professionnelle, et de plus en plus d'astronomes amateurs l'utilisent. La technique du CCD, mise au point dans les années 1870, a l'avantage de produire une image qui peut être traitée numériquement par ordinateur. De plus l'efficacité quantique des CCD est beaucoup plus élevée que celle des plaques photographiques. Pour certaines longueurs d'onde, elle peut dépasser 90%, ce qui permet de réduire de beaucoup le temps d'exposition.

### **Le site d'observation ?**

On a peu à peu réalisé que le choix du site d'observation avait une importance capitale. Les plus grands observatoires ont quitté les grandes cités industrielles pour les montagnes et les atmosphères sèches. Les meilleurs sites à la surface de la Terre se trouvent dans les montagnes du désert du Chili, ainsi qu'au sommet du Mauna Kea, à Hawaï.

### **Les radiotélescopes ?**

L'atmosphère est transparente aux ondes radio. Aussi n'est-il pas étonnant que les premières observations astronomiques dans le domaine non visible aient eu lieu en ondes radio, dans les années 1930. Le collecteur primaire d'un radiotélescope se présente sous la forme d'une immense coupole métallique. Comme la longueur d'onde des ondes radio est plusieurs millions de fois plus grande que celle de la lumière visible, le collecteur primaire peut être fait d'un grillage ajouré et néanmoins agir comme un très bon miroir pour les ondes radio. Cela permet d'alléger la structure des radiotélescopes et de construire à un coût raisonnable des collecteurs primaires pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres.

La limite de résolution augmente avec la longueur d'onde, ce qui devient très gênant quand on observe en ondes radio. C'est pour cette raison que les astronomes construisent des radiotélescopes extrêmement grands. Ils exploitent par ailleurs la technique de l'interférométrie, car la limite de résolution d'un ensemble de télescopes reliés par interférométrie est égale à celle d'un télescope unique dont le collecteur primaire aurait un diamètre égal à la distance entre les télescopes.

Les ondes radio ont notamment permis de révéler la structure spiralée de notre galaxie et de découvrir le rayonnement fossile à 3 K qui plaide en faveur de la théorie du Big Bang.

### **Le télescope Hubble ?**

Lancé en 1990, le télescope spatial Hubble, avec son miroir de 2,4 m de diamètre a un pouvoir de captation 20 fois moindre qu'un seul des télescopes Keck. Toutefois, comme il opère au-dessus de l'atmosphère, sa limite de résolution correspond à la valeur théorique due à la diffraction, soit 0,06 seconde d'arc. Ce qui fournit des clichés d'une netteté jamais atteinte jusque-là.

### **Les autres télescopes spatiaux ?**

Depuis les années 1980, l'utilisation systématique des télescopes spatiaux a permis d'obtenir des informations dans les domaines de longueurs d'ondes inaccessibles depuis le sol à cause de l'absorption de l'atmosphère.

Les ondes de l'infrarouge lointain (de 10 000 nm à 100 000 nm) ont été étudiées par les satellites IRAS, COBE, ISO ; les micro-ondes par les satellites COBE et MAP, les ondes ultraviolettes par les satellites IUE, EUVE, FUSE, les rayons X par les satellites Einstein, ROSAT, Chandra, les rayons « gamma » par le satellite GROS.

### **La naissance de l'astrophysique ?**

Du 17<sup>ème</sup> siècle au 19<sup>ème</sup> siècle, l'astronomie s'est surtout attachée à décrire l'univers observé (planètes, étoiles) et le mouvement des planètes. Elle a progressivement appris à

perfectionner ses instruments d'observation. Ce n'est qu'à partir du début du vingtième siècle que la physique proprement dite a fait irruption dans l'astronomie, la transformant en astrophysique.

Au début du 20ème siècle un scientifique éminent dont je tairai le nom, disait que la physique était pratiquement achevée. Seuls deux phénomènes restaient à expliquer : l'avance du périhélie de la planète Mercure et le rayonnement du corps noir. Il ne se doutait pas que pour expliquer le premier il faudrait élaborer la relativité généralisée et que pour expliquer le second il faudrait concevoir la mécanique quantique. Deux théories qui ont révolutionné la physique et en même temps notre connaissance de l'univers.

### **La relativité restreinte ?**

A la suite de l'expérience de Michelson et Morley qui montra l'invariance de la lumière, Einstein fit de cette invariance le postulat de base d'une approche nouvelle de la physique. Dans son article de 1905 consacré au sujet, il arriva à une conclusion désormais célèbre : l'écoulement du temps et l'échelle des longueurs varient en fonction de la vitesse de l'observateur, de manière à ce qu'une mesure de la vitesse de la lumière donne toujours 300 000 km/s.

L'explication d'Einstein remet complètement en cause la physique de Newton, dans laquelle l'écoulement du temps et l'échelle des longueurs formaient une base absolue et constante pour tous les observateurs. Avec Einstein, la base fondamentale de la physique devient une combinaison de l'espace et du temps.

Une des conséquences de la théorie d'Einstein est la fameuse relation  $E = mc^2$ , relation d'équivalence de la masse et de l'énergie dans laquelle intervient la vitesse de la lumière au carré. La vitesse de la lumière étant grande, cette formule montre que l'équivalent en énergie d'un kilogramme de matière est fantastiquement élevé. La transformation d'une masse en énergie est possible au niveau de certaines réactions nucléaires : les réactions de fusion, qui sont à l'origine de l'énergie que produisent les étoiles.

### **La relativité générale ?**

En 1916 Einstein étendit les notions de relativité à la théorie de la gravitation. Sa synthèse, la relativité générale, est la théorie de la gravitation que nous utilisons encore aujourd'hui. Elle explique tous les phénomènes gravitationnels connus, y compris l'étrange comportement de l'orbite de Mercure qui avait révélé les limites de la théorie de Newton.

Selon la théorie de la relativité générale, la gravitation est une accélération dans un espace-temps à quatre dimensions qui se manifeste par une courbure locale de cet espace créée par la présence d'une masse. La théorie prédit sensiblement la même chose que la théorie de Newton, mais en plus dévoile des aspects auparavant insoupçonnés de la gravitation, qui depuis 1916 ont été abondamment confirmés : avance du périhélie de Mercure, déviation de la lumière par une masse donnant lieu parfois à la production de lentilles gravitationnelles.

Si Newton et ses contemporains ont unifié les lois physiques du mouvement à la surface de la Terre et les lois astronomiques du mouvement des astres, Einstein a poussé plus loin l'unification de la physique, en montrant qu'il existe des liens insoupçonnés entre le temps, l'espace, la vitesse et la gravitation.

### **La mécanique quantique ?**

Elaborée par étapes successives à partir de la notion de quantum d'énergie introduite par Planck en 1900 pour rendre compte du rayonnement du corps noir, de la notion de photons introduite par Einstein pour expliquer l'effet photoélectrique, la mécanique quantique a été formalisée dans les années 1930 par Schrödinger et Heisenberg. Elle permet de prévoir le comportement des objets très petits que sont les atomes, les molécules, les électrons. C'est

grâce à la mécanique quantique que l'on a pu décoder les messages électromagnétiques envoyés par les atomes, les molécules, les électrons placés dans différentes conditions de température, de pression et de champs gravitationnels. On a pu ainsi relier la couleur des étoiles à leur température superficielle et procéder à leur classification. On a pu déterminer la composition des atmosphères stellaires, détecter la forme spiralée de notre galaxie et l'existence de toutes sortes de molécules dans l'espace, déceler la présence de trous noirs.

### **La physique nucléaire ?**

La physique nucléaire a permis de comprendre les transformations extrêmement énergétiques qui peuvent se produire dans les noyaux atomiques : réactions de fusion, de fission et réactions radioactives. Elle a permis de comprendre le fonctionnement des étoiles et leur évolution en naines blanches, pulsars ou trous noirs, suivant leurs masses initiales. Elle a permis de comprendre la nucléosynthèse qui se produit au centre des étoiles et a fabriqué les atomes dont sont constitués les êtres vivants. En ce sens, nous sommes les enfants des étoiles. Elle a permis aussi de décrire de manière cohérente les premiers instants de l'univers après le Big Bang.

### **L'exploration du système solaire ?**

Le 20<sup>ème</sup> siècle restera marqué par la découverte et la domestication de l'électron, qui a donné lieu aux développements de l'électricité, de l'électronique et de l'informatique. Il restera marqué aussi par la découverte et la maîtrise de l'énergie nucléaire. Il restera marqué enfin, dans le domaine de l'astrophysique par l'exploration du système solaire. À part Pluton, toutes les autres planètes du système solaire ont été atteintes ou survolées. Les hommes sont allés sur la Lune, ils ont déposé des engins sur Mars et tout récemment sur Titan. Cette exploration nous a révélé une diversité d'objets que notre imagination aurait été incapable de concevoir. Elle nous a fait mieux comprendre les conditions exceptionnelles qui ont présidé à l'éclosion de la vie sur notre belle planète bleue.

### **Sommes-nous seuls dans l'univers ?**

Pour répondre à cette question les astronomes ont déjà découvert 140 planètes extrasolaires depuis 1995. Mais ces planètes sont des planètes géantes que seules - les moyens actuels d'observations peuvent détecter ; ces planètes ont toutes les chances d'être inhabitées. Aussi les astronomes développent-ils à marche forcée l'interférométrie optique, qui leur permettra de détecter des planètes telluriques, similaires à la Terre, pour voir si la composition de leur atmosphère ne pourrait pas y trahir la présence de la vie.

### **En guise de conclusion :**

Depuis 1929, les astronomes ont constaté que notre univers est en expansion. Sous l'action unique de la matière, cette expansion devrait ralentir progressivement. Or depuis 1998, l'observation d'explosions stellaires lointaines indique le contraire : l'Univers serait en expansion accélérée.

Quel est le moteur de cette accélération ? Personne ne le sait... Pour la majorité des spécialistes, elle serait causée par une énergie - qualifiée de sombre - dont l'effet répulsif dominerait aujourd'hui la destinée de l'Univers. Parmi les nombreux modèles proposés, ceux qui évoquent une mystérieuse quintessence sont les plus étudiés.

Certains pensent qu'il n'est pas nécessaire de regarder si loin. La solution de l'énigme pourrait se trouver dans les propriétés des neutrinos, des particules dont on ne connaît pas grand-chose, hormis le fait qu'ils interagissent très peu avec la matière et qu'ils peuvent se transformer au cours du temps.

A moins encore que les lois de la gravitation de Newton ne soient pas valables tout le

temps, à toutes les échelles. Ou même qu'une part de cette force de gravitation nous soit cachée dans d'autres dimensions de l'Univers.

L'énergie sombre ouvre un monde inconnu où les possibilités offertes aux physiciens théoriciens sont légion. Pour leur plus grand bonheur.

La Physique et l'Astronomie ne peuvent que s'entendre, pour améliorer notre vision et notre compréhension de l'Univers. Et c'est tant mieux !

**Interview-Passion Philippe Viaud (n° 30)**  
( 1<sup>ère</sup> diffusion le 4 mai 2005)

Bonjour à toutes et à tous. Aujourd'hui, 30<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique mensuel. Nous allons aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un astronome amateur passionné, Philippe Viaud, un quasi habitué de Radio Voix du Béarn, puisqu'il était venu à l'émission n° 9 tout nous dire du VLT (Very large Telescope) ; Philippe que Jacques Mortier, votre serviteur habituel a le plaisir de soumettre à la question. N'hésitons pas à rappeler à nouveau que notre objectif affiché, à travers ces rencontres d'astronomes, est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une sympathique contagion. Bonjour Philippe, (bonjour à toutes et à tous).

**1-Au delà de l'astronome amateur. Qui es-tu ?**

J'ai 47 ans. Ma mère était esthéticienne et mon père fonctionnaire dans les PTT. Il a travaillé sur Paris puis à Guéret en Creuse et enfin à Pau depuis 1967. Je suis donc béarnais d'adoption et surtout de cœur depuis 38 ans.

Je suis ophtalmologiste à Orthez, mais je vis à Buros, J'ai 4 enfants, 2 filles et 2 garçons de 19 à 6 ans et une compagne qui trouve souvent mes nombreuses occupations trop envahissantes et surtout trop prenantes. Outre ma vie de famille et mon métier, je suis depuis 98 président du club de basket d'Orthez et c'est une activité qui n'est pas de tout repos mais j'essaie de consacrer beaucoup d'heures à ma passion l'astronomie.

**2-Comment as-tu découvert l'astronomie ?**

**Nous avons eu un hiver 1996 assez clément avec des nuits claires sans nuages. Tous les soirs quand je rentrais d'Orthez par l'autoroute, j'avais devant les yeux un groupe de 3 étoiles parfaitement alignées. J'ai fini par me dire que cela n'était pas du au hasard et j'ai cherché dans des livres ce que c'était. J'avais découvert Alnitak Alnilam et Mintaka les 3 belles du baudrier de la constellation d'Orion. Quelques mois plus tard j'ai pu observer tous les soirs la belle comète Hale Boppe. Je suis rentré à la SAPO au mois de mai et en octobre pour mes 40 ans on m'a offert un télescope, une ETX 90. J'avais mis le doigt dans l'engrenage , j'étais fichu !!!**

**3-Pour toi, pourrais-tu nous raconter ce qu'a représenté et ce que représente l'astronomie dans ton emploi du temps ?**

**Cela représente beaucoup de temps.**

Je participe aux activités de mon association la SAPO car je suis trésorier et membre du conseil d'administration. Je suis animateur lors des permanences les 2<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> mardi de 18h30 à 20h. Je participe aussi à la préparation des veillées que nous proposons et bien sûr je suis sur le terrain pour communiquer ma passion aux petits nouveaux. Je suis enfin membre du comité de rédaction de notre revue bimestrielle « Le Ciel » et à ce titre je rédige certains articles de cette revue.

Mais cela ne s'arrête pas là car je lis pas mal de revues sur l'astronomie, je fais partie de plusieurs listes Internet d'information sur l'astronomie.

Bien souvent je rêve d'avoir un ou plusieurs clones pour profiter aux mieux de tout ce que je fais.

**4-L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des merveilles et des bonheurs du ciel ?**

**Je suis avant tout un contemplatif. J'essaie donc d'assister aux évènements astronomiques. Au premier rang je place l'éclipse de Soleil, (celle de 1999 est un souvenir inoubliable) puis toutes les éclipses de Lune, les pluies d'étoiles filantes, les passages de comètes et ensuite les balades toujours renouvelées du ciel nocturne. Je suis moins attiré par le Soleil malgré ses magnifiques taches et protubérances.**

**J'aime la technique. J'ai fait partie de la vague de bricoleurs qui ont modifié des webcams pour observer le ciel, j'ai appris l'électronique sur le tas pour monter une Audine (caméra semi professionnelle) ou d'autres appareils plus intéressants à réaliser soi même qu'à acheter tout faits.**

**5-Ton analyse personnelle « Comment pourrais-tu expliquer ta passion pour l'astronomie ? »**

**Je suis très curieux de tout. Adolescent je démontais régulièrement le moteur de mon solex d'abord pour savoir comment il marchait et ensuite pour l'entretenir aussi un peu l'améliorer. Le ciel c'est comme une immense bibliothèque . Dans toutes les étagères qui la composent il y a des merveilles à découvrir pour peu que l'on prenne son temps. C'est aussi comme les poupées russes. Chaque fois que l'on atteint un niveau il y a toujours quelque chose derrière que l'on ne voit pas de suite et que l'on découvre en cherchant un peu.**

L'astronomie m'intéresse beaucoup aussi car elle repose de plus en plus sur la technique et le développement de l'électronique de l'informatique et de l'Internet ont mis tout un savoir à portée de tout un chacun.

**6-Comment vois-tu l'évolution de ta passion dans les années à venir ?**

**J'ai de nombreuses casquettes interchangeables et je vais finir par en laisser quelques unes pour pouvoir passer plus de temps les yeux en l'air. Je vais aussi acheter un télescope de plus grand diamètre et revenir à des techniques d'imagerie numérique avec webcam appareil photo numérique et autre Audine qui sont très intéressantes à réaliser mais demandent beaucoup de temps.**

**7-Peux-tu nous raconter un ou deux de tes grands moments d'astronomie ?**

Sans hésitation l'éclipse du Soleil du 11 août 1999. Nous avons fait un très long périple à 40 membres de la SAPO pour rejoindre l'Alsace. Le jour de l'éclipse le temps pluvieux nous a obligé à chercher ailleurs un ciel clément pour observer un phénomène que nous ne pourrions plus revoir en France avant 70 ans. Par petits groupes communiquant par téléphones portables nous avons finalement trouvé l'éclaircie dans la région de Reims et vécu 2mn 40 de pur bonheur. Le moment où l'ombre envahit la campagne, où l'on entend plus aucun bruit de la nature et puis petit à petit les cris de joie des groupes d'observateurs qui découvrent le Soleil complètement occulté par la Lune est un moment très fort, inoubliable.

La pluie de Léonides du 18 novembre 2002 vécue à 9 personnes parties à minuit après une conférence de la SAPO direction l'est pour trouver un ciel clair relève de la même émotion. Un long périple dans la nuit à guetter les premières météorites, l'arrêt au milieu des vignes de corbières, l'arrivée tant espérée d'un feu d'artifice céleste puis un magnifique coucher de Lune et enfin un lever de Soleil entre les vignes avec un rayon vert. Et surtout un moment de convivialité avant le retour sur Pau pour des acharnés qui avaient réussi la quête de leur Graal comme 3 ans auparavant.

**8-A l'approche de la fin de cette intervention, probablement souhaiterais-tu répondre à**

**une question que je ne t'ai pas posée ?**

**Oui savoir ce qui me ferait le plus envie si l'on pouvait exaucer un de mes souhaits. Je rêve de pouvoir naviguer dans cet immense Univers que j'observe et découvrir de plus près toutes ces belles choses.**

**9-Aurais-tu un message, une ultime recommandation à nos auditeurs ?  
Eteignez toutes les lumières et levez la tête pour admirer notre voûte céleste.**

## **Observations : ambiances (n°31)**

(1<sup>ère</sup> diffusion le 1<sup>er</sup> juin, puis les 18 et 21 juin 2005)

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Pour ce 31<sup>ème</sup> épisode, il était envisagé d'enregistrer une soirée d'observations à la SAPO depuis l'observatoire de Saint Castin. Tout était prêt, la mobilisation des astronomes effectuée, mais hélas, la météo n'a pas été favorable et complice avec nous, et donc, il a fallu rapidement trouver une solution de substitution.

Aussi, votre serviteur habituel Jacques Mortier, est resté dans le même domaine de l'observation, mais en s'appuyant sur la mémoire écrite des événements passés. Cet épisode pourrait s'intituler « Journal de bord » ou « Sur le vif », ou encore « Ambiances ». Cela donnera idée aux auditeurs de ce qu'est la passion multiforme de l'astronomie, à travers 5 soirées ou nuits d'observations, en 5 lieux différents :

- 1-une éclipse totale de lune à St Faust,
- 2-une comète au cœur de l'amas ouvert des Pléiades à Hautacam,
- 3-une soirée d'observations à St Castin,
- 4-une occultation de Saturne par la lune au télescope de 1m du Pic du midi de Bigorre,
- 5-un fabuleux feu d'artifice céleste au Burkina Faso.

Deux remarques préalables :

-vous entendrez parler de M33, M44, en fait il s'agit du premier catalogue de quelques 110 objets célestes (galaxies, amas ouverts ou globulaires, nébuleuses,...) établi par l'astronome français Charles Messier entre 1758 et 1782,....vous entendrez parler de NGC2438, c'est un autre catalogue,...

-les soirées d'observations à la SAPO sont soit programmées, soit inopinées avec un court préavis. Deux méthodes dans cette dernière hypothèse :

- 1-une liste d'alerte, bien à jour, avec les numéros des téléphones portables permet de mobiliser en quelques heures, les observateurs en fonction d'une météo de rêve ou de phénomènes particuliers,
- 2-une liste SAPO de quelques 40 adhérents/100 reliés par le net qui échangent en permanence impressions, expériences, compte-rendu, et qui concertent des soirées d'observations,...pour en savoir plus, il faut aller sur le site de la SAPO : [www.astro-berna.com](http://www.astro-berna.com)

### **1<sup>ère</sup> Observation et Ambiance :**

#### **Eclipse Totale de Lune le 28 octobre 2004**

##### **1-le 22/10/2004 Henri déclenche les hostilités, une semaine avant, par un mail sur la liste SAPO (40 inscrits sur la centaine d'adhérents) :**

Dans la nuit du mercredi 27 au jeudi 28 octobre a lieu la dernière éclipse totale de Lune avant mars 2007 (puis 2008, 2011, 2015...). Il ne faudrait pas la rater.

Vu l'heure particulièrement avancée du phénomène, il n'y aura pas d'animation prévue (entrée dans la pénombre à 2h05, totalité de 4h 23 à 5h 44, heure de l' horloge).

Cependant, comme il faut pour l'observer un terrain bien orienté et dégagé au sud ouest, car la lune sera très basse, les "mordus" se réuniront sur le terrain de foot de St Faust, là où était prévue l'animation de l'éclipse précédente, avec si possible une meilleure météo. Nous espérons la photographe car elle devrait être particulièrement colorée en rouge foncé.

L'entrée dans l'ombre est à 3h 14 et la sortie à 6h 53.

### **2-le jour même, 28/10/2004, Cyrille fait un compte-rendu sur la liste SAPO :**

Les images satellites et les cartes de couverture nuageuse ont dit vrai ! On a ainsi quand même vu notre 2ème éclipse sur la série de 4 qui s'achève. Ca s'est joué de peu puisque la frange nuageuse ne nous a quittés que dans la soirée en laissant encore quelques paquets de cumulus jusqu'à 3h. Après le spectacle était fameux !

Nous étions 5 à Saint Faust : Pierre, Henri, Luc, Alain, et moi-même. Malgré une humidité impressionnante et la brume qui léchait les coteaux on a très bien vu le spectacle. La baisse de lumière a été particulièrement sensible, d'autant que cette fois la Lune était d'un orange très sombre. Des photos argentiques et numériques devraient circuler prochainement...

L'assombrissement de la Lune a même permis de redécouvrir le ciel d'automne qui commençait à nous manquer ! Le tout accompagné de quelques superbes étoiles filantes. Bref, on n'a pas vu passer ces 5h dehors...

### **3-le jour même, Henri a complété le compte-rendu en ces termes :**

**Cyrille** vous a parlé déjà des 5 audacieux qui ont osé grimper sur le coteau de St Faust et qui ont passé près de 5 h inoubliables, pas dans le froid car avec le vent du sud, là-haut, pas question de parka ni de veste polaire, juste un gilet ! On a quand même pensé à ceux qui n'ont pas osé quitter la couette. Le spectacle fut progressif avec l'arrivée de trouées s'élargissant largement à temps et une totalité bien colorée : rouge foncé, sans les tons jaune orangé habituels dans un ciel magnifiquement piqueté d'étoiles (au point que Luc et Pierre ont consacré de longs moments à l'observation du ciel d'hiver). Glisser aux jumelles de la lune aux Pléiades et à Orion et tout son cortège d'objets dont beaucoup étaient visibles à l'oeil nu ( M 42, M 46 et M 47...) ou aux jumelles M 41, M 50, les 3 amas du Cocher, M 35 et son petit voisin, dans le Taureau NGC 1647 et 1746, M 1 aussi, M 44 et M 67... Mais on n'est pas là pour parler d'eux !

Gros problème d'humidité sur les optiques qui ont fait négliger certains types de photo. Pour ma part 2 films en argentique aux focales 500, 200, 85 (un problème d'alimentation m'a fait abandonner la monture équatoriale et les focales plus importantes) et quelques images en numérique : l'entrée dans l'ombre focale 100 + avec le zoom numérique, puis foc 40 la Lune avec des étoiles du Bélier, et avec le zoom numérique pour vous montrer la couleur telle que nous la voyions.

Aujourd'hui avec la récup, gros travail de séchage des appareils et des optiques, et nettoyage sérieux (les mouchoirs en papier laissant des traces, il faudrait avoir un séchoir à piles)

## **2<sup>ème</sup> Observation et Ambiance**

### **Comète Q2 MACHHOLZ dans Pléiades depuis Hautacam, le 7 janvier 2005**

Ce jour, une soirée « observations » est programmée à Hautacam. Henri fait le compte-rendu, en précisant le double but de cette soirée : photographier la comète lors de sa visite chez les Pléiades, amas ouvert de la constellation du Taureau, et aussi amener à Hautacam (1600 m d'altitude) des gens ne connaissant pas un bon ciel. Il y a eu malgré la saison 15 volontaires : 7 habitués d'Hautacam : Jean-Louis, Luc, Alain V., Vincent, Cyrille, Patrick et Henri mais aussi 8 autres qui ne connaissaient pas le lieu : Pierre, Claude, Michel, Jean-Marc, Alain, Jean-Pierre, venu de Seignosse pour l'occasion, la fille de Jean-Louis et son copain. Ils ont pu constater que l'enthousiasme dont nous faisons preuve habituellement était justifié et méritait l'effort de se déplacer. Je pense qu'ils n'ont pas été déçus car le ciel était excellent : Voie Lactée hivernale bien dessinée et contrastée et une bonne dizaine d'amas ouverts, 2 nébuleuses et 2 galaxies visibles à l'oeil nu (dont M 33). De plus il ne faisait pas froid malgré le petit vent qui a nécessité de placer les voitures en paravent pour la stabilité des appareils photo.

Coté matériel, pas de gros diamètre, mais 8 télescopes et lunettes plus 5 paires de grosses jumelles et 7 ou 8 autres. En plus des animateurs habituels, saluons la présence active de Pierre, grand connaisseur de bien des recoins du ciel. Les observateurs sont allés chercher bien des objets peu connus avec aussi le retour des galaxies du Lion, de la Vierge et de Bérénice.

Coté photo : plusieurs montures équatoriales pour la photo en parallèle pour les débuts en astrophotographie de Jean-Marc, de Michel en argentique et de Vincent en numérique. Une dizaine d'appareils (argentiques, numériques et webcams), cela devrait donner des résultats, car ils n'ont pas hésité à mitrailler abondamment. Une recommandation : qu'ils n'oublient pas d'indiquer à leur photographe à quelle sensibilité ils ont exposé leurs films.

Il faut penser à remercier la météo qui a su résister toute la semaine jusqu'au jour J inclus et qui semble depuis "partie en week-end". Le 1er évènement exceptionnel de l'année 2005 étant pleinement réussi, souhaitons de réussir aussi bien le 2<sup>ème</sup> : l'éclipse annulaire de soleil du 3 octobre...je peux préciser aujourd'hui qu'une grande expédition vers l'Espagne se prépare à la SAPO.

### 3<sup>ème</sup> Observation et Ambiance

#### Soirée d'observations programmée à Saint Castin, le 14 janvier 2005

Rappelons que ce 14 janvier 2005, après 3,5 milliards de km, la sonde Cassini-Huygens partie depuis plus de 7 ans de la Terre, a largué avec succès Huygens sur Titan, le gros satellite de Saturne. C'est ce jour-là qu'une soirée d'observations était programmée à Saint Castin. Donnons la parole aux deux rapporteurs **Henri et Jean-Marc** :  
De plus en plus de succès et de monde pour les veillées de la SAPO à St Castin. Cela devient de l'astronomie sur une grande échelle comme nous le montrent les photos, (un peu difficiles à transmettre à la radio). Mais... l'échelle est-elle assez grande ? Combien de personnes sont venues malgré la saison, la concurrence de Huygens sur internet et un ciel plutôt hésitant au crépuscule ? Henri de garde près de son dobson « le Grand Bleu », un T400 (c-a-d télescope de 400 mm de diamètre pour le miroir principal qui collecte la lumière). En tout cas il y avait plein de nouveaux et des gens qui ne viennent pas souvent observer. Comme matériel 3 paires de grosses jumelles et plein d'autres, 4 T 200 : celui d'Odile, ceux de Renaud, de Claude et de Patrick, bien sur le T 350 avec Pierre aux commandes et le T 400 (le Grand Bleu) d'Henri. Le moins qu'on puisse dire c'est qu'ils n'ont pas chômé. Par exemple pour le T 400 : La Lune avec un beau relief hier soir, Saturne et bien entendu Titan (récemment alourdi de Huygens ) Rhéa, Dioné et Thétys, La comète Q 2 Machholz en fil rouge ces temps-ci. Et bien entendu plein d'amas : les Pléiades avec les nébulosités bleues, le double amas, les amas du Cocher, M 35, M 41, M 50, M 48, M93, M 46+ avec la petite nébuleuse planétaire NGC 2438, M 44 et... les autres, les nébuleuses M 42 et M43 si esthétiques pour ceux qui ne sont pas habitués, M1 la nébuleuse du Crabe, les galaxies M 81 et M 82, M31 avec M110 et M32, M 51 avec NGC 5195, M 65 M 66 et NGC 3628, M108 dans la grande Ourse, même M104 le sombrero et M 3 pour représenter les amas globulaires.

La fête était complète : galettes, remontants, chocolats et beaucoup de bonne humeur. Tout y était !

C'est ainsi que c'est seulement à 2h 45 que le camp a été levé.

**4<sup>ème</sup> Observation et Ambiance**  
**Occultation de Saturne par la Lune observée au télescope de**  
**« un mètre » du Pic du Midi de Bigorre le 1<sup>er</sup> décembre 2001**  
**(entre 2h27 et 3h27 TU)**

Il est 5h local (4h TU) ce samedi 1<sup>er</sup> décembre 2001 et le compte-rendu, à chaud, des dernières heures écoulées s'impose pour ne pas oublier ces moments exceptionnels.

**Un petit retour en arrière pour les deux observateurs du coronographe, Michel Dupuy et Jacques Mortier, tous deux membres de la SAPO : coucher hier soir vers 23h après une visite d'amitié au TBL (télescope Bernard Lyot de 2 m de diamètre), en chômage technique momentané pour cause d'humidité de l'air. Les deux jeunes astronomes, le canadien Simon Strasser et le toulousain Pascal Petit, à défaut de pouvoir mesurer les champs magnétiques stellaires avec le spectropolarimètre MUSICOS, envisagent de nous rejoindre pour l'occultation de cette nuit.**

Après un court sommeil, le réveil sonnait à 2h45 locale, nous sommes à 2h55 au poste de pilotage du télescope de 106cm. Pour cet événement, Jean Lecacheux et François Colas, astronomes parisien et meudonnais, ont délaissé quelques heures leurs observations de fond, la comète Borrelly et une galaxie optiquement voisine se trouvant encore affichées sur leur écran de travail. Très concentrés, ils démarrent un exercice délicat et inédit, avec un compte à rebours serré, pour bricoler un montage de fortune sauvegardant leur manip en cours. Une webcam classique est ainsi scotchée au foyer du 106, avec sa focale de 17 m. C'est l'alliance classique et fabuleuse de l'instrument, au top mondial pour les planètes, avec l'efficace système D à « bouts de ficelle ». Nous visionnerons sur l'ordinateur portable de François le phénomène. Jean fait des allers-retours salle de pilotage-coupe pour viser à la lunette de 160mm. Les deux astronomes du 2m nous ont rejoints.

**Soudain, Saturne apparaît magnifique, débordant largement de l'écran, superbe de couleurs, d'une extraordinaire netteté, avec ses bandes, sa division de Cassini, ... La lune a été située dans le proche voisinage. L'horloge parlante égrène les secondes, et Jean annonce la proximité du premier contact 12 mn,... 1mn, 30s, 20s, 10s... Quelques 4s d'avance pour l'engouffrement de Saturne dans une lune saturée de lumière où l'on distingue uniquement, en bordure, la silhouette des monts. La disparition totale de Saturne s'effectue comme prévu au bout d'une minute. Le premier temps de ce ballet cosmique de rêve s'achève dans un ciel parfait sans turbulence, merci le Pic.**

Nous disposons d'environ une heure avant l'émersion, pour un second temps, qui va nous conduire à un impressionnant survol en rase-mottes de la lune, nous identifiant aux astronautes d'Apollo. Les cratères Aristarque, Tycho, Platon, la mer des crises sont dépassés... les deux cratères jumeaux Messier sont identifiés ; astronomes amateurs et professionnels partagent le même enthousiasme ; les cartes (Gründ) de la lune nous aident à une reconnaissance collective des lieux. François enregistre des séquences sur sa webcam, tout en réservant de la mémoire pour l'émersion. L'image est belle, même si le ciel se montre plus turbulent qu'au début. Cratères, failles,...le top du top, c'est le suivi du bord de la lune où les jeux d'ombres et les contrastes sont saisissants. Nous repérons certains autres cratères et préparons avec un nouveau compte à rebours la phase d'observation de l'émersion, troisième et ultime temps de ce ballet. La lune est, à quelques 3° près, pratiquement pleine.

L'heure d'occultation passe très vite, les cartes de simulation montrent une sortie au Sud-Est, à 45° d'inclinaison sur la carte. La double commande est précieuse : François

positionne « à la louche » cette zone sur l'écran, Jean a rejoint la coupole et, l'œil rivé à l'oculaire du 160, guette, dans la froidure de la nuit, cette émergence pour centrer l'instrument tout en déclamant le compte-à-rebours à l'interphone. Devant l'écran du portable, nous guettons aussi la magique apparition. Le temps de pose a été modifié pour avoir la netteté sur la lune, et soudain, les anneaux de Saturne apparaissent sombres et diaphanes, ...le positionnement initial de cette émergence était presque parfait, Jean a centré rapidement malgré un « bout de ficelle » lui cachant les 2/3 premières secondes. Saturne se glisse à l'extérieur de la lune avec une discrète et silencieuse élégance.

Fantastique nuit, poursuivie pour le plaisir et l'enregistrement de quelques séquences à la webcam, par l'observation de Jupiter, colorée à souhait. Retour progressif sur terre avec un passage obligé, en extérieur, sous les étoiles. Aux jumelles un ultime et amoureux regard adressé à Saturne, qui s'éloigne de la lune, laquelle éclabousse de lumière les monts enneigés.

La nuit n'est pas finie pour les professionnels Jean et François, qui retournent rapidement à leurs observations, avec notamment l'occultation d'une étoile par un astéroïde. Merci infiniment à nos deux duettistes pour le partage de ces moments privilégiés. Pour les amateurs, le programme est différent, court sommeil mérité pour l'un, présent rapport immédiat pour l'autre, avant d'enchaîner une journée au coro qui s'annonce (et se confirmera) prometteuse.

## 5ème Observation et Ambiance :

### **Retour sur un fabuleux FEU d'ARTIFICE CELESTE en brousse le 17 novembre 1998 (Jacques Mortier de Scudets et de la SAPO)**

Lors de la sortie annuelle de la SAPO le 12 juin 99, j'ai pris conscience de la chance que j'avais eu d'admirer, au cœur de la brousse africaine, un spectacle céleste magique. Sur l'insistance des « amis », qui en ont été privés, je viens ici partager mes souvenirs et mes « notes » de ces moments rares.

Quelques mots pour préciser qu'en ce mois de novembre 98, je suis au Burkina-Faso, ex. Haute-Volta, pays parmi les plus pauvres matériellement, mais excessivement attachant. Je suis arrivé depuis quelques jours à Toma, village de brousse de 12 000 h à 200 kms au NW de la capitale Ouagadougou. Le village de Toma (longitude= 2° 53' W ; latitude 12° 46' N) est jumelé avec celui de Clapiers, à proximité de Montpellier, depuis 1991.

La soirée du lundi 16 novembre 98 s'annonce particulièrement belle. Les étoiles sont lumineuses dans le ciel sombre, car la nouvelle lune est toute proche et aussi parce que l'harmattan, qui, en cette période, souffle en levant des nuages de poussière de latérite, s'est sagement calmé. Signe précurseur de la magie qui se prépare, j'ai, ce soir-là, eu la grâce de jouer au grand « initiateur », en faisant connaître le ciel, à toute une famille africaine amie, c'est-à-dire une vingtaine de jeunes et d'anciens, aussi attentifs et intéressés les uns que les autres.

Heureux de ce partage, je rejoins mon campement, situé à 3 kms du village, sur une colline dominant d'une centaine de mètres la savane environnante. Les feux de brousse soulignent d'une lueur rougeâtre en pointillé, le « grand cercle » (360°) d'horizon lointain : ultime contemplation du ciel et de la nature, après une dense et chaude journée (35°) et avant un sommeil réparateur espéré.

La fraîcheur de la nuit (15°) m'éveille à 2 h du matin (heure à la fois solaire et légale), ce mardi 17 novembre, et je sors de ma case. La brousse vit surtout la nuit, comme l'exprime une multitude de bruissements et de cris. Le ciel est toujours très étoilé, je retrouve facilement Sirius la plus éclatante de notre ciel, Canopus sa 1<sup>ère</sup> dauphine par l'éclat, Régulus, Mars dans le Lion, Orion presque à la verticale. Le grand nuage de Magellan, théoriquement visible bas sur l'horizon, est noyé dans la clarté des feux de brousse. Le plan écliptique est pratiquement vertical et orienté Est-Ouest.

Et puis, vers 2h 05, une véritable salve d'étoiles filantes se déclenche. Pressentant la symphonie à venir, je m'installe sur un siège, face à la constellation du Lion, qui paraît au cœur du spectacle.

Ce feu d'artifice céleste, dans cette superbe nuit de brousse, est fantastique, magique, fabuleux, divin... Dès le matin, j'ai noté, en vrac, quelques observations :

- la succession rapide de météores, certains paraissant se relayer en série, d'autres simultanés sur des trajectoires parallèles, donnant l'impression que cela flashe de façon continue pendant plusieurs minutes,
- le plus impressionnant, le « bouquet », est une traînée lente et large, très brillante, d'une vingtaine de degrés, qui se termine à une extrémité-je ne crois pas avoir rêvé-par une lueur rougeâtre, comme un charbon de bois qui rougit sous le vent. La lumière vive subsiste, telle un filament lumineux, avec un décrochage en forme de baïonnette, pendant une quinzaine de secondes. Ensuite, comme une traînée d'avion, celle-ci s'estompe et poursuit son expansion pour couvrir durant plus de 10 minutes quelques 90° du ciel,
- le déchaînement a bien lieu dans le Lion, mais d'autres acteurs, venant des constellations du Taureau et d'Andromède, apportent également leurs contributions à la qualité du spectacle,
- la diversité des météores me frappe : des rapides, des lents, des éclats de couleurs (?), des traînées courtes, d'autres plus longues, des fugitives, des persistantes,
- cette cascade étincelante de gerbes de feux dure une petite heure, ensuite un rythme plus « normal » paraît se rétablir vers 3 h, en même temps que se lève un vent caressant, frais et tiède à la fois,
- je n'ai pas compté le nombre d'étoiles filantes, au cours de cette heure inoubliable, mais, probablement quelques centaines (200 ?),
- dès 6 h, je retanscrivis ma nuit, mes observations, mes visions, je me demande si je n'ai pas vécu un rêve éveillé, je ne sais plus si j'ai bien vu des couleurs, ...

La chance sourit aux insomniaques (audacieux) ! Un africain également éveillé me racontera aussi sa surprise, devant la beauté de cette nuit.

De retour en France en décembre, j'apprendrai que le phénomène était programmé et attendu par beaucoup, mais que par suite de mauvais temps, d'erreur de 24 h,... la satisfaction n'a pas été au rendez-vous. Il s'agissait de l'essaim des « Léonides », météores réputés très rapides, qui ont une période de 33,3 ans, dans l'orbite de la comète Temple-Turtle.

Dans cette même période, deux autres essaims se manifestent : les « Taurides » météores lents et très brillants, ainsi que les « Andromédides » météores très lents, dans l'orbite de la comète désagrégée de Biéla. Il est probable, en cohérence avec mes observations, qu'une conjonction de ces trois essaims a participé à la fulgurance nocturne de cette nuit bénie des dieux du 16/17 novembre 1998.

Si Dieu veut, je serai témoin à nouveau d'une merveille du ciel, le 29 mars 2006, en ce pays du Burkina Faso, qui signifie « pays des hommes intègres », pour assister, auprès de mes sœurs et frères africains, à une éclipse totale de soleil, sur la terre de nos origines.

## Nuits des Etoiles à Abbadia (33<sup>ème</sup> épisode)

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Aujourd'hui, 33<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Le thème du mois est un reportage, enregistré les 11 et 12 août aux 15<sup>ème</sup> Nuits des Etoiles au château d'Abbadia à Hendaye, reportage qui pourrait aussi s'intituler « A la rencontre du public et des auditeurs réels ou potentiels ». Une douzaine d'astronomes amateurs de la SAPO, ainsi qu'une dizaine de collègues de la Côte basque et de Dax ont transmis leur passion du soleil dès l'après-midi et jusqu'au milieu de la nuit pour le ciel étoilé. Devant le magnifique château à visiter absolument, force appareils étaient donc déployés : pour le soleil lunettes et télescopes avec filtres, solarscopes, coronado, coronographe, maquettes... et pour la nuit une bonne dizaine de jumelles, lunettes, télescopes. Quelques 400 visiteurs au moins, ont pu bénéficier d'une météo moyenne et capricieuse. Quant à moi, Jacques Mortier votre animateur habituel, j'ai jubilé en alternant commentaires astronomiques ainsi qu'enregistrement radiophonique avec un petit enregistreur numérique.

Ce reportage n'a bien entendu pas la qualité professionnelle d'un enregistrement studio, mais j'espère que vous aurez autant de plaisir à l'entendre que j'en ai eu à le concocter. Il contient 12 tableaux flashes, brièvement introduits : quatre diurnes autour du Soleil et huit nocturnes sous le ciel étoilé et quelque peu nuageux.

Pour le **premier flash** introductif, j'ai été très impressionné par les connaissances d'un garçonnet belge.

Après la Belgique, le **deuxième** flash nous permet de saluer l'Aveyron.

Le **troisième** flash nous fait découvrir, aux commandes de son fameux coronographe, Patrick dans un exercice de pédagogie solaire.

Enfin le **quatrième flash du jour** nous permet de connaître une passionnée, des environs me semble-t-il.

Au crépuscule une magistrale conférence de Frédéric Soulu, l'ami responsable des lieux, nous a permis d'apprécier les progrès de l'astronomie en 2005.

A mon tour je propose aux auditeurs, avant d'entrer dans cette mémorable nuit, une pause musicale avec Karine.

--

La nuit s'est installée et je vous propose en **premier flash nocturne** le jeune Quentin et sa maman plutôt contemplative.

Alain, en **deuxième** flash, entraîne son public bien loin vers la Grande Ourse.

Henri, en **troisième** flash, aux commandes de son imposant Dobson, le Grand Bleu, est très entouré et essaie de viser, à travers les nuages, la galaxie d'Andromède.

Le **quatrième flash**, nous démontre, s'il en était besoin, que l'astronomie se prête bien aux réunions familiales.

Pour le **cinquième** flash, il est encore question de Dobson, avec un animateur de l'association astronomique de Dax.

Le **sixième** flash résume une rencontre avec une fort sympathique et souriante nantaise prénommait Gwanaëlle.

Le **septième** flash nous conduit auprès de Luc, pédagogue averti, qui est également toujours très entouré.

Enfin le **huitième flash**, dernier tableau final, donne la parole à deux passionnées qui ont pratiquement fait la clôture en notre compagnie.

---

Une nouvelle pause musicale avant le traditionnel flash d'actualités astronomiques du mois de septembre 2005

## **La sonde Cassini-Huygens (n° 34)**

(1ère diffusion le 5 octobre 2005)

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bonjour Odile... Bienvenue à tous les auditeurs pour notre 34ème émission. Nous avons le plaisir d'accueillir ici pour la 4ème fois, si mes souvenirs sont bons, notre intervenante du jour, Odile Wurmser, secrétaire presque perpétuelle de la SAPO. Ses précédentes interventions s'intitulaient l'observation du soleil, les « Observateurs Associés » au Pic du Midi de Bigorre, et sujet d'actualité, s'il en est, « le climat et le soleil ». Aujourd'hui nous allons nous laisser piloter par Odile dans une superbe aventure dont vous avez tous entendu parlé en début d'année 2005 : le grand voyage de la sonde Cassini-Huygens. Le thème du jour pourrait aussi s'intituler : Saturne, le « Seigneur des anneaux », revisitée par la mission Cassini-Huygens.

**1-Odile, tout d'abord essayons de planter le décor pour mettre en confiance nos auditeurs. Peux-tu nous décrire rapidement le système solaire, au cœur duquel nous allons longuement voyager :**

Notre Soleil est une étoile comme des milliers d'autres dans l'Univers. Autour de lui tournent neuf planètes que l'on peut classer en deux catégories :

Planètes dites telluriques, c'est-à-dire qui ressemblent à la Terre : la première en partant du Soleil est Mercure puis Vénus, la Terre et Mars ; viennent ensuite 5 planètes gazeuses : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton.

C'est Saturne qui nous intéresse tout particulièrement aujourd'hui. Alors voyons de plus près à quoi elle ressemble : Saturne est donc la 6ème planète en partant du Soleil. Pour fixer les idées on peut dire qu'un facteur 10 sépare la Terre de Saturne au niveau du diamètre :

120500 km pour Saturne contre environ 12800 km pour la Terre. Par contre Saturne est bien plus légère que la Terre et si avec beaucoup d'imagination on pouvait construire une baignoire suffisamment grande pour l'y plonger, elle flotterait ! Vous imaginez le tableau ! Située bien plus loin que nous, environ 1 milliard et demi de km Saturne accomplit sa révolution autour du soleil en 29 ans. Lorsque nous observons Saturne à l'aide d'un petit télescope par exemple, ce que nous voyons est le sommet d'une couche de nuages sur lesquels on distingue des bandes et des taches. Il faut savoir que ces nuages se déplacent à des vitesses considérables qui n'ont rien à voir avec les plus grands ouragans que nous connaissons sur Terre, puisque qu'elles atteignent près de 2 000 km/h au niveau de l'équateur.

D'un point de vue de sa composition, Saturne, tout comme Jupiter, est composée d'environ 75% d'hydrogène, 25% d'hélium avec quelques traces d'eau, de méthane, d'ammoniac et de "roches". En plongeant vers le centre de Saturne on rencontrerait un noyau rocheux, puis des couches d'hydrogène métallique liquide et de l'hydrogène mélangée à des traces de différentes glaces.

**2-Saturne, la magnifique, Saturne « le Seigneur des anneaux ». Odile, pourrais-tu aussi nous parler de ses anneaux. D'abord depuis quand les connaît-on ?**

Galilée en 1610 aperçut pour la première fois des renflements autour de Saturne mais il pensa qu'il s'agissait de deux petits astres situés de part et d'autre de la planète. Rappelons au passage que Galilée fut un des premiers à construire une lunette astronomique et c'est lui aussi qui découvrit, à la même époque, les satellites de Jupiter. Donc Galilée en 1610 soupçonne l'existence de quelque chose autour de Saturne mais c'est Huygens, astronome, mathématicien et physicien néerlandais qui, en 1655, comprit qu'il s'agissait d'un anneau entourant la planète. A partir de là les astronomes vont de découvertes en découvertes :

vingt ans plus tard en 1675, Cassini découvrit qu'il n'y en avait pas un, mais deux anneaux, séparés par une zone sombre qui porte depuis le nom de division de Cassini.

Une observation poussée permet de voir un troisième anneau découvert en 1850, l'anneau C.

Un quatrième anneau a été découvert en 1970, l'anneau D qui semble se poursuivre jusqu'à la haute atmosphère de la planète.

Les sondes spatiales Pioneer 11, Voyager 1 et Voyager 2 ont trouvé trois nouveaux anneaux S, G et E.

Nous voyons une fois de plus que les découvertes sont intimement liées au progrès technique.

De plus près et paradoxalement à ce qu'on pourrait penser, on se rend compte que l'épaisseur de ces anneaux est très faible, inférieure au kilomètre. Les particules qui les constituent ont des dimensions allant de quelques microns à quelques centimètres, plus rarement à quelques mètres. Ces particules sont formées de fragments rocheux recouverts de glace ou alors entièrement constitués de glaces, mais il faut dire que leur nature exacte reste encore incertaine. L'existence de ces anneaux s'explique par leur faible distance à la planète. Si proche, aucun satellite de taille importante ne peut résister aux forces d'attraction d'une planète. La planète finirait par les faire éclater.

A l'heure actuelle, l'origine des anneaux reste encore inconnue. Différentes thèses s'opposent :

les scientifiques pensaient autrefois que les anneaux s'étaient formés en même temps que la planète, il y a donc 4 milliards d'années de cela.

Il semble à présent que les anneaux soient bien plus jeunes que la planète, datant peut-être seulement de centaines de millions d'années.

Selon une autre théorie, une comète se serait approchée trop près de Saturne et se serait cassée sous l'effet des forces d'attraction dont nous parlions à l'instant. Il est envisageable que l'un des satellites de Saturne ait été frappé par un astéroïde le brisant en plusieurs morceaux, lesquels forment maintenant les anneaux.

Les scientifiques comptent évidemment beaucoup sur la Mission Cassini-Huygens dont nous allons parler pour répondre à toutes ces questions.

### **3- La planète Saturne, au-delà de ses anneaux, est pourvue d'un riche patrimoine de satellites. Peut-être serait-il intéressant, Odile, d'en dire quelques mots :**

Si la Terre ne possède qu'un seul satellite naturel la Lune, il en va tout autrement pour Saturne qui, à notre connaissance actuelle, en possède 33 ! En les regroupant par ordre de taille décroissante, on rencontre tout d'abord Titan qui sera la vedette de cette émission et sur lequel nous allons revenir en détail. C'est de loin le plus gros satellite de Saturne avec ses 5150 km de diamètre (pour mémoire la Lune ne fait qu'environ 3480 km). Au-delà de Titan nous trouvons 8 satellites de taille intermédiaire et qui porte tous de jolis noms issus de la mythologie à savoir : Rhéa, Japet, Dioné, Téthys, Encelade, Mimas, Hypériorion et Phobé. Enfin, nous trouvons après des corps plus petits d'environ 200 km de diamètre.

Les autres satellites de Saturne sont encore plus petits et la plupart ne dépassent pas quelques dizaines de km dans leur plus grande dimension. Beaucoup pourraient être des astéroïdes capturés. Même petits, certains de ces satellites jouent un rôle très important dans la constitution des anneaux. Par exemple de part et d'autre de l'anneau F circulent deux satellites : Pandore et Prométhée, que l'on appelle les chiens de Berger de l'anneau S. Tel le chien de berger qui garde ses moutons, ces deux petits satellites ont pour mission de repousser les particules qui auraient l'idée de s'échapper de l'anneau ; elles sont donc obligées de rester sagement à une même place ! Ce phénomène découvert et compris grâce aux sondes Voyager porte le nom moins poétique de confinement.

#### **4-Odile, le décor est planté, les acteurs sont en place : Saturne, Titan. Avant de décoller, parlons maintenant du pourquoi de cette fameuse mission Cassini-Huygens :**

Saturne et ses anneaux attirent et fascinent depuis longtemps les astronomes et de nombreuses missions scientifiques se sont tournées vers cette planète. Dans les années 80 notamment, les sondes Pioneer et Voyager ont exploré cette région du Système Solaire et ont ramené une moisson d'informations toutes plus intéressantes les unes que les autres. Pour la première fois on allait voir de près ce qui se passe. Fort de ces premières découvertes, l'exploration approfondie du système saturnien allait devenir alors une priorité pour la communauté internationale. Daniel Gautier, de l'Observatoire de Paris-Meudon qui fit partie de l'équipe de chercheurs de la mission Voyager, se souvient du déclic ressenti au vu des résultats de Voyager 1. "Je me suis tout de suite dit que la prochaine mission devait aller vers Titan. A la suite de discussions approfondies avec des collègues américains et européens, Daniel Gautier et ses collègues ont proposé à l'ESA (Agence Spatiale Européenne) en novembre 1982 d'étudier le satellite de Saturne, Titan, dans le cadre d'une coopération ESA-NASA". Le projet Cassini-Huygens était né.

Mais attention, d'un point de vue technique cette mission est l'une des plus sophistiquées jamais réalisées à ce jour. Il s'agit d'une grosse sonde ( 5600 kg dont 3135 kg de carburant) qui se décompose en deux parties bien distinctes :

Cassini ( 2125 kg) sonde principale réalisée par la NASA. devant étudier Saturne, ses anneaux et ses satellites, et Huygens (349 kg), le module de descente réalisé par l'ESA destiné à plonger dans l'atmosphère de Titan. Cassini aura également pour mission de renvoyer en direction de la Terre toutes les informations données par Huygens lors de sa descente sur Titan.

#### **5-Odile, c'est beau, c'est bien de plonger ainsi dans l'atmosphère de Titan, mais au fait pourquoi avoir choisi Titan. On aurait très bien pu aller explorer n'importe quel autre satellite ?**

Oui effectivement c'est une très bonne question. Vous allez voir que ce n'est pas par hasard que les scientifiques ont choisi Titan. En effet, Titan possède avec la Terre de nombreux points communs qui pourraient répondre aux cruciales questions que nous nous posons sur l'origine de la Vie, c'est du moins la conviction de nombreux chimistes et astrophysiciens.

Alors, essayons d'analyser ces ressemblances. D'abord, comme la Terre, l'atmosphère de Titan est essentiellement composée d'azote et il faut dire le seul corps du Système Solaire à ressembler à notre planète sur ce point. Ensuite, parce que cette atmosphère, 4 fois plus épaisse que la nôtre, est chimiquement active et riche en méthane, tout comme l'était celle de la Terre avant l'apparition de la Vie. L'étude de Titan est particulièrement intéressante car les molécules qui se forment actuellement dans son atmosphère sont peut-être aussi apparues sur la Terre primitive. Cette chimie que l'on appelle prébiotique aurait joué un rôle essentiel dans l'apparition de la vie. Cependant il n'existe pas que des ressemblances et il faut toutefois noter une différence essentielle entre la Terre et Titan : c'est la température ! Il fait  $-180^{\circ}\text{C}$  au sol et l'eau ne peut donc y être présente en surface mais selon les chimistes, Titan possède l'atmosphère la plus favorable à la synthèse des molécules organiques de tout le système solaire. En fait Titan est pour les scientifiques un laboratoire géant qui donne aujourd'hui la possibilité de tester « sur le terrain » les théories sur l'origine de la vie et sur les processus prébiotiques. C'est pourquoi la destination de cette expédition s'est portée sur Titan, le plus gros satellite de Saturne.

## **6-Odile, une ultime question juste avant le départ imminent, ce ne doit pas être si facile pour une sonde comme Cassini-Huygens de rejoindre Saturne puisque elle se situe à 1.5 milliard de km. Comment s’y prend-on ?**

C’est le 15 octobre 97 que le vaisseau Cassini, transportant la sonde Huygens a été lancé par une fusée Titan IV Centaur. Le voyage allait être un très long voyage et suivre un plan de vol extrêmement précis. En effet, si sur Terre le chemin le plus court et donc le plus économique entre deux points est la ligne droite, dans l’espace, les lois sont bien plus subtiles et il en va tout autrement.

Sans dépense d’énergie supplémentaire, une sonde en effet peut modifier sa trajectoire, sa vitesse et même son inclinaison. Elle utilise pour cela un principe directement lié aux lois de la gravitation universelle qu’on appelle le rebond gravitationnel.

Il faut savoir que lorsque l’engin passe à proximité d’une planète, il entre dans sa zone d’influence. L’attraction qu’il subit a pour conséquence de le faire “tomber” vers l’astre : sa trajectoire se courbe et sa vitesse augmente. La sonde contourne la planète et s’en éloigne en perdant autant de vitesse qu’elle en a gagné à l’arrivée. Mais alors, si la sonde gagne autant d’énergie qu’elle en perd, la manœuvre est nulle me direz vous ? et bien non !! car la planète, en se déplaçant autour du Soleil, a communiqué une partie de sa vitesse à la sonde. Le tour est joué et la sonde repart de plus belle !!

Accrochons-nous pour suivre le périple de Cassini-Huygens. Lancée il y a 8 ans le 15 octobre 97, la sonde a tout d’abord survolé Vénus en 1998, puis la Terre en août 1999, puis Jupiter en décembre 2000. Et ce n’est qu’en juillet 2004, après 7 années de voyage, que Cassini a atteint le système de Saturne. Il s’est alors mis en orbite autour de la planète après un passage plus qu’incertain et périlleux à travers les anneaux. Sa trajectoire était parfaite puisqu’elle n’a rencontré aucun obstacle. Sa mission était loin d’être finie. Cassini portait dans son ventre le plus fragile et ambitieux bébé, Huygens. Elle allait le larguer le 25 décembre 2004 au-dessus de Titan. Après une trajectoire balistique de près de 3 semaines, le module Huygens a atteint l’épaisse atmosphère du satellite à la vitesse de 20 000 km/h le matin du 14 janvier 2005 ; il est alors 11h13 heure de Paris.

## **7- Retenons notre souffle et plongeons avec Huygens dans l’atmosphère inconnue de Titan :**

A 11h18, heure de Paris : Huygens est à 180 km d’altitude et c’est à ce moment là que le 1er parachute s’ouvre. Rapidement le bouclier thermique est largué. Les instruments de la sonde se mettent en route et commencent à effectuer les premières mesures.

C’est alors le début des transmissions des données. Huygens n’émet pas directement vers la Terre. Les données sont relayées par l’orbiteur Cassini lorsqu’il passe en visibilité de la sonde avant d’être retransmises vers la Terre. Mais le plus extraordinaire est que ce signal qui est extrêmement faible (de l’ordre d’une vingtaine de watts) est capté par plusieurs radiotélescopes aux États-Unis, en Australie et même en Europe, confirmant que la sonde fonctionne et qu’elle a bien commencé sa descente dans l’atmosphère. C’est le soulagement général, imaginez-vous après 7 ans de torpeur et de silence le bébé est bien vivant.

Puis à 11h34, c’est l’ouverture du 2ème parachute. Après 2 h 27 min de descente, Huygens atteint enfin la surface de Titan. Les données confirmeront plus tard que la surface est bien solide, élément qui n’avait pas pu être prédit jusqu’alors.

1 h 10 min après l’atterrissage, Cassini passe derrière l’horizon, à la manière d’un coucher de Soleil, et la communication s’interrompt. Le Centre de contrôle de Darmstadt, en Allemagne, reçoit à son tour les premières données envoyées par Cassini. L’ESA divulgue au monde

entier les 1ères images du paysage de Titan. MISSION REUSSIE !!

### **8-Odile, au-delà de cette sublime aventure, c'est d'abord une mission scientifique, a-t-on dès à présent des résultats intéressants ?**

Il faut savoir qu'une mission comme celle dont nous de parler donne, dans le cadre de l'exploitation des résultats, au moins une dizaine d'années de travail. Il est donc encore un peu tôt pour donner des résultats. Cependant nous pouvons d'ores et déjà faire quelques commentaires.

Tout d'abord, pendant sa descente à travers l'atmosphère de Titan, les scientifiques ont mesuré la vitesse des vents rencontrés par Huygens. Ils ont constaté que les vents sont faibles près de la surface et augmentent lentement avec l'altitude jusqu'à environ 60 kilomètres. Huygens a traversé par exemple des vents de près de 430 km/h à une altitude de 120 kilomètres.

Ce qui frappe ensuite sur les images de Cassini, c'est la complexité de sa surface. Ces images montrent une surface soumise et façonnée, des mécanismes que l'on retrouve également sur Terre, comme les mouvements tectoniques, les phénomènes d'érosions dus à l'activité du vent et des fluides. Enfin, il n'est pas exclu que Titan connaisse une activité volcanique. Toutefois, ces processus seraient bien plus lents sur Titan que sur la Terre en raison de la température. Tous ces éléments confirment bien la ressemblance entre la Terre et Titan.

Autre chose, jusqu'à présent, l'hypothèse d'un océan de méthane sur Titan était privilégiée. Mais des images prises dans l'infrarouge ont conduit des chercheurs américains, français, italiens et allemands à proposer un autre modèle faisant intervenir du méthane liquide dans le sous-sol. En effet, les astronomes ont identifié une structure circulaire insolite d'un diamètre de 30 kilomètres qu'ils interprètent comme une sorte de volcan de glace dont le dôme est formé par des remontées riches en méthane. Par ailleurs, des variations de la lumière réfléchiée par Titan correspondent à celles d'une couverture solide, peut-être glacée, mais non d'un océan. Mais nous le constatons, tout un tas de questions restent encore sans réponse.

### **9-Et maintenant Odile, que va devenir la sonde Cassini ?**

Un plan de vol a été rigoureusement établi et si tout se passe comme prévu, le programme prévoit 4 années de fonctionnement de la sonde avec au moins 45 survols de Titan et 70 orbites autour de Saturne. De quoi engranger encore des milliers de clichés et d'informations. Pendant ce temps, la sonde s'éloignera progressivement de la Terre et les temps de transmission s'allongeront, passant de 68 minutes à l'heure actuelle à 84 minutes en 2008. Toutefois, si l'orbiteur fonctionne normalement et si les réserves en carburant sont suffisantes, les scientifiques prévoient de prolonger la mission de deux années supplémentaires.

Pour conclure nous pouvons dire d'ores et déjà que la mission Cassini-Huygens est une grande réussite et qui sait ? elle nous donnera peut-être un jour la réponse à la question si souvent posée sur l'origine de la Vie..... A suivre ...

Merci infiniment Odile pour cette belle aventure, que tu nous as si bien contée. Et, sans aucun doute, à une prochaine fois.

**Journées du Patrimoine au Pic du Midi (35<sup>ème</sup> émission)  
avec le grand astronome solaire Jacques-Clair Noëns**

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bienvenue à tous les auditeurs pour notre 35<sup>ème</sup> émission, qui est spéciale à plus d'un titre. Rappelez-vous, au fil des émissions, nous avons souvent parlé du soleil, de son observation au Pic du Midi de Bigorre par les « Observateurs Associés » (les OA) grâce à un coronographe, nous avons dit aussi qu'il y avait une douzaine d'astronomes amateurs de la SAPO qui participaient à ces travaux scientifiques. Eh bien, exceptionnellement, cet observatoire du soleil est ouvert au public lors des journées du patrimoine, c'était ainsi le cas les 17 et 18 septembre dernier, où j'avais la chance d'être de service comme « Observateur Associé ». Par groupes de 20 personnes, plusieurs dizaines de groupes ont pu découvrir en fonctionnement les installations (coupole, local de pilotage) et apprécier en direct l'intérêt de ce projet.

L'émission d'aujourd'hui est donc cette présentation au public, à l'intérieur de la coupole, par le grand responsable du projet, l'astronome professionnel Jacques-Clair Noëns. Pour ceux qui disposeraient d'Internet, vous pourrez visualiser sur le site des OA, les propos de Jacques-Clair : il suffit avec un moteur de recherche, google par ex, de rechercher « Observateurs Associés ». Pour prendre connaissance du texte des précédentes émissions Radio Voix du Béarn, sur le soleil, il suffit d'aller sur le site de la SAPO, en indiquant avec un moteur de recherche les deux mots astronomie et SAPO (S, A, P, O). La parole est donc à Jacques-Clair dans la froidure de la coupole à 3°C ce samedi 17 septembre : « .... ».

...

une courte interruption musicale, grâce à Karine, permettra aux auditeurs de reprendre leur souffle.

Merci Karine, la parole est à nouveau à Jacques-Clair.

....

Merci infiniment à Jacques-Clair Noëns pour la densité de ton intervention, pour avoir amicalement accepté le micro cravate et l'enregistreur numérique dans ta poche et aussi pour offrir aux « Observateurs Associés » le bonheur d'aller au Pic contribuer à des travaux scientifiques de premier plan. Et peut-être à une prochaine fois.

**Eclipse annulaire de soleil du 3 octobre 2005 (1)**  
**(36<sup>ème</sup> - décembre 2005)**

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bonjour bien sûr Henri et Patrick. Bienvenue à tous les auditeurs, aux habitués et aux nouveaux, pour notre 36<sup>ème</sup> émission, qui va vous raconter une bien belle aventure en terre espagnole, lors de l'éclipse annulaire de soleil du 3 octobre dernier. Les conteurs d'aujourd'hui, Henri Aurignac et Patrick Muller, sont à la fois des intervenants habitués de notre émission « A la découverte du ciel », mais également les grands organisateurs de cette expédition de la SAPO. Aussi je vous propose d'embarquer tout de suite, avec notre dynamique tandem, en direction de cet évènement exceptionnel. Un tel évènement se savoure, aussi nous nous limiterons aujourd'hui à son intense préparation et vous verrez, ce n'est pas rien.

(vous trouverez ci-dessous les grandes lignes des propos développés par Henri et Patrick)

**1-Pour commencer, Patrick ou Henri, peut-être serait-il intéressant de savoir comment est venue l'idée de lancer une telle opération ?**

Au CA de janvier : analyse des projets de l'année - Patrick et Henri désignés pour l'organisation.

**2-Et ensuite, j'imagine qu'un déplacement aussi important n'a pas été improvisé, à fortiori avec de nombreux candidats potentiels au voyage. Pouvez-vous nous parler de cette préparation ?**

Etude des cartes d'Espagne, du site du club astronomique de Sabadell et des cartes Météo surf

(Choix de la région)

-Sondage Patrick pour définir les critères à retenir :

Centralité/ observation de nuit/ hébergement/ covoiturage

- Etude de cartes détaillées, puis cartes d'Etat major ( plutôt Cuenca que Valence et la côte )

- Etude des sites touristiques des provinces de Cuenca et de Valence

Liste de sites à visiter avec un ordre préférentiel

- **Expédition de Pâques** : Renfort de Pierre Cambeig pour sa connaissance de l'espagnol, de l'Espagne, mais aussi de l'Astronomie.

. Voyage en conditions les plus proches que possible de celles de l'éclipse.

Amandiers en fleurs.

. Patrick au volant et Henri au carnet de notes : kilométrage- temps- indications de parcours-

Repérage des pauses possibles (cafés, restaurants, stations services...)

. Arrivée au 1<sup>er</sup> site Minglanilla : hôtel en ville fermé et celui de Contreras en ruines.

. Visite au camping - Rôle de Fidel et Anna – sites d'observation : - décision presque prise.

Repas du soir et nuit sur place- observation de nuit.

Retour sur le site le matin et prise de décision – pré réservations.

. Retour avec étude des variantes (Calatayud et Somport)

**3-Une fois revenus à Pau, vous avez du approfondir cette préparation. Comment avez-vous fait ?**

Peut-être pourrait-on commencer par la dimension logistique :

Cibler le coût de l'opération et déterminer le prix du voyage :

Cela ne devait rien coûter à la SAPO.

Etre économique mais tout compris et réglé d'avance pour ne pas être ennuyés au dernier moment.

- Inscriptions

- Réservations et arrhes, sans oublier de maintenir le contact avec nos hôtes.

- Réalisation du road book
- Organisation : covoiturage et hébergement avec, comme toujours, des défections à gérer.

#### **4-Je crois savoir que diverses expérimentations ont été envisagées ? Quelles étaient ces missions principales ?**

Répartition des missions principales :

- Utilisation du nouveau Coronographe : recherche de la basse couronne solaire.  
Invitation de J-C Noens lors d'un séjour au pic.  
Les réalisateurs du Coro aux manettes : Pierre au recentrage et Patrick pour les photos.
- Utilisation du filtre H alpha – projet avec la lunette Takahashi du pic :
- projet abandonné pour problèmes techniques
- Mesure de la variation lumineuse (Claude Guihal)
- Photographie des phases avec des projets personnels selon le matériel de chacun : lunette, télescope...

Tests de réglage photo : montages, temps de pose et divers réglages...

Réunion préparatoire :

Consignes – distribution des road books – points de rendez vous.

Réalisation des T-shirts.

**Un grand merci à Patrick et à Henri, pour nous avoir mis en appétit pour cette éclipse annulaire et rendez-vous au mois prochain pour le bouquet final.**

### **Eclipse annulaire de soleil du 3 octobre 2005 (2) (37<sup>ème</sup> janvier 2006)**

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bonjour bien sûr Henri et Patrick. Bienvenue à tous les auditeurs, aux habitués et aux nouveaux, pour notre 37<sup>ème</sup> émission, qui va vous raconter la suite et la fin d'une belle aventure en terre espagnole, lors de l'éclipse annulaire de soleil du 3 octobre dernier. Les organisateurs de cette expédition Henri Aurignac et Patrick Muller nous ont conté le mois dernier, avec force détails, les intenses préparatifs ainsi que leur voyage pascal préparatoire. Aujourd'hui promis, nous allons vivre cet événement exceptionnel.  
(vous trouverez ci-dessous les grandes lignes des propos développés par Henri et Patrick)

#### **1-Après ces longs mois de préparation, de concertation, vous voilà en Octobre, prêts au départ.**

**Alors, comment s'est déroulé le voyage ?**

- Confirmation météo
- 37 personnes au départ mais certains sont partis un ou plusieurs jours avant pour faire du tourisme et profiter du déplacement. Pierre Cambeig qui est parti avant les accueillera.
- 7 voitures partent en convoi. Ambiance – Imprévu : retard.
- Arrivée : Du monde partout - Accueil et installation.
- Visite du site de jour – Quelques brumes - Bonne nouvelle : Laurent va nous rejoindre avec son T 550
- Repas

## **2-Je sais que vous aviez prévu une observation de nuit, comment s'est-elle passée ?**

- Ciel clair à la sortie du repas. Il est 22h : départ pour l'observation
- Nous emmenons un petit groupe d'astronomes amateurs de Haute Savoie
- Installation rapide et mise en station précise pour le lendemain.
- Le ciel est magnifique. Pour les débutants, observation à la torche puis aux jumelles avant de passer aux instruments : surtout les deux gros télescopes T550 et T 406 plus quelques T 200.  
Je ne sais tout ce qui a été observé, du moins aux autres instruments, mais la planète Mars de nombreuses galaxies, des amas globulaires et des nébuleuses planétaires un peu plus détaillées que d'habitude ont été observées.
- Vers 1 h, 1h 30 la plupart rentrent à la Venta pour se coucher.
- Un groupe va rester sur place pour garder le matériel mis en station (8 + les Savoyards)
- Observation d'objets rares : galaxies quasiment inobservables depuis l'Europe dans le Sculpteur la Baleine et le Fourneau.
- Mais il faut dormir : alors à 2h30 tout le monde va se coucher (voitures, tentes et même belle étoile pour Vincent)
- Vers 6h30 : réveil dans la fraîcheur du petit matin à 1000m d'altitude avec un petit vent qui devrait chasser les brumes vers l'est,
- 8 h le soleil se lève derrière quelques nuages qui seront vite chassés.

## **3-Voilà, nous approchons maintenant de l'évènement principal, c'est-à-dire l'éclipse de soleil. Tout semble en place. Et alors, racontez-nous en détail.**

Mise en place définitive de tous les instruments qui ne nécessitaient pas de mise en station.

Beaucoup vont photographier : télescopes et lunettes avec filtres verre ou Astrosolar, avec des Appareils argentiques, numériques, Webcams, caméras...

Le Coro servira pour la photo, mais aussi pour l'observation entre 2 poses.

Et puis l'équipement de base :

Jumelles sur pied et filtres oculaires de toutes les couleurs et de toutes les tailles.

- Une soixantaine d'observateurs sont présents : 39 SAPO, les 6 Savoyards et quelques Espagnols, mais hélas... pas de scolaires.  
Nous serons salués joyeusement par le passage de groupes de vendangeurs.

### **Chers auditeurs, nous nous approchons de l'évènement, la tension est perceptible, le déclenchement du compte à rebours va commencer :**

- 9h 35 : plus que 5 minutes
- 9h 41 : ça y est 1<sup>er</sup> contact le mitraillage commence.
- Le spectacle va durer 2h 50 dont 4 minutes de quasi-totalité avec le fameux « anneau d'or »
- Les gens circulent sans arrêt d'un instrument à l'autre avec toujours une queue importante au Coro dont les images sont si spectaculaires.
- Arrivée de nos hôtes Anna, Fidel et la petite Olga et sa grand-mère.
- Visite des gardes forestiers bien sympathiques et éblouis car non préparés au spectacle, vite baptisés « los Bomberos » ils demandent qu'on leur envoie des photos.
- 12h 30 : C'est fini ! La tête encore dans le spectacle il faut démonter tout le matériel, charger les voitures et vider ce site où nous venons de passer plusieurs heures d'un spectacle rare et inoubliable.

Puis c'est un repas joyeux pris en commun dans la vieille salle à manger du 16<sup>ème</sup> siècle puis la photo du groupe.

Ensuite le départ en petits groupes, certains attendant le lendemain pour rentrer, par crainte de la fatigue et pour profiter un peu plus de la région. Les 1ers arriveront à Pau vers minuit.

**4-Comme pour tout évènement de ce genre, cela ne s'arrête pas à votre retour à Pau. Je suppose qu'il restait encore pas mal de choses à faire ?**

Après une longue récupération (nous avons quand même parcouru presque 1 200 Km en 2 jours avec une nuit presque blanche au milieu) :

- Vite les photos : visionner – traiter certaines – réalisation de chapelets, d'animations ...
- Sur la liste mail du club il y avait d'abord les messages de ceux qui étaient restés avec de bien maigres photos.
- Nous avons vite envoyé aux autres quelques images des phases puis des photos d'ambiance. Tout cela arrivait au compte gouttes avec de nombreux messages de remerciements qui faisaient bien plaisir.
- Nous sommes maintenant entrés dans la phase de réalisation des diaporamas et comptes-rendus en vue de la soirée du 12 décembre à la MJC du Laü où nous espérons retrouver tous les participants et aussi ceux qui n'ont pu venir pour leur faire partager tout cela.

**5- Une ultime question, (à l'un et à l'autre) pour essayer de résumer les conclusions essentielles d'une telle expédition. Qu'en diriez-vous ?**

Réussite totale :

- Pour l'éclipse dans un ciel parfait. Cela valait bien le déplacement.
- Pour le voyage et le séjour
- Pour l'ambiance à laquelle tout le monde a participé et aussi pour des liens qui se sont renforcés entre nous.
- 
- Correspondance et envoi de photos avec les Espagnols, mais aussi avec les Savoyards.

**Un grand merci à Patrick et à Henri pour leur talent, un merci multiple pour cette émission, pour l'organisation de cette expédition, pour la dynamique apportée à la SAPO (Société Astronomique des Pyrénées Occidentales). Et puis, j'en suis sûr à une prochaine fois, pour faire partager aux auditeurs la passion qui nous habite, du ciel et de ses merveilles.**

## A LA DECOUVERTE DU CIEL (DC38)

38ème émission DC Voix du Béarn » 95,10 Mhz

Thème de février 2006

Une spéciale « Anniversaire » : Animation de 50 émissions RVB « Bilan et Perspectives »

1ère partie commune à « Regards du Sud 12 » et « A la Découverte du Ciel 38 »

Bonjour à toutes, bonjour à tous. Le mois dernier, je vous annonçais l'émission d'aujourd'hui, en ces termes : « **ce sera un anniversaire important, pour moi du moins, l'animation de 50 émissions à la VDB. Il s'agira donc de la 12ème du feuilleton « Regards du Sud » et aussi de son 1er anniversaire, et il s'agira également du 38ème épisode du feuilleton « A la Découverte du Ciel », qui est dans sa 4ème année.** Ce thème peut s'exprimer en deux mots « **Bilan et Perspectives** ». Pour cet anniversaire, j'ai donc beaucoup de joie à convier les auditoires de ces deux séries, à entendre mes analyses, introspections et élucubrations avec une introduction et une conclusion communes aux deux feuilletons. Entre ces deux parties extrêmes communes, il y aura, une approche distincte d'une part pour les amoureux du monde terrestre avec « Regards du Sud » comme d'habitude, tous les 1er mardi du mois à 21h, et d'autre part pour les amoureux du monde céleste avec « A la découverte du ciel » tous les 1er mercredi du mois à 17h30 sur Radio Voix du Béarn, ou VDB, ou « La bouts de Nouste ». Tout cela, c'est la même radio sur 95.10, et elle dispose depuis le 1er janvier d'un site internet en construction [www.radio-voixdubearn.info](http://www.radio-voixdubearn.info) qui devrait s'enrichir progressivement. Comme d'habitude, cette émission sera dense, trop dense peut-être ; c'est vrai, je plaide coupable mais je demande des circonstances atténuantes, compte tenu de la dimension du sujet. Pardon d'avance. A terme, tous les textes de «Regards du Sud » pourraient être lus sur ce nouveau site.

Cet anniversaire est un temps fort, c'est l'occasion de s'arrêter un moment sur le chemin, de relire en un survol accéléré les émissions passées et de vérifier qu'elles correspondent bien aux objectifs initiaux.

C'est ensuite, à partir de ces analyses, d'esquisser les perspectives futures.

Tout de suite, je vous propose de vous rappeler le pourquoi de ces deux émissions, que je qualifierais pour faire bref d'astronomie (ou d'astro) et d'humaniste. Vous verrez, elles sont à priori complètement différentes, mais elles ont aussi de nombreux points communs. Elles sont selon une formule que j'aime beaucoup : «**pareilles et différentes** ».

Quels sont les objectifs initiaux et affichés de l'émission « *A la Découverte du Ciel* » ? Je me cite, pardon de le faire de temps en temps : « *Cette émission s'adresse à tous, petits et grands, du moins à tous ceux qui ont déjà levé les yeux vers le ciel et qui ont eu envie d'en savoir un peu plus. C'est en quelque sorte un feuilleton céleste, initiatique à l'astronomie, où chaque épisode mensuel sera centré sur un thème précis développé par un invité, suivi d'un flash d'actualités astronomiques. L'astronomie est multiforme et chacun devrait pouvoir y trouver un peu de son bonheur, aussi bien dans l'observation que dans la contemplation ou dans la compréhension de notre vaste et superbe univers.* » Cette initiation cosmique a un objectif prioritaire : arriver à faire lever la tête aux auditeurs, avec le bon réflexe quotidien, dès le lever et au coucher, de regarder le ciel : c'est beau, c'est gratuit, c'est facile et ça change toujours,...

Et regardons maintenant les objectifs initiaux de « **Regards du Sud** » ? : je les détaillais ainsi : « *c'est une émission d'espoir en particulier pour les jeunes, cette émission se veut la réponse à un paradoxe qui me taraude, moi et d'autres, depuis au moins 40 ans. D'un côté, un constat positif est qu'il y a des gens intelligents et cultivés dans tous les milieux, avec une sensibilité et une générosité magnifiques, il y a des dévouements exceptionnels partout,... et pourtant nous sommes dans un monde gravement malade, pourri par l'argent, souvent démentiel et d'un égoïsme forcené, impitoyable pour les pauvres et les faibles de notre minuscule planète...* » *Est-ce que ce monde injuste actuel peut continuer longtemps ainsi, avec des riches de plus en plus riches et des pauvres de plus en plus pauvres ? N'est-il pas possible, sans naïveté excessive et sans violences, de construire un monde plus fraternel ?*

Et je poursuivais : « Regards du Sud » essaiera d'élargir notre regard aux dimensions du monde en nous situant du point de vue des pays très pauvres comme le Burkina Faso, cher à mon cœur, ou le continent africain, sans oublier les pauvres de chez nous.

Le sous-titre adopté est encore plus explicite, qui veut répondre avec d'autres à la question : « **Comment construire, tous ensemble, un monde plus fraternel ?** » question que j'appellerai parfois, pour simplifier, « La Question Fondamentale » ou « Notre Projet », question que, dans une approche projet, j'ai décomposée en trois « Dans quel monde sommes-nous ? Où voulons-nous aller ? Comment y aller ? ».

A priori, nous voyons bien que ces deux émissions, l'astronomique et l'humaniste, sont très **différentes** et je voudrais vous montrer quelques autres différences, mais surtout les similitudes profondes :

1ère autre différence : DC a déjà une bien longue vie derrière elle, bientôt 4 ans, RS a démarré il y a un an. Elles sont à des stades très différents d'évolution,

2ème : DC s'appuie sur une association, la SAPO avec, en principe, un intervenant systématique de la SAPO, RS se fait en solo, en one man show le plus souvent, avec appui sur les écrits de multiples intervenants absents,

3ème différence : DC (durée 30 mn) est surtout une transmission de connaissances, d'informations par un intervenant éclairé avec aussi le témoignage d'astronomes amateurs, RS (durée 40/50mn) est d'abord un travail individuel de mémoire, d'analyses, de recherches, d'éventuels contacts et de réflexions personnelles.

Quant aux **similitudes**, j'en citerai six :

1ère similitude : pratiquement les mêmes mots peuvent résumer leurs objectifs : pour l'émission astronomique : contempler, connaître et comprendre ; pour l'émission humaniste : ces 3 mêmes mots sont valables : contempler, connaître, comprendre mais il faut en rajouter un essentiel, dans la même série : construire,

2ème : il s'agit aussi dans les deux cas de l'« observation du monde », pour « La découverte du ciel », le monde, c'est l'univers, le cosmos ; pour « Regards du Sud », le monde, au sens mondialisation, c'est notre planète, la Terre,

3ème : dans les deux émissions, regarder ailleurs, c'est regarder dans les 4 dimensions chères à Einstein (3 dimensions d'espace et une dimension de temps), c'est se plonger dans le passé, c'est percevoir divers stades de l'évolution. Quand on contemple un ciel étoilé, tout ce que l'on regarde, c'est dans le passé, il faut que la lumière des objets célestes arrive jusqu'à nous, parfois après plusieurs milliards d'années de cheminement, et on peut observer aussi bien tous les âges que tous les stades de l'évolution de l'Univers (par ex. étoiles en début de vie, en fin de vie, nébuleuse gazeuse ou pouponnière d'étoiles, galaxies en interaction, ..). Quand on regarde notre planète, on peut voir quelques 300 millions d'habitants de tribus indigènes, dont de nombreux peuples chasseurs-cueilleurs d'avant la révolution néolithique il y a 10 000 ans, quand on va en brousse en Afrique, on se retrouve chez nous il y a 50 ans. C'est donc souvent notre passé que nous observons.

4ème : dans les deux émissions, il est important de changer notre regard, conditionné et déformé par notre vécu et notre environnement immédiat, il est bon de regarder « depuis ailleurs ». C'est vrai pour « Regards du Sud », depuis les pays du Sud, depuis les plus démunis, cela bouleverse nos certitudes, cela relativise nos préoccupations habituelles, cela nous ramène à l'essentiel. C'est vrai aussi pour « La découverte du ciel ». Il est émouvant de découvrir les mêmes émotions chez les astronautes de toutes nationalités : voir la terre depuis l'espace, avec sa beauté, sa fragile fine couche d'atmosphère, ses blessures change complètement le regard, nous disent-ils. Ils ressentent très fort une fraternité universelle, qui est au cœur de la quête de « Regards du Sud ».

5ème similitude : nous l'avons déjà exprimée : la contemplation, l'enchantement, aussi bien du ciel, que de notre monde, beauté de la Nature, beauté aussi souvent de l'humanité,

6ème similitude : certains thèmes pourraient être traités, aussi bien dans l'une ou l'autre émission (ex « Le soleil et le climat » traité dans l'émission astro, qui aurait pu être traité dans l'émission humaniste, avec la problématique du « réchauffement climatique », de même pour « la vie extra terrestre », « les voyages interplanétaires », et même pourquoi pas « les planètes extrasolaires »),

A ce stade de mon introduction commune aux deux feuillets astro et humaniste, et dans cette émission bilan, je voudrais dire un mot de la radio, en général, et de Radio Voix du Béarn en particulier. J'ai eu l'occasion et la chance professionnellement de beaucoup travailler avec les media de toutes natures.

Et la radio pour moi, est un media exceptionnel, qui a un rôle majeur. La radio permet d'approfondir un sujet, il est possible de prendre du temps pour expliquer, et l'écoute est plus facile que la lecture pour beaucoup. Avec la radio, il n'y a pas le danger de la télé, où le point fort qu'est l'image, est souvent la pire des choses, le paraître prenant trop de place, parfois toute la place au détriment du fond. Les sujets y sont aussi souvent survolés. La radio est, dans le monde, l'outil le plus précieux d'information, de sensibilisation, de formation, et de prise de conscience. C'est un outil de proximité et de large diffusion, un outil de démocratie accessible aussi à ceux qui ne savent ni lire, ni écrire. Restons honnêtes, la radio a quelques inconvénients, le plus important, me semble-t-il, est la difficulté de connaître les auditeurs (leur nombre, leurs réactions, leurs souhaits), c'est effectivement un point qui ne facilite pas la motivation des animateurs. Un autre inconvénient moindre est l'absence d'images, qui rend difficiles certaines explications.

Après ces considérations générales sur la radio, parlons maintenant de « Radio Voix du Béarn ». Mon premier contact avec elle remonte à l'été 2002, où nous avons organisé avec la SAPO, en mon village de Sendets une grosse manifestation, dans le cadre de la Nuit des Etoiles 2002. C'est ainsi que pour informer le public potentiel, je me suis trouvé le 7 août 2002 en direct dans le studio invité par Océane, la responsable de la station. J'avais apprécié que dans notre large communication, parmi toutes les radios informées, une radio, la « Voix du Béarn » nous invite à en parler plus longuement. L'accueil et l'ambiance furent fort sympathiques et déterminants. Océane a évoqué sur le champ la possibilité d'une émission périodique sur l'astronomie. La perspective de transmettre cette passion à ceux qui n'ont pas eu la chance d'y goûter était intéressante. Le défi était lancé, la réponse positive quasi-immédiate et voilà c'était parti, ....voilà comment Océane m'a adroitement piégé, mais, comme aurait chanté Edith Piaf, non rien de rien, non je ne regrette rien. Un mois et demi après ce contact, le 1er épisode de la série « À la découverte du ciel » était sur les ondes, livré aux auditeurs.

Depuis presque 4 ans, j'aime beaucoup Radio Voix du Béarn, pour 36 raisons :

-ambiance sympa, richesse des talents, diversité des émissions, variété musicale, radio béarnaise humaniste d'inspiration chrétienne, radio de proximité ouverte au monde, qualité des relations entre les rares et dévoués permanents et les nombreux animateurs bénévoles croyants ou incroyants, les commentateurs sportifs pédagogues, sans oublier les multiples correspondants locaux motivés,

-j'apprécie beaucoup la liberté dont je dispose, même si cela me prend beaucoup de temps, mais la liberté n'est-ce pas justement la possibilité de choisir ses contraintes, j'apprécie la possibilité d'initiatives, j'apprécie aussi de pouvoir participer aux échanges sur les améliorations possibles, si, si, il y a des points perfectibles, et de réfléchir sur le devenir de Radio Voix du Béarn,

-j'aime l'écrit, et la radio pour moi, pour mes émissions actuelles, c'est aussi l'écriture, car, chacun sait, que les plus belles improvisations sont souvent longuement pensées et couchées sur le papier. Deux éléments de plus nécessitent cette écriture : les impératifs d'une programmation minutée rigoureuse, ainsi que la mémorisation écrite indispensable pour élargir, en temps différé, le cercle des auditeurs, grâce aux sites Internet, sites SAPO et RVB. Pour achever cette introduction commune aux deux émissions astronomique et humaniste, je dirais, que la radio, c'est, pour moi, un engagement personnel lourd et enrichissant, qui était probablement écrit quelque part, car « il y a très longtemps à Nîmes où j'ai vécu jeunesse et adolescence, j'ai été boy-scout et donc j'ai eu la chance d'être souvent immergé dans dame Nature et, en particulier, de passer de nombreuses nuits à la belle étoile. Curieux, j'ai donc ressenti tout jeune cet émerveillement pour la voûte céleste étoilée, avec plein d'interrogations de toutes natures : artistiques, scientifiques, philosophiques, spirituelles,... ». Déjà les émissions astro et humaniste étaient en gestation. Par ailleurs, j'ai depuis longtemps sur mon bureau deux sphères prémonitoires d'une douzaine de cm de diamètre : une mappemonde qui positionne tous les pays sur notre planète terre, et une sphère céleste positionnant toutes les constellations, et toutes deux symbolisent parfaitement mes deux émissions.

Chers auditeurs, avant d'entrer dans une partie spécifique à chaque émission pour faire un survol du passé, tirer des enseignements et évoquer des perspectives, je vous propose une pause musicale à l'initiative de Karine. Pour clôturer cet anniversaire de la 50ème, les deux auditoires se retrouveront à nouveau pour une conclusion commune. A tout de suite.

## **2ème partie spécifique à « À la découverte du ciel n°38 »**

Nous avons déjà évoqué la genèse de l'émission « A la découverte du ciel », liée à la Nuit des Etoiles 2002 à Sendets. Je voudrais exprimer à cette occasion, que l'astronomie est une école de patience, et donc de sagesse, dépendant directement de dame Nature à travers météo et qualité du ciel. Nous avons pour ces 48h de cette Nuit des Etoiles, déployé une énorme organisation, mobilisé une quarantaine de personnes, aussi bien pour la logistique que pour l'animation astronomique, merci à la SAPO. Je cite : champs aménagés en parkings, déviation circulation routière, extinction éclairage public, signalisation, construction par la commune d'une passerelle d'accès à la coupole de la SAPO à Sendets, communication tous azimuts... et aussi une vingtaine d'instruments, télescopes, lunettes de toutes dimensions, spectroscopie, présentation de météorites, vidéoprojection avec documents conçus pour la circonstance, conférences pour les jeunes, pour les moins jeunes, salle informatique astronomique, expo photos,...

Bilan des courses, les dieux du ciel n'ont pas été avec nous, le beau temps n'a pas été là, ...mais, malgré le mauvais temps, un public de quelques 300 personnes s'est passionné, et, bien sûr, une conséquence très directe de cette Nuit des Etoiles 2002, comme je l'ai déjà dit, la naissance de l'émission « A la découverte du ciel » dans la grande famille de Radio Voix

du Béarn. D'ailleurs, pour les curieux, ils pourront rechercher quelques souvenirs imagés et écrits de cette Nuit des Etoiles, cette Nuit fondatrice sur le site de la SAPO (Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales), il faut bien chercher, il faut aller dans « Souvenirs en photo ». Mais d'abord, pour trouver le site de la SAPO, vous recherchez par ex par google les deux mots SAPO et astronomie. Vous pourrez aussi y lire les textes de la presque totalité de ces émissions radio, dont nous allons suivre l'évolution à présent.

Quant, à posteriori, on se retourne sur ces années et sur ces 38 émissions, il est facile de discerner 3 phases :

d'abord la 1ère phase, en gros la 1ère année se résume en un mot « les fondamentaux » : nous avons pratiquement fait le tour des « fondamentaux » de l'astronomie amateur avec des séances sur l'observation, les objets célestes, les appareils d'observation, « la lumière, messagère des étoiles », la photo argentique et numérique, la webcam en astronomie,... etc. Petit à petit, le puzzle astronomique s'est assemblé et dévoilé, nous n'avons pas hésité ensuite à vous entraîner vers le Pic du Midi de Bigorre bien sûr, et puis aussi vers le top mondial en matière d'astronomie professionnelle, avec le VLT...

La 2ème phase a combiné continuité et innovation, continuité avec des thèmes costauds : le soleil et le climat, la vie extra terrestre, la structure de l'Univers, les exo planètes... et innovation avec les interviews passion, que j'annonçais ainsi « il s'agit de faire germer et émerger chez nos auditeurs une passion pour l'astronomie, aussi nous croyons au témoignage et au mimétisme et nous irons donc à la rencontre d'astronomes amateurs, qui nous diront tout de leur propre passion : comment elle est née ? comment elle s'exprime ? quelles sont, à leurs yeux, les merveilles du ciel ?, etc. »

Merci aux collègues astronomes amateurs de la SAPO qui se sont livrés avec talent à mes interviews passion.

La 3ème phase, dans laquelle nous sommes toujours, a poursuivi l'alternance de thèmes du passé, du présent et du futur : par ex un survol de l'astronomie à l'astrophysique, la sonde Cassini-Huygens, les voyages interplanétaires, ..., avec les interviews passion. C'est dans cette période, il y a quelques 9 mois, début mai 2005, qu'une nouvelle innovation, technique cette fois, s'est présentée avec l'achat d'un enregistreur numérique (239 € pour ne rien vous cacher), qui m'a permis d'accéder aux reportages. C'est un mini studio de poche, adapté aux reportages et opérations connexes (montages et table de mixage élémentaire), qui permet ainsi rencontres et échanges avec le public lors de ces reportages, c'est-à-dire avec les auditeurs présents ou potentiels, et cela est essentiel pour ne pas demeurer dans la solitude de celui qui cherche et écrit, totalement déconnecté de ses auditeurs. C'est un superbe outil pédagogique, qui permet aussi de faire des enregistrements chez soi, et qui est le plus souvent dans ma poche sympathisant avec mon appareil photo numérique. Cette 3ème phase s'est donc enrichie de reportages : Nuit des Etoiles 2005 au Château d'Abbadia à Bayonne, Journées du Patrimoine au Pic du Midi avec micro cravate sur Jacques-Clair Noëns, astronome professionnel. Cette évolution intéressante, jointe à la difficulté compréhensible de m'appuyer sur les collègues astronomes, qui ont déjà beaucoup donné, cette évolution a accentué une prise en charge de ma part, de plus en plus importante, limite de compatibilité avec d'autres engagements choisis ou indispensables. Je ne vous cacherais pas que mon épouse trouve que mes deux émissions de radio me prennent beaucoup de temps : elle a probablement raison.

Questions importantes : où en sommes-nous aujourd'hui, dans notre 4ème année d'« A la découverte du ciel ? » Quel bilan peut-on en tirer ? S'il fallait résumer, c'est, sans aucun doute, le sentiment d'une mission collective accomplie, au-delà de nos espérances initiales : mobilisation des astronomes de la SAPO, qualité des interventions, rigueur scientifique, passion exprimée, mémorisation sur le site SAPO,...

Et la suite, maintenant ? Il me semble que l'hypothèse la plus plausible pour le feuilleton « A la découverte du ciel » est d'accoster au terme de cette belle aventure aux beaux jours de l'été, sans exclure, pour le futur, quelques émissions non périodiques ou quelques reportages ponctuels liés aux événements astronomiques. Quatre ans pour un feuilleton sérieux, c'est un très bel âge pour tirer une élégante révérence. N'excluons pas totalement le relais pris par un autre astronome amateur, qui périodiquement ou non, en s'appuyant sur l'information quasi en direct sur le Web, sur les revues viendrait vulgariser les actualités astronomiques et spatiales. La seule certitude, c'est que la matière ne manquerait pas. L'avenir prochain nous dira ce qu'il en adviendra.

Avant de retrouver les auditeurs de « Regards du Sud » pour une conclusion commune, Karine va nous offrir maintenant une détente musicale.

### **3ère partie commune à « Regards du Sud 12 » et « A la découverte du ciel 38 »**

Après cette ultime pause musicale, je propose aux deux auditoires à nouveaux réunis à l'occasion de la 50ème, de clôturer cette émission bilan/perspectives en trois mouvements : un 1er mouvement qui reprendra les conclusions essentielles de chaque émission, un 2ème qui annoncera les prochains thèmes et enfin un 3ème et dernier mouvement qui clôturera, de belle manière, cette émission spéciale « anniversaire ».

Engageons-nous dans ce 1er mouvement avec l'émission astro « A la découverte du ciel » : le bilan, en résumé, c'est le sentiment d'une mission collective accomplie, au-delà de nos espérances, avec une mobilisation des astronomes de la SAPO, de grande qualité. Quatre ans pour un feuilleton mensuel aussi sérieux, c'est un très bel âge pour tirer une élégante révérence. Aussi, l'accostage au terme de cette belle aventure devrait s'effectuer aux beaux jours de l'été, sans exclure pour le futur, quelques émissions non périodiques ou quelques reportages ponctuels liés aux événements astronomiques.

Quant à l'émission humaniste « Regards du Sud », Regards d'Espoir, à l'issue de son 1ère anniversaire, on peut dire que c'est une émission exigeante et passionnante pour l'animateur, une immersion chaque mois dans un nouveau sujet, qui change totalement mais qui tourne toujours autour de ce monde fraternel à construire ensemble. Il y a du pain sur la planche, aussi l'accostage n'est pas à l'ordre du jour ; le décollage vient de s'effectuer, la trajectoire, aux yeux du concepteur, est parfaitement conforme aux prévisions et aux espérances. Nous souhaitons aussi qu'il en soit de même pour nos auditeurs, passagers de cette grande aventure, mais passagers acteurs.

Le 2ème mouvement nous dévoile, selon les habitudes, les prochains thèmes du mois de mars 2006 : pour « Regards du Sud », il s'agira d'un « Compte-rendu de voyage au Mali », voyage que j'aurais effectué en janvier 2006, avec Pierre Rabhi et l'association « Terre et Humanisme », dans le cadre d'un projet solidaire à Tacharane près de Gao, sur le fleuve Niger. Si vous voulez en savoir plus dès à présent, vous pouvez rechercher sur le Web « Terre et Humanisme ». Quant « A la découverte du ciel », le président de la SAPO, Jean Lachaise, professeur de physique à l'Université paloise, viendra tout nous dire sur « la spectroscopie au service de l'astronomie ».

En 3ème et dernier mouvement, je vous ai annoncé un beau final, je dirais même un final en apothéose. Et, pour ce faire, le grand astronome Camille Flammarion, ce touche-à-tout génial a accepté, à ma demande pressante, de conclure. Il nous parle de notre Humanité et de notre planète Terre. Voici donc ses propos, écrits en 1879 dans « l'Astronomie Populaire », il y a donc 127 ans :

« Il est impossible de considérer froidement cette réalité sans être frappé de l'étonnante et inexplicable illusion dans laquelle sommeille la majeure partie de l'humanité. Voilà un petit globe qui tourbillonne dans le vide infini ; autour de ce globule végète un milliard quatre cents millions de mites raisonneuses, sans savoir ni d'où elles viennent ni où elles vont, chacune d'elles, d'ailleurs, ne naissant que pour mourir assez vite ; et cette pauvre humanité a résolu le problème, non de vivre heureuse dans le soleil de la nature, mais de souffrir constamment par le corps et par l'esprit. Elle ne sort pas de son ignorance native, ne s'élève pas aux jouissances intellectuelles de l'art et de la science, et se tourmente perpétuellement d'ambitions chimériques. Étrange organisation sociale ! Elle s'est partagée en troupeaux livrés à des chefs, il envoie de temps en temps ses troupeaux, atteints d'une folie furieuse, se déchaîner les uns contre les autres, et l'hydre infâme de la Guerre moissonner les victimes, qui tombent comme les épis mûrs sur les campagnes ensanglantées : 40 millions d'hommes sont égorgés régulièrement chaque siècle pour maintenir le partage microscopique du petit globule en plusieurs fourmilières !... Lorsque les hommes sauront ce que c'est que la Terre, et connaîtront la modeste situation de leur planète dans l'infini ; lorsqu'ils apprécieront mieux la grandeur et la beauté de la nature ; ils ne seront plus aussi fous, aussi matériels d'une part, aussi crédules d'autre part ; mais ils vivront en paix, dans l'étude féconde du Vrai, dans la contemplation du Beau, dans la pratique du Bien, dans le développement progressif de la raison, dans le noble exercice de facultés supérieures de l'intelligence. »

Merci au grand Monsieur **Camille Flammarion**. Chers auditeurs, il ne me reste plus qu'à vous dire, à bientôt, avec mon astronomical et fraternel bonsoir.

## **LA SPECTROSCOPIE AU SERVICE DE L'ASTRONOMIE**

### **39<sup>ème</sup> émission**

Bonjour à toutes, bonjour à tous. Bonjour Jean. Aujourd'hui, 39<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique. Nous avons le privilège et le plaisir d'accueillir ici pour la 3<sup>ème</sup> fois notre intervenant du jour, Jean Lachaise, professeur de physique à l'UPPA, c'est-à-dire à la fac de Pau et des pays de l'Adour, Jean également président de la Société d'Astronomie des Pyrénées Occidentales, la SAPO. Jean, tu nous as habitué à des thèmes costauds, la première fois, il s'agissait de faire le point sur la vie extraterrestre : La vie est-elle universelle ? ou sommes-nous seuls sur notre petite planète ? la 2<sup>ème</sup> fois, nous avons chevauché à grande vitesse les 4 derniers siècles, avec le sujet « De l'Astronomie à l'Astrophysique : 400 ans de progrès », et aujourd'hui pour cette 39<sup>ème</sup>, un autre beau sujet, que nous avons déjà croisé au fil de nos émissions. Il s'agit de la « spectroscopie au service de l'astronomie ». La lumière est la messagère des étoiles, et elle va être au cœur de cette émission.

#### **1-Tout de suite une 1<sup>ère</sup> question, Jean, spectroscopie, spectre. Peux-tu d'abord nous dire ce qu'est un spectre, et puis aussi, comme tu l'affectionnes, nous parler de son origine.**

C'est Newton qui obtint le premier spectre en 1660 en faisant passer la lumière du Soleil au travers d'un prisme, qui, comme tu le sais Jacques, est un simple morceau de verre dont les 3 faces sont égales. Il fut le premier à comprendre que la lumière blanche pouvait se décomposer en toutes les lumières de l'arc en ciel : le violet, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge. C'est cette décomposition en couleurs élémentaires que l'on appelle spectre de la lumière. Le passage d'une couleur à la suivante s'effectuant de manière continue, le spectre est dit continu.

#### **2-La décomposition de la lumière, par le prisme, est magique. Y a-t-il d'autres outils que le prisme, pour la décomposer ? (2 – Quels outils pour décomposer la lumière)**

La décomposition de la lumière exige l'emploi d'un élément disperser. Ce fut donc d'abord le prisme, utilisé par Newton, puis ensuite le réseau introduit par Young en 1801. Un réseau est un ensemble de 10 000 à 100 000 traits extrêmement fins, rigoureusement parallèles, qui décomposent la lumière par diffraction. Son pouvoir séparateur, c'est-à-dire son aptitude à séparer les divers éléments du spectre, est supérieur à celui du prisme.

Prisme ou réseau ne sont qu'une partie d'un appareil qui sert à observer les spectres et qu'on appelle un spectroscopie. Cet appareil, introduit par Fraunhofer en 1814, comprend aussi une fente fine derrière laquelle on place la source lumineuse à analyser, diverses lentilles destinées à collimater les faisceaux lumineux, et une règle permettant de mesurer avec précision les positions relatives des divers éléments spectraux.

C'est la mise au point du spectroscopie qui permit à Fraunhofer de mettre en évidence de très nombreuses raies noires dans le spectre solaire, en particulier une raie double, appelée D, dans la couleur jaune du spectre.

#### **3-Jean, on entend souvent parler d'analyse spectrale. Peux-tu nous raconter son histoire ?**

La mise au point de l'analyse spectrale a été effectuée en 1859, à la suite d'une étroite et amicale collaboration entre un chimiste – Bunsen – et un physicien – Kirchhoff.

Bunsen est l'inventeur d'un brûleur de gaz - le bec Bunsen - que l'on trouve aujourd'hui dans tous les laboratoires. Ce bec présente l'avantage de fournir une flamme très chaude, pure, incolore, que l'on peut manipuler très facilement. Bunsen s'en servait pour tenter de déterminer la composition chimique d'une substance par la coloration de la flamme

dans laquelle quelques uns de ses grains étaient placés. Ainsi un grain de strontium donnait une flamme rouge pourpre, un grain de chlorure de sodium, une flamme jaune vif. Mais quand il mélangeait plusieurs substances, la superposition des couleurs fournissait un signal difficile à interpréter.

Kirchhoff suggéra à Bunsen de ne pas observer les couleurs fournies par les substances mais plutôt leurs spectres. Dès qu'ils eurent construit un spectroscopie, les deux amis purent vérifier le bien fondé de cette suggestion. Les vapeurs du chlorure de sodium et de tous les sels de sodium donnaient une raie double jaune brillante qu'ils attribuèrent au sodium, les vapeurs des sels de potassium une raie violette et une raie rouge, les vapeurs des sels de lithium une raie rouge brillante et une raie orange moins vive. Chaque élément avait son propre spectre de raies. Il était donc possible de déterminer la composition d'une substance composée de plusieurs éléments différents par l'analyse de leurs spectres. L'analyse spectrale était née...

**4-Jean, nos auditeurs patinent un peu, je crois, avec les raies noires, les raies brillantes colorées. Ils se demandent, j'en suis sûr, s'il y a une relation entre ces deux types de raies contrastées ?**

C'est Kirchhoff qui comprit la relation qui existait entre la raie noire double D du spectre solaire et la raie double brillante du spectre de la vapeur de sodium. Ces raies étant rigoureusement à la même place dans les deux spectres il en conclut d'abord que la vapeur de sodium peut émettre ou absorber les raies jaunes issues du sodium, ensuite que le Soleil est entouré d'une atmosphère contenant du sodium.

Ainsi l'analyse spectrale que faisait au laboratoire Bunsen sur les éléments terrestres, Kirchhoff la faisait à distance – et à quelle distance – avec les éléments du Soleil. Et le premier élément qu'il y découvrait n'était autre que le sodium, cet élément si répandu à la surface de la Terre.

**5-Tu nous as parlé de plusieurs types de raies et de spectres. Peux-tu nous en dire un peu plus ?**

C'est à partir de cette époque - 1860 - que l'on commença à classer les spectres en trois catégories :

- les spectres d'émission continus, tel le spectre solaire,
- les spectres d'émission de raies, tels les spectres des vapeurs des éléments,
- les spectres d'absorption (de raies), telles les raies noires du spectre solaire.

**6-Jean, tu nous as parlé du soleil, et de son atmosphère. La spectroscopie a beaucoup apporté à la connaissance de l'atmosphère solaire, comment cela s'est-il passé ?**

Kirchhoff vérifia que ce qu'il avait observé pour le sodium n'était pas une coïncidence fortuite. Il repéra dans le spectre solaire les 60 raies du spectre de la vapeur incandescente du fer, avant de se lancer dans la recherche de nouveaux éléments de l'atmosphère solaire. Il découvrit ensuite la même année (1859) une douzaine d'autres éléments dont le calcium, le magnésium, le chrome, le cuivre, le plomb, l'étain, le potassium. En 1868 Angström et Thalen trouvèrent l'hydrogène, le manganèse, le titane. La même année, au cours d'une éclipse de Soleil, Janssen et Lockyer découvrirent une nouvelle raie dans le jaune qui ne put être identifiée à la raie d'aucun élément connu à l'époque sur Terre. Il l'attribuèrent à l'hélium, un élément qui ne fut retrouvé qu'en 1868 dans l'atmosphère terrestre. En 1869 on crut trouver un autre élément nouveau dans la couronne solaire, le coronium, qui s'avéra plus tard être le fer 13 fois ionisé dans ce milieu extrêmement chaud.

**7-Jean, ce mois-ci, le 29 mars 2006, une magnifique éclipse totale de soleil s'offrira en spectacle en Lybie, en Egypte, en Asie...Il sera possible d'observer un phénomène**

## **extraordinaire qu'on appelle un « Spectre éclair ». C'est quoi exactement ce mystérieux spectre éclair ?**

En 1859 Kirchhoff avait indiqué que le spectre solaire devrait s'inverser au tout début et juste à la fin d'une éclipse totale de Soleil, quand la chromosphère est brièvement visible. Ce spectre éclair fut observé la première fois par l'américain Young au cours d'une éclipse totale qui se produisit en Espagne. Il relata en substance :

*« Les raies noires du spectre et le spectre lui-même s'affaiblirent jusqu'à ce que, tout à coup, le spectre fut envahi de raies brillantes et si nombreuses qu'on ne put les compter. Le phénomène fut si soudain et si beau qu'il nous arracha une exclamation de surprise »*

## **8-Nous avons parlé de notre étoile, le soleil, du spectre solaire, mais allons plus loin vers les autres étoiles. Que nous apportent les spectres stellaires ?**

(8 – Premiers spectres stellaires)

L'étude des premiers spectres stellaires est due au couple Huggins. En 1864 ils observèrent le spectre de raies de certaines nébuleuses et le les spectres continus des nébuleuses spirales, ce qui leur permit de pressentir que ces systèmes pourraient être des univers-îles, comme La Voie Lactée, notre galaxie. En 1875, ils commencèrent à prendre les premières photographies de spectres stellaires. En particulier, ils vérifièrent que, comme le Soleil, l'étoile Véga possède des raies d'absorption.

De 1863 à 1868, le Père Secchi, directeur de l'Observatoire du Vatican, obtint les spectres de près de 400 étoiles et entreprit de les classer.

## **9-Jean, certains auditeurs confirmés ont entendu parler du catalogue de Draper. De quoi s'agit-il exactement ?**

(9 – Le catalogue H. Draper)

A partir de 1872, Henry Draper, fils de John Draper qui fit la première photographie de la Lune, enregistra les spectres photographiques de 80 étoiles, d'une comète, de planètes et de la nébuleuse d'Orion. Mais il mourut prématurément et ne put achever le travail de classification des étoiles d'après leurs spectres qu'il avait entrepris. La poursuite de ce travail fut financée par la veuve de Henry Draper. Il fut effectué à l'observatoire de Harvard sous la direction de Pickering qui mit en œuvre la technique dite du prisme objectif qui permet d'obtenir simultanément les spectres de plusieurs dizaines d'étoiles. Ce travail donna lieu, en 1920, à l'édition du catalogue H. Draper qui contenait les spectres de 200 000 étoiles.

## **10-La spectroscopie est d'une fécondité stupéfiante. Elle délivre de nombreuses informations inattendues, par exemple sur la vitesse radiale des étoiles.**

10 – Vitesses radiales des étoiles

Le calcul, par Doppler en 1842 pour les ondes acoustiques et par Fizeau en 1848 pour les ondes lumineuses, des décalages spectraux induits par le déplacement relatif source/observateur permit à Huggins de montrer que Sirius n'est pas immobile par rapport au Soleil. Plus tard, en 1890, grâce à la spectroscopie, Campbell montra que les étoiles ne sont pas fixes, mais se déplacent à des vitesses pouvant atteindre des milliers de kilomètres à l'heure.

## **11-Les astronomes amateurs savent que la majorité des étoiles, sont des étoiles binaires, qui tournent en couple, autour de leur centre de gravité commun. Ils ont observé visuellement des binaires optiques, mais ils savent aussi qu'il y a des « binaires spectroscopiques ». Que peux-tu nous en dire ?**

Les oscillations des raies spectrales de certaines étoiles autour d'une position moyenne permit la découverte de binaires très serrées. Ces binaires sont tellement resserrées qu'on ne

peut les séparer par observation optique. Seules des mesures spectroscopiques peuvent mettre en évidence le mouvement des étoiles du couple autour de leur centre de gravité. Au cours de ce mouvement, l'étoile la plus brillante, celle qui est donc détectée, s'éloigne puis se rapproche alternativement de la Terre. En conséquence, les longueurs d'ondes de ses raies d'absorption se décalent alternativement vers le rouge puis vers le bleu. En 1887, en utilisant la spectroscopie montra que Mizar, la Polaire, Spica, Capella, Algol sont des étoiles doubles.

**12-Nous sommes à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, rapprochons-nous des temps présents. J'imagine qu'il y a eu force progrès techniques et théoriques. S'il te plaît Jean, un survol rapide de ces évolutions ?**

En 1895, pour recueillir les nombreux résultats expérimentaux qui commençaient à s'accumuler fut édité The Astrophysical Journal. Mais pour interpréter ces résultats et les compléter, il fallut attendre de nouveaux progrès techniques et théoriques. Ces progrès virent le jour au début du vingtième siècle.

Au point de vue technique, furent améliorés les télescopes et les plaques photographiques pour observer toujours plus loin, toujours plus net. Furent fabriqués des radiotélescopes pour observer en ondes radio, furent lancés des satellites pour observer en ondes ultraviolettes ou infrarouges. Fut mise au point la méthode des battements pour mesurer des décalages spectraux de plus en plus faibles.

Au point de vue théorique furent élaborés la mécanique quantique, la mécanique relativiste, la physique nucléaire.

**13 - Peux-tu nous citer quelques apports de ces nouvelles mécanique et physique.**

(La classification spectrale des étoiles)

La mécanique quantique permet de comprendre le message contenu dans les spectres stellaires. Et on put classer les étoiles d'après leurs spectres. Fut élaborée la classification : OBAFGKM dont le fameux moyen mnémotechnique pour retenir la suite de ces lettres s'énonce Oh Be A Fine Girl, Kiss Me. La physique nucléaire permet d'élaborer la succession des réactions de fusion nucléaires qui se produisent au cœur des étoiles et partant d'appréhender leur évolution.

**14 - Jean, peut-être un autre exemple d'apport de la mécanique quantique , par ex quant à la nature des nuages interstellaires.**

La mécanique quantique permet de classer les nuages interstellaires selon leurs densités en régions HII, HI ou nuages moléculaires.

Les régions HII sont des régions peu denses (100 atomes/m<sup>3</sup>) où les atomes d'hydrogène sont ionisés et émettent préférentiellement la radiation rouge Ha. Dans ces régions peu denses, peuvent également être observées pour l'oxygène et l'azote des radiations interdites sur Terre.

Les régions HI sont plus denses (10<sup>7</sup> atomes/m<sup>3</sup>). Ce sont des régions où les atomes hydrogène sont neutres. Ils peuvent être détectés à 21 cm grâce à la transition hyperfine de l'hydrogène qui résulte du basculement du spin de son électron. Cette transition détectée en 1951 a permis de faire l'inventaire des nuages d'hydrogène neutre dans notre galaxie.

Les nuages moléculaires sont encore plus denses (10<sup>10</sup> atomes/m<sup>3</sup>). Ils présentent des spectres de bandes de raies issues de transitions entre modes de vibration et de rotation des atomes constituant les molécules de ces nuages. La spectroscopie a ainsi permis d'identifier des tas de molécules comme par exemple, l'hydrogène moléculaire, le mono-oxyde de carbone, l'eau, le méthane, l'ammoniaque, l'alcool méthylique, l'acide formique, l'éther diméthylique, le cyanure d'hydrogène, le cyanoacétylène...

**15-Nous avons vu des décalages spectraux liés à la vitesse radiale des étoiles. Je me suis laissé dire qu'il y avait d'autres types de décalages spectraux. Est-ce bien vrai ?**

Ont été mis en évidence des décalages spectraux relativistes sur des étoiles ultra-compactes en rotation, des jets de matières ou lors d'explosions d'étoiles.

Ont été trouvés des décalages gravitationnels sur des naines blanches.

A surtout été trouvé par Hubble le décalage cosmologique qui rend compte de l'expansion de l'univers.

**16 - Jean, s'il fallait tirer une brève conclusion de ton intervention. Qu'aurais-tu envie de nous dire ?**

Spectroscopie et astronomie fournissent un exemple superbe de synergie entre physique et chimie d'une part, expérience et théorie d'autre part. Elle a permis l'irruption inattendue de l'infiniment petit (les atomes) au sein de l'infiniment grand (les astres). Ce qui constitue une avancée extraordinaire de la connaissance scientifique au 20<sup>ème</sup> siècle.

**Merci infiniment Jean pour la densité de ton intervention, qui nous a entraînés dans une belle aventure au cours des siècles, de l'infiniment petit à l'infiniment grand, avec la lumière messagère des étoiles.**

**Le Léviathan de Lord Rosse (n° 40)**  
(1<sup>ère</sup> diffusion les 5, 15 et 18 avril 2006)

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bonjour Marc. Bienvenue à tous les auditeurs pour notre 40ème de l'émission « A la découverte du ciel ». Aujourd'hui et comme d'habitude, deux personnes sur le plateau, notre intervenant Marc Lérique, astronome amateur à la SAPO, ainsi que l'intervieweur habituel, Jacques Mortier, votre serviteur. Eh bien, nous allons embarquer tout de suite sous le pilotage de Marc vers une destination mystérieuse et séduisante à priori : le Léviathan de lord Rosse.

**1-Marc, le suspense est insupportable, peux-tu d'entrée, avant toute autre explication, dire brièvement à nos auditeurs de quoi il retourne et ce que l'on entend par le « Léviathan de Lord Rosse » ?**

C'est un télescope "monstrueux" (un "Léviathan", monstre biblique, comme on disait à l'époque) de 72 pouces (1,83 m) de diamètre et de 17 m de long que William Parsons, 3<sup>ème</sup> Comte de Rosse, a construit à Birr, au cœur de l'Irlande dans les années 1840. Il est parti des principes de base, en fabriquant lui-même non seulement les miroirs en métal, mais aussi une fonderie pour les mouler, une machine à vapeur pour les tailler et pour les polir et en inventant tout un système de treuils, de câbles, de poulies et de contrepoids pour manœuvrer le long tube en bois de 17 m entre 2 murs de 20 m de long et de 15 m de haut. C'était à l'époque le plus grand télescope du monde et il l'est resté pendant 3 quarts de siècle.

**2-Et pourquoi Marc, t'es-tu intéressé particulièrement à ce Léviathan ?**

C'est sur la suggestion de notre Président, Jean Lachaise, que lors d'un séjour en Irlande je me suis rendu à Birr les 2 et 3 août 2005 pour visiter cet instrument tel qu'il a été restauré en 1996-97. Les dépendances du château abritent le Centre Scientifique Historique d'Irlande qui contient les instruments astronomiques des 3ème et 4ème Comte de Rosse et les appareils photos et les photos de Mary, Comtesse de Rosse, l'ensemble datant de la 2ème moitié du XIXème siècle. On y voit aussi des appareils électriques et d'ingénierie ayant appartenu à Charles Parsons, frère du 4ème Comte et inventeur de la turbine à vapeur. En outre, le parc est un véritable musée botanique. Le château lui-même n'est pas accessible au public car l'actuel Comte de Rosse et sa famille y habitent toujours.

**3-Marc, peut-être pourrais-tu nous présenter un peu plus ce ou ces lords Rosse ?**

William, futur 3ème Comte de Rosse, est né le 17 juin 1800. Éduqué au château avec ses 2 jeunes frères par des précepteurs privés, il s'intéresse beaucoup au côté pratique de tout ce qui l'entoure dans la propriété de ses parents. A 18 ans, il part finir ses études à Oxford d'où il sort diplômé en Mathématiques (avec honneurs) en 1822. Il s'inscrit à la Société Royale d'Astronomie et représente le comté à la Chambre des Lords de 1823 à 1834 en soutenant l'émancipation des catholiques. En 1836, il se marie à Mary Wilmer-Field, une riche héritière du Yorkshire, et, grâce à la sécurité financière que lui procure son mariage et la propriété du château de Birr que ses parents lui lèguent en partant vivre à Brighton, il quitte la politique pour se consacrer entièrement à sa passion pour l'astronomie et pour l'ingénierie.

En 1826, il publie dans le Journal of Science d'Édimbourg ses premiers résultats expérimentaux sur la taille et le polissage des miroirs de télescopes. Dès le début de sa carrière il a décidé de publier tous ses résultats, contrairement à beaucoup d'autres constructeurs de télescopes. En 1831, il rejoint la Société Royale Britannique, qu'il préside de 1848 à 1854. Il consacra sa vie au bien-être de ses administrés et à l'observation des nébuleuses dont il montra la nature spiralee de certaines d'entre elles ; le premier il en déduisit que c'étaient des galaxies distinctes de la nôtre et très éloignées de celle-ci.

Son fils Laurence, 4<sup>ème</sup> Comte de Rosse, prit sa suite et poursuivit l'activité de l'Observatoire de Birr avec en particulier les premières mesures assez précises de la température de la surface de la lune.

#### **4-Maintenant, honneur au Léviathan et aux divers télescopes. Combien étaient-ils ? Et qu'avaient-ils de si remarquable ?**

Le premier grand télescope construit par Lord Rosse était basé sur un miroir de 36 pouces (91 cm). Pour le réaliser, il essaye des alliages de cuivre et d'étain pour la surface réfléchissante, développe sa propre machine à tailler les miroirs, mue à la vapeur, et termine son télescope en 1839. La structure est dérivée et améliorée d'un modèle de William Herschel. Monté sur un rail circulaire, le télescope peut explorer presque toutes les régions du ciel. Bien que fabriqué à domicile (son miroir a été coulé au château), deux observateurs expérimentés de l'époque confirment sa qualité et ses performances. Il permet d'améliorer significativement la résolution des objets stellaires et le Dr Thomas Robinson de l'Observatoire d'Armagh le qualifie de "plus puissant instrument de son temps". Lord Rosse s'en sert pour étudier la lune à un niveau de détails inaccessible avant lui, avec un grossissement de 900. Il étudie aussi les amas d'étoiles et les nébuleuses que les télescopes d'alors étaient incapables de résoudre en étoiles.

Pour construire son grand télescope suivant, "Le Léviathan de Parsonstown" Lord Rosse a travaillé plus de trois ans, sur la base d'un miroir de 72 pouces (1,83 m), avec lequel il espérait confirmer que certaines nébuleuses contenaient des étoiles, comme le télescope de 36 pouces avait permis de le supposer. Ce télescope était essentiellement un tube de 17 m de long (en bois sur une structure métallique) suspendu entre 2 murs de 15 m de haut et supporté par un ensemble de mécanismes qui lui assuraient une liberté de mouvement dans le plan vertical, mais dont les limites latérales ne permettaient d'observer un objet donné que pendant 50 minutes à l'équateur à environ 2 heures à l'élévation maximum. La rotation dans le plan vertical allait de 15 degrés d'élévation au plus bas à 15 degrés au delà de la verticale, c'est à dire sur un angle total de 90 degrés. Cette fois-ci encore les miroirs furent coulés sur place, au château, en utilisant 3 grands creusets pour réaliser des miroirs pesant plus de 3 tonnes. La construction du télescope et de sa "monture" dura plus de 2 ans, mais le 15 février 1845 enfin, le temps s'éclaircit juste assez pour une brève observation de l'étoile double de Castor, confirmant ainsi le potentiel du nouveau télescope. Dès avril 1845, Lord Rosse avait pu observer la nature spirale de M51.

#### **5-Avant d'évoquer les observations célestes, j'imagine que la construction a été un vaste chantier. As-tu quelques informations à ce sujet ?**

Au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, la technologie du moulage de grands miroirs en verre métallisé n'existait pas et Lord Rosse fut obligé de recourir au "métal à miroir". Il s'agit de bronze, un alliage de cuivre et d'étain, et plus la proportion d'étain est grande, plus le miroir est réfléchissant (mais plus il est fragile). Pour pouvoir couler un miroir en métal, on utilisa 3 creusets en fonte, de 24 pouces (61 cm) de diamètre, pesant une demie tonne chacun.

Le combustible employé pour chauffer le métal était de la tourbe, aisément disponible dans les vastes marais alentour. Plus de 60 m<sup>3</sup> de tourbe furent brûlés pendant les 15 heures que prit la fonte des ingrédients du "métal à miroir". Robinson décrit ainsi le premier moulage, le 13 avril 1842 :

"Ceux qui ont eu la chance d'être présents n'oublieront jamais la beauté sublime du spectacle. Au dessus, le ciel, piqué d'étoiles et illuminé par une lune très brillante, semblait jeter un regard bienveillant sur leur labeur. Au dessous, les fours crachaient d'énormes colonnes de flammes jaunes presque monochromatiques, et les creusets incandescents, pendant leur trajet aérien, devenaient des fontaines de lumière rouge, produisant sur les tours du château et sur le

feuillage des arbres de tels accidents de couleurs et d'ombres qu'on s'imaginerait presque transporté sur les planètes d'une belle étoile double. L'ordre parfait qui régnait et l'agencement de l'ensemble n'étaient pas moins frappants : toute éventualité avait été prévue, chaque détail soigneusement répété ; et les ouvriers suivaient leurs ordres dans un silence et une obéissance sans faille à la hauteur du calme et du flegme avisé avec lesquels ils étaient donnés."

Un reportage paru dans le "Bristol Times" en 1867 raconte :

"Il y a 10 ans environ,... je vis non seulement le grand télescope, mais je vis le Comte, le constructeur du télescope lui-même, non pas en tenue avec sa couronne de Comte et son manteau d'hermine, mais en bras de chemise, les bras nus et bronzés. Il quittait juste l'étau auquel il travaillait et, poudré de limaille de fer, il se lavait les mains et la figure dans une simple cuvette en fer blanc posée sur une enclume, pendant que deux forgerons martelant une barre incandescente sur une autre envoyaient des gerbes d'étincelles autour de sa seigneurie qui n'y prêtait guère attention comme s'il était un "Roi du Feu". C'était dans une vaste forge rudimentaire qui occupait presque tout un côté de la cour du château et où on fabriquait non seulement des ponts tournants, des pompes de refoulement et des pièces d'instruments scientifiques, mais aussi des objets de la vie courante comme des barrières agricoles, des socs de charrues, etc. à l'usage de ses fermiers... Quand il mit son manteau... le Comte avait l'air d'un contremaître intelligent..."

Bien que la première coulée fut achevée sans problème majeur, le nouveau miroir de brisa pendant la taille. Il fut presque immédiatement remoulé, taillé et poli avec succès en un mois. Lord Rosse avait conçu un système de "chauffage secondaire" assurant au métal fondu un refroidissement lent et limitant la possibilité d'un refroidissement local, ce qui permettait de mouler le miroir en une pièce. Après 3 autres essais infructueux [dus à un alliage incorrect, un refroidissement inégal ou à la porosité due à un résidu de suif sur le moule en fonte], un second miroir fut réussi au sixième essai et Lord Rosse disposait d'un miroir de rechange à monter dans le télescope lorsque le premier aurait besoin d'être re-poli.

Contrairement à beaucoup de constructeurs de télescopes contemporains ou qui le précédèrent, et qui parfois gardaient jalousement leurs secrets de fabrication, le 3ème Comte était tout à fait ouvert et il publiait toutes ses inventions importantes, pour, comme il le dit lui-même :

"Simplifier le procédé nécessaire à la fabrication d'un bon télescope à miroir... afin que n'importe quelle personne, avec un savoir faire ordinaire en mécanique et disposé à prendre la peine de monter les appareils nécessaires, serait à même d'obtenir avec certitude les mêmes résultats."

Après la taille du miroir jusqu'à la forme requise d'un paraboloïde, un polissage était nécessaire pour maximiser le potentiel réfléchissant du "métal à miroir", le tout grâce à la machine à vapeur construite spécialement à cet effet. Le miroir de 3 tonnes devait enfin être supporté par une structure répartissant son poids de façon uniforme. D'un système initial à 27 points d'appui le Comte passa ultérieurement à 81 supports triangulaires.

Un miroir de rechange était re-poli sur une machine installée dans la cour du château puis transporté sur un chariot en bois jusqu'au tube du télescope. Une plaque tournante et des rails du côté nord de l'observatoire facilitaient la manœuvre du miroir qui était extrêmement lourd. On mettait alors le télescope en position verticale et le miroir terni était retiré et remplacé par le "nouveau" miroir. Les miroirs étaient polis tous les ans ou tous les deux ans.

George Johnstone Stoney, un des astronomes de Birr commente la manœuvre :

"Le miroir avec ses 3 niveaux de supports (dont il ne fallait pas le déranger) et leur chariot pesaient à peu près 7 tonnes (6 350 kg). Il fallait lever le tout de la machine à polir et le transférer sur une grande remorque que 25 ou 30 hommes tiraient lentement sur une distance d'un quart de mile (400 m) jusqu'à l'observatoire".

Après les travaux épiques nécessaires au moulage du miroir primaire, le reste du train optique – le miroir secondaire et les oculaires – fut relativement facile à fabriquer.

### **6-Place maintenant aux observations. Il fallait m'a-t-on dit être un peu acrobate. Peux-tu nous décrire comment on observait et bien sûr ce qu'on observait ?**

On a dit que quiconque voulait utiliser le grand télescope devait être autant un alpiniste qu'un astronome ; cependant on n'a enregistré aucun accident pendant la période de plus de 60 ans où le télescope a été utilisé. Citons encore le Dr. Robinson :

"Bien qu'il soit assez effrayant de se trouver suspendu au dessus d'un gouffre profond de 60 pieds [20 m], sans connaissances particulières en résistance des poutres en treillis, tout est parfaitement sûr."

Lord Rosse a passé une grande partie de son temps d'observation sur le 36 pouces à étudier de mystérieuses nébuleuses, telle que M27 [Dumbbell] et la grande nébuleuse d'Andromède. Dans ces études et dans des études semblables, le télescope de 36 pouces lui fournit des aperçus alléchants et frustrants de possibles amas d'étoiles au sein de ce qui n'était par ailleurs que des nuages de gaz. C'est pour améliorer la résolution de telles nébuleuses qu'il construisit le télescope de 72 pouces (1,83 m).

Le 36 pouces offrit aussi à Lord Rosse des vues de la lune à des grossissements allant jusqu'à 900, lui permettant d'explorer des aspects de la topographie lunaire jamais observés auparavant. Le Dr. Thomas Romney Robinson écrivit en 1840 :

"Il est à peine possible de garder l'indispensable sobriété de langage pour parler de l'apparence de la lune dans cet instrument qui permet de découvrir de nouveaux objets en tout point de sa surface."

Le 4ème Comte utilisa le petit télescope pour étudier le spectre de 11 nébuleuses et leur observation dans celui-ci montra que seules 4 d'entre elles étaient gazeuses, les autres montrant le spectre continu caractéristique des objets stellaires. Cependant le montage du spectromètre n'était pas idéal et rendait les observations difficiles.

Un des derniers travaux réalisés avec le 36 pouces a été la mesure de la température de la surface de la lune. Lord Rosse utilisa le télescope pour concentrer le rayonnement infrarouge de la lune sur un thermocouple et découvrit, selon ses propres termes :

"La plus grande partie de la chaleur reçue depuis la lune provient de la chaleur du soleil qui a d'abord été absorbée par la croûte lunaire, puis réémise en radiation sombre. Aucune preuve de chaleur cosmique n'a été trouvée."

Les premiers objets observés avec le télescope de 72 pouces ont été Castor, une des principales étoiles de la constellation des Gémeaux, suivie de l'amas M67 dans la constellation du Cancer. Pendant les quelques occasions où Lord Rosse se servit du télescope pendant la Grande Famine Irlandaise, il remarqua que M51 était une nébuleuse spirale. Messier décrivait cet objet en 1774 comme "une très petite nébuleuse sans étoiles", mais avec son nouveau télescope, Lord Rosse put écrire en 1850 :

"On observe donc qu'à chaque augmentation de la puissance optique, la structure est devenue plus complexe. Qu'un tel système puisse exister sans mouvement interne paraît extrêmement improbable... La nébuleuse elle-même cependant est passablement parsemée d'étoiles."

Avant fin 1850 Lord Rosse avait résolu 14 nébuleuses dans leur forme spirale. Pendant les vingt années suivantes, une étude intensive de toutes les nébuleuses visibles depuis Birr fut entreprise. Parmi les nébuleuses sur lesquelles des notes ont été gardées, on trouve M77 (La spirale bleue), M95 dans la constellation du Lion, la Spirale du Triangle (M33) et bien d'autres.

Robinson a utilisé le grand télescope pour observer Jupiter et il écrivit le 20 février 1848 que les ceintures « brun sombre » de la planète présentaient :

"Un aspect remarquable ; elles étaient pleines de fines striures courant presque parallèlement à elles et semblant appartenir aux zones plus claires de part et d'autre."

Tout comme le 36 pouces, le 72 pouces a été utilisé pour observer la lune, et en 1852 des membres de l'Association Britannique (Section Lunaire) l'utilisèrent pour explorer la possibilité de dresser une nouvelle carte de la lune sous différentes conditions d'éclaircissement.

### **7-S'il fallait retenir les résultats les plus marquants obtenus grâce à ces instruments performants, quels seraient tes choix ?**

Outre les premières observations détaillées des cratères lunaires, c'est indubitablement la découverte de la nature spiralée de nombreuses "nébuleuses" qui représente le plus grand succès des 2 télescopes de Lord Rosse. Ceci lui permit de montrer que c'étaient des objets distincts et éloignés de notre propre galaxie, la Voie Lactée.

Il est aussi remarquable que les mesures de la température de la surface de la lune par le 4<sup>ème</sup> Comte étaient si en avance sur les connaissances de l'époque qu'elles ne furent longtemps pas prises au sérieux, jusqu'à ce qu'on en confirme la validité, plus de 60 ans plus tard.

### **8-Si j'ai bien compris, la connaissance plus intime des « nébuleuses » a fortement progressé en cette terre irlandaise ? est-ce un résultat solitaire ou en relation avec d'autres astronomes ?**

Résumons une petite histoire des "nébuleuses" :

C'est Galilée le premier qui, en 1610, à Padoue avec sa petite lunette rustique et artisanale du XVII<sup>ème</sup> siècle découvre que notre galaxie, la Voie Lactée, est constituée de millions d'étoiles. Il découvre aussi un certain nombre de taches lumineuses floues, mais ne parvient pas à les résoudre en étoiles. On les nommera plus tard "nébuleuses" (du latin *nebula*, "brouillard").

En 1781, le chasseur de comètes Charles Messier publie un catalogue de 103 de ces nébuleuses, pour pouvoir éviter de les confondre avec des comètes.

En 1755, Emmanuel Kant publie, anonymement, son "Histoire Générale de la Nature et Théorie du Ciel", où il propose que, même si certaines nébuleuses sont probablement associées à des étoiles de notre galaxie, les nébuleuses spirales ou ovales seraient des galaxies distinctes situées à des distances énormes de la nôtre. Tout au long du XIX<sup>ème</sup> siècle cependant, la plupart des observateurs continueront à penser que toutes les nébuleuses sont du gaz ou de la poussière faisant partie de notre système stellaire.

En 1802, William Wollaston, physicien anglais, invente le spectroscope et l'opticien allemand Joseph von Fraunhofer découvre que le spectre du soleil est barré de centaines de raies noires, indiquant la présence d'éléments chimiques identifiables.

De 1770 à 1810, avec son télescope de 48 pouces (1,22 m) l'astronome anglais William Herschel observe de nombreuses nébuleuses supplémentaires. Herschel réalise qu'on peut concevoir la Voie Lactée comme un disque plat, mais il pensait que le soleil était près du centre de la Galaxie plutôt qu'à 30 000 années-lumière de celui-ci comme on l'estime aujourd'hui.

En 1839 donc, avec son télescope de 36 pouces (91 cm), Lord Rosse formule l'hypothèse qu'on trouve des étoiles au sein de ce qui n'est par ailleurs que des nuages de gaz.

Et en 1850, avec son nouveau télescope de 72 pouces (1,83 m), il peut écrire : *"On observe donc qu'à chaque augmentation de la puissance optique, la structure est devenue plus complexe. Qu'un tel système puisse exister sans mouvement interne paraît extrêmement improbable... La nébuleuse elle-même cependant est passablement parsemée d'étoiles."*

Puis en 1864, William Huggins, depuis chez lui à Londres, utilise un spectroscopie pour analyser les nébuleuses et obtient des résultats qui corroborent la théorie de Kant.

En 1898, l'américaine Henrietta Swan Leavitt, en étudiant les Céphéides, découvre la relation entre période et luminosité des étoiles variables, ce qui permet de faire des estimations de distance des objets cosmiques.

En 1918-1919, Harlow Shapley, en se basant sur la relation précédente, détermine la distance de nombreux amas globulaires et estime le diamètre de la Galaxie à 250 000 années-lumière.

En 1922, Edwin Hubble suggère qu'il existe une distinction entre nébuleuses "galactiques" et "non-galactiques" mais, comme le 3<sup>ème</sup> Comte de Rosse 70 ans plus tôt, cherche à en obtenir davantage de preuves pour être totalement convaincu de sa théorie (exacte).

En 1927, Hubble, sur la base de ses observations au télescope de 100 pouces (2,54 m) de Californie, publie sa "Relation entre la Distance et la Vitesse Radiale entre les Nébuleuses Extragalactiques", dans laquelle il discute pour la première fois la possibilité de l'expansion de l'univers.

Et enfin, en 1934, Hubble prend une photo qui montre autant de galaxies que d'étoiles en premier plan.

### **9-Revenons un instant au présent, qu'est devenu ce patrimoine scientifique de premier plan ?**

Après la mort du 4<sup>ème</sup> Comte en 1908, le télescope géant tomba rapidement hors d'usage. L'un des miroirs fut transféré au Science Museum de Londres et autour de 1914, toutes les pièces métalliques supportant le télescope furent démontées et fondues pour les besoins de la Première Guerre Mondiale. Le second miroir a disparu depuis longtemps. En 1925, les structures en bois autour des murs furent démolies par mesure de sécurité.

Entre 1996 et 1998 cependant, une restauration complète a été entreprise, et on s'est appliqué à donner au télescope et à ses structures supports un aspect le plus proche possible de celui qu'ils avaient il y a 150 ans, avec l'aide du patronage de diverses personnalités irlandaises du monde des affaires, ainsi que le support de plusieurs agences du Gouvernement irlandais, ajoutés à l'aide financière de l'Union Européenne.

Le tube et la boîte du miroir du télescope de 18 m de long ont été restaurés et un nouveau système de chaînes, de poulies, de contrepoids, de treuils et de leviers a été installé pour actionner le télescope, de même que des mécanismes d'ajustement fin en altitude et azimut. Les trois galeries mobiles d'observation ont été reconstruites et sont opérationnelles. Tous les mouvements sont maintenant contrôlables hydrauliquement ou électriquement.

Michael Tubridy, Ingénieur structure du projet, a consacré plus de deux ans de recherches pour établir des plans sur la base d'informations collectées auprès d'une grande variété de sources, y compris dans les archives historiques du Château de Birr.

Les photos d'époque du télescope prises par Mary, épouse du 3<sup>ème</sup> Comte, se sont révélées une très précieuse source de référence. En outre, des fouilles sur le site même du télescope ont permis de retrouver quelques pièces des mécanismes du télescope comme des contrepoids, des galets de guidage et un morceau de crémaillère.

Il serait d'ailleurs plus exact de qualifier l'ensemble de l'opération comme une re-création de l'observatoire, car seuls les murs supports et le cardan ont été effectivement restaurés. Pour le nouveau tube du télescope on n'a réutilisé que moins de 10% des planches d'origine et tout le nouveau revêtement de bois est posé sur une structure circulaire en acier soudé. Pratiquement toutes les pièces métalliques utilisées, telles que les poulies et les contrepoids ont été refaites.

Un système informatisé de motorisation a été installé, avec possibilité de contrôle manuel. Un programme informatique permet aussi de faire tous les jours des démonstrations de l'opération et de la mobilité du télescope.

De grands efforts ont été faits pour cacher tout composant moderne de façon à atteindre l'objectif de reconstruire le "Léviathan de Parsonstown" dans son aspect de 1845.

L'ébauche d'un nouveau miroir a été moulée par Péchiney Aluminium et l'usinage, la taille et le polissage du miroir ont été réalisés par le Laboratoire de Science Optique à l'University College de Londres. Il est en alliage d'aluminium résistant au ternissage, contrairement au miroir d'origine, et il pèse à peu près le tiers du poids des miroirs métalliques du 3ème Comte.

### **10-Marc, j'aimerais pour conclure que tu puisses nous dire quelles étaient les motivations profondes de ces lords astronomes ?**

On peut citer le Dr. Thomas Romney Robinson, alors Directeur de l'Observatoire d'Armagh :

"Lord Oxmantown [son titre avant la mort de son père] est sur le point de construire un télescope de dimensions inégalées. Il projette de lui donner une ouverture de 6 pieds [1,80 m] et une focale de 50 pieds [15 m]... Son caractère nous donne l'assurance que [ce télescope] sera consacré, sans la moindre réserve, au service de l'astronomie, et l'énergie qui peut accomplir un tel triomphe ainsi que la générosité avec laquelle il met ses découvertes à la disposition de tous dans cet art difficile, doivent être reconnues à juste titre comme parmi les plus hautes distinctions d'Irlande."

Citons aussi le 3<sup>ème</sup> Comte lui-même lors de son discours présidentiel à l'assemblée de 1854 de l'Association Britannique pour l'Avancement de la Science : "L'amour de la vérité ; le plaisir que l'esprit ressent à surmonter les difficultés ; la satisfaction de contribuer à alimenter le fonds du savoir ; la passion d'une quête si noble que celle de plonger dans les merveilles de la création ; voilà de très puissants aiguillons vers l'effort..."

Merci infiniment Marc pour la bien belle balade irlandaise à laquelle tu nous a conviés. Merci aussi pour ton investissement important dans ce partage apprécié, je n'en doute pas, par tous les auditeurs.

**ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL en Egypte**  
**du 29 mars 2006 (41<sup>ème</sup> émission)**  
**(émission diffusée les 3, 16 et 20 mai 2006)**

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Bonjour bien sûr à Odile et à Max. Bienvenue à tous les auditeurs, aux habitués et aux nouveaux, pour notre 41<sup>ème</sup> émission mensuelle, qui va à nouveau nous raconter de bien belles expéditions en terres lointaines, lors de l'éclipse totale de soleil du 29 mars dernier. Les conteurs d'aujourd'hui, membres de la SAPO, sont d'abord Odile Wurmser, une grande habituée de la VDB, qui nous amènera en terre africaine, en Egypte et Max Bonafos, qui, pour sa part, nous conduira vers les terres asiatiques, en Turquie. D'ores et déjà, je peux aussi vous annoncer que l'émission du mois prochain poursuivra le récit de ces lointaines expéditions « zécliptiques », avec deux rendez-vous au Niger et en Libye. Et maintenant, préparez-vous, nous allons sous peu décoller pour l'Egypte avec Odile aux commandes.

**1-Odile, juste avant le décollage, peut-être pourrais-tu nous dire, comment cette expédition s'est-elle déclenchée ?**

**L'aventure a commencé il y a plus d'un an, puisque c'est en mars l'an dernier, que Serge Koutchmy, astrophysicien à l'Institut d'Astrophysique de Paris-CNRS, a proposé aux membres du Conseil d'Administration des Observateurs Associés de participer avec son équipe d'astronomes à l'observation de l'éclipse totale de Soleil du 29 mars 2006. Spécialiste du soleil, Serge Koutchmy a travaillé quatre ans à l'observatoire de Sacramento Peak (USA) et a participé à l'observation de plus d'une douzaine d'éclipses totales, notamment à bord du Concorde 001. Cinq Observateurs Associés ainsi que Jacques-Clair Noëns, responsable de l'observation de la couronne solaire au Pic du Midi et Raphaël Jimenez son technicien ont répondu présents à cette formidable proposition. Observer une éclipse totale de Soleil et qui plus est au sein d'une équipe d'astronomes professionnels, que pouvait-on rêver de mieux !!**

**2-Odile, et pourquoi avoir choisi l'Egypte ?**

La bande de totalité de l'éclipse couvre plusieurs pays, comme le montre cette émission : Niger, Libye, Egypte, Turquie. C'est Serge Koutchmy qui fait le choix, ce sera l'Egypte.

Deux raisons :

- D'une part, la météo : à priori il y a de fortes chances pour que le beau temps soit avec nous dans ce pays,
- D'autre part, la Libye semblait moins certaine d'un point de vue politique (l'avenir nous prouvera le contraire...).

**Au départ le site d'observation choisi était « AS SALUM » petite ville (latitude = 31°34'9,2'' ; longitude= 25°06'18'') située au Nord Ouest de l'Égypte, juste à côté de la frontière libyenne. Nous devons nous installer sur le toit de l'école et faire de la vulgarisation d'astronomie auprès des élèves dans le cadre d'une collaboration franco-égyptienne.**

**Le mois précédent notre départ nous avons appris que le toit de l'école n'était, pour des raisons de sécurité, plus disponible et que c'était sur le toit de l'hôpital militaire que nous allions nous installer.**

**3-Odile, je te propose maintenant de décoller et puis tu vas nous dire comment cela s'est ensuite passé.**

Une fois arrivés sur place les choses se sont déroulées encore de façons différentes. Les autorités du Caire nous avaient accordé les laisser-passer pour séjourner sur le site pendant les 10 jours précédant l'éclipse, mais c'était sans compter sur les querelles de hiérarchie. Deux heures de discussion n'ont pas réussi à faire changer d'avis le gouverneur du district d'As Sallum qui se moque bien des accords passés avec les autorités de la capitale. Lui seul décide

dans son district et il n'a aucune envie de donner des laisser-passer à une bande d'astronomes équipés d'instruments qui lui semblent bien bizarres et qui plus est veulent s'installer 10 jours avant ce fameux événement dont il a entendu parler bien sûr mais dont il ne sait certainement pas vraiment en quoi il consiste. La veille et le jour même de l'éclipse OUI mais pas avant !! Et du toit de l'hôpital militaire il n'est plus question mais juste de l'enceinte de la station météo située sur le plateau, non loin de la frontière Libyenne.

**L'expédition commence fort mal. Serge Koutchmy a plutôt l'habitude qu'on lui déroule le « tapis rouge » lors de ses voyages d'éclipses. Il ne comprend pas ce qui se passe alors que tout semblait entendu avant notre départ et s'en trouve fort contrarié, tellement contrarié qu'il en tombe malade : une pneumopathie qui ne le lâchera pas du séjour et qu'il ramènera en France après l'éclipse.**

**Dans ces conditions et après concertation de tous, il est décidé de s'installer pour l'observation de l'éclipse à l'hôtel de Sidi Barani, à 95 km de la centralité. En faisant ce choix, nous abandonnons 1 minute 19s de totalité et quand on connaît l'importance des secondes lors de cet événement on peut comprendre notre déception. Mais hélas nous n'avons pas le choix... Seules trois équipes ayant une instrumentation légère iront à As Sallum. Les autres installeront leur matériel autour de l'hôtel.**

**4-Odile, vous étiez donc sur les lieux très en avance, une dizaine de jours avant la date de l'éclipse. Sans vouloir être trop indiscret, comment avez-vous occupé votre temps ?**

**L'éclipse a lieu le mercredi 29 mars, mais c'est le dimanche 20 mars que nous quittons Toulouse pour rejoindre le Caire. 10 jours en avance s'écrient certains mais qu'allez-vous donc faire ?? Effectivement ça peut paraître long mais à l'usage nous allons nous rendre compte que ces 10 jours sont vraiment nécessaires pour nous installer et faire face à tous les problèmes qui n'allaient pas manquer de se poser à nous.**

**Deux malles contenant la plus grande partie du matériel avaient été envoyées par Serge avant notre départ de France. Les astronomes égyptiens du Caire les ont réceptionnées et nous les ont apportées sur place. Quelle ne fut pas notre surprise en les ouvrant de constater que tous les instruments avaient été démontés par la douane et marqués de leur sceau, même jusque sur la tranche des miroirs. Décidément nous paraissions vraiment suspects aux yeux des autorités....Nous avons en plus avec nous en permanence trois policiers pour nous surveiller : protection ou suspicion, on ne saura jamais : les deux je pense !**

**Autre mauvaise surprise, une des caméras emmenée qui fonctionnait parfaitement en France, refuse obstinément d'acquiescer la moindre image. Après une journée de tentative de réparation nous devons nous rendre à l'évidence, elle n'avait pas supporté le voyage....déception car cette caméra très performante était destinée à l'observation de la couronne dans l'Infrarouge. Nous n'avons rien d'autre sur place pour la remplacer qu'une caméra webcam de qualité nettement inférieure qui aura certainement beaucoup de mal à détecter le faible signal émis par la couronne à cette longueur d'onde. Mais c'était mieux que rien.... Les 10 jours qui précèdent l'éclipse se sont donc passés à installer les manips, à trouver le meilleur temps de pose, la meilleure mise au point pour arriver fin prêts le jour J. Nous avons pensé à emmener tout un tas de matériel de bricolage de France mais bien sûr il nous manque toujours la rondelle du bon diamètre, l'écrou du bon format, la clé Allen adéquate etc.... heureusement l'enceinte de l'hôtel se révèle être une mine d'or de ce côté là et il suffit de baisser la tête et de marcher un peu pour trouver son bonheur par terre !! Ces 10 jours nous paraissent bien courts et pour ma manip. par exemple, après avoir pas mal galéré pour installer l'instrument (objectif+caméra) sur un pied apporté par Serge Koutchmy, ce n'est que la veille de l'éclipse qu'une solution efficace est trouvée et sans les efforts de tous et les miracles accomplis par Jimmy, le technicien de l'Observatoire du Pic du Midi et roi du bricolage, elle n'aurait pu être mise en œuvre. Merci à tous ! Et dire que j'avais chez moi une monture équatoriale qui aurait été parfaite pour cette manip. et que j'aurai pu glisser dans ma valise. Ca me servira de leçon pour la prochaine fois !!**

**5-Odile, tu parles de manipulations, de manip. Mais, est-ce que l'on peut dire qu'il y a encore un intérêt scientifique à l'observation en direct d'une éclipse totale ?**

**Oui, l'intérêt d'une éclipse totale de soleil est l'observation de la couronne solaire, cette atmosphère, qu'on ne peut observer que pendant les quelques précieuses minutes de totalité.**

**La physique de la couronne solaire présente encore de nombreuses inconnues et il est nécessaire d'obtenir des photos les plus précises possibles de la structure de cette couronne afin de lever ces interrogations. Il faut savoir que la couronne se compose de plusieurs parties et entre autres la couronne E couronne d'émission composée d'éléments, essentiellement d'ions, qui émettent des radiations. Parmi ces éléments on note le fer XIV, c'est à dire un atome de fer qui a perdu 13 électrons.**

**6-Odile, tu as évoqué tout à l'heure les problèmes liés à la manipulation dont tu avais la charge. Mais pourrais-tu, en particulier pour les plus initiés de nos auditeurs, détailler l'objectif de ta manip ?**

**L'objectif de ma manip. était de tenter une détection la plus lointaine et faible possible de la couronne en émission à la longueur d'onde du Fer XIV à 5303 Å puis en dehors de la raie dans le continu. Pour obtenir une telle image il faut choisir un temps de pose relativement long, c'est-à-dire 2 secondes, entraînant forcément une saturation des structures basses de la couronne. Une caméra MEADE, DSI pro était placée au foyer d'un objectif Soligor de 135 mm. Lors d'un séjour au Pic du Midi en janvier avec Benjamin Massart, nous avons installé le logiciel d'acquisition de la DSI sur le PC portable des OA, et je m'étais entraînée à utiliser ce logiciel un peu compliqué et peu convivial. Le nouveau filtre interférentiel acheté par SK qui allait servir à cette manip. était placé sur un barillet inclinable construit à l'IAP (Institut d'Astrophysique de Paris). Avec un monochromateur, Serge avait au préalable étalonné le filtre en longueur d'onde. De cette manière, l'angle du plan du filtre avec l'incidence normale pouvait être déterminé en fonction de la température pour que la bande passante du filtre soit centrée correctement sur la raie verte. Le filtre n'étant pas placé dans un four thermostaté, il était très difficile de faire une bonne appréciation de sa température pendant les conditions de l'éclipse. Nous nous sommes basés sur la température de l'air mesurée un peu avant le 1er contact, à laquelle nous avons ajouté un degré pensant que le filtre pouvait chauffer un peu par absorption pendant la phase partielle. Le montage avait été protégé dans la matinée par une couverture de survie. Nous avons donc supposé que le filtre serait à environ 21-22 degrés C pendant la totalité et lui avons donné une inclinaison de 2.5 degrés. Nous ne sommes donc pas surs à cette étape, que les images obtenues avec cette position du filtre sont bien calées sur la raie. Ce n'est que lors du dépouillement des données que nous en aurons la confirmation.**

**7-Odile, nous sommes au jour J, au petit matin d'une grande journée. Comment se présente la situation ?**

La chance est avec nous car le seul jour de grand beau temps de tout le séjour fut le 29 mars, jour de l'éclipse. Ciel bleu coronal tout au long de la journée. Debout tôt matin, tout le monde s'affaire autour de son instrument. L'animation bat son plein, les journalistes et cameramen Égyptiens sont présents et ne comprennent pas vraiment pourquoi nous ne sommes pas disponibles pour répondre à leurs interviews. La veille au soir il avait fallu fabriquer des filtres « astrosolar » pour leurs caméras car, peu au courant des dangers d'une éclipse, ils pensaient regarder et filmer sans aucune protection...no comment...

L'heure H puis la minute M arrivent. La phase partielle se déroule sous nos yeux. Au début rien d'apparent, seuls les écrans d'ordinateur attestent du phénomène. Mais petit à petit la luminosité baisse, la température se rafraîchit (on a relevé jusqu'à 5° en moins lors de la

totalité), alors que le disque lunaire grignote lentement mais inexorablement le soleil. L'ambiance extérieure se modifie, les personnes présentes aussi changent d'attitude, et même si on ressent l'excitation, les paroles se font plus rares, les souffles des spectateurs se retiennent quelques instants avant le début de la totalité pour lâcher des « oh » contenus, remplis d'émerveillement comme pour retenir ce spectacle grandiose qu'ils savent fugitif.

C'est curieux, je vis l'événement de façon dédoublée. Une partie de moi entend ce qui se passe à côté, un peu comme dans un rêve, alors que l'autre partie se concentre de façon intense sur les gestes à accomplir pour réussir, pour faire face à l'imprévu qui ne va pas manquer de se présenter.

Un problème de centrage apparaît juste au moment du début de la totalité et perturbe le déroulement de mon observation. La tension est à son comble : ne pas s'affoler, rester concentrée pour trouver une solution rapide et efficace, c'est ce que je me répète sans cesse dans mon for intérieur. Je réussis à réaligner ma manip non sans avoir perdu des secondes précieuses d'enregistrement.... Cependant parfaitement consciente du spectacle aussi extraordinaire que rare que je suis en train de vivre, une fois ma manip. relancée, je prends quelques instants, courts certes, mais inoubliables, pour admirer et ressentir la magie de l'éclipse. Vénus à l'Ouest, étincelante, me fait un clin d'œil... Il y a des secondes qui passent plus vite que d'autres dans la vie et celles-ci sont du genre fulgurantes. Tout tourne dans l'Univers, la Lune passe son chemin, il est 12h42m34s et le diamant, le premier rayon du soleil qui émerge, arrive. Il faut impérativement protéger à nouveau les yeux, les instruments et remettre lunettes et filtres. C'est déjà fini.....

Un rapide bilan me montre que, malgré les problèmes j'ai réussi à faire une série de 9 images centrées dans le continu puis une série de 10 images centrées sur la position supposée être dans la raie verte. Nous sommes tous fatigués mais heureux. On se regarde, on ne dit rien, tout passe par les yeux et le même sentiment de bonheur se lit sur les visages.

### **8-Odile, et s'il fallait résumer l'essentiel de cette expédition, que retiendrais-tu, en conclusion ?**

Vivre une éclipse totale de soleil au sein d'une équipe d'astronomes professionnels a été pour moi une expérience unique et passionnante. Une ambiance particulièrement chaleureuse et amicale a régné au sein de l'équipe tout au long de cette expédition. Certes nous avons eu beaucoup de problèmes mais ils n'ont en rien ni à aucun moment altéré la bonne humeur générale. J'ai eu l'occasion de rencontrer des astronomes amateurs de grand renom dont j'avais pu admirer les photos dans les journaux d'astronomie, des gens d'une extrême simplicité et gentillesse qui ont partagé avec nous leur expérience.

D'un point de vue scientifique j'ai beaucoup appris et je suis heureuse de ramener quelques belles images de la couronne solaire en espérant qu'elles serviront à compléter la moisson des images engrangées par les autres manips et que mises bout à bout elles serviront à faire avancer la connaissance du soleil et répondre aux nombreuses questions restées encore pour le moment sans réponses.

A peine de retour nous pensons déjà à la prochaine éclipse, le 1<sup>er</sup> août 2008 en Sibérie....Mais c'est un véritable virus ces éclipses....

Une fois de plus, Odile, il me reste à te remercier pour ton superbe témoignage au pays des pharaons. Et maintenant avant d'aborder avec Max la 2<sup>ème</sup> expédition au pays des sultans en Turquie, une pause musicale de circonstance nous est offerte par Karine.

## **ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL en Turquie (Emission n°41, suite n°2)** **du 29 mars 2006**

**Nous sommes donc avec Max Bonafos. Max, qui anime, il faut bien le dire, les cours d'initiation à l'astronomie à la SAPO. Nous sommes juste avant le décollage pour la Turquie.**

**1-Max, juste avant de rejoindre la Turquie, pourrais-tu nous conter la genèse de cette belle aventure familiale.**

En fait cela faisait quelque temps que nous avons décidé de partir observer en famille, cette éclipse du 29 mars 2006, surtout après la réussite de notre expédition d'août 1999. Mais la problématique, c'était, où aller la voir ? Bien sûr le meilleur endroit pour avoir une durée maximale d'observation, c'est-à-dire, un peu plus de 4 min, et une bonne probabilité de beau temps, ça compte aussi quand on fait de l'astronomie, c'était la Libye. Donc, nous voilà partis à compulsier les catalogues des tours opérateurs et à rechercher les voyages organisés par différentes sociétés d'astronomie. Les mois passés et nous ne trouvions rien qui nous satisfasse totalement, car en plus se posait une autre problématique, notre fils nous accompagnant, il fallait trouver une durée de voyage ne pénalisant pas trop son parcours scolaire, et oui les phénomènes astronomiques n'ont pas toujours la bonne idée de tomber pendant les vacances scolaires. Donc, rien n'était bouclé lorsque, fin 2005, un courriel tombe sur la liste de correspondance de la SAPO nous informant que des membres de la SAP (la Société Astronomique de Toulouse) recherchaient des personnes pour compléter un groupe désirant observer l'éclipse en Turquie. Avec le message était joint, en plus des caractéristiques de l'observation, un programme touristique qui avait l'air alléchant. Nous voilà partis sur Internet pour évaluer cette proposition, bien sûr la qualité de l'observation de l'éclipse mais aussi celle de l'intérêt touristique, pour que tout ne soit pas perdu si par hasard le temps nous réservait une mauvaise surprise. Notre réflexion n'a pas duré longtemps, bien que nous ne connaissions pas trop le groupe organisateur notre décision était prise, nous en serions. Et franchement nous sommes loin de regretter notre choix coup de cœur. Tout a été parfait, un groupe super sympa, des visites superbes et une éclipse comme dirait notre fils « trop mortelle ».

**2-Max, qu'est-ce qui a été déterminant dans le choix de ce déplacement en Turquie ?**

L'éclipse parlons en justement, une éclipse de soleil on connaît, c'est bien sur la lune qui vient masquer notre astre du jour le soleil, mais une éclipse de soleil en Turquie c'est quoi ? D'abord la possibilité de pouvoir choisir une multitude de lieux d'observation, en effet le cône d'ombre de l'éclipse traversait la Turquie de la côte méditerranéenne à la côte de la mer noire via le plateau anatolien. Ensuite la Turquie possède une infrastructure touristique à toute épreuve, et cela peut aider dans certains cas, pour l'hébergement, le transport, ainsi que pour tout soutien logistique lorsque cela est nécessaire.

Le choix de notre groupe s'est porté sur la fabuleuse région de la Cappadoce pour implanter notre lieu d'observation. Plus particulièrement pour la ville de Hacibektas pour son emplacement pile poil sur la ligne de centralité ce qui nous a donné une durée d'éclipse de 2h33 min dont 3min 42 réservées à la totalité, c'était moins que le maximum observable mais néanmoins c'était pas mal, par contre au mois d'avril ce n'était pas gagné pour le temps, la neige venant à peine de fondre sur le plateau anatolien qui se trouve quand même à un millier de mètres au dessus du niveau de la mer.

**3-Max, il me semble que dans votre expédition, la dimension touristique n'était pas négligeable, alors pourrais-tu nous parler de ce voyage, de votre groupe et puis peut-être aussi nous livrer quelques anecdotes ?**

Avant d'arriver à l'observation proprement dite il y a le voyage, ce voyage qui en fait a été l'écrin enchâssant ce joyau qu'a été cette éclipse totale de soleil. Imaginez :

un groupe de 14 astronomes amateurs, dont deux de 10 et 12 ans, groupe aussi professionnel lors de l'observation de l'éclipse que baroudeurs rigolards en tout temps. L'exemple le plus frappant c'est quand notre car a explosé une durite, je vous dis pas la fumée, et bien nous avons profité du passage par la case garage pour improviser un cours sur les Hittites prodigué par nos deux historico astronomes de service, le tout agrémenté comme il se doit de café (turc bien sur) et de loukoums.

Ce voyage c'est aussi Istanbul avec son palais de Topkapi (et son trésor), sa Mosquée Bleue, les mosaïques de Sainte Sophie, le Grand Bazar et bien sur ses croisières sur le Bosphore et la Corne d'or chère à Pierre Loti.

Et comment vous décrire la suite, que penser du site d'observation de l'éclipse, la Cappadoce. Un immense plateau où se dressent au milieu des amandiers en fleurs une multitude de cheminés de fées toute différentes les unes des autres avec en arrière plan les deux volcans créateurs de cette région !!!!! Que dire aussi de ces sites troglodytes, maisons, greniers, pigeonniers mais aussi églises rupestres décorées de splendides fresques ou forteresses souterraines pénétrant parfois jusqu'à 150m sous terre, superbe.

**4-Max, excuse-moi, c'est une émission d'astronomie. Nous allons devoir parler un peu de l'éclipse. Nous sommes au jour J tant attendu, peux-tu nous raconter cette journée mémorable.**

Enfin c'est le jour de l'éclipse, départ de l'hôtel à 8 heures du matin pour un trajet de 60 Km environ pour nous rendre sur le lieu de l'observation, enfin plutôt dans la ville d'Hacibektas, ville qui avait la bonne idée de se trouver sur le passage du centre de l'ombre de l'éclipse et qui dit centre dit durée maximale d'observation. Car, pour ce qui est du lieu d'observation proprement dit, c'était l'inconnu. Arrivés sur site nous découvrons une colline surplombant la ville mais aussi l'immense plateau que nous venions de traverser. Décision est prise de se diriger vers ce promontoire pour s'apercevoir que c'était en fait un lieu de pèlerinage dédié à un sage musulman « Bektas Ali » né ici et fondateur d'un ordre de derviches au XIII<sup>e</sup> siècle. Renseignements pris, nous apprenons que nous sommes les bienvenus et que moyennant le prix d'entrée habituel de ce lieu saint, nous pouvons y installer nos instruments. Nous pénétrons donc sur ce site et nous nous rendons compte que d'une part, nous ne serions pas seuls, car estrades et animations étaient en train de se mettre en place mais qu'en plus nous aurions toutes les commodités possibles pour y passer la journée, eau et petit coin étaient présents, et nous pouvions même faire nos emplettes comme sur tout lieu de pèlerinage. Mais ce que nous cachait cet endroit nous le découvrîmes une fois la colline gravie. C'était une vision de 360 degrés sur un plateau s'étendant à perte de vue avec en plus, côté sud un des deux volcans créateurs de la région comme toile de fond, une vision fantastique, c'était le lieu idéal pour observer cette éclipse. Et le temps, me diriez vous, pour le temps nous avions un beau soleil mais avec quelques sirius en altitude et des masses nuageuses plus compactes en formation qui commençaient à nous inquiéter. Pour l'instant, nous étions les premiers sur site et donc nous avons pu choisir notre emplacement pour commencer à monter nos instruments d'observation et photographique. A 10 heures, tout était installé.

Les appareils photos avec leur téléobjectif de 100 mm et les caméscopes étaient prêts à entrer en action, les jumelles équipées de leurs filtres et les lunettes spéciales éclipse étaient sorties de leur sacoche. Pour ma part, j'avais amené une lunette astronomique de

80 mm d'ouverture et de 600 mm de focale équipée d'un filtre pleine ouverture et montée sur un simple pied photo. En fait, j'ai fait ce choix pour me permettre de voyager léger (habituellement mon matériel astro pèse plus de 30 Kg) mais j'ai aussi fait ce choix pour pouvoir réaliser et faire partager l'observation visuelle du phénomène car lorsqu'on est accaparé par la prise de vue photographique, on loupe une grande partie de l'émotion liée à l'ambiance qui règne lorsque notre soleil s'éteint et que malgré nous, nous nous demandons s'il va bien réapparaître. En vérité, j'avais néanmoins préparé mon appareil photo au cas où.

11 heures, le site se peuple d'autres Français arrivent et s'installent comme nous c'est-à-dire allégrement dispersés, puis les Anglais qui veulent bien sur la place des Français et donc se mélangent à nous, les Allemands pour leur part restent sur la crête bien alignés derrière leurs instruments et devant leurs sièges numérotés. Les Français bien sûr s'étaient installés sur des rochers. Les officiels Turcs ayant podium et musique d'ambiance, ce qui en passant était très agréable.

### **5-L'évènement se précise, le compte à rebours est déclenché. Max, pourrais-tu nous faire vivre, comme en direct, ces instants magiques.**

12 heures, plus que 46 mn et 17 secondes, dernières vérifications de notre matériel, entre autres on vérifie que le thermomètre permettant de relever la courbe des températures pendant l'éclipse est bien protégé de la lumière directe et du vent, ceci étant réalisé à l'aide d'un sac à dos protégeant le capteur, l'étiquette avion du bagage faisant office d'anémomètre.

12 heures, c'est aussi l'heure d'attaquer nos sandwiches préparés par notre guide et notre chauffeur. Les nuages se font aussi de plus en plus menaçants, ils ne sont pas nombreux mais il suffirait d'un pour tout gâcher.

12 heures 40 tout le monde est à son poste qui derrière son appareil photo qui derrière ses lunettes ou jumelles, qui devant son thermomètre.

12 heures 46 mn, plus que 17 secondes avant le début de l'éclipse et quelles sont longues ces secondes, et si les éphémérides étaient fausses, et si c'était pas là que l'éclipse se déroulait ??? Et bien non à l'heure juste, la lune vient mordre le soleil, c'est le premier contact, et clic sur la compact flash et oui, je n'ai pas résisté à immortaliser l'évènement comme on dit. Par la suite je prendrais une photo tous les quart d'heure en entrecoupant ces prises de vue par des observations visuelles ouvertes à tous et du public il y en a ! Derrière moi retentit un « Maman trois minutes », c'est mon fils qui sert de chronomètre parlant pour sa mère qui a la lourde tâche de relever les températures à intervalles réguliers. En fait c'est un membre de la SAP qui a monté cette manip mais comme il était pris par ses prises de vue il a dû déléguer. Un spectateur possédant une montre altimètre nous a aussi fourni des indications sur la variation de la pression atmosphérique observée pendant la totalité de l'éclipse. En fait, la température a chuté de 5 ° entre le début de l'éclipse et sa totalité.

14 h 01 plus que 56 sec avant la totalité, c'est le moment de retirer le filtre et de désaxer ma lunette du soleil en effet même à quelques dizaines de secondes avant la totalité la lumière émise par le soleil reste intense. Plus qu'1, 2 à 3 secondes vite je réaxe ma lunette sur le soleil et clic voila le diamant mis en boîte (le diamant, c'est le dernier rayon de soleil perceptible avant la totalité), une inspiration et c'est le noir notre astre du jour est masqué par notre satellite tout va alors très vite, et oui, pendant 3 min et 42 sec tout vous assaille d'abord réaliser les photos que vous vous étiez juré de ne pas faire cette fois, et les réaliser le plus vite pour profiter du spectacle (et quel spectacle !), c'est à vous couper le souffle, cette lumière ocre rougeâtre qui vous enveloppe avec cette température qui chute brutalement, ce ciel où la lune est entourée par la couronne émise par le soleil et qui n'est

visible qu'en cette occasion, ces planètes et étoiles brillantes qui apparaissent comme par magie.

Et les nuages et bien ils sont restés gentiment éloignés pour notre plus grand bonheur.

3 min 42 secs pour enregistrer le plus d'impressions et de sensations que nul autre événement vous procure. Pour ma part, je regarde de tous les côtés à la fois, aux jumelles, à l'œil nu, encore quelques photos d'ambiance.

14h 05 min : ma montre sonne, plus que 38 secondes avant le retour de la lumière, je me positionne pour essayer de voir l'ombre de la lune nous quitter.

14h 5 min 38 sec la lumière revient, les gens applaudissent comme au spectacle, les bouchons de champagne sautent, moi je reste sonné, c'est ma troisième éclipse et j'ai toujours du mal à récupérer de mes émotions, après quelques minutes les commentaires fussent : tu as vu Vénus ? Et Mars ? Et Mercure ? Et la couronne tu l'as vue ? Et l'ombre quand elle est arrivée, c'était magnifique. Ca c'était mon fils et ma femme car moi je ne l'ai pas vue partir cette ombre, je regardais pas dans la bonne direction j'étais trop dérouté. Mais pas autant qu'un de nos observateurs qui lui a carrément oublié de retirer le filtre solaire de son appareil photo pendant la totalité mais sans doute beaucoup plus que le paysan qui labourait son champ et qui pendant la totalité a allumé ses phares pour continuer sa tâche. Et les commentaires continuent, et ça discute, tout le monde y va de son expérience, certains par exemple ayant observé le comportement d'un chien de prairie pendant l'obscurité. Oui mais pendant ce temps là l'éclipse continue, la prise de photo aussi sans oublier nos relevés de températures.

15 h 18 min 50 sec 51 sec et c'est la fin, quel spectacle. Maintenant reste à plier notre matériel, retrouver notre car et notre voyage car le soleil étant de nouveau de la partie autant en profiter. Devinez le sujet de conversation dans le car nous ramenant vers notre hôtel, et bien c'était de savoir qui avait attrapé le plus beau coup de soleil, et oui nous venons de passer une journée à 1400m d'altitude sans protection avec un soleil qui n'a été masqué que 3 min et 42 sec.

### **6-Superbe évènement, superbe compte rendu, Max, comment s'est achevée votre expédition ?**

Nous quittons la Cappadoce le lendemain pour retourner sur Istanbul où nous profitons de nos derniers jours de voyage pour flâner dans le Grand Bazar, acheter épices et loukoums et couronner notre expédition par une balade sur le Bosphore. Maintenant reste un choix crucial la Russie en 2008, c'est là où j'ai vu ma première éclipse solaire en 1981 ou la Chine en 2009 ou les deux, et en plus c'est en pleine vacances scolaires « c'est trop cool comme dirait vous savez qui ».

**Eh bien Max, je suis persuadé que les auditeurs auront eu beaucoup de plaisir à vivre avec toi et ta famille, presque en direct, cette belle expédition en Turquie. Merci infiniment pour ta présence à Radio Voix du Béarn, je crois que c'était une première, mais sans aucun doute, il y aura des lendemains. D'ailleurs, les auditeurs auront remarqué que nos deux intervenants de ce jour sans concertation aucune, concluent leurs propos exactement de la même façon, Odile nous disant et je cite « A peine de retour nous pensons déjà à la prochaine éclipse, le 1<sup>er</sup> août 2008 en Sibérie. », et toi Max « reste un choix crucial la Russie en 2008 ou la Chine en 2009 ou les deux ». Encore un grand merci à tous les deux, et, on peut déjà annoncer la VDB sera présente avec vous ou à travers vous à l'éclipse totale le 1<sup>er</sup> août 2008 en Sibérie. Merci d'avance.**

Cette 41<sup>ème</sup> émission va s'achever, après l'Egypte et la Turquie aujourd'hui, le mois prochain nous conduira vers le Niger et la Libye, avec d'autres conteurs tous membres de la SAPO. L'association SAPO, qui regroupe une centaine d'adhérents, est énorme de dynamisme. Il est époustoufflant de penser qu'une dizaine de membres se sont répartis sur plusieurs continents pour profiter de cet évènement magique qu'est une éclipse totale de soleil : Egypte, Turquie, Niger, Libye. Il est même un astronome amateur ami Alain qui était à l'extrémité Est du Brésil, un autre Jean-Louis de la SAPO nous a envoyé des images de Laponie finlandaise, éclipse partielle en ce dernier lieu, comme chez nous en France. Quatre continents réunis pacifiquement : Amérique, Afrique, Asie et Europe. Oui, l'Europe, le Béarn n'étaient pas absents puisque les deux coupoles étaient ouvertes, celle de Sendets et celle de Saint Castin, où une mini expédition quasi spontanée avec force instruments d'observation et convivialité coutumière s'est déroulée parfaitement : une bonne trentaine de personnes, y compris une quinzaine d'étudiants emmenés par Claude et Jérôme, SAPOiens de la fac de sciences ; ces derniers propos ont été recueillis par notre envoyé spécial Henri Aurignac.

Chers auditeurs, chers amis, avec nos intervenants, il ne nous reste plus qu'à vous souhaiter, au cœur du printemps, de très belles observations et à vous adresser comme d'habitude notre astronomical bonsoir.

### **ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL (Emission n°42, suite n°3)**

**du 29 mars 2006 en Lybie  
par Alain Nectoux**

Eclipse en vue le 29 mars 2006, branle bas de combat dans la communauté des astronomes et voyages en perspective car la zone de centralité travers l'Afrique de gauche à droite et de bas en haut en partant du Niger puis toute la Libye un tout petit morceau de l'Egypte et la Turquie du côté de la Cappadoce. Des délégations de la Sapo se rendent donc en ces divers endroits et en compagnie de Patrick (Patrick Muller) et de Pierre (Pierre Saint Marc), nous vous proposons de nous suivre au cœur du désert libyen du côté de Jalu (prononcer jalou ... comme jaloux ).

Notre voyage est organisé par Astro-Gard (Aldo Cabanis l'initiateur) avec la collaboration de l'agence Voy'ailes (Catherine la responsable, propriétaire et accompagnatrice) qui fabrique des voyages sur mesure. La collaboration d'une agence de voyage est indispensable car en Libye les visas individuels ne sont pas accordés aux touristes solo et il vaut mieux avoir des relais locaux pour résoudre les problèmes pouvant éventuellement se faire jour au cours du séjour. Catherine était d'ailleurs allé à Jalu en février afin de procéder à une reconnaissance des plus minutieuses des trajets et du site.

Le départ est fixé la veille de la date fatidique, mardi 28 donc avec un retour le lendemain jeudi 30. Rendez vous à 6 h à Orly Sud, nous décidons donc de nous retrouver la veille au soir et de loger à l'Ibis

**d'Orly-Aérogare. Lundi 27, Pierre et Patrick prennent le TGV de 11h36 à Pau et moi un TGV en fin de matinée au Creusot.**

**Dans le TGV, Patrick reconnaît Zaza (allias La Fiancée du Désert, allias Isabelle Auvray) une OA sapoïenne qui avait terminé sa semaine au Pic le matin même. Pour pouvoir attraper ce TGV, elle avait eu la chance de bénéficier d'une voiture amicale pour l'emmener directement de La Mongie à Pau et surtout d'une benne très matinale lui permettant d'anticiper la relève car la veille au soir 50 touristes étaient restés bloqués là haut pour la nuit !!! (ça doit bien arriver une fois tous les deux ans). Merci le vent mauvais du dimanche soir ...**

**Comme nous l'avions décidé avant le départ, nous nous retrouvons à l'hôtel vers 19 h pour dîner ensemble. Mine de rien ce point qui pourrait paraître anodin est important à signaler car de ces trois jours, c'est pratiquement la seule chose, avec l'heure des quatre contacts, qui va se passer comme prévu, sans la moindre inquiétude ou incertitude ...**

**Rendez vous donc le 28 à 6h devant le comptoir de Tunisair, équipés des badges Astro-Gard qu'Aldo nous a fait parvenir dans la semaine, pour retrouver les autres participants, nos billets et nos passeports dont nous étions séparés depuis 3 mois (il faut 2 mois plus formulaires et photos pour obtenir un visa pour la Libye et pour la période de l'éclipse le prix des visas à été multiplié par deux ... et je ne parle pas de la taxe éclipse 40 € par jour sur place à ce moment là). Le groupe voyage sur deux vols Orly-Tunis puis regroupement pour le vol Tunis-Benghazi (vols réguliers Tunisair, nous apprécions ... ).**

**Il n'aura pas échappé au lecteur averti que le jour de notre départ, le 28, c'est aussi le jour choisi pour une grande journée d'action syndicale avec son cortège de perturbations dans les transports en commun terrestres et aériens ...**

**Pour se rendre de l'Ibis à l'aérogare il faut prendre la navette qui fait le tour de l'aéroport. En principe pas de problèmes à 6h mais ce jour là ... y a t'il des navettes ? Pas grave car étant arrivé tôt la veille j'ai eu le temps de repérer le comptoir Tunisair et aussi le cheminement piétonnier menant de l'hôtel à l'aérogare donc quoi qu'il arrive nous sommes sûrs d'être à l'heure au rendez vous ... Bon il y a des navettes tant mieux car avec les gros sacs ... Patrick bien que ne prenant que le second vol (à 12h45) nous accompagne à 6h en vertu d'une solidarité toute sapoïenne.**

**Nous retrouvons l'organisatrice Catherine, le passeport, les autres participants dont Michel Dumont un autre OA et le billet pour Tunis. Enregistrement des bagages, les deux vols sont annoncés à l'heure. Départ en salle d'embarquement pour un décollage à 8h. A 8h05 on nous annonce qu'en raison d'un mouvement social ... on va nous donner d'autres informations dans 15 mn. Effectivement après un quart d'heure on nous informe ... qu'on va nous donner d'autres informations dans 45 mn. Enfin embarquement et nous décollons avec 1h30 de retard, pas**

grave car on a 5 ou 6 heures d'attente à Tunis alors ... A l'arrivée nous sommes accueillis par la correspondante de Voy'ailes à qui nous apprenons que nous n'avons pas de billet pour Benghazi ! Le billet pour Benghazi est avec Catherine (et Patrick) dans le second avion qui pourrait bien, vu les circonstances, rester coincé à Orly ou arriver après le départ du vol pour Benghazi ... C'est le moment de rester zen car on a le temps (4h) pour qu'elle trouve la solution : avec l'informatique on devrait en principe retrouver la trace de ces billets donc pouvoir les rééditer à Tunis. OK ça marche la correspondante revient avec le sourire deux heures après et nous repassons par la case enregistrement (pendant ce temps certains en ont profité pour aller visiter Carthage en taxi). C'est le moment choisi par les passagers du vol de 12h45 pour nous rejoindre : ils sont partis pile à l'heure prévue, incroyable non ! Patrick nous raconte qu'en attendant son vol il est tombé sur David Romeuf qui devait partir voir l'éclipse en Turquie, devait car il venait d'apprendre que son vol était annulé et il tentait de trouver une autre solution dans l'urgence (1).

Vol d'une heure et demi sans histoire sur Benghazi, petit aéroport de campagne (on descend de l'avion par une passerelle à l'ancienne) où nous attendent les trois cars. On récupère tout le monde, un seul bagage manque à l'appel. Installation dans les cars et commence une longue attente (1h au moins) car il semblerait qu'un des guides parlant français n'est pas là alors qu'il devrait être là. Palabres ..., les trois cars finissent par démarrer vers 21h escortés par seulement six voitures de police. Direction plein sud pour Jalu où il est prévu que l'on dîne et passe la nuit avant d'effectuer tôt le mercredi les 80 km qui nous séparent du lieu d'observation. L'escorte nous abandonne à la sortie de l'autoroute après 150 km (il en reste 350) et nous continuons dans la nuit froide. Après plusieurs arrêts « techniques » dont le dernier vers 2 h près d'une station service où la fréquentation et le trafic se moquent de l'heure tardive, nous arrivons au campement vers 4 h après 7 h de somnolence dans les cars. Nous apprenons que le programme a été modifié : nous sommes arrivés directement sur le site d'observation situé à 5 km du centre de la centralité.

A l'arrivée au campement nous retrouvons (et faisons la connaissance pour la plupart d'entre nous) d'Aldo (d'Astro-Gard) qui nous a précédé avec le groupe effectuant le séjour numéro deux (combiné éclipse + une semaine dans le désert). Au courant des problèmes en France, il nous attend, très content et rudement soulagé de nous retrouver enfin tous sur place.

Notre groupe se scinde alors en deux : ceux qui vont essayer de dormir dans un grand hangar de toile où sont disposés quelques 150 matelas (ça rappelle le transit de Vénus en plus grand), bercés par le doux bruit du groupe électrogène d'à côté et sous la lumière crue d'ampoules nues que les gardiens ne veulent pas éteindre ; les autres ceux qui veulent « mettre en station », Patrick par exemple, reprennent un des bus qui les emmène sur la zone dévolue à Astro-Gard.

Vers 6h, après avoir vaguement dormi quelques minutes malgré le froid je sors pour me rendre compte de l'environnement et assister à un lever de soleil dans le désert. Il commence à faire jour et devant notre hangar sont installées ... quelques centaines (je n'exagère pas !) de tentes bleues 4 personnes parfaitement alignées et arrimées dans le sable. Une question me vient immédiatement à l'esprit « le type qui va aux toilettes la nuit comment il fait pour retrouver sa tente dans le noir ? » la réponse ne me paraît pas évidente (tiens en parlant de toilettes il y en a une cinquantaine très confortables, comme chez vous, avec éclairage et chasse d'eau qui marche s'il vous plaît, tout ça en plein désert ... ) je me dis qu'il doit rentrer dans n'importe laquelle puisqu'elles se ressemblent toutes. Rassuré je me rends face à l'est où commence à poindre les premières lueurs d'une aube annonciatrice d'une grande journée. Alors là c'est désert de chez désert : tout plat, du sable, encore du sable et pas le moindre brin d'herbe en vue.

Vers 7 h tout le monde est sur pied et nous devons tout remballer car ce soir il n'est pas sûr que nous revenions dormir ici; il serait question en effet d'envisager la possibilité d'aller dormir dans des tentes plus confortables que le hangar. Nous revoilà reparti avec nos gros sacs dans nos cars pour rejoindre la zone d'observation réservée à Astro-Gard à 500 m de l'endroit où nous avons passé la nuit (ou plutôt la fin de la nuit). C'est un grand carré de sable matérialisé par des bandes de plastique rouges et blanches et quelques parasols de plage (mais la mer est loin ...). Je retrouve Patrick qui est en poste depuis 4h mais nous perdons Pierre que nous ne reverrons, malgré nos recherches, qu'après le quatrième contact. L'ETX 90 et le Maksutov (prêté par Henri) sont en station avec leurs contre-poids en sable du désert. C'est fou d'ailleurs ce que ces contre-poids auront comme succès auprès des cameramen des télé libyennes qui rôdent en peu partout dans le campement. Ils s'attardent longuement sur la boîte de café vissée sur la boîte de bonbons Haribo. Leurs commentaires célèbrent l'esprit de débrouillardise de ces français (à moins qu'ils ne disent «regardez les pôvres ils n'ont même pas de quoi s'offrir un vrai télescope ... » ma traduction n'étant pas certaine) alors que dans le carré d'à côté les allemands font briller leurs lourdes rondelles métalliques qu'ils ont trimbalées depuis Frankfort.

Il n'y a plus qu'à attendre, le premier contact étant dans trois bonnes heures. J'en profite pour faire le tour du campement pendant que Patrick surveille nos sacs et son matériel (il a monté l'APN sur le Maksutov et l'argentique sur l'ETX). Encore des tentes, des petites rouges à deux places rangées en carré (j'en dénombre 240) avec des gens qui se réveillent et des instruments pointés vers le ciel, des grosses vertes alignées comme celles de ce matin, des grosses roses (ou rouge passé on ne voit plus très bien la couleur d'origine ... ) enfin des centaines de tentes réparties en secteur. Les libyens attendaient 5 à 10000 personnes, nous ne serions que 3000 mais ils ont réussi à monter de toutes pièces un gigantesque terrain de camping avec toutes les facilités (restaurants, pompiers, héliport, eau, électricité, WC ...) et ce en plein milieu de nulle

part. Finalement la taxe éclipse était probablement justifiée vu le travail d'installation que cela représente.

Pour tuer le temps, petit tour vers les marchands de souvenir (tee-shirts, timbres, tasses, casquettes ...) sympa et pas du tout agressifs comme dans certains pays d'Afrique. Un coup d'œil aux instruments : trois petites taches sont bien visibles en bas, donc en haut là haut. C'est aussi le moment que choisi Hubert REEVES soit même pour venir prendre la pose près du tee-shirt Sapu que porte Patrick. Poignée de main on échange quelques paroles ... c'est aussi un des moments forts de cette éclipse !

Attention 11h 08mn 28.9s quelqu'un égrène les secondes ... top premier contact : parfait ! Encore un fois les calculs sont justes ! On se regarde d'un air entendu et les APN entre en action pour le début des chapelets.

Tiens, là bas au loin il semble qu'il y ait du monde, en tout cas des silhouettes. Aux jumelles, ça fait comme un mirage on dirait qu'ils marchent sur l'eau. Mais oui, ils marchent vers nous, ils soulèvent plein de poussière, ils sont au moins un millier. C'est impressionnant et vaguement inquiétant de voir tous ces hommes arrivant de nulle part et qui petit à petit se rapprochent du campement, d'autant qu'avec la distance on n'arrive pas à voir s'ils sont armés jusqu'aux dents. Après un long moment, contact : ils nous mitraillent avec leurs petits appareils photo et les moins timides ou les plus curieux franchissent les piquets pour venir flairer nos instruments de près, sûr qu'ils n'ont pas tous les jours l'occasion de voir un tel déploiement de matériel. Il y a maintenant beaucoup de monde dans la zone réservée. Trop pour moi, j'en profite pour m'éclipser vers un endroit moins peuplé un peu à l'extérieur du campement. Là aussi, il y a du monde mais c'est plus dispersé, une ou deux personnes tous les vingt mètres c'est plus calme et ça me convient. Il y a aussi des rangées de télescopes : une dizaine côte à côte puis cinquante mètres plus loin, une autre rangée : tout cela reflète une certaine organisation ... J'installe mon vieil F3 entre un allemand qui a apporté sa table, sa chaise et son télescope (et sa monture ...) et une japonaise qui fait toutes sortes de relevés : luminosité, direction et intensité du vent, température et d'autres trucs encore ...elle est très occupée ...

L'heure du second contact (12h26mn37) approche. La température ne me semble pas avoir baissé de façon importante (rien à voir avec l'éclipse annulaire d'octobre où nous claquions des dents !) et le vent n'est pas très violent en tout cas beaucoup moins qu'en 1999 si mes souvenirs sont exacts. La lumière devient bizarre. Le croissant de soleil se fait très fin et à ma droite (donc à l'ouest) je peux nettement distinguer une zone beaucoup plus sombre sur l'horizon. Entre une photo, un coup d'œil en haut et un coup d'œil à droite, second contact, derniers rayons, on y est ! Une clameur monte du campement, j'ai bien fait de prendre mes distances ... Spectacle à la fois magique et émouvant, cette lune noire qui

brille quand même dans le ciel ... La couronne est irrégulière, un peu aplatie, quadripolaire quoi ! (2), je ne vois pas de protu ... l'obscurité me semble moins importante qu'en 99 peut être à cause de cette lueur orangé qui ceinture l'horizon sur 360°... dans le ciel sombre, pas beaucoup d'étoiles, Vénus peut être ...

Premier rayon, troisième contact (12h30mn44), photo, photo, pellicule finie ... le fin croissant solaire revient vite, ma seconde éclipse totale se termine ... Encore quelques photos d'ambiance avec une nouvelle pellicule. Je replie le matériel et je reviens lentement vers Patrick. Son argentique s'est coincé après 8 photos mais il a vu les ombres ondulantes lui ! Heureusement il avait aussi l'APN ! On commence à démonter le matériel. Certains continuent pour finir le chapelet. Il est 13h30.

Après le quatrième contact (13h50mn04), si l'éclipse est terminée le voyage ne l'est pas. Le matériel a fini par reprendre place dans les gros sacs et nous partons retrouver les autres membres du groupe près des cars qui stationnent pas loin. Il n'y a plus grand-chose à faire en attendant le départ la nuit prochaine prévu à 4 heures. Nous retrouvons Pierre qui a filmé les événements. Le déjeuner est prévu dans une grande tente climatisée (50x20 m ...) et il y a foule. Nos camarades du séjour deux repartent déjà pour la fin de leur circuit touristique d'une semaine. Il ne reste plus qu'à traîner dans le coin mais le coin n'est pas très touristique, ou à se reposer à l'ombre des cars ... où l'on s'endort très facilement.

Vers 18h30 un événement attendu attire les spectateurs à l'ouest : coucher de soleil dans le désert : le disque orange disparaît rapidement là bas tout au fond de l'immensité plate, c'est net, propre et sans bavure. On se retrouve par petits groupes en attendant l'heure du dîner. Nous apprenons que nous pouvons occuper des grosses tentes vertes vides ou peut être bien aussi les petites qui on été utilisées par le séjour deux « mais comment tu l'as su ? ben ... un peu par hasard, en discutant avec Untel ! ... ». Certains partent s'installer. Catherine en distribuant les tickets dîner nous apprend que le départ qui était prévu à 2h (on croyait que c'était 4h ...) aurait lieu finalement à 2h30 ; charge à nous de répercuter l'info aux autres membres du groupe ... Chic une demi heure de sommeil en plus ! En ces temps perturbés ça compte !

Dîner vers 21h dans une autre tente climatisée voisine de celle du déjeuner mais plus richement décorée : voilages rouges au plafond, tapis, cordons rouges pour conduire au buffet, chaises au dossier capitonné ... La taxe éclipse ... Certains reconnaissent un très célèbre chasseur d'éclipse américain dont je n'ai pu réussir à mémoriser le patronyme.

Ensuite il s'agit de trouver un abri pour dormir jusqu'à 2h. Pierre, prudent, préfère dormir assis dans le bus et il n'a pas tout à fait tord. Patrick et moi nous optons pour les petites tentes libérées par le groupe deux. Il semblerait toutefois que les ouvriers en aient déjà commencé le

démontage enfin dans le noir on ne sait pas trop alors tant pis on s'installe quand même.

Pour nous remercier de l'intérêt que nous portons à leur pays, nos amis libyens ont organisé un spectacle folklorique (chansons, you you et concert de tam tam) sous un grand chapiteau érigé au centre du village de toile (c'est-à-dire juste à côté de nos tentes ...). Le spectacle se termine vers minuit, le calme revient ... pour nous permettre enfin de profiter du bruit des groupes électrogènes dans la nuit envoûtante du désert. Ceux qui croyaient pouvoir faire du ciel profond en sont pour leurs frais : les projecteurs de l'armée éclairent comme en plein jour et nos ombres portées s'allongent immenses sur le sable ocre du désert. On peut quand même apercevoir Sirius et la ceinture d'Orion.

Réveil à 2h, retour et installation dans les bus. Comptage des présents avant le départ : il manque 4 personnes ! C'est une tente qui n'a pas dû se réveiller ... et comme personne n'a eu l'idée de relever les emplacements des tentes occupées par les membres du groupes et que toutes les tentes se ressemblent ... pas facile à résoudre le problème ! Enfin après moult comptages et recomptages il ne manque plus qu'une seule personne ... Parmi les hypothèses plausibles en vrac : pas au courant du changement d'horaire (ce qui n'aurait rien d'infamant vu la façon dont les informations sont distillées ...), mauvais réglage du réveil, panne du réveil, pas entendu le réveil, parti prêcher dans le désert, etc ... Finalement l'organisatrice pense que le plus simple pour réveiller l'absent c'est d'envoyer un des bus au milieu du campement et de klaxonner ... C'est le bus numéro trois qui s'y colle ... sans grand résultat. Après encore une demi heure d'attente ordre est donné de lever l'ancre même incomplet car au bout du compte c'est tout le groupe qui risque de rater l'avion de 11h à Benghazi ! Départ groupé donc vers 3h30

Nous partîmes cent vingt cinq mais par un mauvais sort,  
Nous nous vîmes un de moins en revenant au port ....

Somnolence ou sommeil profond dans les cars, c'est selon. On s'arrête dans le désert pour un petit déjeuné sur fond de carcasses de pneus abandonnés. Arrivée à 10h à l'aéroport (sans escorte) on a une heure de retard sur l'horaire prévu. Un responsable de Tunisair prend les choses en mains avec autorité (« ceux qui prennent l'avion de 15h (à Tunis) à droite, ceux qui prennent celui de 20 h à gauche, voilà les billets ! » c'est clair, simple et efficace ...). Enregistrement, contrôle des passeports (c'est le plus long) et nous voilà dans l'avion non sans avoir reconnu nos bagages sur le tarmac. Tout ça prend du temps, il n'est pas loin de midi, on a déjà une heure de retard et la correspondance à Tunis à 15h ... La passerelle s'éloigne. Apparemment il y a un problème car le responsable Tunisair discute dur au téléphone et avec Catherine qui fini par demander de sa petite voix « est ce que monsieur Machin est là ? faites suivre le message à l'arrière de l'avion ... » Quelques voix au fond répondent « oui oui ». Alors on décolle ? Rediscussions, comptage, comptage et recomptage et finalement la passerelle revient, monsieur

**Machin monte dans l'avion visiblement ébranlé et soulagé de réintégrer le groupe protecteur. Sans bagage il était resté coincé au contrôle de police et comme on signalait sa présence dans l'avion ...**

**Enfin on décolle. Arrivée à Tunis, circuit transit diligenté par Monsieur Tunisair pour passer rapidement les formalités et on se retrouve en salle d'embarquement pour Orly. Grand merci Monsieur Tunisair. Le manque de sommeil commence à peser de tout son poids et on a tendance à s'endormir un peu n'importe où !!! Embarquement, décollage, arrivée à 17h30 à Orly on time. Pierre a largement le temps de prendre son train de nuit malgré son bagage resté à Tunis. Pour ma part j'ai prévu de rester à l'hôtel, il ne reste plus qu'à aller attendre Patrick qui arrive avec le second avion vers 22h.**

**Des images plein les yeux, du sable plein les cheveux et pas mal d'heures de sommeil à récupérer.**

**Et après la Libye  
Prochaine en Sibérie  
Dormir dans un igloo  
Changera de Jalu ...**

**PS : Nous apprendrons quelques jours après le retour que la personne manquante au départ du campement était en fait une erreur de comptage (c'est fou ce qu'il est difficile de compter des gens assis dans trois bus au milieu du désert ...).**

**ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL (Emission n°43 suite n°3)  
du 29 mars 2006 au Niger  
(émission diffusée les 5, 15 et 18 juillet 2006)**

Bonjour à toutes et bonjour à tous de la part de l'animateur coutumier de cette émission, Jacques Mortier, votre serviteur. Bonjour bien sûr à Cyrille... Bienvenue à tous les auditeurs pour notre 43<sup>ème</sup> émission mensuelle, qui va à nouveau être centrée sur l'éclipse totale de soleil du 29 mars dernier. Le conteur d'aujourd'hui, Cyrille Bouillot, membre de la SAPO, est un astronome amateur passionné et virtuose, qui va nous entraîner au coeur d'une véritable aventure en terre africaine profonde, au Niger. Après l'Egypte, la Turquie, la Libye, immergeons nous dans le Niger. Et maintenant, ne perdons pas de temps en blas-blas inutiles, attachez vos ceintures, décollons et laissons-nous dépayser sous l'expert pilotage de Cyrille aux commandes.

**1-Eh bien, Cyrille, une question qui brûle les lèvres des auditeurs et que j'ai donc posée à tous les autres participants : quelle est ta motivation profonde pour aller si loin, voir une éclipse totale de soleil ? (Genèse)**

C'est une envie nourrie par la frustration de ne pas avoir vu la totalité en 99 à cause des nuages, et une envie motivée par l'éclipse annulaire en Espagne en octobre dernier. S'ajoute le grandiose des lieux traversés.

**2-Cyrille, qu'est-ce qui a été déterminant dans le choix de ce pays, le Niger ? (Choix du pays)**

Pour la Libye j'ai trouvé le déplacement trop court pour le prix. J'ai ensuite éliminé la Turquie à cause du risque météo : seulement 1 chance sur 3 de voir l'éclipse. Pour l'Egypte j'ai trouvé la zone d'observation trop réduite, donc sûrement avec beaucoup d'affluence, et surtout trop de route loin de tout site touristique intéressant. Ne restait que le Niger, méconnu, mais tellement tentant pour la magie du Sahara, l'aventure en 4x4, la nuit dans les dunes et l'originalité du parcours Acabao qui proposait une boucle passant par l'Aïr et le Ténéré. Ce sont deux sites mythiques pour les naturalistes, marcheurs (Théodore Monod), géologues (Philippe Taquet, Yves Coppens)...

**3-Cyrille, nous sommes maintenant en vol le samedi 25 mars au 1<sup>er</sup> jour du voyage et nous survolons l'Algérie, pourrais-tu nous dire quelques mots sur la préparation astronomique de cette opération. Quel matériel, quelle adaptation de ce matériel aux contraintes de la situation ? etc. (Préparation)**

J'ai choisi d'emporter une lunette avec sa monture motorisée et un appareil réflex numérique. Comme je ne pouvais emporter mon ordinateur portable pour contrôler les prises de vues il fallait que je me contente de l'écran LCD de l'appareil photo. J'ai donc mis des scotchs aux bons réglages de mise au point, et j'ai aussi utilisé le scotch pour protéger un maximum d'ouvertures contre le sable.

Le fragile a été emballé en bagage cabine, le reste est parti pour la soute, avec beaucoup de papier bulles pour pouvoir aussi voyager sur le toit d'un 4x4... Je me suis passé de contrepoids, un sac de sable faisant l'affaire sur place. Au final j'avais tout juste le poids autorisé... Heureusement que dans le désert on n'a pas besoin de grand chose !

**4-Cyrille, bravo pour l'atterrissage en douceur à Agadez, peux-tu nous décrire ce premier contact avec le Niger et aussi avec ton groupe ? (Arrivée à Agadez (samedi 25))**

A la sortie de l'avion c'est vent, sable, et chaleur sèche, donc supportable, qui nous attendent. Malgré le bazar ambiant nous n'avons aucun embêtement particulier et retrouvons tous nos bagages.

Les formalités étant par contre très longues nous avons le temps d'aller faire connaissance de tout le groupe (14 personnes) autour d'une bière locale. Tous les profils sont représentés : le néophyte, le curieux, l'amateur, ou encore le globe trotteur passionné.

Cette attente nous retarde toutefois et le soir nous ne plantons donc la tente qu'à 1h de route au nord d'Agadez dans un oued. Le confort est là : tables et chaises, tente douche avec un seau d'eau, toilettes sèches avec sable et papier à brûler.

**5-Cyrille, j'ai tout à fait compris que dans votre expédition, au-delà de l'éclipse totale, la dimension magique du désert tenait une grande place, aussi ne te prives pas de nous raconter et de nous initier à cette magie. On veut tout savoir. (Traversée de l'Aïr (dimanche 26))**

Dans les derniers oueds traversés nous croisons encore quelques villages de bergers avec leurs cases en terre crue ou leurs huttes en dôme recouvertes de nattes tressées. Ces oueds bien secs peuvent présenter des crues subites spectaculaires en saison des pluies. La piste caillouteuse grimpe peu à peu sur le plateau minéral et désertique de l'Aïr, vers 1000m d'altitude. C'est un socle primaire fracturé et percé de volcans quaternaires érodés. Les véhicules souffrent un peu : quelques crevaisons et une durite qui lâche nous retardent encore.

En fin de journée nous arrivons sur une épaisse coulée de lave figée en orgues basaltiques où un ruisseau a creusé une gorge et une petite cascade au pied de laquelle s'est formé un bassin. Pour la nuit nous gagnons l'oasis de Timia, très prospère grâce à ses multiples puits et son climat un peu plus frais. On trouve des palmiers, manguiers, orangers, vignes, céréales, maïs, blé...

L'auberge couleur locale est très agréable malgré des douches un peu symboliques : le goutte à goutte n'aide pas à nettoyer toute la poussière de la piste accumulée dans les cheveux !

Après un repas copieux notre regard est attiré par un ciel fabuleux. On repère les principales constellations : la Grande Chamelle (Grande Ourse), le Guide (Orion, qui pointe le sud), la Croix du Sud et bien sûr la planète Saturne. L'auberge a un télescope qui est bien vite monté pour contempler tout cela un peu plus en détail. Je monte également ma lunette et je prends soin de resserrer quelques vis qui n'ont pas aimé la piste. La vision des champs d'étoiles et des nébuleuses subjugué tout le monde.

Quand tout le monde part se coucher et que je peux disposer de ma lunette pour faire de la photo il est déjà tard. La nébuleuse de la Carène et la Croix du Sud sont déjà derrière la montagne mais je me rattrape sur l'amas puis la galaxie du Centaure. Malgré la fatigue je reste encore un peu car je sais qu'un grand spectacle se prépare. En effet, après minuit je crois d'abord assister à l'arrivée de nuages de poussière du désert quand je réalise que ces volutes sont la Voie Lactée qui se lève ! Je ne l'ai jamais vue aussi belle ! Même dans les Pyrénées où nous avons eu un soir un excellent ciel en montagne ce n'était pas aussi spectaculaire. La Voie Lactée est tellement lumineuse qu'on en chercherait presque son ombre par terre... Je prends des photos grand champ dans le but de sortir un panoramique souvenir. Puis il faut, à grand regret, s'arracher au spectacle fascinant de ce ciel coloré et scintillant de toutes parts pour se lever tôt demain.

### **6-Allons Cyrille, tu es peu raisonnable pour ta 2<sup>ème</sup> nuit nigérienne, tu sais bien, on te l'a souvent dit, qu'il faut dormir un peu la nuit. Et alors comment se passe la 3<sup>ème</sup> journée, le lundi 27 mars ?**

(Frange de l'Air (lundi 27))

Après le petit déjeuner nous rendons visites aux animaux de l'auberge : gazelles, mouflons, et autruches, qui elles ont disparu de l'Air depuis quelques temps.

Puis nous nous rendons à Timia en passant par le fort colonial français qui surplombe le village et permet une jolie vue panoramique sur les divers jardins cultivés.

Au village nous passons par l'école où malgré les vacances ça « bachotte » en vue d'un examen proche. Nous nous fournissons des chechs car le désert est proche et il paraît qu'ici c'est le meilleur ami de l'homme !

Mais ces visites matinales étaient prévues la veille ; il n'y a donc pas de temps à perdre ! Nous reprenons la piste mais elle est moins dure et progressivement le sable se fait plus présent dans ce décor toujours volcanique. Les puits et troupeaux sont de plus en plus rares, ne restent que des chameaux et quelques gazelles qui détalent à grande vitesse.

Pour le repas nous nous arrêtons près d'une mosquée qui est un site de pèlerinage local important. Pour le groupe c'est aussi le moment de prendre un cours de chech car le vent de sable se lève. Nous sommes abrités sous un acacia aux épines redoutables. J'ai quand même réussi à me mettre une écharde malgré des baskets avec 2cm de semelle ! Autour il y a de nombreuses euphorbes de 3-4m de haut qui forment de petits bosquets assez inattendus ici. Prudence toutefois car leur lait très toxique rend aveugle.

A la fin de la journée nous touchons au désert. La roche se mélange aux dunes et le soleil rasant donne des couleurs magnifiques au tableau.

La nuit est aussi belle, avec le passage de la station internationale, d'un iridium et de multiples étoiles filantes que j'arrive même à attraper en photo. Ces tentes sur fond de ciel étincelant est un moment fort.

Après quelques chants touarègues autour du feu nous nous couchons toutefois de bonne heure car un coup d'œil sur la carte ne nous a pas rassuré sur le timing à respecter pour être sur le site de l'éclipse : il ne reste qu'une journée pour la traversée du désert et l'arrivée sur le site de l'éclipse... Alors demain lever à 5h !

**7-Cyrille, un coucher de bonne heure. Deviendrais-tu raisonnable ? Nous sommes donc le 4<sup>ème</sup> jour au petit matin. Et alors ?** (Ténéré nord (mardi 28))

Ce matin de bonne heure Vénus devance un très fin croissant de Lune dans le levant. Et oui, plus que 27h avant le premier contact !

Les 4x4 foncent donc dans le désert. C'est grand, un peu comme une plage à marée basse (il y a même quelques coquilles fossiles dans le sable !). Ce vide absolu c'est grandiose ! Nous croisons un fennec égaré, puis tel un mirage, quelques piquets isolés. Ce sont en fait les limites de concessions des explorateurs pétroliers chinois qui prospectent actuellement la région.

Peu à peu avec la chaleur le sable se fait plus mou et des pointes à 80km/h nous tombons parfois à 20km/h, péniblement en 4 roues motrices. Les pauses servent au refroidissement des moteurs mais bientôt un ventilateur casse. Les réparations de fortune n'y font rien, le joins de culasse cède. Il n'y a plus de solution, il faut abandonner le véhicule qui sera récupéré ultérieurement par une autre équipe. La position GPS est relevée et nous repartons. Mais le moral en a pris un coup car nous réalisons que ce n'est pas gagné pour l'éclipse.

Le jour décline quand nous abordons tout juste la bande de centralité qui fait environ 100km de large.

A notre surprise nous trouvons soudainement une zone où l'herbe pousse ; sûrement une averse récente...

Pour combler le retard sur le timing les touaregs décident de rouler un peu de nuit et nous gagnons ainsi la bande des 3' d'éclipse. C'est tout bon, on ne va pas rouspéter pour 1' de moins ! Mais nos touaregs sont très professionnels et nous annoncent que demain avant l'éclipse on peut boucler les kilomètres manquants en partant aux aurores. Ok, alors tout le monde au lit !

**8-Cyrille, nous sommes au 5<sup>ème</sup> jour de l'expédition ce mercredi 29 mars. C'est le jour J tant attendu, peux-tu tout nous dire de cette journée mémorable.** (Eclipse (mercredi 29))

C'est le grand jour mais le lever est très silencieux ; l'heure matinale ? Non, pas du tout, c'est que dans le ciel on ne voit pas une seule étoile, même pas la brillante Vénus ! Grise mine générale : tout ça pour ça ?

On prend quand même la route pour le site prévu pour profiter des 4'03 d'éclipse totale.

Le site de l'éclipse est une zone de dunes ennoyant des palmiers, au nord de l'oasis de Bilma. L'optimisme revient : nous sommes sur le site prévu, nous avons le temps de nous installer et un trou de ciel bleu au zénith s'agrandit, même si au sol la visibilité reste un peu réduite.

Le matériel est sorti : les trépieds se montent, les filtres sont posés sur les jumelles, je vérifie mes batteries et cartes mémoire. L'excitation monte !

Des touaregs sur leur chameau en grand apparat puis des enfants viennent nous rendre visite. Ils nous demandent des cadeaux et c'est le bon moment pour leur fournir des lunettes éclipse.

Puis ça y est ça commence : la Lune mord le Soleil. Je commence mes séquences d'images. En parallèle nous expliquons le phénomène aux touaregs qui sont intéressés et regardent à travers nos instruments.

Mais des craintes ancestrales remontent : la Lune aurait la réputation de ne pas apprécier ce genre de jeu et pourrait ainsi décider de rester là... Alors quand le jour commence à bien décliner la plupart préfère se mettre à l'écart, ne plus regarder, ou prier. Certains enfants rentrent même chez eux.

De notre côté au contraire la fébrilité gagne. Au travers d'une feuille percée de trous je projette le mot Ténéré en croissants de soleil au sol et nous observons le même phénomène sur l'ombre des palmiers ; ce sont les sténopés. Rapidement l'ombre, très diffuse à cause de la brume résiduelle, arrive sur nous. Le dernier croissant de Soleil disparaît et des cris sont

lancés. Ca y est, le top est donné pour enlever les filtres des instruments et on observe un dernier diamant de Soleil devenir grain de Bailly, puis disparaître en même temps que la couronne solaire s'allume. Grande clameur, c'est magique !

Il fait moins sombre qu'en 99 mais la température chute fortement : de 33°C au début nous sommes à 23°C désormais. Vénus est à présent bien visible.

Je mitraille en variant les temps d'exposition, mais je retiens le conseil donné par tous : ne pas rester derrière son viseur et en profiter aussi à l'œil nu, aux jumelles, à la lunette. C'est inoubliable, on voit les protubérances et la couronne. Alors que la photo ne prend que l'un ou l'autre suivant le temps de pose l'œil lui s'accommode et voit tout à la fois !

Je suis noyé dans le spectacle aux jumelles quand notre chargé du timing, très professionnel, mais il en va de notre vue quand même !, nous crie le top final. La couronne s'éteint, le soleil va réapparaître et il faut vite remettre les filtres pour nous protéger. Déjà 4', il ne fallait pas moins !

L'ombre s'en va aussi discrètement qu'arrivée et la séquence inverse démarre : la lumière s'amplifie et les petits croissants projetés au sol montrent la lune inversée par rapport à tout à l'heure. La vie autour reprend mais en fait je ne sais pas vraiment si elle s'était arrêtée tellement j'étais absorbé comme dans un rêve. Et tandis que nous européens nous sommes encore sous la magie de ce que l'on vient de voir les touaregs eux, inquiets et calmes au début, laissent maintenant éclater leur joie et leur soulagement.

On voit de grands percoptères d'Egypte, leur vautour local !

Mais je reste concentré jusqu'au bout sur mes séries régulières d'images pour avoir la séquence complète et réaliser ainsi un chapelet du phénomène. Toutefois le cadeau d'un ballon aux enfants va me provoquer quelques frayeurs car une partie de foot endiablée s'engage aussitôt à proximité de ma lunette...

### **9-Cyrille et à la fin de l'éclipse, que se passe-t-il ?**

Une fois l'éclipse finie ce sont les démontages et rangements pendant que le repas est préparé : une bonne salade avec beaucoup d'eau car la brume s'est dissipée et le soleil tape fort.

L'après-midi, après un peu d'approvisionnement à Bilma nous repartons pour la traversée inverse du Ténéré, plus au sud pour piquer droit sur Agadez.

Le campement de ce soir là est planté entre les cordons de dunes, plus nombreux ici. Pendant l'installation du camp nous profitons pour y grimper et assister au coucher de soleil somptueux de là-haut. Cela finit parfaitement la journée ! Certains en profitent même pour dégringoler la dune en roulades !

Après le dîner nous nous mettons tous autour du feu pour partager nos impressions et notre joie de cette journée. Les touaregs sont satisfaits car ils ont rempli leur mission de nous emmener voir l'éclipse de l'autre côté du désert. Pour nous et notre habitude du modernisme c'est déjà une aventure, mais pour eux ! Le désert est un danger et y ajouter un timing imposé par les astres est très déroutant.

La soirée est donc euphorique et elle se finit en devinettes touarègues autour du traditionnel thé à la menthe.

### **10-Superbe évènement, superbe compte rendu, Cyrille. Mais l'expédition n'est pas achevée, et j'imagine qu'au 6<sup>ème</sup> jour, vous allez prendre les pistes du retour ? (Ténéré sud (jeudi 30)**

Nous gagnons l'oasis de Fachi de même type que Bilma. Nous y visitons les salines : la nappe phréatique affleure en effet au fond de dépressions creusées à 20m de profondeur ; l'eau salée s'évapore et une croûte de sel se forme. Il est récolté pour la consommation humaine, mais aussi pour le bétail ou le commerce.

Après un tour du village nous regagnons le désert pour la traversée finale, toujours dans la magie des dunes en 4x4. C'est une véritable mer déchaînée, mais en sable ! Heureusement entre chaque cordon il y a un espace suffisant pour rouler ce qui limite les franchissements hasardeux...

Ce jour-là il fait très chaud et à midi les véhicules sont mis en U afin de tendre des nattes et de faire de l'ombre pour manger.

Malgré quelques ensablements et crevaisons nous roulons bien et arrivons à l'arbre du Ténére en fin de journée. Il n'y a en fait plus d'arbre car il a été déraciné par un camion qui devait croire à un mirage ! Il est depuis remplacé par deux balises métalliques hideuses mais nécessaires pour indiquer le site qui possède les premiers puits depuis Fachi. Ici quelques militaires ont même dressé leur campement comme s'ils n'avaient pas osé s'aventurer au delà dans le désert...

Notre dernier bivouac est placé au creux d'une jolie dune. A proximité je trouve de nombreux restes de poterie et silex taillés. Je croyais au début à des coups de chance, mais à force d'en trouver systématiquement depuis le début j'en déduis qu'il y en a partout !

Pour ce dernier soir nous avons aussi droit à du bon pain cuit dans le sable sous la braise.

### **11-Cyrille, que peux-tu nous dire du 7<sup>ème</sup> jour, qui est temps de repos dans certaines traditions sacrées et veille du retour en ce qui vous concerne ? (Sud de l'Aïr (vendredi 31)**

La fin du désert est marquée par le retour des acacias, des puits, des troupeaux, et de quelques huttes.

Nous croisons divers sites intéressants : un site de tombes préislamiques marquées par des monticules de pierres, puis un site de bois fossiles avec des troncs de bonne taille, puis un site de gravures rupestres avec des animaux dont des girafes et des hommes représentés.

Le fort vent de sable de ce jour là nous oblige à trouver un vallon abrité entre deux petites falaises pour manger, un peu croquant ce midi ! Nous qui nous plaignions presque de n'avoir vu aucune vilaine bête du désert (araignée, scorpion, serpent) nous croisons là une redoutable vipère à cornes...

Et rapidement dans l'après-midi le retour à la civilisation se fait sentir : des villages, des pistes bien marquées et d'autres véhicules qui rentrent également. Arrivés à Agadez nous gagnons notre auberge où une bonne douche fait du bien après plusieurs jours de nettoyage à la lingette !

Puis la journée se finit avec un tour en ville pour visiter le sultan et la grande mosquée.

Un dernier dîner local, avec une salade moins bonne que celles préparées par notre équipe touarègue car au retour nous aurons tous 4 jours de tourista...

### **12-Cyrille, le retour se précise au 8<sup>ème</sup> jour. Comment se passent ces derniers moments en terre africaine ? (Retour (samedi 1)**

Le matin nous laisse le temps de visiter le marché des fruits, légumes, viandes, et tissus, puis nous filons voir le marché artisanal et les prouesses faites par les touarègues dans le travail de l'argent.

Enfin c'est le retour. Longue attente à l'aéroport qui donnera pas mal de retard à l'arrivée d'où un changement d'aéroport, Orly étant fermé la nuit. Dommage pour ceux qui avaient réservé une chambre d'hôtel là-bas... L'avion permet aussi de discuter et de comparer les voyages entre les différents tours operators ; apparemment notre voyage a été des plus réussi, de par la bonne ambiance, sa diversité, ses rencontres et surtout notre encadrement : un animateur français intarissable sur l'Afrique qu'il parcourt sans cesse en quête de nature authentique, et une équipe de touarègues adorables qui ne demandent rien, ce qui est un paradoxe qui m'étonne toujours quand on sait dans quelle pauvreté ils vivent dans ce pays.

### **13-Cyrille, et s'il fallait résumer l'essentiel de cette expédition, que retiendrais-tu, en conclusion ?**

(Conclusion)

D'un point de vu technique c'est bien réussi, le matériel a bien encaissé et j'ai près de 700 superbes photos ! D'un point de vu chasse à l'éclipse j'étais jusque là sceptique sur la philosophie d'un des membres de mon groupe qui disait « ce sont les éclipses qui décident régulièrement de mes lieux de voyages ou expéditions » ; à présent je le comprends, voire je l'approuve... Il a ainsi parcouru les Amériques, l'Afrique, l'Europe, et il lui manque l'Asie mais cela tombe bien, la prochaine grande éclipse s'y déroule en 2009 !

Plus personnellement cette expérience restera inoubliable car je garde un bon souvenir de ce pays et de ce peuple attachant et j'ai à présent la satisfaction d'avoir vu les 3 phénomènes célestes que je préfère : une belle comète, une aurore boréale, et une éclipse totale !

Cyrille. Merci infiniment de t'être prêté de bonne grâce et avec talent à ma curiosité, représentative de celle des auditeurs. Trois émissions consacrées à cette éclipse totale, cela aura permis à nos auditeurs de mieux comprendre la passion qui habite les chasseurs d'éclipses. Et puis merci aussi à nos cinq intervenants de la SAPO, de nous avoir fait partager leurs belles expéditions en Egypte, en Turquie, en Libye, et au Niger. Rendez-vous est pris pour les prochaines éclipses totales où la SAPO sera bien évidemment présente, notez bien sur vos agendas, en Russie en 2008 et en Chine en 2009.

Cette 43<sup>ème</sup> émission va s'achever. Il ne me reste plus qu'à vous annoncer le thème de la prochaine, la 44<sup>ème</sup> de la série « A la découverte du ciel » qui sera diffusée après l'été en septembre. Ce sera une interview passion où Alain Nectoux, membre de la SAPO, sera sur la sellette pour tout nous dire de sa passion de l'astronomie. Cette 44<sup>ème</sup> sera également toute particulière dans la mesure où elle sera aussi passage de relais entre l'animateur de la présente émission que je suis depuis 4 ans et Alain Nectoux lui-même qui a accepté de poursuivre et de prendre en charge, à sa façon bien sûr, l'animation de cette émission. Et je l'en remercie très profondément.

Chers auditeurs, chers amis, avec Cyrille et Alain également présent dans le studio, il ne nous reste plus qu'à vous souhaiter, au cœur de l'été, de très belles observations et à vous adresser comme d'habitude notre astronomical bonsoir.

## **Interview Passion d'Alain Nectoux** **(Emission n°44)**

Bonjour à toutes et bonjour à tous. Aujourd'hui, 44<sup>ème</sup> épisode de notre feuilleton astronomique mensuel. Nous allons aller à la découverte du ciel à travers le regard et la passion d'un astronome amateur, **Alain Nectoux**, un membre de la SAPO, un habitué de Radio Voix du Béarn, habitué puisqu'il était déjà venu, avec Patrick Muller, lors de l'avant-dernière émission, la 42<sup>ème</sup>, nous conter leur éclipse totale de soleil le 29 mars dernier en Libye, habitué, il le sera aussi et surtout parce que dorénavant, ce sera Alain, le nouvel animateur de cette présente émission astronomique. Après 4 ans de « bons et loyaux services » selon la formulation en vigueur, je lui transmets un relais passionnant, tout en poursuivant pour ma part à la VDB, l'animation de mon émission humaniste : « Regards du Sud ».

Voilà, j'ai donc beaucoup de plaisir à soumettre l'ami Alain à la classique « interview-passion », dont l'objectif est de transmettre aux auditeurs le virus de l'astronomie et de déclencher ainsi une sympathique contagion.

### **Alain, comment as-tu découvert l'astronomie ?**

En matière d'Astronomie je suis un nouveau venu, ça fait environ 3 ans que je m'intéresse au sujet. Bien sûr comme tout le monde je connaissais la Grande Ourse ou l'étoile polaire, dans les revues je lisais de temps en temps des articles sur les télescopes, les galaxies ou les trous noirs mais sans plus ... Mais quand même j'avais cette idée qu'un jour je m'y intéresserais de plus près. Peut être que le facteur déclenchant, c'est un jour un sentiment de frustration : j'étais dans l'hémisphère sud, au fin fond de l'Argentine et le soir il y avait un ciel comme je crois bien je ne l'avais jamais vu : toutes ces étoiles dans un ciel si noir ... je n'en connaissais aucune évidemment mais j'avais entendu parler de la Croix du Sud (Jules Verne ...) et j'étais incapable de la repérer alors qu'elle était sûrement là, droit devant moi. Rétrospectivement je suis encore plus frustré maintenant parce que j'ai aussi loupé Omega du Centaure ... Bref une idée qui tourne comme ça dans sa tête, ça fait son chemin et quand elle est suffisamment mure, elle fini par se matérialiser et on rencontre ça ressemble à du hasard mais ça n'en pas bien sûr, des personnes qui vous montrent le chemin. En l'occurrence une collègue de travail, Marianne, qui me parle d'astronomie et qui me dis : “ si tu veux faire de l'astronomie, va à la Sapo tu verras c'est très sympa”

**Et alors ?** Alors effectivement je suis allé à la Sapo, le club d'astronomie de Pau, à la MJC du Laü, où j'ai effectivement trouvé des gens très sympa, ce qui est toujours agréable, mais aussi des gens très compétents et ce dans des domaines très variés : des exemples

ceux qui construisent eux même leurs télescopes (avec un cadre de vélo...) et ... l'observatoire qui va avec

ceux qui se promènent dans la voie Lactée comme vous sur le Brd des Pyrénées

ceux qui sont spécialistes de la prise de vue astro et du traitement numérique des images et qui ont leurs photo dans les revues

ceux qui vont travailler au Pic du Midi de Bigorre,

ceux qui sont capable d'emmener tout un groupe au fin fond de l'Espagne pour aller voir une Eclipe en Espagne ...

Se sont souvent les mêmes d'ailleurs .... Et l'ensemble fait une palette de gens très compétents dans de multiples domaines et qui sont prêts à aider les débutants ....

## **L'astronomie est multiforme, chacun se passionne pour certains aspects. Pour toi, quel serait ton palmarès des merveilles et des bonheurs du ciel ?**

Ce que je découvre en regardant l'Astronomie de plus près se sont des choses qui m'enchantent ... je vais juste les citer pour y revenir ensuite en détails ... par exemple les nombres qu'on utilise, le soleil notre étoile et le système solaire, tous ces objets qu'il y a dans le ciel au dessus de nos têtes, mais aussi l'histoire de l'astronomie avec ses conséquences et son évolution passée et présente avec les nouveaux instruments ...

D'abord les **nombres** : mille, un million, on imagine mais un milliard, c'est déjà plus difficile, alors un milliard de milliard ... et pourtant c'est courant en astronomie ... par exemple le nombre d'étoiles dans la Voie Lactée 200 milliards

Des exemples : **les distances** : une année lumière à 300000 km/s je laisse aux amis le soin de faire le calcul

L'orange soleil avec la Terre, Saturne et Proxima du Centaure à 4 AL

La Voie Lactée entre Pau et Biarritz et la taille du système solaire (Soleil + planètes)

**Les températures** : le cœur du Soleil 15 millions de degré et c'est pas la plus chaude c'est Sirius qui détient le record avec 40 millions de degrés

**Les Masses** alors les tonnes ne suffisent plus, l'unité c'est la masse du soleil  $2 \cdot 10^{27}$  tonnes deux milliards de milliards de milliards de tonnes

### **Les Vitesses :**

la Terre dans son mouvement autour du Soleil : 28 km/s

le Soleil autour de la Voie Lactée à 20 km/s pas très rapide (la plus rapide 751 km/s)

La Galaxie se déplace à 600 km/s

**Les durées** : la lumière le photon émis au centre du Soleil met 1 million d'année pour arriver à la surface

### **Les brillances**

Les amas de galaxies disposés selon des lignes magnétiques un milliard de milliard de fois plus faible que le champ magnétique terrestre

**La précision des calculs** : de ma formation scientifique je retiens que tout calcul comporte nécessairement une incertitude lié à la précision des données ... sauf en astronomie où on peut calculer avec une précision mieux que la seconde la date et le lieu d'une éclipse qui aura lieu dans 200 ans

### **Les objets**

Tout simplement les **planètes et leurs satellites** avec leurs caractéristiques communes mais aussi leurs différences. Voir Saturne au télescope de St Castin

Les **galaxies** spirales à 2 branches ou à 4 branches, barrées ou non, les elliptiques, les sphéroïdales, les inclassables ... et les collisions de galaxies (VL et Andromède se rapprochent à 275 km/s collision prévue dans 4 à 5 milliards d'années)

Les **astéroïdes** (probabilité de collision de 1/300 en 2880 ... )

Les **pulsars** 20 km, 718 tours par secondes (43000 tours par minute)

Les **amas globulaires** : 150 autour de la Voie Lactée le fameux Omega du Centaure

Les **nébuleuses** de toutes formes avec des noms imagés : patte de Chat ou la griffe de l'ours l'œil du chat ...

Les **trous noirs** : les tout petits, de la taille d'un atome, les petits à ( masse solaire, les gros

Les **Quasars** : trou noir supermassif brillant. Objets les plus brillants de l'univers. Masse 100 millions à 1 milliard de fois masse du soleil. Généralement situé au cœur d'un galaxie. Attirent la matière autour qui en tombant s'échauffe et émet bcp d'énergie donc de lumière ; en général ils masquent l'éclat de la galaxie. Une vingtaines observés et l'un n'est pas associé à une de galaxie : mystère un découvert en 1998 en terme de brillance il est 5 millions de milliards de fois plus brillant que le Soleil

Les **super novae**

Les **GRB** les « gamma ray burst » les phénomènes les plus énergétiques de notre Univers

Les amis, vous n'imaginez pas tout ce qu'il y a au dessus de votre tête !

**Le soleil**, c'est notre étoile et on la voit vivre en direct, les autres étoiles même si on peut arriver à savoir beaucoup sur leurs caractéristiques en analysant la lumière qu'elles nous envoient sont beaucoup trop loin. Le soleil on le voit vivre en direct (ou en léger différé avec un retard d'environ 8 mn le temps que sa lumière nous parvienne).

Le soleil c'est une boule de gaz (essentiellement d'hydrogène) qui tourne sur elle-même comme la terre en environ un mois.

Quand on observe le soleil avec un instrument adéquat un solarscope par exemple, on voit les fameuses taches solaires des taches noires qui matérialisent des zones froides (4000 ° quand même).

Il est possible de voir les taches sur la face cachée (far side) grâce à la détection des ondes sonores se propageant à travers le soleil lors de la formation de la tache avec MDI Michelson Doppler Imager embarqué sur Soho.

En ce moment il y a peu et elles sont pas très grosses quand je dis petite on pourrait faire tenir la Terre entière dedans quand même et le cycle de 11 ans – le soleil est observé en permanence depuis Galilée.

Avec une lunette équipée du filtre, qui va bien, on peut voir les protubérances de diverses formes et leur évolution rapide : la mega protu de 1999 qui faisait au moins 100000 km de haut (10 fois la Terre ), les éjections de masse coronales : le Soleil éjecte 1 million de tonnes de matière par seconde.

Un souvenir fort quand j'ai regardé pour la première dans un télescope, c'était l'observation du soleil, il y avait quelques protu et une demi heure après elles étaient complètement différentes, imaginez la vitesse des particules...

On peut voir aussi de longues bandes noires les filaments, ce sont d'immenses nuages de gaz un peu moins chaud qui peuvent mesurer jusqu'à 150000 km de long.

Et les granules qui matérialisent les sommets de cellules de convection qui changent d'aspect en 5 mn.

Et les éclipses avec l'apparition de la couronne solaire.

**Le Pic du Midi avec les OA.**

**Ton analyse personnelle « Comment pourrais-tu expliquer ta passion pour l'astronomie ? »**

L'histoire de l'astronomie, disons que ce n'était pas mon principal centre d'intérêt, et bien au fur et à mesure de mes lectures, je m'aperçois que **l'histoire de l'astronomie se confond avec l'histoire de l'humanité**, que les progrès en astronomie ont eu dans le passé des conséquences philosophiques et même théologiques des plus importantes.

Sans remonter aux alignements de Carnac ou de Stonehenge des exemples :

-dans la plupart des religions le Ciel, c'est là où résident les dieux donc l'endroit de la perfection où tout est immuable, alors que la Terre, réservée aux mortels, est l'endroit où l'on souffre etc etc et que voit Galilée avec sa lunette en observant le soleil : des tâches sur le Soleil ? Et la lune avec ses montagnes et ses vallées ça ressemble à la Terre alors ?

Et la super novae celle de 1572 observée durant quelques mois par Tycho Brahe : d'un seul coup une nouvelle étoile qui brille de mille feux durant 6 mois puis qui disparaît : que de théories pour tenter d'expliquer ce phénomène, comment ne pas y voir une intervention divine (miraculisme) une comète fixe et sans queue engendrée par la rencontre de deux planètes.

Chaque que fois qu'on met en œuvre des instruments plus performants on découvre de choses auxquelles on ne s'attendait pas :

par exemple les **exoplanètes** : on avait un modèle de formation d'un système planétaire basé sur le seul qu'on connaissait bien, le nôtre, le système solaire, modèle conceptuel qui nous disait que les planètes géantes comme Saturne ou Jupiter ne pouvaient pas exister en étant proches de leur soleil ... les premières exoplanètes qu'on découvre il y a une dizaine d'années sont précisément de grosses planètes gazeuses comme Jupiter qui orbitent très près de leur soleil : des Jupiter chauds : il faut donc repenser complètement les modèles décrivant la formation des systèmes planétaires

on pourrait multiplier les exemples ; les **Quasars** sont toujours associés à une galaxie qui les alimentent en gaz et en étoiles fraîches, on comprenait très bien comment le système marchait le modèle est très satisfaisant ... eh bien on vient de découvrir un quasar qui n'est pas entouré d'une galaxie alors ? quid de notre modèle ?

à chaque fois les nouvelles découvertes et elles sont nombreuses avec le perfectionnement des instruments notamment ceux embarqués dans les satellites et observent au-delà du visible remettent en cause les théories et nous obligent à progresser dans notre connaissance de l'Univers, voire à modifier radicalement notre vision cosmique un peu comme quand on est passé du modèle géocentrique au modèle héliocentrique de Copernic lorsque le modèle à base de sphères et d'épicycles était devenu tellement compliqué qu'il a fini par exploser devant l'accumulation de faits de plus en plus difficiles à rendre compte.

C'est ainsi que progresse la Science de façon imagée, chaque chercheur, chaque découvreur rajoute un barreau.

**Alain, pourrais-tu nous dire tes meilleurs et tes plus mauvais souvenirs d'astronomie ?**

Meilleurs souvenirs la première fois que j'ai vu Saturne à St Castin probablement le plus bel objet facile à voir avec une petite lunette, la première fois que je suis allé à Lanslebourg, pour le festival d'astronomie de Haute Maurienne.

Plus mauvais : il n'y en a pas mais j'imagine ce que ce pourrait être : aller voir une éclipse totale et se retrouver sous les nuages.

Eh bien merci infiniment Alain, d'abord pour ton intervention présente et ensuite bien sûr pour la prise de relais d'animation de cette émission. Il ne nous reste plus qu'à vous adresser, de notre part à tous deux, notre astronomical bonsoir et à bientôt, avec Alain aux commandes.