

# NGC69

N°89 - Juin 2009



## Culture et rencontres

Faîtes votre calendrier perpétuel  
La lune à un mètre  
Le planétarium numérique

## Observations

La comète Lulin  
Retour sur images

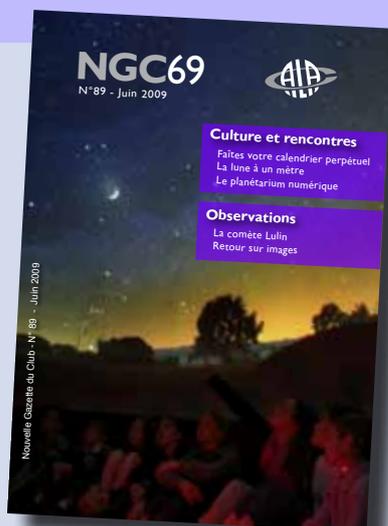
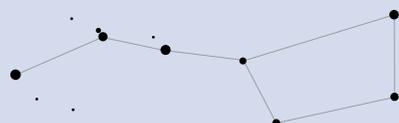


Photo couverture: séance planétarium  
(Matthieu Gaudé)



La Nouvelle Gazette du Club est éditée à 180 exemplaires environ par le CALA : Club d'Astronomie de Lyon-Ampère et Centre d'Animation Lyonnais en Astronomie.

Cette association loi 1901 a pour but la diffusion de l'astronomie auprès du grand public et le développement de projets à caractère scientifique et technique autour de l'astronomie. Le CALA est soutenu par le Ministère de la Jeunesse et des Sports, la région Rhône-Alpes, le département du Rhône, la ville de Lyon et la ville de Vaulx en Velin.

Pour tout renseignement, contacter:

CALA  
37, rue Paul Cazeneuve  
69008 LYON

Tél/fax: 04.78.01.29.05

E-Mail: [cala@cala.asso.fr](mailto:cala@cala.asso.fr)  
Internet: <http://www.cala.asso.fr>

## EDITO

Après le grand rendez-vous de la Nuit de l'Equinoxe, nous avons reçu au CALA de nombreuses félicitations des clubs et associations participants à l'opération mais aussi du public qui nous a écrit tel ce monsieur : "...difficile de trouver une manifestation gratuite de cette richesse et de cette qualité pour toute la famille, merci et à l'année prochaine..."

C'est à travers ce genre de témoignage que l'on voit le fort potentiel de notre association à faire partager cette passion de l'astronomie.

Le centre d'animation n'est pas en reste et se dote d'un planétarium numérique pour proposer de nouvelles découvertes au public.

A découvrir dans le NGC 89 !



## SOMMAIRE

Éditorial	2
Comète C/2007 N3 (Lulin)	3
Faites votre calendrier perpétuel	5
Chronique d'une autre époque	7
Galerie astro	10
Considération sur les trous noirs	12
Le planétarium numérique	14
Retour sur images	16
Concours photo	18
Biblio	19
Vie du club	20



# Comète C/2007 N3 (LULIN)

*Cet article fait suite à un précédent article paru dans le dernier NGC 69 (n°88 décembre 2008) présentant un spectrographe basse résolution destiné à l'étude de l'activité gazeuse des comètes.*

*A la fin du mois de février, plusieurs adhérents du CALA se sont retrouvés à l'Observatoire de Haute Provence pour observer le passage de la comète N3 (LULIN) et pour réaliser divers travaux de spectrométrie et d'imagerie (ci-contre).*

La comète C/2007 N3 (LULIN) a été découverte par Quan-zhi Ye sur des images prises au Lulin Sky Survey (Taïwan) par un télescope de 41 cm le 11 juillet 2007. C'est une comète arrivant directement des limites extérieures du nuage de Oort, soit plus de 100 000 UA avec une période initiale d'environ 11 millions d'années, sur une orbite très inclinée ou au contraire peu inclinée (1,6 ° seulement) mais rétrograde. Elle a donc suivi l'écliptique dans notre ciel, mais en sens inverse, ce qui explique son déplacement rapide. A cause des perturbations dues aux planètes, elle repartira avec

une période nettement raccourcie et pourrait nous revenir dans... 40.000 ans ! Elle tourne en sens inverse des planètes, et le croisement avec la terre s'est fait avec des vitesses relatives importantes (environ 60km/s) entraînant un déplacement rapide de la comète par rapport aux étoiles (de l'ordre de 12' de degré par heure). Quand la comète était près de la Terre, elle était à l'opposition: quand



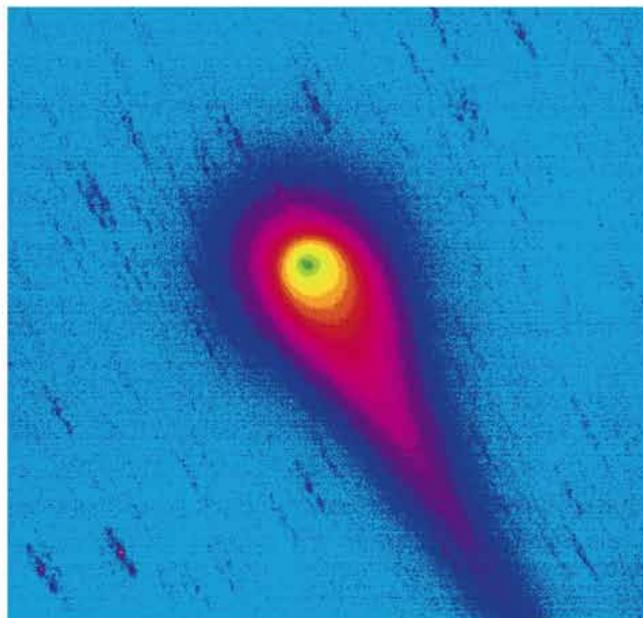
on la regardait on avait donc le soleil dans le dos. La queue de plasma était alignée, et cachée derrière la queue de poussières. Cette comète ne fut pas vraiment spectaculaire, assez diffuse, avec une magnitude légèrement meilleure que 5, mais elle a donné lieu à de belles observations.

## Comète LULIN

Le 27 février 2009

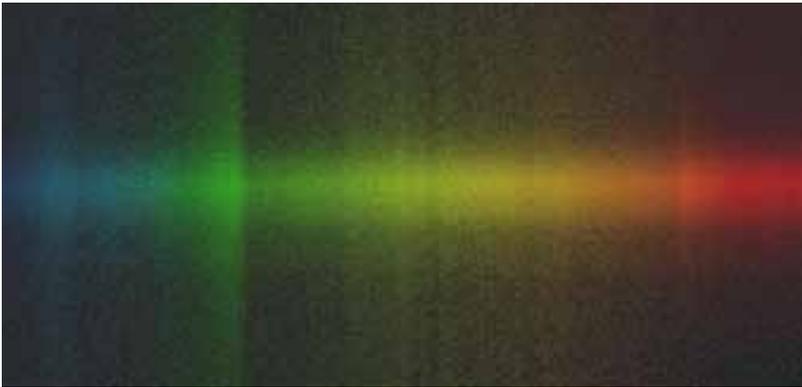


Médiane de 8 poses de 60s

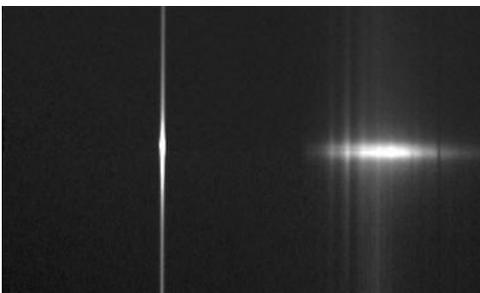
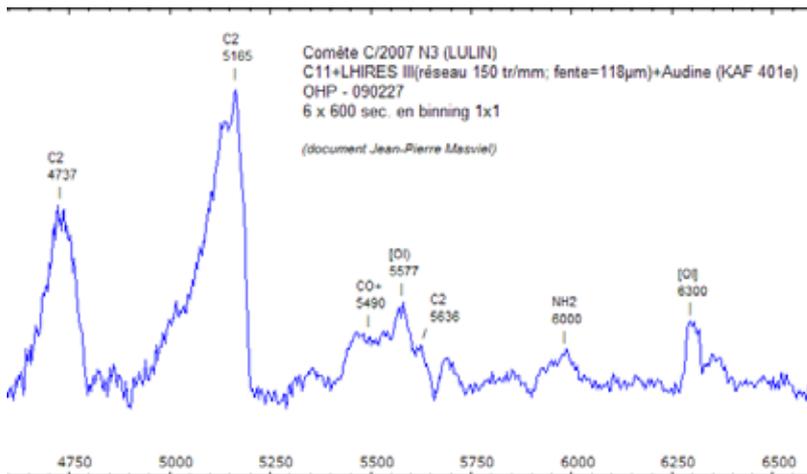


Traitement en fausses couleurs

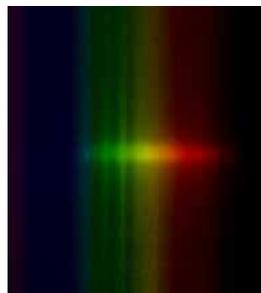
## Les résultats en spectrométrie cométaire



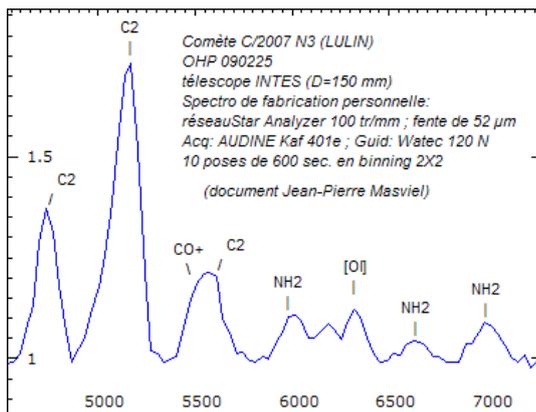
Spectre 2D colorisé selon la longueur d'ondes (l'image d'origine étant en noir et blanc) et son profil spectral ci-dessous.



Spectre 2 D : mosaïque de deux images (l'une en haut et l'autre en bas): la colonne brillante à gauche est l'ordre zéro ( la lumière issue de la comète n'est pas décomposée); à droite on peut voir la totalité de l'étendue du spectre avec , au-dessus et en dessous du noyau, des raies en émission situées dans la coma.



Le spectre cométaire, colorisé selon la longueur d'onde



Profil spectral obtenu à partir du spectre 2D ci-dessus.

Pour obtenir ce profil, le spectre a été au préalable divisé par celui de l'étoile Ras Elased Australis, située sur le ciel à proximité de la comète. Cette étoile, de type G0, est proche spectralement du Soleil (type spectral G2V). L'objet de la division est d'éliminer la part due aux poussières qui renvoient la lumière solaire afin de ne garder que la composante gazeuse des bandes en émission



Le spectro très basse résolution ouvert. A droite, la caméra de guidage Watec 120 N. La caméra d'acquisition (Audine) n'est pas encore mise en place. Le spectrographe est construit autour d'un réseau par transmission Star Analyzer de 100 traits/mm bloqué entre deux objectifs photos standard ouverts à 1,7 . Une fente de 52 µm permet d'isoler la cible, ici la comète



L'équipement d'Olivier Thizy (C11 sur Losmandy Titan). A l'arrière du télescope, la bonnette avec la fibre optique vers le spectro eShel.



Olivier Garde et sa Losmandy Titan + C14+ FSQ106



La spectrométrie d'une comète visible à l'œil nu sous un ciel correct est parfaitement accessible à des moyens amateurs.

Des résultats peuvent même être obtenus avec un matériel modeste (un télescope de 15 cm de diamètre et un réseau de 100 traits/mm), ce qui ouvre d'intéressantes perspectives de suivi de l'activité gazeuse des comètes pourvu que l'on dispose d'un télescope de diamètre suffisant. ■



Jean-Pierre  
MASVIEL

## Comprendre Faîtes votre calendrier perpétuel

*Nous aimerions pouvoir retrouver facilement le nom du jour de notre naissance ! rien de plus simple quand on en connaît la date julienne ou le jour julien.*

### Calendrier julien puis grégorien

La décision de César fait suite au décalage complet constaté entre les dates des célébrations des fêtes et ce qu'elles étaient censées commémorer :

Fête des moissons célébrées en hiver, fête de l'automne au printemps

César (ci-contre) fait donc commencer l'année le 1er janvier et en fixe la longueur à 365,25 jours, d'où le rythme de trois années de 365 jours suivies d'une année de 366 jours (bissextile).

C'est le calendrier julien.

Malgré cette correction, ce calendrier dérive encore de trois jours en quatre siècles, phénomène constaté par la dérive de l'équinoxe. Sosigène avait fixé la date du printemps au 25 mars ; or, il eut lieu le 21 mars en 325 !

Le concile de Nicée en 325 pensa réparer l'erreur en fixant la date du printemps au 21 mars et par conséquence celle de Pâques, définie à l'époque comme le dimanche suivant la première pleine lune de printemps.

Mais bien sûr, ceci ne régla pas le problème, le décalage s'accrut, et il fallut attendre le concile de Trente (1545 – 1563) qui chargea Grégoire XIII de réformer le calendrier.

La réforme prit effet le jeudi 4 octobre 1582, le jour suivant fut le vendredi 15 octobre 1582 : on perdit donc onze jours.

L'écart est certes annulé à cette date, mais la dérive persiste. Elle est due à la différence entre l'année calendaire, de 365,25 jours, et l'année tropique, temps qui sépare deux printemps consécutifs, de 365,2422 jours.

Pour compenser la dérive de 3 jours en 400 ans, il est décidé de supprimer le jour supplémentaire de l'année séculaire (1600, 1700, etc.) quand le millésime n'est pas divisible par 400.

Ainsi, 1600 et 2000 sont bissextils, 1700, 1800, 1900 et 2100 ne le sont pas.

Le calendrier julien, devient grégorien, c'est notre calendrier actuel.

### Date julienne et jour julien

La date julienne et le jour julien ont été imaginés par l'astronome Joseph de l'Escale de Bordons, qui signait Scaliger, né à Agen en 1540 et mort à Leyde en 1609.

Cet astronome était préoccupé par la chronologie ; il a proposé une échelle de temps avec une origine très lointaine, beaucoup plus lointaine que la numérotation chrétienne de son époque ou que la numérotation romaine, puisqu'elle se situe au premier jour de l'année - 4712 (4713 avant JC) qui par construction se trouve un lundi, et à 0 heure.

Ce choix résulte de la considération des cycles de 15 ans (indiction romaine), 28 ans (cycle solaire) et 19 ans (nombre d'or).

Le jour julien et la date julienne apparaissent en 1583 dans son ouvrage « Etude Nouvelle de la Correction du Temps ».

Pour être précis, appelons :  
 - Date julienne, la durée écoulée depuis le 1er janvier - 4712 à 12h TU.  
 On exprime la date julienne en jours



décimaux.

- Jour julien, le numéro d'ordre du jour, qui est aussi la partie entière de la date julienne commençant à 12 h TU. Ainsi, le jour julien 0 est le 1er janvier -4712, et le jour julien 1 commence le 2 janvier -4712 à 12h.

Particularité, le jour julien ne coïncide pas exactement avec le jour officiel : il commence à midi, alors que le jour officiel commence à 0h. D'où : jour officiel = jour julien + 0,5.

Ainsi le jour julien a 12 heures de retard sur le jour officiel, qui est aussi le jour des historiens.

### Calcul des dates juliennes et grégoriennes, et du jour julien

- Si MM = 01 ou 02, on remplace AAAA par AAAA - 1 et MM par MM + 12.

Deux cas se présentent à nous, selon que la date est antérieure ou postérieure au 15 octobre 1582, date d'application de la réforme du calendrier par le pape Grégoire XIII.

Si la date est antérieure au 15 octobre 1582, il s'agit de la date julienne donnée par :

$$\text{Date Julienne} = \text{partie entière de } 365,25 \times \text{AAAA} + \text{partie entière de } 30,6001 \times (\text{MM} + 1) + \text{JJ} + 1720994,5$$

Si la date est postérieure au 15 octobre 1582, on est dans le calendrier Grégorien et il faut introduire les corrections suivantes, correspondant à la suppression de 3 jours tous les 400

ans, soit un jour bissextile quand le siècle n'est pas divisible par 4 :

1. Calculer A = partie entière de AAAA/100
2. Calculer B = 2 - A + partie entière de A/4
3. Calculer la Date Grégorienne = partie entière de 365,25 x AAAA + partie entière de 30,6001 x (MM + 1) + JJ + 1720994,5 + B

### Jour de la semaine

Le jour julien est indépendant des années, mois et semaines ; le reste de sa division par 7 donne le jour de la semaine.

Comme le jour julien = date julienne à 0h TU + 1,5, le jour est donné par le reste de la division du jour julien par 7.

Le jour est un dimanche si le reste est 0, un lundi si le reste est 1, et ainsi de suite.

$$\text{Reste} = (\text{date julienne à 0h TU} + 1,5) / 7$$

Valeur du reste	Jour
0	Dimanche
1	Lundi
2	Mardi
3	Mercredi
4	Jeudi
5	Vendredi
6	Samedi

### Exemple : quel jour était le 9 octobre 1946 ?

Appliquons la méthode de calcul au 9 octobre 1946 :

- AAAA = 1946
- On est en octobre donc MM = 10
- JJ = 9

$$\text{Calculons : } A = \text{ENT}\left(\frac{1946}{100}\right) = 19 \quad B = 2 - A + \text{ENT}\left(\frac{19}{4}\right) = 2 - 19 + 4 = -13$$

Calculons la Date Grégorienne = partie entière de 365,25 x AAAA + partie entière de 30,6001 x (MM + 1) + JJ + 1720994,5 + B :

- Date Grégorienne = ENT(365,25 x AAAA) + ENT[(30,601) x (MM + 1)] + JJ + 1720994,5 + B
- Date Grégorienne = 710776 + 336 + 9 + 1720994,5 - 13 = 2432102,5
- Jour Julien = 2432102,5 + 1,5 = 2432104

Calculons le reste de la division du jour julien par 7 :  
 - MOD(jour julien, 7) = 3

En résumé :

- Date julienne (en réalité grégorienne) : 2 432 102,5
- Jour julien : 2 432 104
- Reste de Jour julien / 7 : 3

Le 9 octobre 1946 était un mercredi.

A vos micros ou calculettes programmables ! ■

#### A lire sur le sujet :

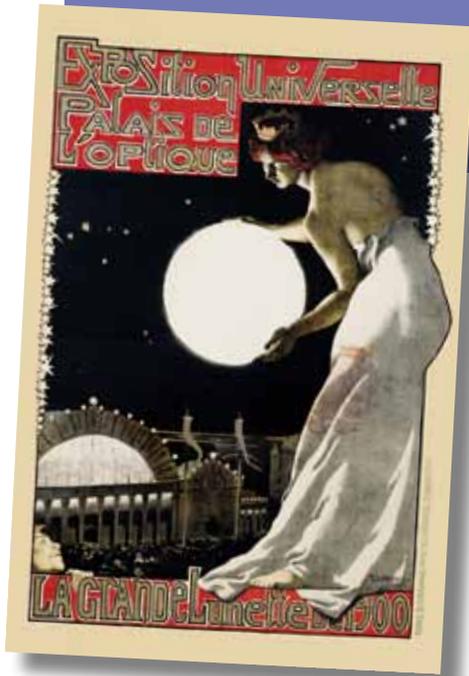
- Le volume consacré à l'Astronomie dans l'Encyclopédie de la Pléiade ; épuisé depuis longtemps, on le trouve d'occasion.
- Astronomie Pratique et Informatique par C. Dumoulin et J.P. Parisot chez Masson
- Calculs Astronomiques à l'usage des amateurs par J. Meeus à la S.A.F.



André ACLOQUE

# Chronique d'une autre époque

## La Lune à un mètre



*Dans ce nouvel article des Chroniques d'une autre époque, je vous propose de découvrir la face cachée d'une construction titanesque, pour un évènement qui n'en était pas moins pharaonique. Nous allons ainsi revivre la folle aventure de la construction de la grande lunette de 1900.*

élan et un engouement populaire inespéré.

Les dimensions définitives choisies par M. Deloncle pour la lunette étaient un diamètre de 1,25 mètre et une longueur de 60 mètres. Face à un tel « mastodonte », il n'était pas concevable de construire une coupole qui aurait mesurée 64 mètres de diamètre. La solution retenue fut donc un tube horizontal, fixe et supporté en plusieurs points. Seul le sidérostât de Foucault permet un tel montage. *Cet instrument consiste essentiellement en un miroir qui, convenablement dirigé, place devant l'objectif l'image de l'astre à observer. Pour conserver cette image en regard de l'objectif, il suffit d'imprimer au miroir des mouvements qui compensent exactement ceux de la terre. Ce résultat s'obtient par des mécanismes d'horlogerie d'une précision absolue : en leur obéissant, le miroir se trouve en quelque sorte soustrait à la rotation de notre globe. [...]* On calcula qu'il fallait donner à ce miroir 2 mètres de diamètre.

### Les lentilles

*Pour la fabrication des lentilles, un seul verrier pouvait entreprendre de faire des lentilles de 1,25 mètre : M. Montois. C'est de ses fours que sont sortis*

*presque tous les grands objectifs existants, y compris celui de 1m,05 mètre de l'observatoire de Yerkes, à Chicago. [...] M. Mantois avait limité lui-même [...] le diamètre des lentilles qu'il jugeait possible d'obtenir.*

Le principe consiste à faire fondre dans un four à 1800°C les matières vitrifiables. Après plusieurs manipulations, toutes plus délicates les unes que les autres, il faut laisser refroidir la masse en fusion pendant plus de deux mois ! Si tout se passe bien, le verrier obtient ainsi au bout de trois mois un bloc de verre assez gros pour tailler une lentille de 1,25 mètre de diamètre...

Deux faces parallèles sont ensuite découpées dans le bloc et polies. A l'aide d'un collimateur, le verrier inspecte la qualité du verre. Tout défaut présent en bordure du bloc est éliminé à la scie. Après plusieurs refontes et éliminations des défauts, un bloc homogène et pur est



Polissage du bloc verre destiné à une lentille de grand diamètre

**P**aris, le 15 avril 1900. C'est l'ouverture de la grande Exposition Universelle, la plus grande jamais réalisée en France. En l'espace de sept mois, plus de 50 millions de spectateurs sont venus fouler le pavé parisien. Parmi toutes les attractions, l'une d'elles était une lunette astronomique aux dimensions inimaginables – 1,25 mètre de diamètre pour 60 mètres de longueur – et dont l'histoire avait commencé huit ans plus tôt.

L'aventure a commencé en juillet 1892, lorsque le projet de M. François Deloncle fut voté par le Chambre des députés. Ce projet consistait à construire pour l'Exposition Universelle un télescope géant, laissant loin derrière lui, par ses dimensions et son pouvoir grossissant, les plus célèbres instruments des observatoires des Deux Mondes. Face à cette perspective, la presse a rapidement repris l'information et l'on pouvait alors lire dans les journaux que l'on pourrait voir la surface de la lune à la distance d'un mètre ! Bien que cela soit absurde, cette formule prima sur toutes les autres et elle donna au projet un



Examen d'une lentille au point de vue de la trempe

obtenu. L'opération aura duré au total plusieurs mois et le bloc aura perdu 40 à 50% de sa masse initiale. Il est alors temps de lui donner sa forme finale en le moulant. Quand l'opération a été menée à bien, on polit les faces et on procède, devant une toile cirée noire, à l'examen de la trempe du verre au moyen du prisme de Nicol.

Enfin, une année environ après la première vitrification, le disque est prêt à être livré à l'opticien. M. Mantois a fourni pour la grande lunette de 1900 quatre disques [...] Chacun d'eux étant revenu à 75 000 francs (soit environ 200 000 euros)

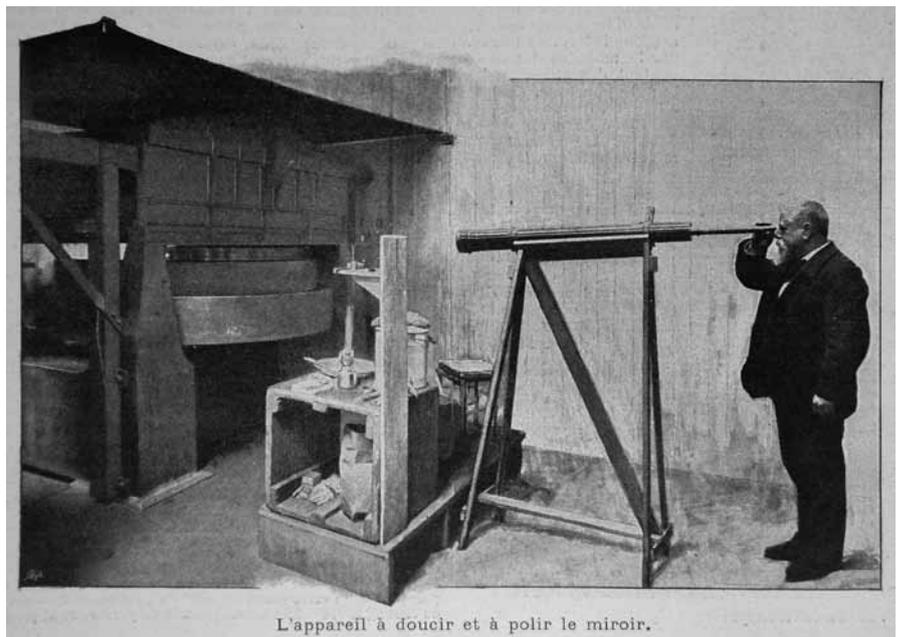
## Le miroir

La fabrication du miroir n'a pas été simple non plus. Compte-tenu du pouvoir grossissant extraordinaire de la lunette, le moindre défaut à sa surface aurait été exagéré dans les mêmes proportions. Il fallait donc que le miroir soit la perfection même.

Pour réaliser la perfection d'un miroir, deux conditions sont indispensables : 1° le verre doit être d'une trempe aussi faible et aussi uniforme que possible [...] 2° la planéité de la surface doit être poussée jusqu'à la dernière approximation qui soit sensible, c'est-à-dire dans l'état actuel de l'outillage des laboratoires jusqu'au dix-millième de millimètre. Pour cela, un four spécial fut construit

pour accueillir le moule d'un peu plus de 2 mètres, profond de 30 centimètres et pouvant contenir 4000 kilos de verre en fusion. Douze coulées furent opérées. Deux seulement réussirent, la première et la douzième.

Le polissage du miroir fut l'œuvre de M. Gautier, constructeur de la grande lunette de l'exposition et membre du Bureau des Longitudes. Alors que l'on croyait qu'une surface rigoureusement plane ne pouvait s'obtenir qu'à la main, au moyen de retouches locales, M. Gautier entrepris de le faire mécaniquement. L'appareil était composé de deux plateaux mobiles. Sur l'un d'eux reposait le miroir tandis que le deuxième, le rodoir, polissait le miroir à l'aide d'un mélange d'eau et d'émeri. Et un ouvrier, armé d'une seringue et placé à poste fixe, injectait l'émeri en temps opportun. Le polissage a duré ainsi plus d'une année !



L'appareil à doucir et à polir le miroir.

Plusieurs fois par jour, M. Gautier vint surveiller les opérations. Pour cela, il regardait à l'aide d'une lunette l'image réfléchie par le miroir d'un point rond lumineux qui brillait de l'autre côté. C'est le principe du test de Foucault. L'image ainsi obtenue devait rester parfaitement ronde, avec ses anneaux de diffraction concentriques, quelle que soit la zone du miroir observée. Auquel cas,

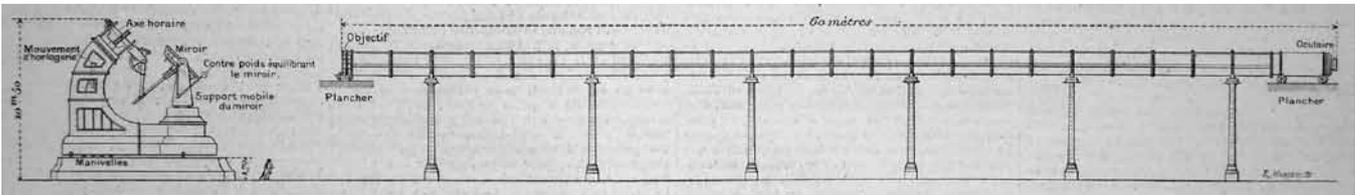
le miroir aurait été jugé parfaitement plan. Sinon, il fallait continuer le rodage... La mesure est tellement précise que M. Gautier constata que, suite à la marche du soleil, une paroi de son atelier de polissage était plus chaude le matin, tandis que c'était la paroi opposée qui devenait la plus chaude dans l'après-midi ; il n'en fallait pas plus pour influencer le miroir ; et le rodoir attaquait aussitôt le côté momentanément dilaté. On dut pendre aux parois des thermomètres au dixième de degré ; quand l'ouvrier constatait la moindre différence, il plaçait du côté froid un papillon de gaz qui brûlait là le temps nécessaire pour rétablir l'équilibre.

Les courbures des lentilles ont été également obtenues de la même manière que la surface plane du miroir.

## Le sidérostat

L'emplacement de la grande lunette lors de l'Exposition fut choisi en conséquence de l'importance du projet. Elle fut donc construite par M. Gautier sur le Champ de Mars, au palais de l'optique.

Le colossal bâti en fonte qui supporte le miroir et les axes qui doivent lui imprimer son déplacement pèse 22



Le grand sidérostade de l'Exposition (vue d'ensemble)

tonnes et demi. La partie mobile de l'appareil – les axes, le miroir, son barillet, son contrepoids et son support – pèse plus de 13 000 kilogrammes. Mais cet ensemble flotte sur une cuve remplie de mercure et un simple effort de la main suffit à faire tourner l'énorme masse de 15 tonnes.

Le tube horizontal de la lunette mesure 60 mètres de longueur et 1m,50 de diamètre, et pèse 21 000 kilogrammes. *Du côté du miroir, l'entrée de la lunette est fermée par l'objectif. [...] Deux objectifs ont été préparés ; l'un est astronomique, l'autre photographique. A l'autre extrémité de la lunette se trouve l'oculaire, monté sur roues, de façon à permettre la mise au foyer. A celui-ci peut être substitué à volonté*

*une plaque photographique, un spectroscopie, ou un appareil pour la projection. [...] L'image de la lune fournie au foyer par l'objectif seulement aura 56 centimètres de diamètre, et avec un oculaire grossissant dix fois le diamètre de l'image deviendra de 5m,60.*

Pour terminer sur cette « biographie d'une lunette d'exception », je laisse de nouveau la parole à l'auteur qui nous livre ses impressions sur cette merveille technologique. *"Les plus forts grossissements obtenus jusqu'à présent atteignent 4 000 fois ; celui du sidérostade dépassera 6 000 fois et pourra même être poussé jusqu'à 10 000 fois dans des circonstances favorables.*

*Il est malheureusement presque certain que ces circonstances*

*propices ne se produiront pas pendant l'Exposition. Trépidations, fumées, poussière, aucune incommodité ne sera épargnée à l'observatoire improvisé du Champ de mars. Les amis de l'astronomie devront vraisemblablement se borner à admirer de confiance le chef-d'œuvre de construction mécanique et de travail optique qui leur sera exhibé, et ils exprimeront le souhait de voir en 1901 la plus grande lunette du monde sous un ciel plus pur et dans un asile plus paisible."*

Extrait de « La lune à un mètre » de Maurice NORMAND paru dans l'Illustration du 31 mars 1900, n°2979, pages 198 à 201 ■



Christophe GILLIER

# Galerie Astro



La galaxie M51 dans les Chiens de chasse -  
Caméra ST402 au foyer d'un C8. Addition de 21  
poses de une minute par Bruno Christmann



Saturne - Caméra PL1M au foyer d'un C14. Addition de 125  
images de 0,25s. Le point en-bas à gauche de Saturne est  
le satellite Titan. Photo de Christian Hennes



La galaxie M109 - Caméra ST7E au  
foyer d'un C14 (équipé d'une optique  
adaptative AO7). Addition de 23 poses de  
3 minutes par Olivier Garde



La Vallée de Alpes - Caméra Lumenera + barlow  
x3 au foyer d'une lunette L120 par Jean-Paul Roux

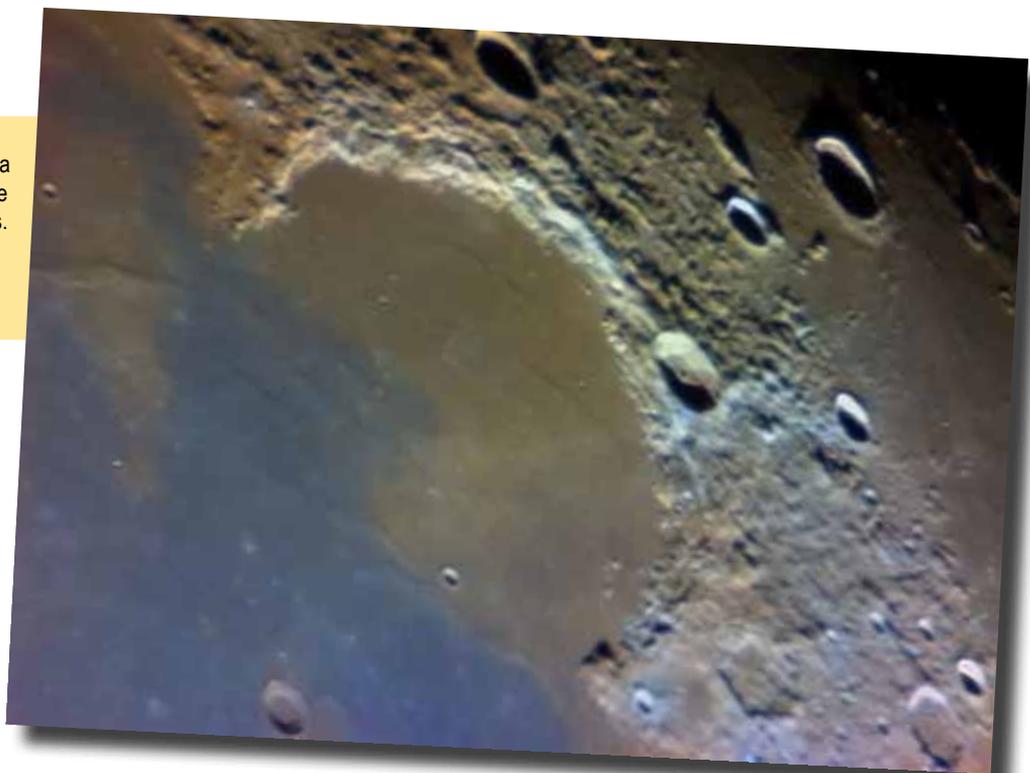


La galaxie M106 - Caméra ST402 au foyer de la  
lunette FSQ106. Compositage LRVB (75:30:30:30  
minutes) par Christophe Gillier



La comète Lulin - Canon 40Da équipé d'un objectif de 135mm ouvert à f/2. Photo réalisée à l'observatoire de Haute-Provence en 10 minutes "one shot" par Jean-paul Roux

Le cratère Sinus Iridum - Caméra DFK au foyer du C14. Ce cratère se situe en bordure de la Mer de pluies. Image réalisée par Luc Jamet



La Station Spatiale Internationale - Canon 350D au foyer d'un télescope Mak150. Temps de pose 1/1000<sup>ème</sup> de seconde à 800iso le 23 mai à 22h43. Série d'images réalisées par Gilles Dubois

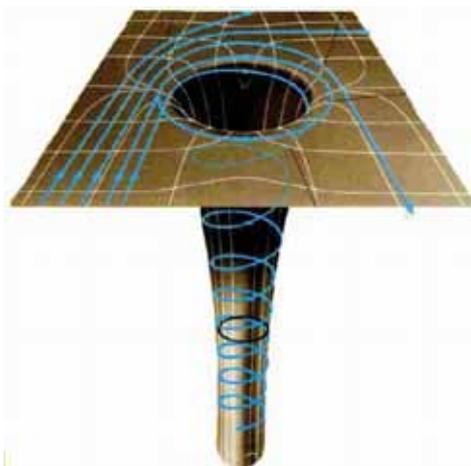


# Considérations sur les Trous Noirs

*Les trous noirs sont à la mode ! On ne compte plus les publications et conférences sur le sujet... après, entre autres, le livre magnifique de Jean-Pierre Luminet sur « le destin de l'Univers : trous noirs et énergie sombre », la conférence de Hubert Reeves « Balade du côté des trous Noirs » aux RCE en novembre dernier et la conférence de Gilles Henri « les trous noirs : dernières nouvelles du cosmos », organisée par le CALA début janvier, NGC se devait de se pencher, humblement, sur la question !*

## DE L'ORIGINE DES TROUS NOIRS

L'origine du terme « trou noir » est assez récente. Il fut inventé en 1969 par un physicien américain, John Wheeler, pour décrire de façon imagée une idée vieille de plus de deux cents ans : les étoiles figées. A cette époque, deux théories prévalaient quant à la nature de la lumière. Selon la première, la lumière se composait de particules et selon l'autre, d'ondes.



Déformation espace-temps par un trou noir

A partir de là, un professeur de Cambridge, John Michell et, indépendamment, le mathématicien Français Pierre-Simon Laplace, imaginèrent qu'une étoile suffisamment massive et dense devait posséder un champ gravitationnel tel qu'aucune lumière, c'est à dire aucune particule ne pouvait s'en échapper. Toute lumière émise à la surface de cette étoile serait retenue par sa force gravitationnelle Newtonienne.

Michell suggérait qu'il devait y avoir de nombreuses étoiles noires de cette sorte. Et bien que nous ne puissions les voir - puisque leur lumière est « figée » - nous devrions ressentir leur attraction gravitationnelle.

Aucune réponse ne fut apportée à cette question jusqu'à ce qu'Einstein propose sa théorie de la Relativité Générale en 1915 ; et même alors, il fallut du temps avant qu'apparaissent les implications de cette théorie pour les étoiles massives.

## LE RAYON DE SCHWARZSCHILD ET L'HORIZON DES EVENEMENTS

En 1916, l'astronome allemand Karl Schwarzschild (image ci-dessous) découvrit une solution particulière à la théorie de la relativité d'Einstein qui décrivait une zone ponctuelle de densité infinie, nommée singularité. Son œuvre a révélé une implication particulièrement étonnante de la relativité générale : Schwarzschild montra que, si la masse d'une étoile est concentrée dans une région assez petite, le champ gravitationnel qui s'exerce à la surface de cet astre devient si intense que même la lumière ne peut plus s'en échapper - c'est ce qu'on appelle aujourd'hui un trou noir, région d'espace-temps entourée d'un horizon d'évènement d'où plus rien (même la lumière) ne peut atteindre un observateur extérieur.



Pendant longtemps, la plupart des physiciens, Einstein y compris, n'ont pas cru que des configurations de matière si extrêmes puissent exister dans l'univers réel.

La frontière (immatérielle) entre l'intérieur d'un trou noir et le reste de l'univers s'appelle donc l'horizon des événements. Son aire permet de définir le rayon du trou noir : c'est le fameux « rayon de Schwarzschild », rayon à l'intérieur duquel une masse particulière (M) doit être confinée pour constituer un trou noir.

Si l'on utilise la masse du Soleil ( $M_{\odot}$ ) comme référence, le rayon de Schwarzschild ( $R_S$ ) en Kilomètres peut s'exprimer par la formule :

$$R_S \text{ (km)} = 3 M/M_{\odot}$$

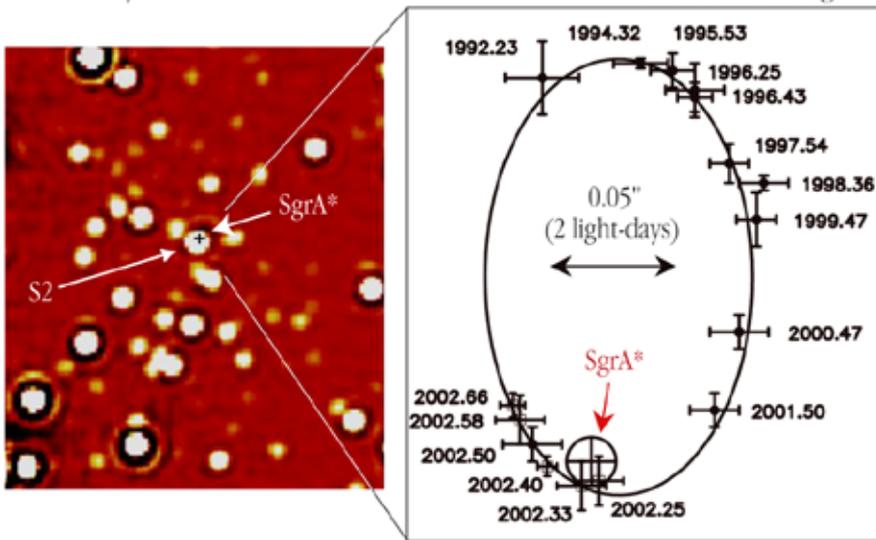
Ainsi le rayon de Schwarzschild du Soleil ( $M = 1M_{\odot}$ ) est de 3 km, celui de la Terre serait de 1cm !

Un trou noir comporte une singularité centrale dont la densité est très élevée, et une zone vide, de « non-retour », à l'intérieur du rayon de Schwarzschild. Tout objet qui pénètre dans la zone de non-retour est condamné à s'écraser sur la singularité.

## LES TROUS NOIRS EXISTENT...

Si les trous noirs aspirent la lumière, comment pouvons-nous savoir qu'ils existent ? Un trou noir, c'est un concentré de matière qui s'exprime de deux façons : la lumière et le champ de gravité. On peut donc d'abord les repérer par l'attraction qu'ils exercent sur les objets alentours. Deuxièmement, en tombant dans un trou noir, le gaz interstellaire s'échauffe et émet de la lumière avant de disparaître.

NACO May 2002



The Motion of a Star around the Central Black Hole in the Milky Way

ESO PR Photo 25c/02 (9 October 2002)

© European Southern Observatory



La première méthode est celle qui a permis d'identifier le trou noir qui occupe le centre de notre galaxie : Sagittarius A\*. Le trou noir de la Voie Lactée possède une masse d'environ 3 millions de Masse Solaire, concentrée dans une région de seulement 10 millions de kilomètres de rayon (30 secondes lumière). Le suivi sur plus de quinze ans des étoiles qui gravitent autour de Sgr A\* à une vitesse accélérée de 30 000 km/s a apporté la preuve de la présence d'un trou noir au centre de notre galaxie (image ci-dessus).

*Non seulement Dieu joue aux dés, mais en plus il les jette là où on ne peut les voir !*  
(Stephen Hawking, 1977)

La deuxième manière de voir un trou noir repose donc sur la lumière émise par le gaz chauffé à blanc pendant sa chute. Ce phénomène a été mis en évidence dans les Quasars, les objets les plus lumineux de l'univers, qui brillent par l'éclat du gaz aspiré dans les trous noirs supermassifs (quelques milliards de Masse Solaire !) situés au centre de galaxies lointaines.

Ainsi, les trous noirs existent par milliards un peu partout dans l'univers. Chaque galaxie en possède un massif en son centre et des centaines de millions d'autres plus légers sont disséminés dans son volume.

### TRous NOIRS STELLAIRES le principe d'exclusion de Pauli

Pour bien comprendre le mécanisme (quantique!) à l'œuvre dans la formation des trous noirs stellaires, il faut faire appel à la Relativité Générale et à la Physique Quantique !

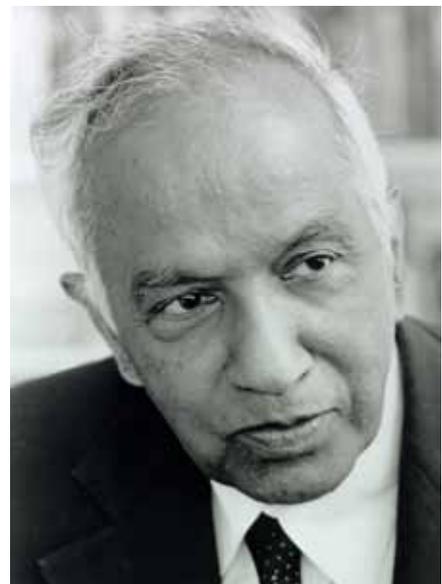
Ce mérite revient à un étudiant Indien, Subrahmanyan Chandrasekhar (Chandra, ci-contre), prix Nobel de physique en 1983. Pendant son voyage en Angleterre pour venir étudier avec l'astronome britannique Sir Arthur Eddington en 1930, Chandra réfléchit à la masse que devrait avoir une étoile pour lutter contre sa propre gravité, une fois qu'elle aurait consommé tout son carburant. Son idée était que quand une étoile rapetisse, les particules de matière se rapprochent les unes des autres.

Or, d'après le principe d'exclusion de Pauli, deux particules de matière (fermions) ne peuvent avoir à la fois la même position et la même vitesse. En conséquence, elles doivent avoir des vitesses très différentes, ce qui les éloigne les unes des autres et tend ainsi à élargir la taille de l'étoile. Une étoile pourrait donc conserver un diamètre constant grâce à l'équilibre obtenu entre l'attraction gravitationnelle et la répulsion résultant du principe d'exclusion, exactement de la même manière que plus tôt dans son existence, son attraction gravitationnelle avait été contrebalancée par la chaleur.

Chandra réalisa cependant qu'il y avait une limite à la répulsion engendrée par le principe d'exclusion. La théorie de la

Relativité limite en effet la différence maximale de vitesse entre les particules de matière dans une étoile à la vitesse de la lumière. Ce qui signifie que lorsqu'une étoile devient suffisamment dense, la répulsion provoquée par le principe d'exclusion de Pauli devient inférieure à l'attraction gravitationnelle. Chandra calcula qu'une étoile froide possédant une masse supérieure de plus d'une fois et demie la masse du Soleil ne pourrait pas résister à sa propre gravité. Cette masse est aujourd'hui connue sous le nom de limite de Chandrasekhar.

Ceci avait de sérieuses implications quant au destin final des étoiles massives. Si la masse d'une étoile est inférieure à la limite de Chandrasekhar, elle peut finalement cesser de se contracter et se stabiliser dans l'état final possible d'une naine blanche avec un rayon de quelques milliers de kilomètres et une densité de centaines de tonnes par centimètre cube. Une naine blanche est soutenue par la répulsion du principe d'exclusion entre les électrons de sa matière : la pression de dégénérescence électronique (A ce stade, les physiciens considèrent que la matière est « dégénérée »). Nous pouvons observer de nombreuses naines blanches. L'une des premières à avoir été découverte fut l'étoile orbitant autour de Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel nocturne.



Pour les étoiles massives ayant une autogravitation plus grande, en particulier les étoiles de plus de 1,4 masses solaires (limite dite de Chandrasekhar), l'effondrement ne s'arrête pas là. Dans une deuxième phase, protons et électrons fusionnent pour former des neutrons, et l'étoile géante finit par se réduire à balle condensée de neutrons.

Comme nous l'avons vu, les neutrons sont des fermions et ne peuvent pas se trouver à plusieurs dans le même état quantique. La pression de dégénérescence des neutrons vient à nouveau arrêter l'effondrement, mais l'étoile se réduit cette fois-ci à une sphère d'un rayon de quelques dizaines de kilomètres, concentrant la masse de soleil, voire de plusieurs soleils, en une région de quelques dizaines de



Noyau de la galaxie active NGC4261 vu par Hubble

kilomètres. Les étoiles à neutrons sont si denses que leur densité peut dépasser cent millions de tonnes par centimètre cube !

Dans le cas où la gravité demeure plus forte, par exemple pour les étoiles les plus grosses, un effondrement plus poussé finit par conduire à la formation d'un trou noir.

### CONCLUSION

Impossible dans cet article de rentrer dans le bestiaire cosmique très riche des trous noirs : trous blancs (symétriques) reliés par des trous de ver qui constitueraient des raccourcis dans l'espace-temps ; effet de lentille gravitationnelle qui montrerait une image démultipliée de l'univers ou phénomènes d'évaporation /perte d'information des trous noirs, qui a fait dire à nos amis anglo-saxons que finalement, «Black Holes ain't so black» !

Selon des travaux présentés récemment aux Etats-Unis, les trous noirs, qui se trouvent au centre de toutes les galaxies, sembleraient avoir été les premiers à apparaître au début de la formation de l'Univers, alors trous noirs : moteurs de l'Univers ? Affaire à suivre... ■



Lentille gravitationnelle produite par un trou noir

Sources :

- *Petite histoire de l'UNIVERS* de Stephen Hawking.

- Livre et conférences cités en introduction.

- *Juste assez de physique pour briller en société* par Joanne Baker.



Jacques MURIENNE

# Le planétarium Numérique

*Tout comme les grands planétariums, le Centre d'Animation vient de s'équiper d'un système numérique dans le dôme itinérant. Histoire d'une petite révolution.*

Après de bons et loyaux services, le Cosmodyssée II a pris sa retraite au planétarium de Vaulx en Velin.

Ce projecteur est issu d'une lignée opto-mécanique au principe assez simple : projeter la lumière de deux lampes situées dans deux hémisphères criblés de trous.

La difficulté étant de positionner les trous et de rendre la magnitude des étoiles correctement par un diamètre bien calculé (amélioré par une petite lentille pour les étoiles remarquables).

Un système complémentaire de projection permet enfin de positionner la Lune, le Soleil et les planètes. La Voie lactée est aussi représentée par une

lumière diffuse longiligne.

Et le tout est asservi par un moteur permettant de reproduire le mouvement de rotation de la Terre...

Les inconvénients sont nombreux même si pour la dernière version du Cosmodyssée, le ciel est plutôt bien rendu. Le système est très sensible à la lumière parasite et les séances extérieures à proscrire.

A part la description des constellations et la position de quelques astres du système solaire, la séance consiste à raconter mais sans montrer d'images, c'est aux spectateurs d'imaginer si le conteur est bon !

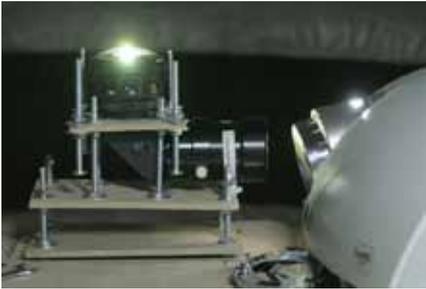


Le Cosmodyssée II

C'est grâce à l'imagination fertile d'Yves Lhoumeau, professeur de musique et passionné d'astronomie et Lionel Ruiz, médiateur scientifique au planétarium de Marseille, que la nouvelle génération de planétariums de petite taille a vu le jour.

Un principe simple, projeter sur le dôme l'image d'un vidéoprojecteur.

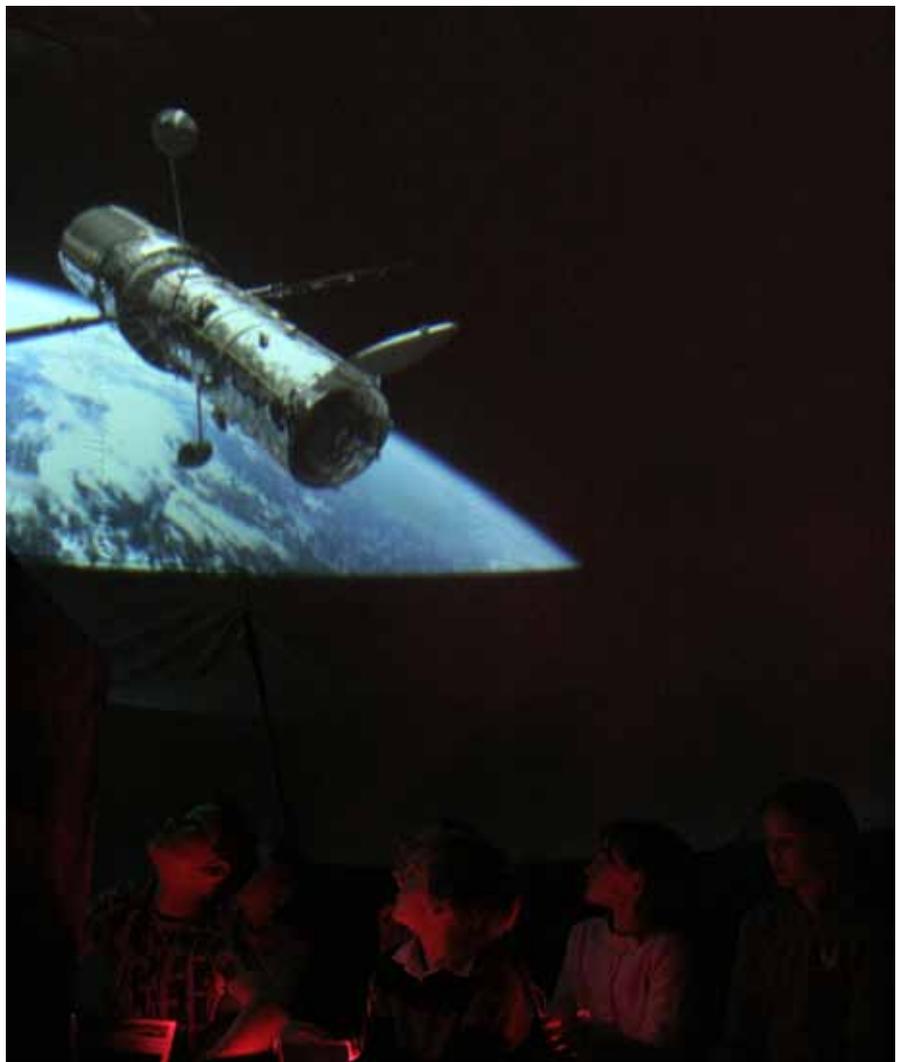
La réalisation, sans être très compliquée, demande cependant un système optique adéquat qui va permettre de faire passer le faisceau du vidéoprojecteur dans la lentille arrière d'un fisheye (un objectif ayant un champ de 180°). Ce dernier répartissant l'image sur toute la surface (*ci-dessous*).



Après l'achat d'un vidéoprojecteur haute définition et le recyclage de quelques objectifs, le système numérique devient opérationnel fin janvier 2009.

En raison des déformations dues à l'objectif fisheye, l'image projetée doit être adaptée préalablement pour avoir un rendu naturel.

Pour montrer la voûte céleste, un logiciel gère déjà ce type de projection, c'est Stellarium. Entièrement configurable, ce logiciel libre a un rendu hyper-réaliste exceptionnel, lors du crépuscule, quand la teinte du ciel vire au bleu sombre, il faut entendre les exclamations du public quand apparaissent les premières étoiles scintillant doucement dans les dernières



lueurs du Soleil. Et le ravissement est à son comble quand on fait apparaître les illustrations des constellations ou quand grâce à un télescope virtuel, on révèle le monde de Saturne ou la spirale d'une galaxie.

Grâce à une boule translucide, ce sont aussi les planètes ou les étoiles qui s'invitent au centre du dôme comme autant de globes interactifs.

Et le spectacle n'est pas limité à la voûte céleste, nous pouvons aussi projeter images et vidéos (*ci-dessus*) permettant ainsi l'immersion totale des spectateurs.

Après quatre mois d'essais et d'améliorations, notre planétarium nouvelle génération est devenu un outil indispensable en complément de l'observation réelle.

A l'issue d'une semaine de classe astro à la météo médiocre, les enfants connaissaient mieux le ciel que lors de certaines classes antérieures dont la météo avait été plus clémente !

De plus, le système est évolutif, un nouveau vidéo-projecteur avec une meilleure résolution et la finesse de l'image s'en ressentira aussitôt.

Désormais, je travaille sur l'écriture des séances avec l'objectif d'offrir un contenu pédagogique riche et varié pour petits et grands et donner l'envie de mettre l'oeil à l'oculaire ! ■



Matthieu GAUDÉ



# Retour sur images

## Nuit de l'Equinoxe

Troisième année que le CALA organise cette manifestation au théâtre antique, et en cette année 2009, la météo nous a enfin été favorable !

Un temps idéal, très peu de nuages, enfin un temps à mettre un astronome dehors.

Je passe sur le travail énorme réalisé en amont, dans l'organisation et la mise en condition du site.



Début d'après midi, les choses sérieuses ont commencé, avec l'observation du Soleil.

Pas de chance, aucune tache visible, dommage pour ceux qui pointaient en lumière blanche, par contre quelques protubérances qui ont fait la joie des observateurs.

Pas mal de monde pendant l'après-

midi, mais nous avons pu quand même respirer !

Vers 19h00, fermeture du parc pour une petite heure et mise en place de la configuration nuit : démontage de certains ateliers, installation des instruments...

Dès 20h00 le public a débarqué en masse et à partir de là, quel que soit le poste que chacun occupait, pendant 04h00, nous n'avons pas eu une minute de répit, c'était impressionnant, nous n'avions jamais eu autant de monde, près de 2000 personnes au total !

Du côté observations, une vingtaine d'instruments étaient installés, avec pour cibles principales la Lune et Saturne.

Jean Paul projetait l'image de la Lune sur écran et donnait des leçons de géographie de l'astre sélène.

Christian va se souvenir de sa première participation, une file d'attente assez incroyable vers son C14 !



Pour ma part je gérais les jumelles que ce dernier avait apportées, des 25x100, et si la Lune est toujours un astre unique à regarder, la vision binoculaire la rend encore plus impressionnante !

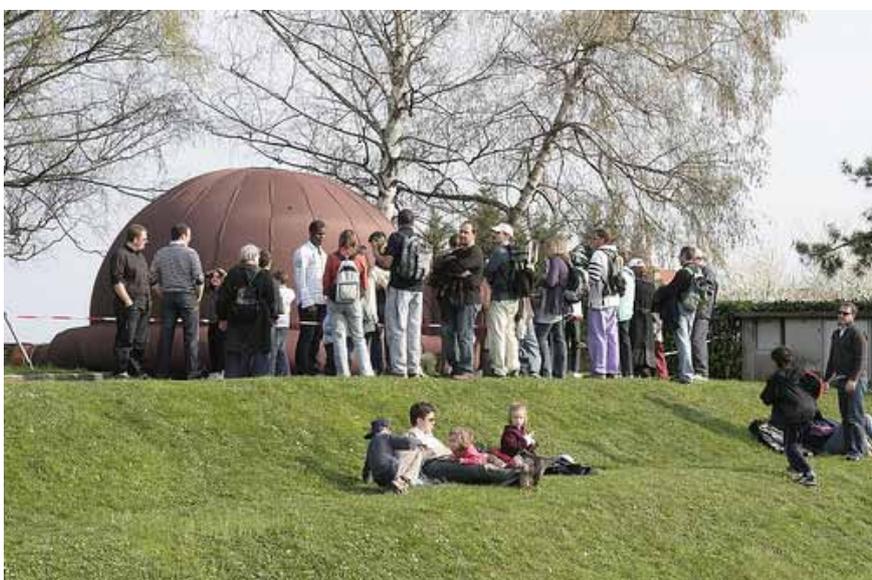
Les gens étaient scotchés par cette vision, petits et grands, connaisseurs ou profanes.

Vraiment beaucoup de monde (je me répète!) d'autant plus qu'il y avait également trois conférences d'organisées, ainsi que des séances planétarium.

Le public a commencé de quitter les lieux à partir de minuit. Nous avons commencé à démonter tranquillement, et vers 01h30, le site était remis en état « naturel ».

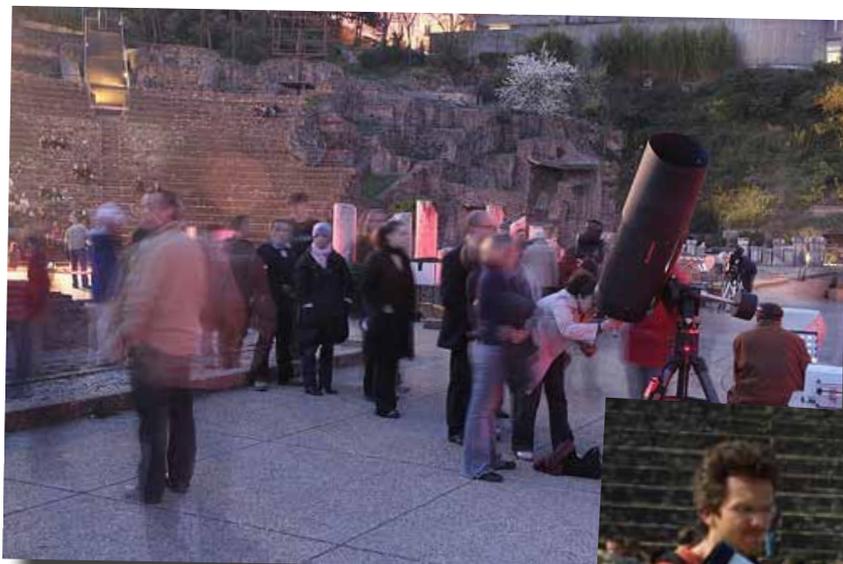
Au final, une journée marathon pour tout le monde, mais que du bonheur de partager avec le public, à répondre aux questions pointues, naïves, à rêver avec eux.

Espérons que la cuvée 2010 sera aussi réussie ! ■



Patrick CHARRET





Photos : C. Gillier;  
L.Jamet; C. Debard



# Concours photos - Oufs d'Astro

Dans le cadre de la manifestation « Ouf d'Astro » et de l'année mondiale de l'astronomie, le CALA, le planétarium de Vaulx en Velin et le Musée des Confluences se sont associés pour organiser un concours amical de photographies astronomiques.

Ce concours photo était ouvert à tous les astronomes amateurs de la région Rhône-Alpes.

Il y a eu 73 photos proposées et réparties selon 3 catégories :

- 27 photos dans la catégorie *planétaires - Lune - Soleil*
- 11 photos dans la catégorie *grand champ planétaire ou stellaire*
- 35 photos dans la catégorie *ciel profond, en noir et blanc ou couleurs*

Toutes les photos ont été exposées sur le stand du CALA. Le public venu nombreux pour la manifestation n'est pas resté insensible devant toutes ces belles images.

Parmi les membres du club qui ont participé, plusieurs ont été récompensés par le jury :



Prix spécial du jury : JP Roux



3ème "Grand champ" : M. Gaudé



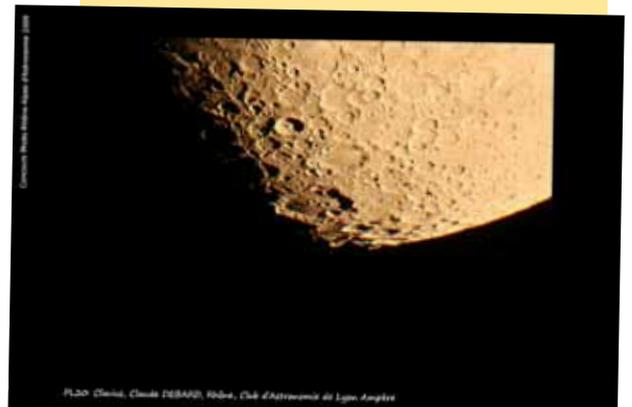
5ème ex-aequo  
"Ciel profond" : C. Hennes



3ème ex-aequo  
"planètes et comètes" : C. Gillier



Prix du public : C. Debard



3ème "Lune et soleil" : C. Debard

## Petite histoire de l'UNIVERS

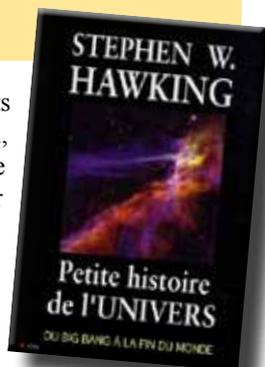
Stephen W. HAWKING  
City – 175 p / 16€

Stephen Hawking est l'un des esprits les plus brillants d'aujourd'hui, à la fois scientifique de renommée internationale et vulgarisateur hors pair : écoutez-le vous raconter l'histoire de l'Univers...

C'est exactement ce que propose ce recueil de 7 conférences sur le cosmos et la place que nous y tenons, avec cette idée que « la science devrait être compréhensible par tous et pas seulement par quelques spécialistes. »

De la théorie de l'expansion de l'Univers à celle du Big Bang en passant par les trous noirs, la direction du temps ou les découvertes de Hubble, Hawking nous convie à un passionnant voyage.

● Passionnant : la genèse et le destin de l'Univers expliqués en termes simples par Stephen Hawking.



## Petite histoire de la Matière et de l'Univers

Hubert REEVES et ses Amis  
Le Pommier - 92p/13€

Quoi de plus familier que la matière ? Et pourtant...quoi de plus étrange que la matière ? Avec l'avènement de la relativité et de la physique quantique, notre regard sur elle et sur le cosmos a été bouleversé.

Hubert Reeves a demandé à ses amis astrophysiciens et physiciens des particules de partager avec nous à la fois leur émerveillement et les questions surprenantes auxquelles ils sont aujourd'hui confrontés : théorie du Big-Bang, expansion de l'Univers, matière sombre, trous noirs, etc...

● Instructif : petite synthèse lumineuse des connaissances actuelles avec l'apport génial de scientifiques renommés !



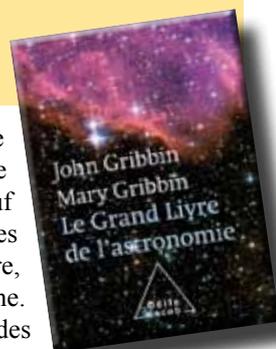
## Le Grand Livre de L'astronomie

John et Mary GRIBBIN  
O. Jacob - 245p broché / 29€

Ce Grand Livre de l'astronomie nous fait voyager de la Terre aux confins du cosmos en neuf chapitres fascinants. À peine remis des merveilles de notre berceau terrestre, nous voilà emmenés sur la Lune. Compagne de nos nuits, c'est l'un des astres les plus remarquables du système solaire. Il en est de même du Soleil, sans qui la vie sur Terre serait impossible. Notre galaxie, la Voie lactée, contient un nombre incalculable d'étoiles et nous offre un stupéfiant spectacle nocturne. Les auteurs nous expliquent comment les étoiles naissent et comment elles meurent, quels périls elles font courir, notamment sous forme de trous noirs.

La Voie lactée nous est aussi présentée dans le contexte des centaines de galaxies qui peuplent le ciel. Mais même cette immensité pâlit au regard des dernières idées sur le nombre infini d'univers qui pourraient bien exister. Cette invitation au voyage dans les étoiles se conclut sur les scénarios les plus vraisemblables du mystère des mystères : comment la vie est apparue dans l'Univers.

♥ Mon coup de coeur : descriptions claires et photographies splendides : un must !



## Que faisiez-vous avant le Big-Bang ?

Edgard GUNZIG  
O. Jacob - 327p / 27€

La cosmologie souffre d'un mal singulier. Elle croule sous les infinis au temps zéro !

Et la singularité originelle du Big-Bang est vécue comme un aveu d'échec de la relativité générale. Edgars Gunzig, avec courage et élégance, relève le gant.

Il nous décrit une nouvelle cosmologie qui résulte de la confrontation de la relativité générale et de la théorie quantique des champs sur la scène du vide quantique. Edgard Gunzig montre comment ce stratagème permet à l'univers de s'engendrer lui-même sans le fracas du Big-Bang. De renaître de ses cendres et de se répliquer sans cesse.

● Captivant : c'est l'aboutissement provisoire de la pensée humaine sur la question du commencement.



Jacques MURIENNE



# Vie du Club

## Week-End chantier à l'observatoire



Mi-mai a été organisé à l'observatoire le traditionnel week-end chantier. Une fois de plus le beau temps a été au rendez-vous et les volontaires aussi !

Nous étions une dizaine à peindre, plâtrer, tondre, ratisser, débroussailler, jointer, laver, bronzer, dormir, rigoler...

Au final, l'observatoire a pris un petit coup de jeune, mais il reste encore pas mal de boulot à faire.

Alors, rendez-vous sûrement après les grandes vacances pour en remettre une deuxième couche !