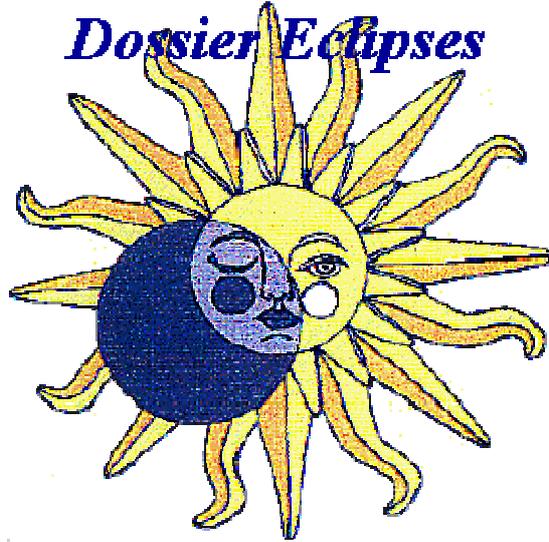


## *Dossier Eclipses*



## **L'éclipse du 11 août 1999**

Les journaux ne parlent plus que de cela depuis des semaines ; les files d'attente s'allongent aux portes des opticiens et paradoxalement, en cette journée estivale, les gens semblent préférer le Nord du pays aux plages accueillantes de l'Ouest et du Sud. Ils ont rendez-vous avec l'éclipse totale de Soleil, rendez-vous qu'ils n'ont certes pas l'intention de rater : la dernière éclipse totale visible en France remonte à près de trente ans et la prochaine est prévue pour 2081 !

Fin du monde pour quelques uns, moment de grâce et de magie pour la plupart, petits et grands ne sont pas restés insensibles à ce spectacle céleste et certains ont tenu à nous faire partager leurs impressions.

### **Sommaire**

**[L'éclipse vue par les enfants](#)**

**[L'éclipse vue par une enseignante](#)**

**[L'éclipse vue par Michel Serres](#)**

**[L'éclipse vue par les photographes](#)**

**[L'éclipse vue par les scientifiques](#)**

**[L'éclipse sur le Web](#)**

# L'éclipse vue par les enfants

Le 11 août, en pleine période estivale, la dernière éclipse totale de Soleil du siècle a été observée en France par plus de vingt millions de spectateurs de tous âges...

A l'occasion de la semaine de la science (18-24 octobre 1999), *La main à la pâte* a organisé un concours ouvert à tous les enseignants des écoles maternelles et élémentaires. Il s'agissait de constituer un dossier comportant des travaux interdisciplinaires ou des témoignages sur le thème de l'éclipse du mois d'août.

5 écoles ont été récompensées :

**L'école de Bassan**

**L'école Maternelle Rothschild à Compiègne**

**L'EMALA de Briançon**

**L'école Jean-Jacques Rousseau à Bobigny**

**L'école Pallu du Vésinet**

Les 8 classes concernées recevront les lots suivants :

1. Offerts par la Société Astronomique de France, une vidéo-cassette "Eclipse 1999" et, pour chaque élève, un puzzle "Carte de la France le 11 août 99".
2. Offerts par les éditions Le Pommier, les deux ouvrages "L'Astronomie est un jeu d'enfant" et "Graines de sciences".

Mais ça n'est pas tout ! Nous ferons circuler entre les lauréats une magnifique exposition de la Société Astronomique de France "Le rendez-vous du Soleil avec la Lune", composée de 20 panneaux souples et accompagnée d'un "parcours enfant".

## A / L'école primaire de Bassan

vous présente quelques-unes de ses productions sur le thème :

### Souvenirs d'éclipse





### 1- Les Chinois et les éclipses de soleil.

Il y a très longtemps une éclipse de soleil eu lieu en chine. Les Chinois crurent alors que c'était un dragon qui avait mangé le soleil.

Pour les Chinois de cette époque, le dragon était un dieu. Ils se mirent alors à prier pour que leur dieu leur rende le soleil.

Au bout de sept minutes, le soleil revint et les Chinois firent une grande fête en l'honneur du dragon.

Depuis ce temps-là, à chaque fête, il y a une danse du dragon.

Elodie, Charles et Yann.

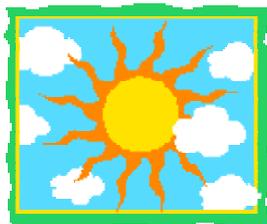


### 2- Acrostiches



La lune tourne autour du soleil  
Un jour la lune passe devant le soleil  
Ne pas regarder l'éclipse sans les lunettes  
Et vous verrez un beau croissant de soleil.

Arthur (CE2)



Sortez vos lunettes.  
Ou restez chez vous.

Le soleil est aussi puissant que la lune.  
Est-ce que c'était bien ?  
Il faisait noir et froid.  
Le soleil donne le jour.

Justine (CE2)



L'éclipse est jolie.  
Une des étoiles s'appelle Aldébaran.  
Ne regarde pas l'éclipse sans les lunettes.  
Et la prochaine éclipse, c'est quand ?

Sors tes lunettes.  
Où se passait l'éclipse ?  
Le soleil est rentré dans la lune.  
Est-ce que c'était beau ? Oui !  
Il faisait presque nuit à Paris.  
Le soleil était déguisé en croissant.

Lucile Milhau (CE2)



La lune est soit ronde soit en croissant.  
Un jour, la lune a caché le soleil et ça a fait une éclipse.  
Ne la regardez pas sans lunettes.  
Et sachez que la lune met un mois pour faire le tour de la terre.

Jérémy B (CE2)

S'il te plaît, sors tes lunettes de l'éclipse.  
Où se passe l'éclipse ?  
Le soleil est le centre du système solaire.  
Et la lune tourne autour de la terre.

Ils se sont rencontrés le 11 Août 1999.  
Le spectacle était beau.

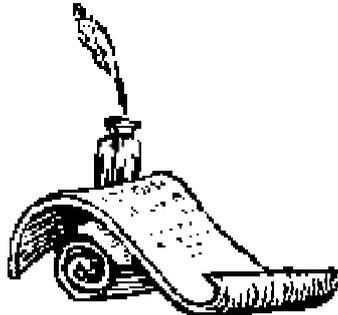
Cyril (CE2)



Elle est très belle.  
C'est la lune qui cache le soleil.  
Les villes qui en ont eu une totale ont dû se régaler.  
Il faut mettre les lunettes spéciales pour la voir.  
Pour moi, c'était bien.  
Souvent, j'ai mis les lunettes pour ne pas me brûler les yeux.  
Elle était super !

David (CE2)

### 3- Témoignages



Quand j'ai vu l'éclipse, j'étais chez mon cousin. Chaque seconde, on regardait l'éclipse.  
C'était très beau, j'ai adoré ça. J'aimerais bien que ça recommence.

Manon

Le 11 août.  
La lune est passée devant le soleil, mais à moitié à Bassan. On ne l'a vue qu'à 80%.

Cyril.

Avec maman, on a regardé l'éclipse. Elle était très belle. Ma sœur allait se brûler les yeux parce qu'elle avait oublié de mettre des lunettes.

Jérémy.

Le 11 août, il y avait l'éclipse ...  
Quand je suis allé dehors, j'ai regardé l'éclipse et quand elle a démarré, j'ai bondi sur les lunettes. Ma chatte Pandore a miaulé tout le temps.

Léo.

## B / L'école Maternelle Rothschild à Compiègne

### **Après l'éclipse par quelques enfants du CP de l'école primaire Robida B de Compiègne et par les enfants de la grande section de l'école maternelle Rothschild**

L'année dernière, nous étions à l'école maternelle Rothschild avec Huguette Farges. Nous avons participé à Expo Science à Amiens où nous avons présenté nos travaux et là on nous a donné des super lunettes pour regarder l'éclipse du 11 août 1999, bien sûr nous les avons essayées dans la cour. Puis les vacances terminées, nous avons changé d'école, nous sommes maintenant dans plusieurs cours préparatoires de Compiègne, Huguette a contacté notre nouvelle maîtresse pour savoir si nous avions pu utiliser les lunettes. Et voici quelques textes et dessins :



*Dans la cour de l'école maternelle le 26 06 1999*



Photo prise aux environs de 12 h 25 mn à Compiègne par G Farges



Mathilde on a pique niqué en forêt, il faisait tout gris, on avait emmené les lampes.



Jennifer : "j'ai vu une lune orange comme un croissant, j'étais à la fenêtre, j'avais des lunettes d'éclipse."



Karla : "Il faisait nuit en plein jour, on a attendu jusqu'à ce que le jour revienne. J'ai vu la lune qui cachait le soleil."



Emmanuelle ; "J'ai pas vu l'éclipse parce qu'il y avait des nuages, il fallait qu'il y ait du soleil.

J'étais à Compiègne au parc avec maman, il y avait beaucoup de monde, c'était rempli."



David " J'ai vu que le croissant avec les lunettes."

Et d'autres témoignages sans illustration :

Gérémy ; " J'étais à Arcy chez moi, il a fait tout noir et j'ai vu tout bien, j'ai vu le soleil, le rond noir avait caché le soleil, j'avais mis des lunettes. Tout le monde disait que c'était la fin du monde."

Ludivine : "J'ai rien vu parce que j'étais chez moi, maman avait peur que je retire les lunettes, elle a fermé les volets."

Cindy ;" J'étais en vacances, maman m'a mis des lunettes et à ma petite sœur aussi. J'ai vu le soleil et la lune, elle passait devant le soleil. Quand il a fait nuit, je faisais du vélo, j'ai même pas eu peur."

Fouad : "J'étais au Maroc, j'ai vu une lune rouge, la lune a caché le soleil, il y avait beaucoup de gens."

Jordan ; "J'étais à la maison à Compiègne, après j'ai pris mes lunettes d'éclipse et j'ai regardé le soleil, y avait un gros rond, je l'ai vu très bien. après, il faisait jour."

Clémentine : "j'étais à la montagne, il y avait des nuages, mais il ne pleuvait pas, j'avais mal au cou à force de regarder le ciel. J'ai mis mes lunettes et j'ai vu la lune passer devant le soleil."

Maxime : " J'ai pas regardé, j'ai juste regardé à la télé, j'avais pas envie de regarder parce que j'aime pas l'éclipse, j'aime pas quand il fait noir."

Charlène : "J'étais chez Yaya, j'ai vu que le croissant parce qu'il y avait des nuages. j'ai eu froid, il a fait noir puis d'un coup le jour est revenu. Le soleil est pas venu, c'est dommage."

Chadi: "J'étais sorti, j'avais pas de lunettes, j'ai vu la nuit."

Guillaume : "Il faisait tout noir, le soleil s'était caché et le jour est tout de suite revenu. j'ai pas mis mes lunettes parce qu'il y avait des nuages."

Steven : "C'est devenu tout noir, j'étais chez moi après c'était fini l'éclipse."

Anais (cours préparatoire école Robida B)

"J'ai bien regardé avant que cela commence mais après, c'est passé très vite et il y a eu la nuit.  
Il a fait un peu plus froid pendant l'éclipse."



*dessin de Paul*

Gwendoline

On s'est servi des lunettes.

Je n'ai pas vu grand chose parce qu'il y avait beaucoup de nuages et je croyais qu'on dormait dehors.



*dessin de Mehmet*

Allan (cours préparatoire école Robida B)

"Pendant l'éclipse, il faisait noir d'un côté et le jour arrivait de l'autre côté."



Océane (cours préparatoire Robida B) :  
"J'ai vu la lune qui passait devant le soleil."



*dessin de Kevin*

Quentin (cours préparatoire Robida B)  
"Avec les lunettes, j'ai vu que c'était un petit peu violet et un peu indigo autour du soleil."



### C / L'EMALA de Briançon



#### **Travaux de l'école :**

au cycle I : éclipse et art plastique

au cycle II : éclipse et expression corporelle

au cycle III : éclipse et expression écrite

Pour les 3 cycles, le travail a commencé par une série de manipulations permettant de simuler :

- le jour / la nuit
- les phases de la lune
- les éclipses, de soleil et de lune

**et chacun a raconté ce qu'il avait vu.**



## 1 - Au cycle I : éclipse et art plastique

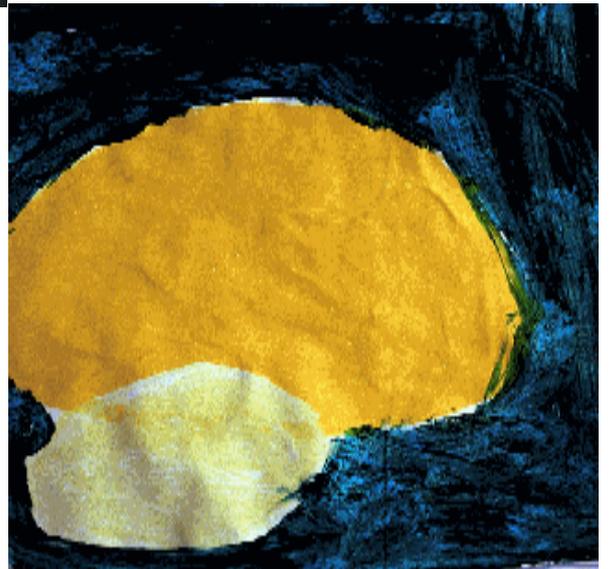
Les enfants du cycle I ont voulu dessiner l'éclipse.

Deux techniques ont été utilisées :

1 / la peinture

2 / découpage et collage.

**Objectif : les enfants devaient être capable de dire que la lune passait devant le soleil et de le représenter.**

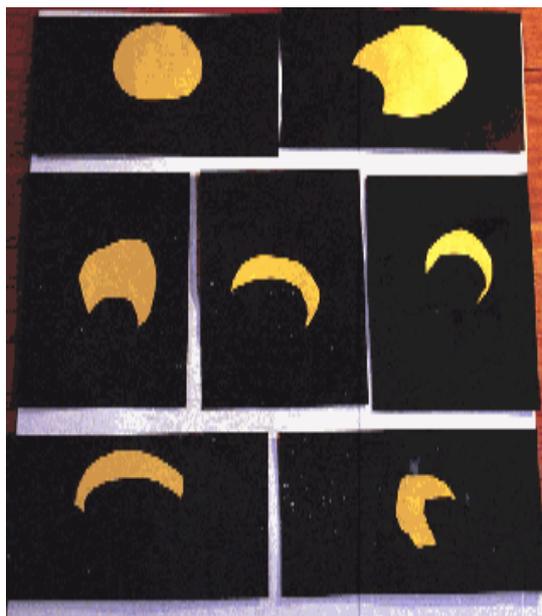


Les enfants ont choisi les couleurs collectivement.

2 / Chaque enfant devait découper une lune et un soleil dans les papiers distribués, un jaune et un noir.

Après discussion, tout le monde a été d'accord pour faire le soleil dans le jaune et la lune dans le noir. Il fallait positionner la lune et le soleil de façon à ce que ça fasse une éclipse de soleil.

Après avoir découpé et collé, il fallait ranger les productions dans l'ordre du déroulement de l'éclipse.



## 2 - Au cycle II : éclipse et expression corporelle

**Objectif :** les enfants devaient être capables de simuler corporellement les mouvements de la lune, de la terre et du soleil les uns par rapport aux autres.



Les enfants étaient par 3 : 1 mimait la lune, 1 le soleil, et l'autre la terre.  
Ce mime était présenté aux autres groupes qui devaient trouver qui était quoi ? d'où la nécessité de mimer avec précision et de bien se représenter le mouvement des astres les uns par rapport aux autres.

## 3 - Au cycle III : éclipse et expression écrite

### Lipogrammes

**Principe :** A partir d'un texte donné se fixer comme interdit la non-utilisation d'une lettre donnée.

### Texte de départ :

Qu'est-ce qu'une éclipse de lune ?

L'éclipse de lune est un obscurcissement de la pleine lune, soit partiel ou total, lorsque la lune passe dans l'ombre de la terre. Celle-ci se trouve alors entre le soleil et la lune. Lorsque les trois astres sont parfaitement alignés, il y a éclipse totale. L'éclipse de lune est visible de toute la partie de la terre qui est dans la nuit.

**Texte transformé : lipogramme en " u "**

- *L'éclipse de notre satellite, passant dans l'ombre de la terre, est sa disparition, soit partielle, soit totale. La terre se met alors entre le soleil et notre satellite. Les trois astres étant parfaitement alignés, il y a éclipse totale. Celle-ci est visible de la partie entière de la terre non éclairée.*

### **Texte de départ :**

Qu'est-ce qu'une éclipse de soleil ?

L'éclipse de soleil se produit lorsque la lune, se trouvant entre la terre et le soleil, cache le disque du soleil, en partie ou en totalité, pour certains lieux de la terre. Se produit alors un zone d'ombre et de fraîcheur. Comme la lune est beaucoup plus petite que la terre, l'ombre arrivant sur terre est étroite et l'éclipse de soleil n'est pas visible de partout, du côté éclairé de la terre.

### **Texte transformé : lipogramme en " o "**

- *L'éclipse de l'astre a lieu quand la lune, se situant entre la terre et la sphère de feu, cache le disque de celle-ci, en partie et même en intégralité. Apparaît, dans ce cas-là, une plage de nuit et de fraîcheur. Vu que la lune est vraiment plus petite que la terre, la plage arrivant sur terre est fine et l'éclipse n'est pas visible de l'intégralité de la partie éclairée de la terre.*

### **Pangrammes**

**Principe** : utiliser toutes les lettres de l'alphabet dans un texte, le plus court possible.  
La lune passe devant le soleil.

*Oh ! Regardez la belle lune, si jolie, à des milliers de kilomètres, qui passe devant le soleil. Et maintenant, voilà le Cygne, le Lynx, le W de Cassiopée et quelques étoiles filantes.*

*Oh ! Regardez la lune folle qui, à des milliers de kilomètres, masque le soleil brillant. Et voici qu'apparaissent Jupiter, le Lynx et Wezen.*

### **Cadavres exquis**

\* **Principe** : constituer une phrase, chaque élément étant donné par des personnes différentes sans concertation aucune.

- *L'étoile belle passe joyeusement au restaurant féroce.*

- *La lune violente dort bruyamment avec une bouche immense.*

- *Le soleil monstrueux regarde rapidement avec une pelle cassée.*

- *L'éclipse écrasée accorde doucement une poubelle chevelue.*

### **Acrostiches**

\* **Principe** : écrire un poème dont les premières lettres de chaque vers constituent ensemble un mot ou une phrase.

Etoile qui nous éclaire, tu te  
Caches derrière la  
Lune.  
Il faut attendre deux  
Petites minutes pour te retrouver, toi le  
Soleil qui nous  
Eblouit.

Coucher  
Inséparables  
Enfin  
Limite

Lumineux  
Univers  
Nuit  
Espoir

Interminable  
Libérer  
Lointain  
Utile  
Menace  
Impressionnant  
Nécessaire  
Epouvante

Eclipse  
Terre  
Orient  
Inquiétude  
Lumière  
Entaille

Eblouir  
Chaleur  
Lunettes  
Abandonner  
Inform er  
Retour  
Echange  
Renaître

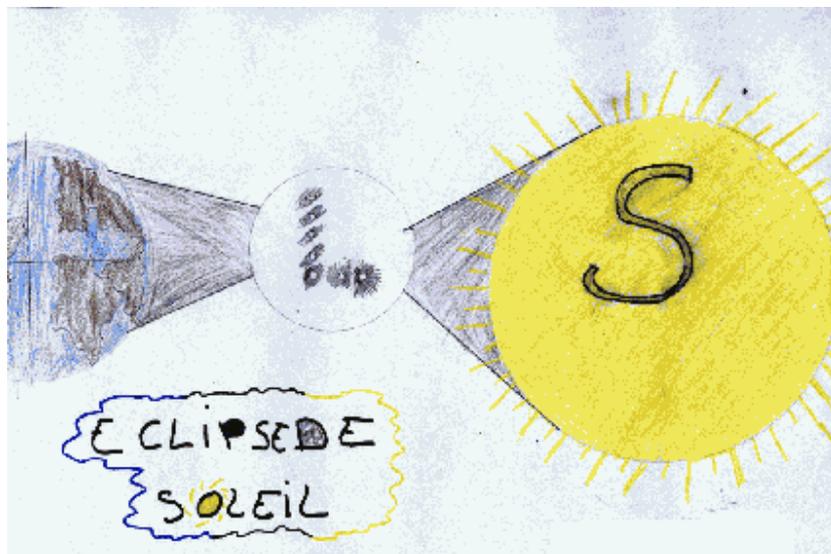
Etoile  
Ciel  
Lune  
Illumine  
Planète  
Soleil  
Eclairer

Panique  
Lueur  
Air  
Noir  
Etonnement  
Total  
~

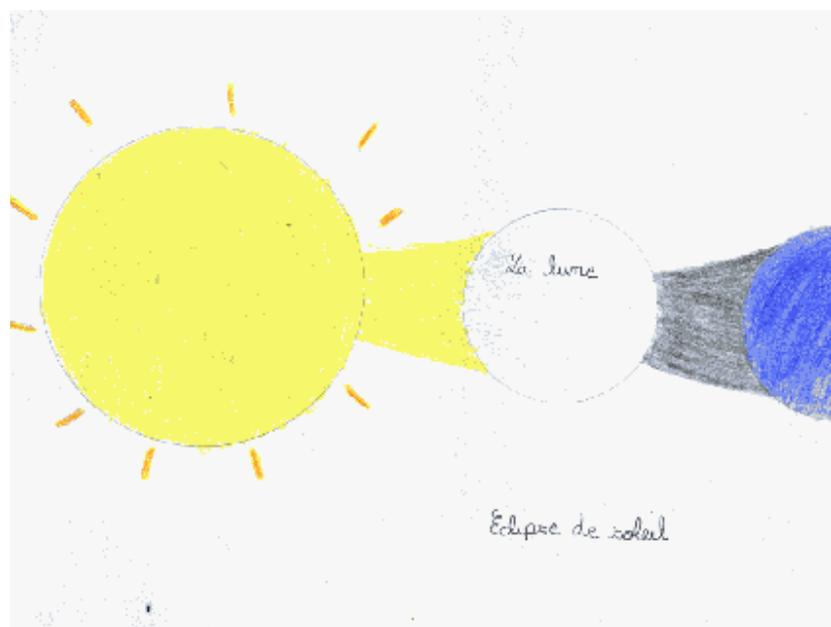
Surprise  
Ombre  
Lampe  
Extinction  
Inhum er  
Luisant

D / L'école Jean-Jacques Rousseau à Bobigny

Amanda ( CM2A)



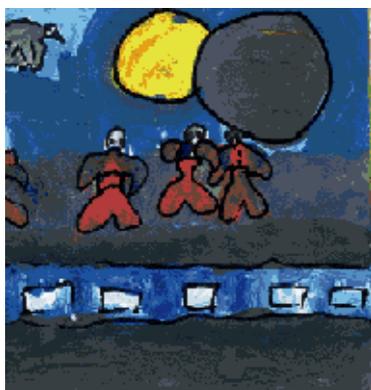
Rim (CM2A)



Les plus grands ont planché sur une maquette



**Clap d'éclipse du 11 août 1999**



## **E / L'école Pallu du Vésinet**

### **Témoignages d'élèves**

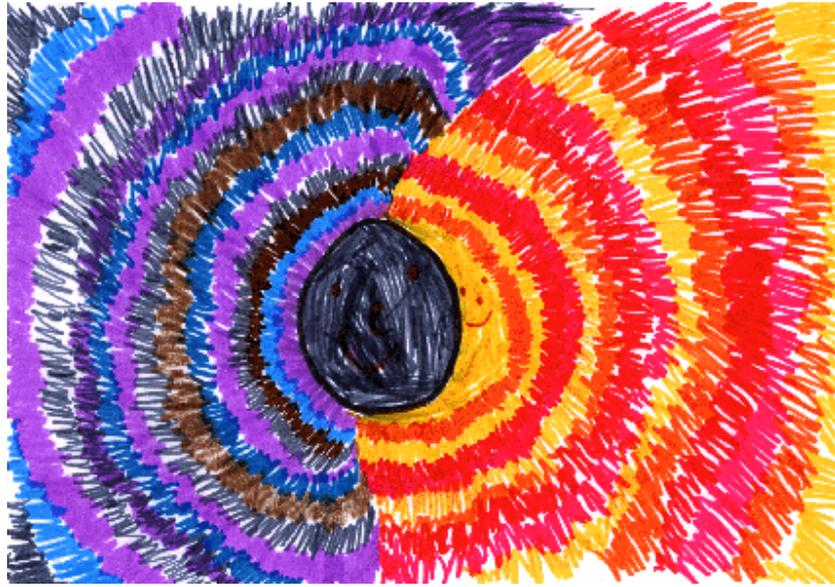
Activités artistiques autour de l'éclipse au C.P et CM1

#### **La classe de CPB de Denis Orliange :**

Pendant l'éclipse,  
j'ai vu la Lune et le Soleil.  
Le mercredi suivant,  
j'ai lu le journal  
qui en parlait.

Théo





La classe de CM1b de Michèle Foulquier



L'éclipse



# L'éclipse vue par une enseignante

## DEUX MINUTES D'ÉTERNITÉ...

*Le 11 août dernier, peu nombreux semble-t-il ont été celles et ceux qui ont eu le privilège de pouvoir assister – sans être gênés par les nuages – au merveilleux spectacle du " rendez-vous du Soleil et de la Lune " durant sa courte phase de totalité. J'en étais... Et je mesure aujourd'hui la chance d'avoir pu vivre ces instants inoubliables, ces deux minutes d'éternité...*

Mercredi 11 août, 7 heures du matin, dans un coin de la banlieue parisienne. J'ouvre mes volets : hélas, une couverture nuageuse me cache entièrement le ciel... Grosse déception, et pour cause : cela fait vingt ans que je rêve de la voir cette éclipse totale de Soleil ! Vingt années durant lesquelles, poussée par des générations d'élèves hauts comme trois pommes, j'ai découvert patiemment l'Astronomie et admiré avec eux les splendeurs du ciel nocturne. Mais jamais encore je n'ai pu assister à cet événement majeur. Alors, pourvu qu'en quelques heures une éclaircie puisse apparaître !

9 heures, aux portes de Paris. Mon père et moi venons de monter dans la voiture de mon amie Marie-Paule. Notre point de chute sera aux alentours de Crèvecœur-le-Grand, à une vingtaine de kilomètres au nord de Beauvais et quasiment sur la ligne de centralité. Nous filons vers le nord afin de devancer le flot des Franciliens. Papa est assis à l'arrière, guettant la moindre trouée de ciel bleu. C'est à lui que je dois, depuis ma tendre enfance, cette faculté de m'émerveiller pour

"Mille petits riens", faculté que j'ai pu transmettre ensuite à mes jeunes élèves. Tout à l'heure, si la chance nous sourit, la splendide vision du Soleil éclipsé sera pour lui un juste retour des choses...

10 heures, sur l'autoroute. Des bouchons commencent à se former mais cela n'altère pas notre bonne humeur car, au-dessus de nos têtes, des petites déchirures de nuages sont apparues, dévoilant l'astre radieux... Il nous faudra pourtant presque une heure pour franchir les deux derniers kilomètres qui nous séparent du péage de Crèvecœur-le-Grand !

11 heures 30. Enfin sortis de l'autoroute, nous roulons à vive allure sur la départementale qui mène vers la localité, cependant qu'une sourde inquiétude nous gagne : en effet, les nuages se sont ressoudés et masquent à nouveau le Soleil qui a dû commencer à se faire grignoter par la Lune depuis une bonne demi-heure déjà... Ici, la phase de totalité débutera à 12 heures 21 minutes et 34 secondes : le suspense commence...

11 heures 40. On s'arrête au bord d'un large étendu de chaumes balayés par un vent plutôt frisquet. Au-dessus de nos têtes, hélas, les nuages nous narguent toujours ; les minutes passent... Il y a bien une éclaircie tout là-bas, vers l'ouest, mais le vent semble contraire... Subitement, je réalise que si l'éclaircie ne vient pas vers nous, c'est nous qui devons aller vers elle ! Nous nous engouffrons dans la voiture et partons en trombe en direction du morceau de ciel bleu.

12 heures 04. Nous jaillissons de la voiture qui vient de stopper le long d'une petite route en rase campagne, inondée de soleil. J'exulte et bat des mains comme une gamine car l'éclaircie a bien l'air de s'élargir de plus en plus : il n'y a donc plus rien à craindre ! Papa a déjà chaussé ses lunettes spéciales tandis que moi et Marie-Paule sortons nos " verres de soudeur de grade 14 " : à travers eux, le Soleil ressemble à s'y méprendre à un gros croissant de Lune.

Sans perdre une minute, je sors une feuille de bristol et l'appuie contre mon sac posé par terre, pour y projeter l'ombre de mes mains superposées à angle droit. Mes doigts écartés délimitent des trous carrés, mais sur l'écran ce sont des petites lunes de lumière qui apparaissent : les " images " du Soleil partiellement éclipsé ! Tandis que Marie-Paule immortalise la " manip " en prenant quelques photos, je pense à mes jeunes élèves dont certains, sur mes conseils, doivent être en train de faire la même expérience... Et je les revois près de l'école ensoleillée, gambadant sous les arbres dont l'ombre par terre était trouée de cercles lumineux, s'amusant à recueillir sur leur visage ou leurs mains " les jolis ronds de Soleil ! ".



12 heures 16. Plus que cinq minutes avant la totalité... Le croissant solaire s'est considérablement aminci et la luminosité ambiante s'affaiblit progressivement tandis qu'une étrange clarté gagne peu à peu, une clarté métallique qui ne ressemble à aucune autre : le paysage, les personnes et les objets semblent se décolorer, mais en revanche, ils prennent un relief saisissant. Les ombres sont d'une incroyable netteté. Plus que trois minutes... J'ai passé à mon cou la bride d'une petite paire de jumelles achetée ce printemps pour observer les oiseaux. Tout à l'heure, elle divisera par huit la distance me séparant de l'astre éclipié : que me fera-t-elle découvrir ? Quant à mon appareil photo, je l'ai rangé pour ne pas être tentée de gâcher de précieuses secondes : je préfère laisser aux professionnels le soin de réaliser de belles photos souvenirs. Plus que deux minutes... Nous sommes devenus silencieux, tous nos sens en éveil. J'oscille intérieurement entre une excitation jubilatoire et un recueillement quasi religieux, prenant conscience tout à coup qu'il va m'être donné de vivre l'un des moments les plus intenses, les plus prodigieux qui soient...

12 heures 20. Plus qu'une minute... Le mince croissant du Soleil commence à se raccourcir aux deux extrémités, diminuant de longueur à vue d'oeil. Nous guetons vers l'horizon ouest l'arrivée fulgurante de l'immense tache d'ombre lunaire qui va nous plonger brutalement dans l'obscurité. Mais c'est alors qu'un cri jaillit : "*Regardez par terre !*". Sur le sol crayeux qui tranche par sa pâleur, de grandes vagues mouvantes très fines, claires et sombres alternées, se succèdent rapidement. Je n'en crois pas mes yeux : "*les ombres volantes !*". Je ne pensais vraiment pas avoir la chance de les voir apparaître et n'avais donc pas apporté de drap blanc.

12 heures 21 : suspense... "*Hourra ! Ça y est !!!*" Pas d'ombre gigantesque accourue de l'horizon, mais une belle " nuit crépusculaire " qui est tombée en quelques secondes : le ciel est à présent d'un bleu marine somptueux, très profond... Au loin, sur le pourtour de l'horizon, les magnifiques lueurs d'un coucher de soleil – ou plutôt de mille soleils – nous encerclent... Un silence impressionnant succède maintenant aux cris de joie : chacun se retrouve seul, subitement, dans un prodigieux face à face avec l'immense Univers...

Je regarde de tous mes yeux l'extraordinaire apparition qui a surgi devant moi : autour d'un globe d'une noirceur absolue, se déploie dans toutes les directions une vaste couronne diaphane d'un blanc argenté très subtil, dont aucun cliché ne pourra jamais sans doute reproduire la magnificence... Non loin du Soleil éclipié, un peu plus bas, un astre brille de tous ses feux : la planète Vénus ! La planète Mercure aussi devrait être visible, mais plus faiblement. Et comme je ne la vois guère, pas plus que les étoiles prévues, je reporte bien vite mon regard vers la glorieuse apparition.

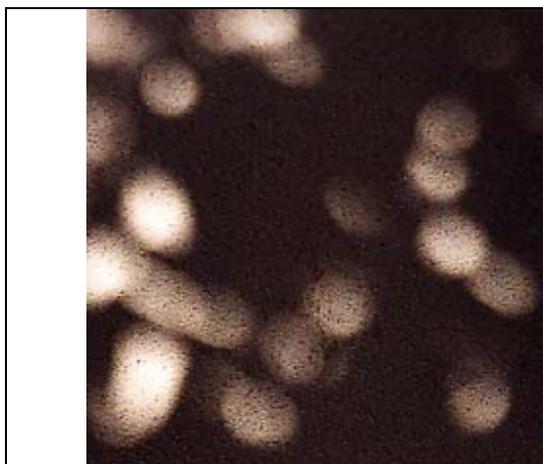
Mon oeil, maintenant habitué à l'obscurité, est attiré par de minuscules excroissances d'un rose vif, disséminées sur le pourtour du disque noir : "*les protubérances !*". J'ai quitté mes lunettes et saisi ma petite paire de jumelles : me voici brusquement plus près de l'astre éclipié, devenant le témoin impromptu de sa courte intimité avec la Lune... J'essaie de bouger le moins possible, car le moindre tremblement fait danser la vision. Les protubérances sont splendides, surtout une en bas, impressionnante...

Et comme mon regard glisse vers la couronne, je reçois un choc...Non, ce n'est pas possible... Mais si : de fines rayures souples et nacrées parcourent la couronne solaire en un rayonnement subtil, donnant à l'ensemble l'effet de " coups de pinceau " si caractéristique que j'ai pu admirer sur de nombreux clichés : "*les jets coronaux !*". Jamais, avec de si modestes jumelles, je n'aurais pensé pouvoir les distinguer aussi bien ! Je jubile, mais sens bientôt couler quelque chose sur mes joues... Car je pleure en même temps que je ris, je pleure d'émerveillement et de bonheur...

Tout à coup, réalisant que les secondes passent, je me retourne vers papa pour lui donner les jumelles. Mais il me fait signe que non car il n'aura pas le temps de les régler à sa vue. Marie-Paule, plusieurs mètres en arrière, est immobile, les yeux rivés vers le ciel, plongée elle aussi dans sa contemplation...

Vite ! Il ne faut pas manquer les dernières secondes ! En effet, à peine ai-je remis les jumelles devant mes yeux, qu'un liséré écarlate apparaît sur le bord droit du disque noir : "*la chromosphère !*". Puis jaillit un énorme "*grain de Baily*", très intense et d'un merveilleux éclat, tel un diamant céleste. Somptueux cadeau d'adieu...

Une lueur aveuglante a suivi aussitôt, chassant d'un seul coup la nuit bleue et la vision sublime. J'ai fermé les yeux, éblouie... aux deux sens du terme. Quand je les ai rouverts, papa et Marie-Paule étaient devant moi, à quelques pas, visiblement émus. De nouveau baignés dans l'étrange clarté métallique, nous étions transis de froid. Cinq minutes après, papa riait comme un enfant et réclamait à manger...



"Images" du Soleil se projetant sur mur dans l'ombre des feuillages avant l'éclipse (leur flou est naturel).



"Images" du Soleil éclipsé partiellement.  
Cliché de Gilles BIGARE (détail).

# L'éclipse vue par Michel Serres

LE 11 AOUT 1999 de 12h25 à 12h27

Te souviens-tu de cette marée du siècle, annoncée par les médias dans tous foyers à grands fracas, voici des années ? Déception prévue : son niveau dépassa de quelques centimètres à peine celui des vives eaux ordinaires. Mais quel tsunami de frustrés reflua des côtes, le soir, saisis dans vingt embouteillages géants ! Elle déferla sur les routes, la haute mer : oui, la foule faisait pâlir l'eau.

Avant donc que la télévision ne provoque ces inondations humaines, les phénomènes naturels n'intéressaient que de rares personnes. Prends l'avion : les films les plus sots captivent vivement les voyageurs, qui, pour du carton-pâte, laissent de pures merveilles comme les déserts d'Australie, l'embouchure de l'Amazone, les cimes étincelantes des Alpes, la Banquise ou les îles de la Madeleine... défilent sous eux dans leur plus complète indifférence. Narcisse, la société ne se passionne que de ses, propres liens sociaux et se moque du monde, qui le lui rend même avec usure : la première offusque l'autre et réciproquement.

Dans les années soixante, j'avais surpris mes étudiants et même mes collègues en leur donnant rendez-vous un matin de bonne heure sur le plateau de Gergovie, non loin des volcans d'Auvergne, pour observer une éclipse totale de soleil : quelle idée, absurde, pensaient-ils ! La plupart auraient passé leur chemin sans lever les yeux vers le reste de lumière au-dessus de leur tête. Et donc, là où naguère nous nous comptions à peine quelques dizaines, des millions de gens, courant à de grands déboires doublés de bouchons compacts, obéissent désormais aux- médias ; ceux-ci éduquent-ils ou jouissent-ils d'exercer, là aussi, leur puissance arbitraire ? Non, nous ne voyons plus ni la marée ni les astres, leur image à la télévision les métamorphoses en phénomènes sociaux, donc les voiles.

Pour mettre, à l'inverse, l'une de mes joies dans les beautés du monde : l'aurore et la mer, glaciers ou séismes, bêtes, pierres et tornades... je tiens à jour une liste de prodiges à voir, sans manquer, avant de mourir et veille à ce que, s'allongeant à mesure d'observations ou de visites, elle me serve d'assurance-vie. Or donc, voici dix mois, nous avions, en famille, loué une sorte de gîte rural le long du ru de Retz, aux lisières de ce bois de l'Aisne, à l'intérieur de la bande étroite dont l'éclipse d'août 1999 devait barrer le nord de la France, de son pinceau noir. La caravane arriva la veille, avec petits-enfants et serviettes, caisse de vin et brosses à dents, lunettes et petit télescope portatif. Le lendemain, à moins d'un quart d'heure de l'événement, une masse de nuages, stable depuis quatre jours, nous persuada d'y renoncer : les deux astres s'absentaient.

Préparé à cette contingence, fréquente dans la nature, je monte tranquillement au dortoir boucler mes bagages, quand un cri collectif m'en fait redescendre : miracle, les nuages s'effacent, le spectacle commence. J'avoue volontiers toute éclipse partielle banale, mince ou épais, le croissant de soleil ressemble, alors, brillance en plus, à notre usuelle lune mensuelle ; de plus, la plus petite de ses parties donne encore jour : indéfiniment divisé, Dieu demeure infini... Certes, une ombre couvre la terre ; mais, là encore, qui n'a vécu de tels crépuscules ? Au moment du couchant, l'horizon masque bien le soleil !

Tout se passe, alors, pendant les secondes du voilement intégral. A peine a-t-il débuté qu'une lueur étrange, jaunâtre et fauve, je crois, qui ne ressemble à rien d'autre, ni au soir ni à l'aube, envahit l'environnement ; la gloire de lumière orange qu'interceptaient les murs de la ferme disparaît pour laisser. Place un bain sombre et magique, dont je ne m'étonne pas que certains de nos ancêtres aient eu peur ; le plus petit de nos enfants se réfugie dans la maison et l'une des mères avouera, plus tard, sa terreur, dont j'essaie, à mon tour, de décrire la prégnance. Pendant les courts instants de ce midi livide, je comprends ce que signifie la ténèbre, au singulier. Non pas le noir total, mais une nuit bizarre, avec une lueur mate au dedans ; nos belles nuits luisent aussi intérieurement, mais comme au cœur d'un diamant. Or tout devient pâle et terne, de manière différente que par un clair de lune laiteux : cette matité sans miel ni lait peut expliquer l'impression funèbre que produit l'événement. Sans soleil, la mort se présente en personne, plate et morne.

Mais le plus sublime, assurément, vient de l'encastrement d'un astre sur l'autre, laissant sa couronne rayonner autour. Tout le monde en a vu la photographie, mais la vision directe, et alors sans lunette, écorche. Ce que je disais de la lumière doit se répéter pour la couleur. Cachant les rayons solaires, la lune devient achrome. Même si, en général, le visible se teinte, là plus rien ne se colore, ni en jaune ni en fauve. Cette neutralité peut encore expliquer l'impression

mortuaire que produit ce voile de deuil. Aucune culture, à travers le monde, n'exprime la mort au moyen d'une couleur: en noir ou en blanc, ou en blanc et noir, sans brillance ni valeur.

Mais qu'as-tu donc vu, me demandes-tu, irritée? Jamais l'on ne voit cela; certes, il s'agit d'une chose rarement visible, mais, de plus, elle désagrège l'exercice de la vision ; jamais l'on ne voit comme cela : ni cet objet, ni dans une atmosphère si mate, ni par le regard défait. Quiconque a connu la joie d'une révélation saisirait sans doute ce que l'on pourrait nommer, à l'inverse, "vélation": privation de liesse et d'évidence. L'étrange silence où baigne la ténèbre s'approche de cette aperception, si bien nommée cette fois : jamais l'on n'entend comme cela. L'ouïe dépend-elle aussi d'ondes thermiques répandues par le soleil ? Frissonné-je ? J'ai froid au point d'enfiler un chandail et un survêtement de laine. Jamais je ne sentis ni ne me sentis comme cela... comme l'enfant réfugié ou la femme affolée. Glacé, le corps se laisse éjecter hors du plongement dans la sensation, qui, au contraire, assure la survie si elle laisse hors d'elle ce spectre.

Je ne regarde plus le soleil de la même façon depuis. Sans source, père, mère ni vie, j'ai vécu hors monde cette interminable minute où advient, pire que la mort, l'absence absolue. Cette déréliction ressemble à la perte d'un amour.

Laversine, ce jour-là.

## L'éclipse vue par les photographes



Photo de l'éclipse de Soleil totale du 11 août 1999, prise depuis le cockpit du Concorde par Vincent Coude du Foresto (Observatoire de Paris) - [vincent.foresto@obspm.fr](mailto:vincent.foresto@obspm.fr)

### Récit d'une journée (presque) ordinaire

La rareté des éclipses de Soleil conduit parfois les passionnés vers des destinations exotiques, dans des régions isolées, oubliées des guides. La clémence de la météo et l'intérêt touristique du pays traversé sont alors des critères décisifs. C'est ainsi que nous avons choisi la Syrie comme amphithéâtre de notre première éclipse totale. Nous étions 3 étudiants du DEA d'Astronomie et d'Astrophysique d'Ile de France, bien décidés à affronter la chaleur du désert pour quelques minutes d'obscurité !

Nous avons quitté Qamishli le matin-même, notre ville-étape, traversant en " microbus " la Djezireh au nord-est du pays, région fertile de l'ancienne Mésopotamie qui vit probablement la naissance de l'agriculture il y a près de 10 000 ans. Champs de coton, troupeaux de chèvres et de moutons défilent sous nos yeux, comme si rien n'avait changé depuis tout ce temps ! Nous passons avec succès deux barrages de police : en Syrie, " Koussouf al Chams " est jour férié, et la circulation interdite. Sécurité oblige...

Quelques kilomètres plus loin, Aïn Diwar, extrémité à l'extrême nord-est du pays. Qui aurait rêvé d'un site plus majestueux ? Du haut d'un plateau aride, nous dominons les méandres du Tigre – le fleuve mythique – qui dessine ici une large boucle, fertilisant la vallée jaune et verte qui s'étire devant nous, bordée au nord par les hauts sommets du Kurdistan, écrasée sous un soleil de plomb. Sur l'autre rive, la Turquie, et là-bas, à l'est, l'Iraq.

Protégés de la chaleur étouffante par le feuillage d'un arbre, nous installons le matériel photo et distribuons les quelques lunettes spéciales " Eclipse " emportées avec nous. Syriens et libanais qui ont aussi fait le voyage affluent à mesure que le Soleil est entamé, on croise même des bretons venus jusqu'ici en caravane ! Le temps que nous passons dans la pénombre de la Lune paraît interminable et nous rappelle les éclipses partielles observées de France

il y a plusieurs années. Discussions, rires, échange de matériel : chaque éclipse est aussi et surtout un grand moment à partager.

Inexorablement, les croissants de Soleil s'amincissent sous le feuillage des arbres. Luminosité et température ont baissé peu à peu, créant autour de nous une atmosphère très intimiste et surréaliste à la fois... La tension monte, le camp est devenu une véritable fourmilière, lorsqu'apparaît Vénus, 10 minutes avant la totalité. A gauche de l'astre du jour, resplendissante ! Alors, tout s'enchaîne et se précipite.

Une large bande sombre, telle un orage d'été soudain, se profile à l'horizon ouest, et en moins d'une seconde, on se retrouve plongés dans l'obscurité, saisis en plein après-midi, comme recouverts d'un voile opaque. Il est 15h43. Tout l'horizon est baigné d'une lueur crépusculaire. Le temps de lever les yeux au ciel, et le Soleil pudique se laisse enfin deviner dans toute sa nudité, auréolé d'une énorme couronne argentée et diaphane, figée au-dessus de nos têtes, sur un fond bleu métallique plus profond encore qu'un ciel de haute montagne. Peu d'étoiles osent se montrer (Sirius, solitaire) : on est bien loin de la nuit promise, mais quel spectacle ! Sur le limbe sud-ouest, une protubérance d'un rouge vif s'est décrochée, elle flotte, comme suspendue en plein vol... d'autres points roses sont perceptibles dans un petit instrument, qui parsèment le pourtour du disque solaire. Aux jumelles, la vision est fabuleuse. Tout autour des astres réunis s'étend sur plusieurs fois son diamètre la couronne typique du Soleil à son maximum d'activité. Partout d'immenses jets et boucles de plasma, dévoilant la structure du champ magnétique, comme autant de bras élancés ou enlacés autour du Dieu Soleil. Transparente et lumineuse à la fois, d'intensité décroissante à mesure que l'on s'écarte du disque, la couronne offre à nos yeux des couleurs et lumières qu'aucune photo ne reproduira jamais dans son exactitude... Chacun retient son souffle et ressent au fond de lui cette même stupeur qui jadis effraya nos ancêtres. Photos, jumelles, télescope ou œil nu, chacun profite à sa manière du phénomène, de la splendeur du paysage, théâtre involontaire d'un spectacle hors du temps.

Et c'est un flash qui nous ramène à la vie, un diamant étincelant qui surgit du bord ouest, le bouquet final ! Mais non, la représentation n'est pas finie : tout autour de nous serpentent et se faufilent d'innombrables bandes alternativement claires et sombres : les " ombres volantes ". On est saisi par l'irruption de ce phénomène, produit par le passage des rayons du fin croissant solaire à travers les couches turbulentes de l'atmosphère terrestre. L'ombre de la Lune s'est enfui, insaisissable, vers l'Iran où l'attendent d'autres observateurs impatients.

Ici, l'effervescence est à son comble : personne ne peut plus contenir son émotion. Larmes, rires, étreintes, récits interminables, tous différents, accompagnent le retrait de l'astre lunaire, paisible. Chacun tente de décrire ce qu'il a vu, difficile de croire que tout est déjà fini, on voudrait bien se repasser le film au ralenti... C'est aussi ça, la magie de l'éclipse !

Oui, magnifique et inoubliable, féérique et cependant si naturel, l'éclipse tant espérée a bien eu lieu, à l'heure prévue, au lieu prévu. La partition était écrite à la seconde près, sans fausse note, symphonie céleste unique et pour chacun, gravée à jamais dans sa mémoire. Deux minutes de bonheur en plus !

### **Témoignage d'un ingénieur de l'Observatoire de Meudon**

J'étais dans l'Oise pour assister à ce grandiose phénomène (entre Compiègne et Noyons), et la météo n'était franchement pas de notre côté en ce 11 août : une heure avant le premier contact, il pleuvait sur le site que j'avais choisi ! La phase partielle fut observée au travers des nuages, le voile agite nous laissant entrevoir le croissant solaire de temps à autre, qui s'amenuisait au fil des minutes. L'ambiance n'était pas franchement à la rigolade, et j'envisageais même sérieusement de ne pas sortir mon télescope du coffre de la voiture. Finalement, faisant l'hypothèse d'une faveur météorologique de dernière minute, je décidai tout de même de monter mon matériel et de faire la mise en station.

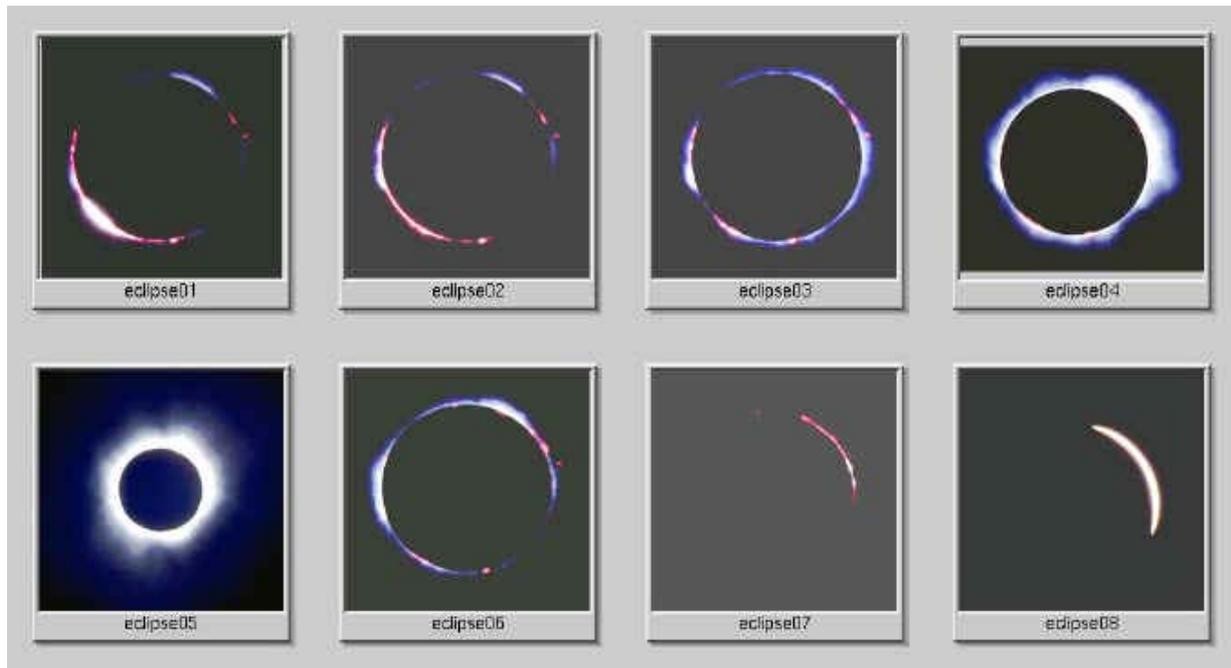
Le quasi-miracle arriva quelques minutes avant la totalité, alors que l'astre du jour ne nous montrait plus qu'un timide croissant, et que nous étions déjà plongés dans cette lumière d'aquarium si particulière : une trouée assez franche dans la couche nuageuse avait décidé de nous laisser profiter du spectacle. Oh certes, cela ne nous permit pas de voir le ciel étoilé dont on nous avait tant parlé, mais nous eumes droit à ce fameux soleil noir pendant à peu près 2 minutes et 10 secondes. Rarement le temps n'avait filé aussi vite. Je pris photo sur photo, me conformant au programme que j'avais prévu, m'énervant sur la bague de temps de pose de mon vieux boîtier reflex. Vouloir profiter du spectacle tout en assurant son immortalisation sur la pellicule relève de l'exercice de jonglage, du genre périlleux.

Alors, malgré le léger voile de nuages devant le soleil (qui nous a empêché de voir la haute couronne), malgré le ciel qui nous a gratifié d'une autre averse après la phase de totalité, malgré le froid indécemment qui régnait en ce début de mois d'août dans les champs immenses de Picardie, je suis reparti content d'avoir pu pour la première fois assister à ce spectacle inégalable, à ce fantastique mais éphémère ballet du Soleil et de la Lune, et avec l'envie irrésistible d'aller désormais à la poursuite des éclipses pour s'en "retaper une petite tranche".

D'un point de vue technique, voici les conditions de prise de vue :

- télescope Perl Vixen, Newton de 150 mm de diamètre/750 mm de focale,
- boîtier photo Olympus OM1, reflex 24x36 au foyer du télescope,
- monture équatoriale motorisée en ascension droite,
- film Kodak Ektachrome 100 Elite.

Les temps de pose s'échelonnent entre 1/1000s et 1/2s . Les photos sont classées par ordre chronologique, du début de la totalité jusqu'à la réapparition du croissant solaire. La photo 5 correspond à une pose de 1/2s. On peut constater sur les photos longue pose, censées montrer la haute couronne, que le voile nuageux n'était pas complètement absent lors de la prise de vue, d'où cet aspect "brouillé" de la couronne. Les meilleurs clichés révèlent les détails de la chromosphère (liseré rouge) et les splendides protubérances.



## Témoignage d'un responsable de club d'astronomie

Mardi 10 août, 22h30

Nous sommes une vingtaine, arrivés depuis peu à La Croix-aux-Bois près de Vouziers (08), et nous installons nos tentes à la lueur des phares de voitures. Après cette tâche difficile, nous nous retrouvons dans la grande baraque en bois et nous restaurons dans la bonne humeur.

Mercredi 11, 00h30

Je suis allongé sur mon matelas pneumatique dont l'air a fui traîtreusement, et le contact dur du plancher ne m'aide pas à trouver le sommeil. Nuit ! Elle sera difficile, je ne dors que par fragments de quelques minutes...

9h00

Quelques uns d'entre nous sont déjà levés et prennent leur petit déjeuner. Lorsque je sors, une petite pluie fine m'accueille. On n'y voit pas à deux mètres du fait du brouillard qui descend jusqu'au sol !

10h00

Nous installons le matériel : lunette de 50 mm de diamètre, télescope Célestron de 200 mm, caméscope et jumelles sont munis des filtres spécialement destinés à l'observation du Soleil. La pluie a cessé et le brouillard s'est levé. Néanmoins, le ciel est bouché par d'énormes nuages gris.

10h30

La tension commence à monter dans le groupe. Certains évoquent l'idée de se déplacer vers le bout du champ, mais l'entreprise paraît hasardeuse. Les minutes passent et le ciel semble s'éclaircir petit à petit.

11h00

Cette fois, les dés sont jetés ! Nous ne bougeons pas et par instant le Soleil semble vouloir nous faire de l'œil.

11h07

Le premier contact est déjà passé, mais nous ne voyons rien.

11h14

Ca y est ! Une clameur s'est levée, et le Soleil grignoté de noir vient d'apparaître. Les déclencheurs d'appareil photo entrent en action. A intervalles réguliers, le Soleil se montre timidement, mais nous permet de suivre la lente progression du phénomène. Une certaine inquiétude pèse sur nous. J'ai lu sur les éphémérides : durée de la totalité, Vouziers, 2 min 10s. C'est beaucoup plus court que les longs moments où le Soleil se cache. Aurons-nous la chance de voir le " Soleil noir " ?

12h20

L'agitation est importante, le Soleil vient de se montrer et il ne reste plus qu'un mince croissant. A partir de cet instant, la vidéo va fonctionner sans interruption.

12h22

Le Soleil s'est de nouveau caché. Le ciel est sombre, sans espoir d'éclaircie. Les secondes s'écoulent inéluctablement, on voudrait arrêter le chronomètre ! Soudain la lumière se met à baisser rapidement, faisant passer des frissons dans mon dos. Ce frisson semble parcourir le groupe comme une onde de choc, puis le silence s'installe.

12h27

Avec beaucoup de sérieux dans la voix, j'ai annoncé le début de la totalité. Rien ! Certains commencent à s'adresser vertement aux nuages : " Allez, sale nuage, dégage ! " Et le ciel semble avoir entendu notre " prière " : brusquement le voile nuageux étiré par une force mystérieuse devient translucide. Le disque apparaît, salué par une clameur et quelques applaudissements.

Alors, le spectacle grandiose se révèle à nos yeux ébahis. Noir comme de l'encre, un œil entouré de dentelles roses et ceint de sa couronne de gloire. Les exclamations fusent, les cœurs battent et nos yeux se mouillent de larmes : " Inouï, fantastique, merveilleux. " Le silence s'installe, le temps s'arrête. Le spectacle du baiser de la Lune au Soleil se grave à jamais dans nos mémoires...

12h29

Reprenant le contrôle de mon esprit, j'annonce au groupe le retour imminent du Soleil. L'ombre énorme de la Lune balaie le sol, et le diamant apparaît. Les filtres remis en place nous permettent d'admirer le croissant mince du Soleil s'élargissant sur le ciel sombre.

Les nerfs se détendent et le bruit sympathique d'un bouchon sautant hors de son goulot nous ramènent à des occupations plus terrestres. Le verre de l'amitié partagé, les langues se délient à nouveau, aidées par le pétilllement du champagne. L'émotion est unanime, nous sommes tous bouleversés. La Nature nous a offert un spectacle exceptionnel et inoubliable. Vivement la prochaine éclipse totale !



# L'éclipse vue par les scientifiques

## L'éclipse du 11 août 1999 et la couronne: un premier bilan scientifique

### A- Découvrir la couronne solaire.

Le spectacle donné par une éclipse totale de Soleil est en soi magnifique, mais il est aussi une occasion très rare pour les physiciens solaires d'étudier cette couronne superbe dont s'orne le soleil lorsqu'il a rendez-vous avec la Lune, voir par exemple le poster inséré dans le numéro précédant de l'Astronomie.

Historiquement, les scientifiques s'intéressaient aux éclipses dans le but de déterminer l'origine de l'anneau brillant qu'on appela plus tard la couronne : est-il solaire ou bien est-ce l'atmosphère de la Lune diffusant, par exemple, des rayons solaires rasant les bords irréguliers de l'astre (ce qui était l'opinion de Kepler en 1567, de Halley en 1715 ou de F. Arago en 1848) ? La question fut réglée partiellement en 1860, quand deux astronomes (l'anglais Warren de la Rue et l'italien Angelo Secchi) observèrent la couronne de deux lieux éloignés de 500 km l'un de l'autre. Ils virent des structures très contrastées qui n'étaient autre que des protubérances et purent réaliser que si une protubérance appartenait à la Lune, ils la verraient bien différemment. Ce ne fût pas le cas, la protubérance (qui était de type calme et avait eu le bon goût de ne pas trop changer de structure, tout au moins à la résolution de leurs observations !) présentait le même aspect: elle était donc beaucoup plus lointaine que la Lune et donc solaire... Ce fût aussi confirmé lorsqu'on remarqua que les variations de l'allure de la couronne et notamment la distribution des "plumes" observées aux pôles suivaient celles du cycle d'activité des taches sur le Soleil. Néanmoins, une certaine confusion a régné durant des décennies sur la nature de l'anneau brillant de couleur argentée qui est dévoilé durant la totalité : particules électriques ou grains de poussières ? Résultats de flots de plasma provenant de taches magnétiques, de puissantes éjections solaires provenant des éruptions ou bien particules accrétées venant des confins du système solaire ?

Les aspects "magiques" des observations d'éclipses se sont heureusement atténués dès 1931, du moins pour les physiciens solaires (qui en bénéficient le plus, sur le plan strictement scientifique), grâce à l'invention géniale de B. Lyot qui montra le premier qu'il est possible d'observer la même couronne ...en dehors des éclipses totales de Soleil grâce au "coronographe", instrument occultant artificiellement le disque solaire.

Les physiciens cherchèrent ainsi à étudier la composition de la couronne et la nature du gaz qui la constitue, à l'aide d'observations spectroscopiques. Dès l'éclipse de 1869, l'américain Young observa une raie de couleur verte, inconnue jusqu'alors. Elle fût attribuée (à tort) à un nouvel élément chimique : le coronium. Même si cette découverte était interprétée de manière erronée, cette raie verte étant en réalité émise par un élément connu (le fer ionisé 13 fois), elle est à l'origine d'un des plus grands mystères de la physique solaire et de l'astrophysique tout court (encore non résolu aujourd'hui) : celui de la température élevée de la couronne, le fer ne pouvant émettre cette raie verte que s'il est chauffé à une température de deux millions de degrés, alors que la surface du Soleil n'atteint pas 6000 degrés. La source de ce chauffage, qui est pourtant bien solaire (on a éliminé depuis longtemps l'hypothèse exotique de particules extrasolaires chauffées en "tombant" sur le Soleil) n'est pas identifiée. Néanmoins, les éclipses ont permis de comprendre de manière assez définitive, pourquoi une composante étrangère dite couronne F, se superpose toujours à la vraie couronne solaire : cette composante est constante dans le temps, non polarisée et assez symétrique. Il s'agit de la lumière venant des poussières interplanétaires et un modèle très précis a pu être proposé pour la décrire (voir la Figure 1 et p. 117 du numéro spécial de l'Astronomie, vol. 113 de mai 1999) ce qui permet aujourd'hui une étude beaucoup plus sûre de la vraie couronne (autrefois appelée couronne K), formidable extension de l'atmosphère magnétique de notre Soleil. C'est l'origine, la nature et l'évolution de cette couronne que les astrophysiciens étudient grâce aux éclipses. Pour une présentation plus détaillée de ces différents aspects des éclipses totales, ainsi que de bien d'autres aspects encore, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage récent "Eclipses Totales" publié chez Masson par P. Guillermier et S. Koutchmy (plus loin, la référence à ce livre est indiquée avec "ET").

### B- Faut-il encore utiliser les éclipses pour étudier la couronne ?

Après plus d'un siècle d'observations de la couronne, on poursuit toujours les éclipses dans le but (principal) de comprendre le mécanisme physique qui peut chauffer le plasma de la couronne à de telles températures et qui est, pour l'essentiel, responsable de la perte de masse de l'atmosphère du Soleil et des flots de particules énergétiques qui

alimentent le vent solaire. En un siècle, de nombreux progrès instrumentaux furent effectués, avec en particulier dans les sites de montagne, les observations spectro-polarimétriques au coronographe de Lyot. Bien entendu ce remarquable instrument n'a pas du tout rendu obsolète les observations d'éclipses totales et Lyot lui-même l'avait bien compris, puisqu'il consacra les dernières années de sa vie (1945-1952) à ce type d'observation et réussit à obtenir de remarquables spectres (voir ET). Seule en fait la partie très interne de la couronne peut être étudiée au coronographe, à cause de la lumière parasite produite par l'atmosphère terrestre, voir Figure 1, et les composants optiques de l'instrument. Plus récemment, le lancement dans l'espace de tels coronographes à bord de la sonde SoHO par exemple, a permis de s'affranchir du voile atmosphérique, et du même coup, des aléas de la météorologie.

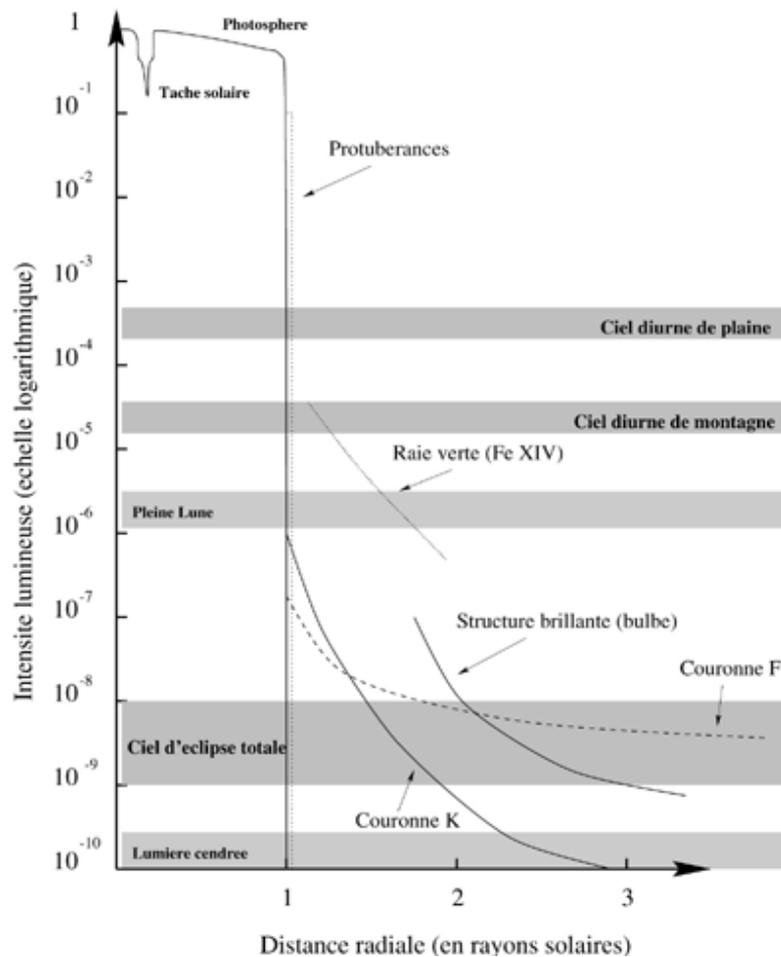


Figure 1a

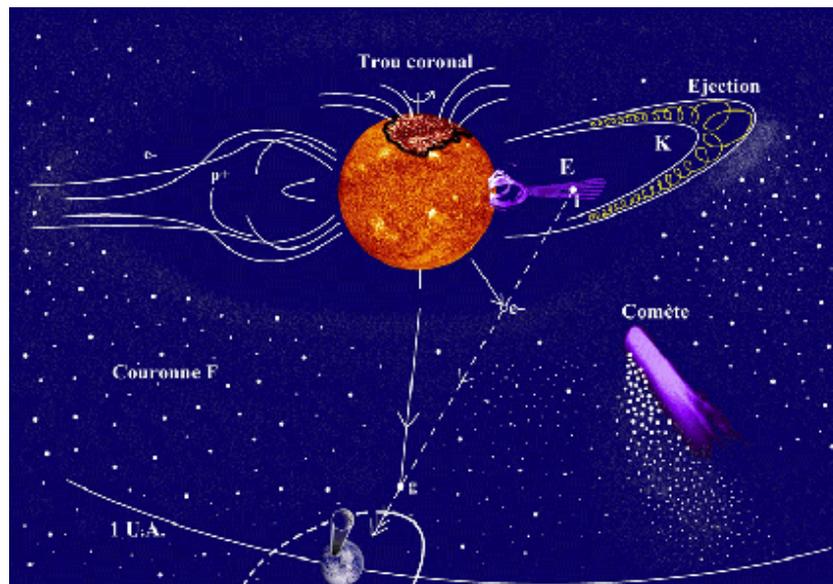


Figure 1b

On peut alors se demander pourquoi continuer à observer les éclipses au sol, surtout depuis le lancement de SoHO fin 1995 ? Notons d'abord que l'occultation artificielle créée par l'instrument spatial n'atteint jamais la qualité de l'occultation par la Lune (plus l'occulteur est loin de la pupille, meilleure est son " image " dans le plan image de la couronne) : l'occultation artificielle du coronographe souffre beaucoup de la diffusion de la lumière par l'occulteur et aussi, par les composants optiques, même si leur confection atteint aujourd'hui presque la perfection. Cela est illustré sur la Figure 2 (image Lasco C2/SoHO obtenue durant l'éclipse) où l'on distingue le bord du disque occulteur du coronographe, bien plus large que le disque solaire, masquant ainsi une importante partie de la couronne (calculée en terme de masse de la couronne, cette partie manquante de la couronne est supérieure à 80%). A noter que cette image a déjà été traitée pour éliminer les franges d'interférence, mais ce traitement ne peut être efficace à 100%. Pour terminer sur les défauts d'un occulteur externe, signalons le problème posé par son support qui fait ombre sur la pupille et cache une partie de la couronne, comme sur les images du coronographe spatial C3 de SoHO. Ce défaut a été corrigé sur le coronographe C2, grâce à une conception originale de l'occulteur dont le prototype a été développé à l'IAP.

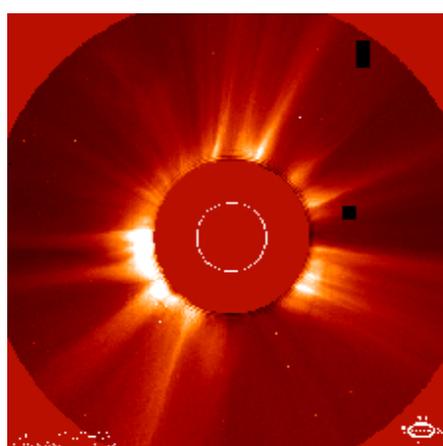


Figure 2

Une autre raison d'observer depuis le sol est la limitation du flot de données qu'un satellite peut envoyer sur Terre (la "télémesure"). Cela limite considérablement le nombre d'images transmises et empêche l'observation à haute cadence temporelle (de l'ordre de la seconde ou moins) de la couronne. Or un des phénomènes pouvant expliquer le chauffage

semble être lié à l'existence d'ondes d'assez hautes fréquences, ce qu'un satellite ne peut donc observer. Une autre limitation d'un engin spatial est la résolution angulaire. En effet, il faut un instrument optique de grand diamètre (et de grande focale) pour donner une image de la couronne complète avec une bonne résolution angulaire, ce qui va à l'encontre des fortes contraintes de poids sur un engin spatial. On peut d'ailleurs rappeler que le coût d'une mission d'observation d'éclipse au sol (quelques centaines de milliers de francs) n'a rien à voir avec celui d'une mission spatiale (quelques centaines de millions de francs...).

Pourtant, une éclipse totale permet d'accéder, durant il est vrai quelques instants seulement, à la couronne blanche du domaine visible et proche infrarouge, celle qui de loin produit le plus grand nombre de photons par seconde. On sait depuis longtemps que la résolution des observations, c'est à dire la qualité des diagnostics effectués sur l'objet étudié (qui est de plus très variable dans le temps) est directement liée à ce flux de photons : en langage plus simple, plus l'objet est brillant, plus il pourra être étudié dans le détail. Ceci est également vrai pour la spectroscopie avec des raies d'émission très brillantes accessibles lors des éclipses. Dans ce sens, les éclipses totales restent et sans doute pour encore longtemps, des instants précieux.

A noter enfin l'intérêt grandissant de ces observations quand elles sont effectuées simultanément avec des observations dans l'extrême ultraviolet du Soleil, par exemple avec l'expérience EIT de SoHO qui observe au point de Lagrange L1, à environ 2 millions de km de la Terre (avant, pendant et après la totalité) et qui s'avèrent extraordinairement complémentaires dans le domaine des étalonnages. De nombreuses images étaient également collectées à l'aide des coronographes Lasco sur le même observatoire spatial. La même couronne est alors observée simultanément dans des domaines spectraux totalement différents (voir par exemple les images présentées sur la couverture de ce numéro). D'autres images ont été réalisées grâce à un télescope encore plus performant en résolution spatiale (mais sur des champs plus limités) qui orbite autour de la Terre, sur la plateforme TRACE de la NASA. Et enfin, le télescope SXT de Yohkoh a également, comme d'habitude, fournit de précieuses images du disque solaire, quelques heures après la totalité, dans les rayonnements X mous.

## C- Comment étudier aujourd'hui la couronne d'éclipse ?

Les diverses observations scientifiques réalisées durant la totalité se divisent en deux : imagerie et spectroscopie.

I- La spectroscopie qui, malgré une information spatiale en général à une dimension (le long de la fente du spectrographe), est très intéressante, car on peut tirer des informations physiques importantes à partir de l'analyse du profil des raies spectrales émises par les ions surchauffés de la couronne ; ces raies sont aujourd'hui assez bien répertoriées. Ainsi :

- la largeur d'une raie renseigne sur la température des ions émetteurs, ainsi que sur la turbulence du milieu (mouvements relatifs à différentes échelles, depuis les échelles microscopiques jusqu'aux échelles qui peuvent être résolues). Plus que de turbulence, on parle de vitesses non thermiques, qui pourraient caractériser la propagation d'ondes ;
- un éventuel décalage Doppler (déplacement de la longueur d'onde centrale) indique un déplacement dans la direction de l'observateur ou à l'opposé (mouvements macroscopiques relativement bien résolus) ;
- l'intensité relative de différentes raies peut aussi permettre de mesurer la température et la densité des ions du milieu émetteur. Néanmoins, une difficulté subsiste : les abondances des éléments peuvent aussi varier, suivant les structures considérées, et une étude plus fine est alors rendue nécessaire.

Cette méthode spectroscopique bénéficie des progrès de la technologie des détecteurs, à commencer par les films ultrasensibles tels que le T-Max 3200 de Kodak poussé au développement à plus de 15 000 ASA. La caméra CCD (voir plus loin) permet évidemment des progrès par rapport au film, mais on sait combien son utilisation est délicate et coûteuse dans les conditions très spécifiques d'une éclipse où des astronomes professionnels ont été victimes de ses caprices. Pour terminer sur ce chapitre, il faut noter qu'une variante évidente de ces méthodes spectroscopiques conduit à l'imagerie monochromatique sur des champs limités, avec filtres ultra-étroits et étalon de Pérot-Fabry, y compris en mode rapide pour la recherche des ondes. En y ajoutant une analyse polarimétrique et sur certaines raies coronales seulement, il est même possible d'aborder la mesure du champ magnétique coronal comme projetée de le faire en 2001 une équipe meudonnaise.

II- L'imagerie, beaucoup plus spectaculaire (à condition d'aller au delà de la photographie traditionnelle qui ne permet que de voir une espèce d'anneau brillant, voir plus loin), permet de distinguer les nombreuses structures que dessine le champ magnétique dans la couronne (voir ET). Sachant que le rayonnement émis par la couronne est celui du disque solaire diffusé par les électrons libres de la couronne, il est possible de montrer que la brillance de la couronne est directement et linéairement reliée à la densité du plasma coronal. Mais l'imagerie se heurte à un obstacle de taille : la brillance de la couronne varie énormément dans la direction radiale ; elle décroît de plusieurs ordres de grandeurs en allant du bord du disque à seulement 2 ou 3 rayons solaires, voir Fig.1. Ceci est évidemment une conséquence des effets de la gravité solaire qui impose, même à la température élevée de la couronne, une chute de la densité du gaz ionisé caractérisée par une échelle de hauteur de l'ordre de 100 000 km. Il existe plusieurs méthodes plus ou moins complexes qui permettent d'enregistrer correctement les informations, telles que la compensation de cette forte variation radiale pour obtenir un contraste satisfaisant, depuis la couronne interne jusqu'aux structures lointaines :

a) Le filtre neutre radial "mécanique", par rotation d'un occulteur partiel, méthode ancienne plus ou moins abandonnée en faveur de la 2<sup>ème</sup> méthode; ce type de filtre ne semble pas avoir été utilisé en 1999.

b) Le filtre neutre radial optique, composant assez coûteux, mais c'est la méthode préférée des professionnels car elle est quasi-parfaite et nous l'avons adoptée depuis 1968. Sa mise en œuvre reste cependant délicate et il faut féliciter J. Rénier (voir l' image de la couronne sur la couverture du précédent numéro de l'Astronomie de sept. 99) d'avoir réussi à la mettre en œuvre, grâce à du matériel IAP que nous lui avons prêté. Une tentative pour développer ce composant à l'usage des astronomes amateurs a été faite en France en juin 1999, mais l'attention des industriels concernés était beaucoup trop concentrée sur les fameuses "lunettes d'éclipse", dont la vente était bien plus lucrative... à suivre !

c) L'occultation partielle hors du plan focal, à l'aide d'un masque opaque circulaire; cette méthode un peu imparfaite, car elle réduit la résolution de l'image dans les parties basses de la couronne, donne néanmoins d'excellents résultats, voir le cliché de P. Martinez et coll. obtenu en 1998 et, auparavant, ceux de F. Diego et A. Lévy par ex. (voir illustrations dans ET99). Conjuguée avec une analyse polarimétrique de la couronne, cette méthode est encore plus efficace et certains professionnels l'ont utilisée dans le passé mais nous n'avons pas eu connaissance de résultats en France en 1999 (par contre, F. Diego nous a envoyé une image obtenue avec cette méthode par A. Lévy en Roumanie).

d) La reconstruction numérique de l'image par composition de clichés traités à l'ordinateur et qui ont été pris, de préférence, avec des temps de pose différents. Cette méthode est apparue récemment (1991, voir les exemples dans ET), pour commencer grâce aux efforts d'amateurs et universitaires japonais. Elle se sert des outils informatiques développés autour d'ordinateurs genre PC relativement puissants : scanners " photo ", CD, logiciels de traitement d'images, etc... Elle reste encore perfectible (problème des corrélations sur les détails de la couronne, utilisation empirique de filtres spatiaux, analyse de la polarisation linéaire impossible, coût, etc.) mais des progrès importants sont enregistrés et les résultats sont impressionnants (voir notamment les images de F. Espenak sur son site Web et la Fig. 7). Grâce à ces succès, une nouvelle race d'observateurs d'éclipses est apparue et il faut s'en réjouir. Par ailleurs, l'usage des logiciels de traitement d'images se généralise et il semble aujourd'hui impossible de s'en passer pour "montrer" une image. Ceci est valable pour toutes sortes d'images et il devient de plus en plus difficile, lorsqu'on n'est pas un expert, d'évaluer des images de couronne... Sans doute l'aspect purement artistique est-il important, mais il ne doit pas passer devant les aspects scientifiques, quand ceux-ci sont présents évidemment. Il s'agit d'un vieux débat qui dépasse largement le cadre de cet article. La Fig.3 est une reproduction d'une image produite par Denis Fiel (Club le Télescope d'Ivry), à partir de 2 bons négatifs de temps de pose très différents. Cette image que nous utilisons plus loin, montre comment, avec quelques heures de travail sur PC, il est possible de réaliser une image intéressante.

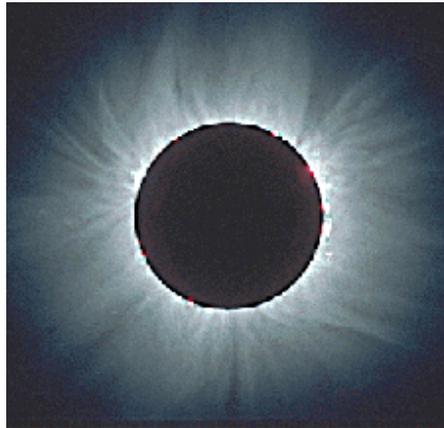


Figure 3

e) Enfin, il faut noter que quelle que soit la méthode d'observation retenue, l'usage de caméras CCD (Charge Coupled Device en anglais ou détecteurs à transfert de charges, en français) amène des améliorations considérables par rapport aux modes classiques de détection que sont les films photographiques. Ces caméras procurent en effet beaucoup d'avantages : linéarité du signal détecté, grande dynamique dans les intensités, excellent rapport signal sur bruit, très bonne reproductibilité des résultats, à commencer par la matrice du bruit d'obscurité qui peut être soustraite, etc. Tout cela en fait un outil indispensable de l'astrophysique en général. Néanmoins, leur usage aux éclipses semble plutôt réservé à des expériences spécifiques comme la spectroscopie, la polarimétrie et l'imagerie monochromatique. Pour l'imagerie en lumière blanche, signalons que l'équivalent du film couleurs n'existant pas encore (il n'est pas question ici des caméras CCD pour la photo instantanée dont l'usage ne se prête guère à la photo scientifique, mais cela peut changer dans l'avenir !), une image reconstruite à partir d'images filtrées individuelles serait sans doute du plus bel effet, mais nous abordons là de nouveau le débat " Science ou Art ? " à ceci près que l'analyse de l'indice de couleur des structures est une question à part.

#### D- Observation de la couronne d'éclipse à Chadegan (Iran)

Ces observations, dont nous allons évoquer maintenant les résultats les plus remarquables, ont été préparées depuis longtemps à l'Institut d'Astrophysique de Paris (CNRS), en collaboration avec une équipe de l'Institut d'Astrophysique Spatiale (Université d'Orsay) et un groupe d'amateurs de la SAF. Cette collaboration s'est forgée à l'occasion d'éclipses précédentes, notamment au Chili en 1994 et à la Guadeloupe en 1998. L'opération a été en partie soutenue financièrement par divers organismes officiels en France (l'INSU, le CNRS et le Service culturel de l'Ambassade de France à Téhéran) et à l'étranger (ex : Baader en Allemagne).

L'Université de Tabriz en Iran (Prof. A. Adjabshirizadeh et coll.), ainsi que l'Ecole d'Astronomie de Isfahan, nous ont offert sur place une aide qui s'est avérée très efficace. Un site de montagne (2200 m.), situé à environ 150 km de Isfahan, près de Chadegan, avait été choisi pour les observations. Nos collègues iraniens se sont chargés de la plupart des formalités (considérables) de dédouanement de notre matériel d'observation (env. 350 kg) dans les temps impartis, grâce à l'intervention de nombreuses personnes, car ce pays a adopté des règles pour les importations extrêmement protectionnistes. Par ailleurs, les conditions logistiques se sont avérées excellentes et nous avons pu implanter correctement notre matériel tout près de confortables villas. Notre équipe, au complet à partir du 4 août 1999, comprenait 11 français, pros et bénévoles de 24 à 84 ans (F. Baudin; K. Bocchialini; P-A. Grorod; S. Koutchmy; P. Lamy; C. Leroux; R. Leguet; J. Lochard; G. Mahoux; J. Mouette; R. Robley), et 4 iraniens dont A. Adjabshirizadeh et M. Laal Aali, étudiant à l'Université de Tabriz.

Le ciel durant l'éclipse totale du 11 août était très pur et tout s'est déroulé à peu près nominalement (expériences de spectroscopie et d'imagerie notamment), malgré quelques difficultés sur du matériel optoélectronique et des parties mécaniques. Ainsi l'une de nos caméras vidéo-CCD de l'expérience spectroscopique refusa obstinément de fonctionner quelques heures seulement avant la totalité (alimentation défectueuse)... Par ailleurs, une foule considérable, y compris des membres importants du gouvernement et de l'armée iranienne, s'était rassemblée sur le même site, preuve de l'engouement considérable qu'a suscité cet événement en Iran. Néanmoins, la présence d'un grand nombre de personnes dans notre voisinage s'est avéré, durant les minutes qui ont précédé la totalité, comme un

élément plutôt perturbateur et cela explique en partie les quelques ratés que nous avons à déplorer (par exemple, le mauvais centrage du filtre neutre radial sur l'expérience principale d'imagerie, défaut qu'il est possible de corriger partiellement à l'ordinateur post-facto; ce défaut est sans doute dû à une mauvaise compensation des dérives du suivi du coelostat, ainsi qu'à une certaine dispersion des efforts durant les minutes fatidiques). Un film vidéo confectionné par J. Mouette et déjà programmé sur ARTE (mars 2000) relatera ces épisodes.

Des résultats préliminaires de nos principales expériences d'imagerie ont été mis à notre retour sur le site Web de l'IAP (<http://www.iap.fr>) et ont donc ainsi été largement diffusés.

Un premier article scientifique résultant de ces observations est publié par l'ESA (volume SP-448) et une affiche a été présentée à la conférence européenne de physique solaire de Florence, les 13-18 sept. 1999. Notre meilleure image de la couronne a été demandée d'ailleurs pour illustrer la couverture des compte-rendus de cette conférence. Une autre publication pour la revue "Astron. & Astrophys." est en cours de rédaction. Essayons de résumer les résultats les plus saillants.

1) Des raies spectrales sans trop de surprises (pour l'instant !).

Nous n'avons eu le temps que de faire une évaluation qualitative des résultats de nos 2 expériences de spectroscopie.

L'une est de caractère "global" et a fourni de très nombreux petits spectres sur toute la couronne, mais à très faible résolution spectrale. C'était aussi la première fois que nous utilisons une vidéo-CCD de type DV (Digital Vidéo avec 700 000 pixels) pour la spectroscopie et cela est plutôt bien réussi. Dans les spectres obtenus, seules des raies chromosphériques sont résolues. Néanmoins, il devrait être possible de mesurer la température électronique moyenne (ce qui était le but recherché) grâce à une étude très soignée de l'allure du continu de ce spectre produit par la lumière du disque diffusée par effet Thomson (voir C-II). Une recherche originale sera d'ailleurs entreprise à cette occasion : l'analyse de la couleur de la couronne électronique interne en vue de déterminer les conditions au limite imposées pour effectuer une mesure de l'effet Compton inverse qui est dû à la diffusion sur des électrons relativistes produits dans les régions éruptives, comme au dessus de la condensation coronale au NE.

L'expérience principale, à haute résolution spectrale (environ 0.06 nm, voir un schéma de l'instrument ainsi que des spectres typiques, dans l'article de l'Astronomie 1995, vol. 109 pp. 110-118 par S. Koutchmy et J-P. Zimmermann), était destinée à étudier la variation radiale des vitesses non thermiques dans la couronne, à partir de l'analyse du profil de la raie du fer 13 fois ionisé (Fe XIV) à 530.285 nm. Environ 25 bons spectres de couronne, plus quelques autres d'étalonnage, ont pu être enregistrés sur film T-Max 3200, dont le développement a été poussé à 15 000 ASA. Nous avons d'abord noté que la raie verte, formée à 2 millions de degrés Kelvin, est intense sur tous les spectres, et de chaque côté du bord solaire. Il est possible d'affirmer que cette température est donc présente partout dans la couronne. Ceci constitue peut être le premier résultat vraiment significatif : la température de cette couronne, il est vrai assez proche du maximum d'activité solaire, est considérablement plus élevée que celle des couronnes des années 1994-98. Même les diagnostics qualitatifs pratiqués par les équipes SoHO à la NASA et l'ESA s'avèrent quelque peu inexacts sur ce point. Ainsi l'expérience EIT/SoHO donne des images destinées à indiquer les variations spatiales de la température dans la couronne à partir du rapport des intensités dans 2 raies de l'extrême ultraviolet. Le rapport des températures entre régions polaires et régions équatoriales y est inversé. Cela résulte probablement d'une température moyenne de la couronne qui s'est considérablement accrue en 1999 du fait de l'émergence de nouveaux champs magnétiques à la surface. Il faudra donc réinterpréter les images EIT à la lumière de nos résultats. Il est d'ailleurs assez remarquable de noter que nos images en lumière blanche, obtenues avec filtre neutre radial (voir Fig. 4), confirment immédiatement cette impression, grâce à l'interprétation des gradients radiaux des luminances qui sont une mesure des températures hydrostatiques et qui révèlent des valeurs élevées ici. Ceci n'est pas le moindre avantage d'avoir utilisé le même filtre neutre radial durant plus de 25 ans.

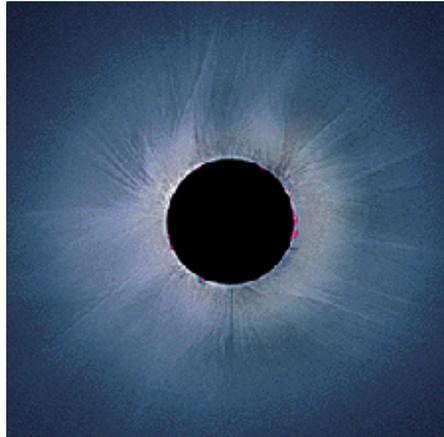


Figure 4

Pour ce qui est de la mesure des vitesses non thermiques, premier objectif de cette expérience, de nombreux spectres montrent la raie verte loin dans la couronne, mais l'examen visuel ne révèle aucun élargissement anormal du profil (en fait, plutôt l'inverse semble apparaître). On constate donc l'absence de signature claire d'une augmentation des amplitudes des ondes coronales qui se propagent vers l'extérieur. Quelques spectres montrent, près des bords de la Lune, des profils un peu plus étroits, mais il faudra une confirmation, par l'analyse plus poussée qui sera bientôt faite, pour se permettre des conclusions en terme de variation radiale de l'amplitude des ondes coronales dans le plasma porté à cette température de l'ordre de 2 millions de degrés. Néanmoins nous pensons répéter cette expérience extrêmement performante en 2001, mais sans doute en choisissant une raie moins "chaude". A noter en passant que 2 spectres réalisés au bord ouest, au voisinage de la protubérance très brillante, montrent près du bord lunaire des raies chromosphériques assez intenses autour de la "grosse" raie verte coronale, raies que nous n'avons pas encore totalement identifiées (certaines, du fer une fois ionisé par exemple, sont connues, mais d'autres sont plus difficiles à classer...).

## 2) De surprenantes images de couronne

A l'examen du cliché "filtre neutre radial" (voir Fig. 4) obtenu à Chadegan et en renforçant les contrastes, ce qui est d'abord visible est la structuration de la couronne: cette couronne est définitivement inhomogène, et ce à cause du champ magnétique. Ce sont en effet les lignes du champ magnétique qui façonnent les formes que prend le plasma coronal, ce qui est logique car, par définition, un plasma est un gaz de particules électriquement chargées, qui suivent donc les lignes du champ magnétique. La brillance des structures que l'on distingue sur ce cliché est due à la diffusion de la lumière de la photosphère (la surface du Soleil) par les électrons libres de la couronne (diffusion Thomson). La brillance est directement reliée à la densité de ces électrons, et en faisant (sans grand risque...) l'hypothèse que la couronne est globalement électriquement neutre, on remonte de la brillance à la densité totale de particules (voir ET).

Ce que l'on distingue ensuite est la division en deux grandes catégories de ces structures de la couronne : celles qui sont "fermées", qui forment par exemple des sortes de "bulbes", qui sont plus brillantes car plus denses; puis d'autres régions de la couronne, en général moins denses et où les lignes de champ magnétique sont ouvertes vers l'espace interplanétaire et laissent s'échapper un flot de particules qui va former le vent solaire (du moins sa composante la plus rapide).

Il faut noter que l'allure générale de la couronne varie fortement au cours du cycle d'activité magnétique (de période 11 ans ou 22 ans selon la définition retenue). Le cliché de 1999 correspond à une période proche du maximum d'activité. Les structures sont réparties dans un certain désordre tout autour du Soleil. Par contre, en période de minimum d'activité, les structures fermées se regroupent aux latitudes équatoriales laissant les pôles s'ouvrir en des "trous coronaux". Cela donne à la couronne de minimum une allure aplatie, les lignes de champ prenant à grande échelle l'allure schématique d'un dipôle (voir ET).

Examinons en détail une ou deux de ces structures, voir la Fig. 4.

Tout d'abord, le "bulbe" visible à "7 heures" sur le cadran que forme le disque solaire, c'est à dire au SSE. Cette structure est un cas typique montrant la complexité de la physique coronale. On distingue au bord du disque une protubérance visible en rouge, ce qui signifie qu'elle est constituée de plasma relativement froid : en effet cette lumière rouge est principalement émise par de l'hydrogène qui n'est évidemment pas ionisé, porté à environ 10000 degrés K (raie spectrale Ha vers 656.3 nm). Tout autour de cette protubérance s'élèvent d'abord plusieurs arches fines mais sombres, puis très haut dans la couronne, une énorme structure assez symétrique, formant une arche en forme de bulbe ou de casque surmonté d'une pointe (d'où l'appellation anglaise de "helmet"). Cette arche est visible en lumière blanche, résultant de la diffusion de la lumière sur les électrons surchauffés de la couronne : la température dans cette arche est donc de l'ordre du million de degrés. La pointe du casque est souvent considérée comme le lieu d'un courant de matière s'échappant de la couronne vers le milieu interplanétaire (pointe que les anglophones appellent donc "helmet streamer"), mais il pourrait en fait s'agir d'effets de projection sur la ligne de visée de structures plus linéaires, étirées dans des directions un peu différentes par les flots du gaz ionisé...Ceci est plus apparent au dessus du pôle Nord, sur le même cliché. A noter la direction, très éloignée de la direction radiale, de certains bords de jets ce qui implique qu'ils ne peuvent décidément pas être stationnaires.

Un autre phénomène extrêmement intéressant sur le cliché filtre neutre radial est l'espèce d'arche quasi- sphérique qui s'élève assez haut dans la couronne (environ 0.65 rayon solaire soit plus de 4 échelles hydrostatiques de hauteur !) que l'on distingue à droite de l'image (à 2 heures au NO), voir Fig.5. Contrairement au cas précédent, aucun grand jet ne l'entoure ! La présence de cette arche est très importante quand on sait qu'une dizaine d'heures après l'éclipse, une énorme éjection de matière coronale (EMC ou CME en anglais) a lieu au même endroit, voir la Fig.6 faite de clichés de l'expérience Lasco-SoHO obtenus plus tard. On sait que l'essentiel de la matière qui sera éjectée en plus de celle contenue dans l'arche, est celle de la protubérance très dense que l'on voit en absorption près du disque au NO sur la Fig. 8. Il s'agit d'une mosaïque assemblée à partir d'images prises durant l'éclipse, par l'expérience spatiale TRACE en orbite polaire autour de la Terre. Une vue plus globale de l'éjection de protubérance et des structures dynamiques coronales l'accompagnant a été obtenue grâce à une séquence d'images EIT-SoHO assemblée en film accéléré, mais la place nous manque pour en parler. Ce phénomène d'arche dans les EMC a déjà été observé, mais jamais si près du Soleil et si longtemps avant la phase dynamique. Il est suggéré comme étant le précurseur probable de la EMC. Le cliché d'éclipse obtenu depuis Chadegan en Iran permet non seulement de voir cette arche proche du Soleil, voir Fig.5, mais aussi de mesurer sa vitesse en le comparant à des clichés d'éclipse pris en France, voir l'image de D. Fiel sur la Fig. 7, en Roumanie ou en Turquie, voir l'image de F. Espenak Fig.7 (donc quelques dizaines de minutes ou plus d'une heure auparavant). En comparant les positions dans ces clichés, nous nous sommes aperçus que la structure en arche était à peu près immobile, alors que la matière éjectée durant la phase dynamique a typiquement des vitesses de plusieurs centaines de kilomètres par seconde ! Les observations d'éclipse montrent donc ce précurseur bien avant l'EMC, bien plus près de la surface que ce qu'avaient montré de plus anciennes observations spatiales, et une stabilité relative, avant que l'équilibre ne soit rompu pour donner lieu à cette éjection très spectaculaire. Peut être sommes nous en présence de la boucle coronale de courant prédite par certains théoriciens pour expliquer les EMC, ou peut être faut-il attribuer plus d'importance à la partie sombre genre cavité coronale prisonnière de la boucle qui deviendrait instable au bout d'un certain temps, comme une poche de gaz qui éclate à la surface d'un fluide plus dense (poussée d'Archimède) ? L'examen de cette question demanderait un article entier ; signalons juste un aspect important de la question : l'observation éventuelle de structures spiralées dans la protubérance, durant l'éjection.

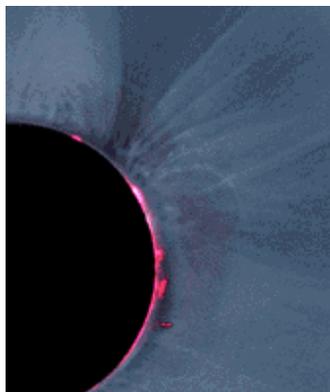


Figure 5

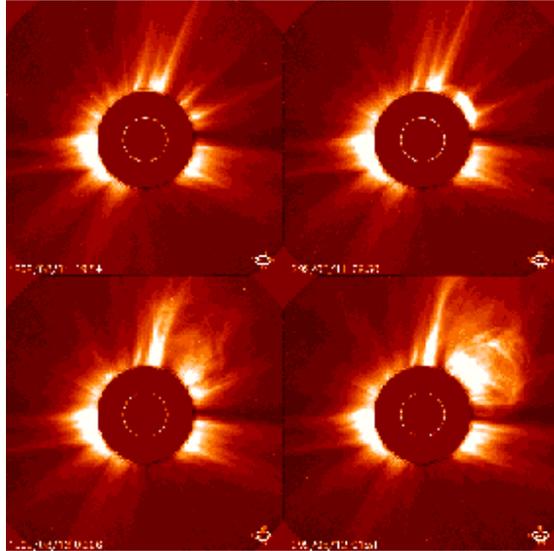


Figure 6

Une troisième structure intéressante est la région brillante visible à gauche de l'image (vers 11 heures). Cette forte brillance indique une forte densité : on a donné le nom de "condensation coronale" à ce genre de structures. Les conditions physiques y sont différentes de celles du reste de la couronne : la densité peut atteindre 10 fois la densité moyenne de la couronne, et la température y est aussi plus élevée, comme l'atteste des spectres obtenus par C. Buil (voir son site Web), ainsi que par D. Fiel, qui permettent de détecter l'émission de la raie jaune du calcium 14 fois ionisé, état atteint seulement pour des températures de 3.5 millions de degrés environ. Il s'agit d'une région encore active, siège d'éruptions et site d'accélération violente de particules. L'image collectée un peu plus tard dans les X mous par le satellite Yohkoh confirme cette impression. Un peu comme pour la région précédente, celle ci montre des éjections de matière qui s'échappe au dessus dans des canaux quasi-radiaux très faiblement courbés ; il s'agit donc d'éjections de type différent, plus faibles en quantité que pour les EMC mais plus rectilignes et radiales. Il serait évidemment intéressant d'appréhender ces électrons, sans doute relativistes, en utilisant des mesures d'indice de couleurs par exemple, car l'effet Compton inverse pourrait s'y manifester, mais cela est une autre histoire...Ce qui est le plus intéressant dans la condensation située plus près de la surface est sa structure thermique. Lorsqu'on regarde très en détail les clichés d'éclipse (malheureusement invisible à cette échelle), on perçoit un entrelacement de filaments visibles soit en lumière blanche (donc très chauds), soit émettant dans le rouge (donc froids car émis par de l'hydrogène non ionisé). De manière encore plus frappante que dans le cas du "helmet", on voit donc que du gaz froid (hydrogène neutre) et de la matière surchauffée (particules fortement ionisées) peuvent coexister, à la même altitude, dans des structures filamenteuses semblables ! Seule l'influence du champ magnétique (et des courants électriques) peut expliquer cela. C'est parfaitement illustré par les images TRACE (Fig. 8 par ex.) à haute résolution dont il faudrait parler plus longuement. Mais c'est aussi prédit dans certains scénarii, dits de reconnexion magnétiques, calculés par des théoriciens de la physique des plasmas pour expliquer le chauffage violent du gaz accompagné de l'éjection de plasmoides denses dans la couronne.

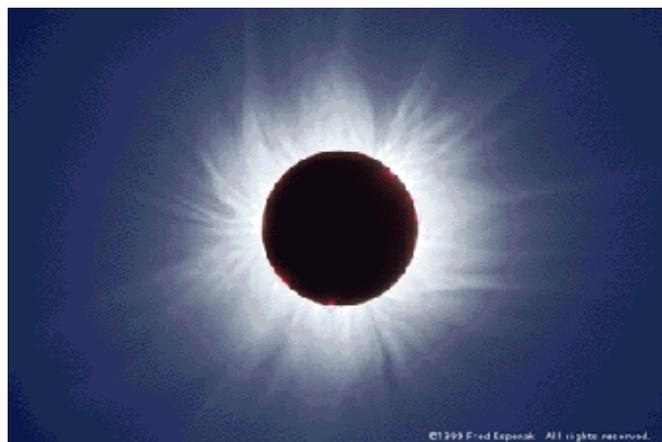


Figure 7

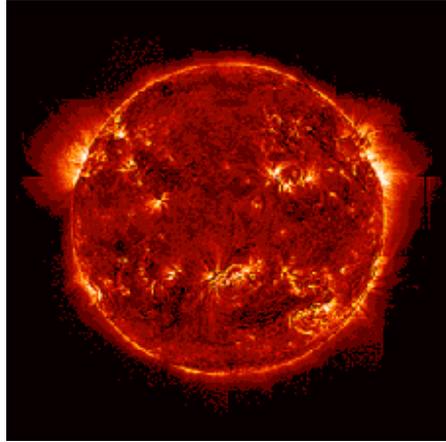


Figure 8

## E- CONCLUSIONS

Les missions d'observation de cette éclipse ont connu un succès qui se situe au-delà de tous les espoirs. De très nombreux sites Web en France et ailleurs en parlent abondamment. C'est grâce à l'activité du Soleil, qui s'approche de son paroxysme, d'une part, aux nombreuses observations spatiales en quasi-simultané effectuées ce jour là, d'autre part.

Dans cet article, seuls quelques points ont été abordés, car il eut fallu beaucoup trop de place pour couvrir tous les aspects scientifiques de manière exhaustive. Nous nous sommes plutôt concentrés sur les résultats d'Iran où les meilleurs sites étaient disponibles. Ajoutons que nos partenaires et interlocuteurs iraniens se sont montrés extrêmement amicaux, souvent francophiles, efficaces et soucieux de nous satisfaire durant tout le séjour. A noter la barrière de la langue, même si l'usage de l'anglais semble se généraliser dans les Universités, et celle de la culture, qui nous est quelquefois bien étrangère. Une collaboration plus étendue sur les thèmes que nous avons abordés (physique coronale, magnétisme solaire, etc...) est nécessaire. Dès maintenant, des travaux en collaboration sont engagés à partir des nombreux résultats de l'éclipse. Les images quasi- simultanées faites dans l'espace (Missions Yohkoh - dont la sonde a pris l'image de la Figure 9, ndlr - SoHO et Trace) s'avèrent extrêmement intéressantes et très complémentaires. Il faut avouer que la couronne elle-même s'est montrée coopérative, en offrant durant l'éclipse des régions typiques de l'activité coronale et solaire à notre "convoitise"... il semble même que des thèmes nouveaux puissent bientôt être abordés grâce à l'évolution des technologies des détecteurs. Il faudra mener certains de ces travaux à leur terme pour ensuite préparer l'éclipse prochaine du 21 juin 2001, au sud de l'Afrique, qui s'annonce comme une grande éclipse et qui est attendue par tous.

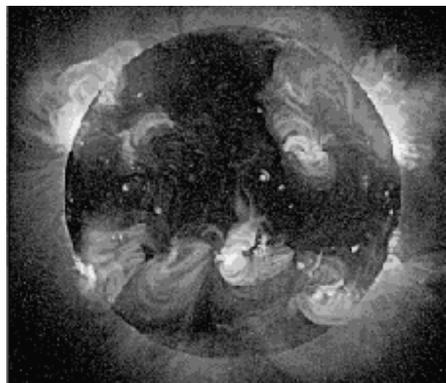


Figure 9

La Rencontre " Eclipses et Couronne Solaire ", qui aura lieu à l'IAP les 14-15 avril 2000, sera une autre occasion de faire le point sur les différents travaux engagés. Cette rencontre, ouverte aux Amateurs (voir Annonce dans ce numéro), verra la présentation de nombreuses observations effectuées lors des éclipses de 1998 et 1999, au sol et dans l'espace, notamment sur SoHO.

Enfin le concours photo organisé par la SAF est une contribution intéressante qu'il faudra suivre attentivement (voir annonce). En delà des usuelles images de protubérances qui sont d'ailleurs beaucoup mieux observées au sol avec un coronographe (...), cette exposition devrait conforter l'impression qui a été développée dans cet article : une éclipse totale est véritablement le meilleur moment pour étudier la couronne solaire et ses structures.

# L'éclipse sur la toile

## Sur la Toile, en France :

☛ Une éclipse totale de Lune s'est produite le vendredi 21 janvier 2000 au matin. L'Institut de mécanique céleste, en partenariat avec la Cité des Sciences de La Villette et l'Observatoire de la Côte d'Azur a diffusé des images réalisées à la Station de Planétologie des Pyrénées (S2P) de l'Observatoire du Pic du Midi, sur le télescope de 1 mètre, à Nice et à Paris. Les images du Pic sont disponibles sur le site : <http://www.bdl.fr/eclilune2000/livelune.html>. D'autres sites dans les nouvelles : <http://www.bdl.fr/Granpub/nouvelles.html>.

☛ Concernant également l'éclipse totale de Lune du 21/01/2000, le site de la Cité des sciences : [http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/evenemen/eclilune/droit\\_fs.htm](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/evenemen/eclilune/droit_fs.htm). Des informations concernant les éclipses en général.



- La S.A.F, l'I.A.P et le CNRS propose sur le site de la SAF un dossier spécial éclipse 1999 . Ce dossier présente le mécanisme des éclipses et donne des conseils pour observer l'éclipse dans les meilleures conditions. <http://www.iap.fr/saf/>

- Le Bureau des Longitudes propose de nombreuses images à télécharger et fournit des explications générales avec schémas et données pour l'éclipse du 11/08. Eclipses antérieures et à venir sont mentionnées. D'autres sites sont accessibles depuis cette adresse. <http://www.bdl.fr/Eclipse99/index.html>

- L'observatoire de Paris a constitué un dossier très complet sur l'éclipse du 11 août avec des reportages, des photos, des animations, des témoignages. On y trouve notamment une animation résultant de la numérisation d'un film vidéo réalisé le long de la bande de totalité à bord d'un avion Mystere 20. Des images également sur le déplacement du cône d'ombre sur le globe terrestre (satellite Meteosat) et des images du satellite astro SOHO. [http://www.bdl.fr/ephem/eclipses/soleil/aout1999\\_generalite.html](http://www.bdl.fr/ephem/eclipses/soleil/aout1999_generalite.html)



- La revue Ciel et Espace propose également de nombreuses informations pour vous aider à bien observer l'éclipse et à comprendre son fonctionnement. <http://www.cieletespace.fr/>

- L'association pour l'animation et la recherche en astronomie (APARA) discute du choix du site d'observation, diffuse des photos et conseils pour le matériel, des généralités sur les éclipses. Il y est question des mythes associés. Vidéos. <http://www.ifrance.com/eclipse1999>

**Le CLEA**

Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

- Du 20 au 26 Août 1998, le CLEA (le Comité de Liaison Enseignants et Astronomes ) a organisé une université d'été sur l'éclipse du 11 août 1999. Un compte rendu très complet de ce stage comportant de nombreux documents pour préparer l'observation de l'éclipse est consultable sur leur site Internet.

<http://www.ac-nice.fr/clea/UEAstro.html>

- <http://eclipse99.internet-fr.net/fr/>

Ce site présente des cartes interactives de l'éclipse.

- <http://perso.club-internet.fr/lusa/eclipse/plan.htm>

Pour ceux qui veulent en savoir plus sur les mécanismes et les phases des éclipses. Quelques conseils pour l'observation et le choix des filtres.

- un site important sur les conséquences météorologique du passage de l'ombre de la Lune : [http://www.meteo.fr/la\\_une/soleil/impact.html](http://www.meteo.fr/la_une/soleil/impact.html)

## Sur la Toile, à l'étranger (langue anglaise) :

- Un site extrêmement bien fourni en photos : <http://www.exploratorium.edu/eclipse/links.html>  
On y trouve des reportages classés par pays ainsi que des liens vers d'autres pages et de nombreuses photos qu'on trouve aussi à l'adresse : [http://www.exploratorium.edu/eclipse/links\\_photography.html](http://www.exploratorium.edu/eclipse/links_photography.html)  
Il y est aussi question de physique solaire, des mythes et légendes, souvent de façon didactique.

- [http://www.eclipse.org.uk/default\\_lo.htm](http://www.eclipse.org.uk/default_lo.htm)

Site officiel en Angleterre, on y trouve des photos, des observations des éclipses passées par la Société astro GB (RAS) et une liste des futures éclipses.

- <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>

Le site bien connu de la NASA offre un dossier très complet sur l'éclipse du 11 août, avec des cartes et explications tous niveaux, mené par F. Espenak, célèbre chasseur d'éclipses...

- <http://www.krysstal.com/astro.html>

Des témoignages d'un observateur de 7 éclipses avec des photos.

Voir aussi : <http://www.krysstal.com/ec1991.html> , pour l'arrivée de l'ombre de la lune.