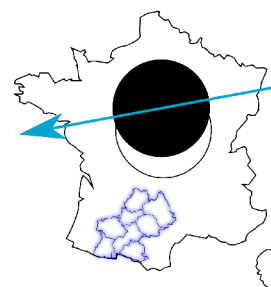


## I. Objectifs du document

Dans le cadre de l'éclipse de Soleil du 20 mars 2015 (partielle en France), ce document propose aux enseignants des écoles et établissements scolaires :

- Une **présentation du phénomène** (horaires et circonstances de l'éclipse) ;
- Un **résumé des connaissances** niveau enseignant concernant le phénomène d'éclipse de Soleil ;
- Une sélection de **fiches d'activité**, autour de la problématique "**Comment observer l'éclipse ?**". Ces activités sont adaptables depuis l'école primaire jusqu'au lycée. D'autres sont développées dans la version intégrale du document (<http://bit.ly/eclipse2015>).



Note : Ce document a été rédigé initialement pour le département des Hautes-Pyrénées. Les circonstances de l'éclipse varieront légèrement sur le territoire métropolitain. Des indications seront fournies dans les chapitres correspondants pour connaître les circonstances locales du phénomène.

## Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.Objectifs du document.....</b>                            | <b>1</b>  |
| <b>2.Présentation du phénomène.....</b>                        | <b>2</b>  |
| 2.1.Présentation.....  | 2         |
| 2.2.Éclipses visibles depuis la France.....                    | 2         |
| 2.3.Circonstances de l'éclipse du vendredi 20 mars 2015.....   | 2         |
| <b>3.Pourquoi observer l'éclipse à l'école.....</b>            | <b>3</b>  |
| <b>4.Fiche connaissances enseignant : les éclipses.....</b>    | <b>3</b>  |
| 4.1.Les acteurs : Soleil, Terre et Lune.....                   | 3         |
| 4.2.Schéma d'une éclipse de Soleil.....                        | 4         |
| 4.3.Aspects des éclipses de Soleil.....                        | 4         |
| <b>5.Comment observer l'éclipse : fiches d'activités.....</b>  | <b>5</b>  |
| 5.1.Sommaire synoptique des fiches.....                        | 5         |
| 5.2.Comment ne PAS observer l'éclipse : méthodes à éviter..... | 6         |
| 5.3.Modélisations du phénomène d'éclipse de Soleil.....        | 7         |
| 5.4.Observation à l'aide d'un sténopé.....                     | 8         |
| 5.5.Observation à l'aide d'une écumoire (!).....               | 10        |
| 5.6.Observation à l'aide d'un sténopé à miroir.....            | 11        |
| 5.7.Histoires d'éclipses.....                                  | 12        |
| <b>6.Bibliographie – Sitographie.....</b>                      | <b>13</b> |

## 2. Présentation du phénomène

### 2.1. Présentation

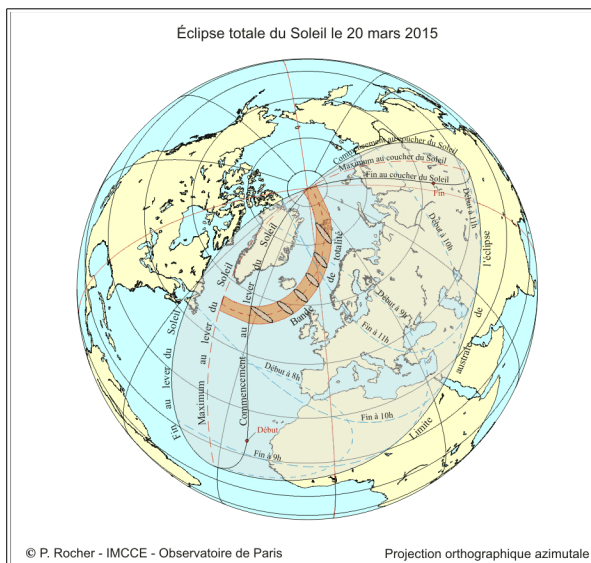
L'éclipse partielle de Soleil du **vendredi 20 mars 2015** sera **visible depuis l'ensemble de la France** métropolitaine. Dans les Hautes-Pyrénées, le Soleil sera caché par la Lune à 69%, ce qui représentera un assombrissement assez remarquable.

Cette éclipse sera totale sur une trajectoire allant du sud du Groenland au Pôle nord, en passant par les Îles Féroé et l'archipel du Svalbard (Spitzberg).

### 2.2. Éclipses visibles depuis la France

Les éclipses totales ou annulaires de Soleil sont un phénomène rare et observable seulement depuis des zones très limitées à la surface de la Terre.

Ainsi, **la prochaine éclipse totale visible depuis la France aura lieu le 3 septembre 2081** (ligne de centralité au nord de la France). La prochaine éclipse annulaire aura lieu le 5 novembre 2059 (visible depuis le sud-ouest de la France).



Avant ces échéances, quelques éclipses partielles de Soleil seront visibles depuis la métropole. Néanmoins aucune éclipse comparable à celle du 20 mars 2015 (et observable pendant l'année scolaire) n'aura lieu avant 2028 (soit dans 13 ans) !

### 2.3. Circonstances de l'éclipse du vendredi 20 mars 2015

Cette éclipse aura lieu un jour d'école, le vendredi 20 mars 2015 et se déroulera sur toute la matinée.

Dans les Hautes-Pyrénées, la Lune commencera à "grignoter" le disque solaire à 9h12 (heure légale). Ce dernier sera alors dans une direction est-sud-est à 22° au-dessus de l'horizon.

Le degré d'obscurité<sup>1</sup> du Soleil sera de 69% (maximum de l'éclipse) vers 10h17 (heure légale), dans la direction sud-est et à 32° au-dessus de l'horizon.

Puis la Lune s'éloignera du centre du disque solaire jusque vers 11h28 (heure légale), moment de fin de l'éclipse (direction sud-sud-est, à 41° au-dessus de l'horizon).

Voici (Illustration 1) la simulation de l'éclipse (à l'aide du logiciel gratuit Stellarium<sup>2</sup>) montrant son aspect toutes les demi-heures. Cet aspect reste globalement valable pour tout le grand sud-ouest de la France. A noter que c'est en Bretagne que le degré d'obscurité sera le plus fort pour la France, à 81.5%.

*Note :* l'observation du disque solaire éclipse nécessitera une météo favorable. Cependant, même en cas de mauvais temps, d'autres types d'activités pourront être réalisés (voir version intégrale du document <http://bit.ly/eclipse2015>).

|                    | Heure (H <sup>tes</sup> -Pyr.) | Direction | Hauteur sur l'horizon |
|--------------------|--------------------------------|-----------|-----------------------|
| Début de l'éclipse | 9h 12                          | E-S-E     | 22°                   |
| Max. de l'éclipse  | 10h 17                         | S-E       | 32°                   |
| Fin de l'éclipse   | 11h 28                         | S-S-E     | 41°                   |

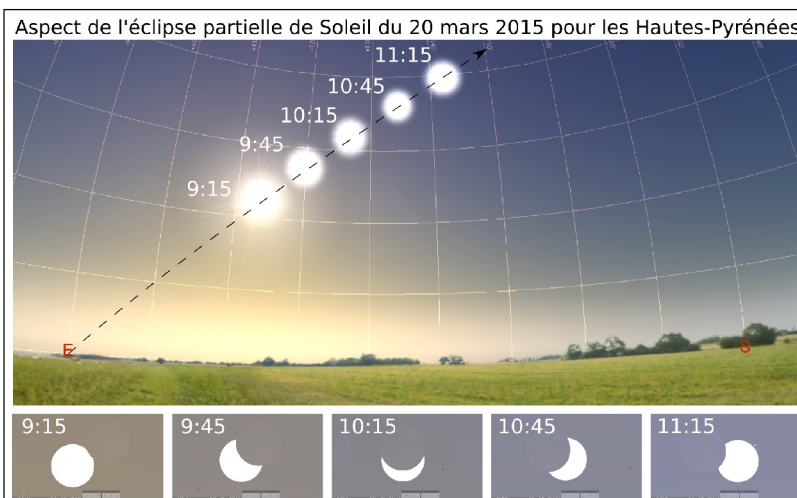


Illustration 1: Simulation de l'éclipse du 20 mars 2015.

<sup>1</sup> On parle de "degré d'obscurité" pour désigner ainsi le pourcentage de la surface du disque solaire occulté par la Lune.

<sup>2</sup> Logiciel à télécharger sur <http://stellarium.org/>

Pour connaître les **circonstances locales de l'éclipse pour votre localité** ailleurs dans l'Académie de Toulouse ou en France, deux possibilités s'offrent à vous :

- Utiliser le logiciel Stellarium comme indiqué ci-dessus, en prenant garde à bien modifier les coordonnées géographiques du lieu d'observation ;
- Se reporter au site de l'IMCCE (Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides) sur lequel figurent une **note détaillée sur l'éclipse ainsi que des cartes** :  
[http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phenomenes/eclipses/soleil/html/mars2015\\_generalite.php](http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phenomenes/eclipses/soleil/html/mars2015_generalite.php)

### 3. Pourquoi observer l'éclipse à l'école

Le phénomène des éclipses n'est pas mentionné en tant que tel dans les programmes d'enseignement de l'école primaire de 2008. Il apparaît dans le programme de Physique de 5<sup>ème</sup>.

Si les éclipses ne sont pas au programme du Cycle 3, c'est justement parce qu'il est rare d'en observer mais quand on a la chance de le faire, c'est une bien belle façon d'illustrer le ballet à trois corps Soleil-Terre-Lune. Le programme de Cycle III donne les clés essentielles pour appréhender de manière succincte le phénomène.

En outre, l'observation d'un phénomène naturel aussi rare qu'une éclipse de Soleil (même partielle) peut pleinement se justifier et s'intégrer dans une démarche d'investigation telle que formulée dans le nouveau Socle commun de connaissances, de compétences et de culture de 2014.

Enfin, l'observation de ce phénomène devra amener les élèves à comprendre certaines règles de sécurité élémentaires : de manière naturelle, quiconque dirige ses yeux vers le Soleil va rapidement détourner le regard.

Cependant, le jour de l'éclipse, le soleil sera au cœur de toutes les attentions et il est important de bien préparer cet événement : les moyens d'observation utiliseront exclusivement des filtres adaptés ou bien des moyens indirects (qui ne font pas orienter le regard vers le Soleil) et qui permettront de suivre pleinement et sans risque le phénomène.

L'objet de ce dossier pédagogique est justement de donner les méthodes essentielles d'observation de l'éclipse en toute sécurité (fiches chapitre 5). D'autres méthodes sont développées dans la version intégrale du document.

#### Rappel de sécurité élémentaire

Ne **JAMAIS** regarder directement le **soleil partiellement éclipsé** (éclipse annulaire ou phase partielle d'une éclipse), sous peine de **dommages irréversibles de l'œil**.



### 4. Fiche connaissances enseignant : les éclipses

#### 4.1. Les acteurs : Soleil, Terre et Lune

Avant de décrire le phénomène d'éclipse, il est important d'appréhender les tailles et distances comparées du Soleil, de la Terre et de la Lune :

|        | Diamètre     |
|--------|--------------|
| Soleil | 1 392 000 km |
| Terre  | 12 756 km    |
| Lune   | 3 475 km     |

Distance Terre-Soleil (moyenne) : 149 597 871 km

Distance Terre-Lune (moyenne) : 383 398 km

On constate que la Lune est environ **400 fois plus petite que le Soleil**, mais qu'elle est aussi environ **400 fois plus proche de nous** que ne l'est le Soleil : cette configuration exceptionnelle nous fait percevoir l'image du Soleil de la même taille que celle de la Lune. On dit que les diamètres angulaires des deux astres sont comparables.

Dans la réalité, ces diamètres angulaires varient légèrement puisque les distances Terre-Lune et Terre-Soleil varient (en raison des orbites elliptiques de la Lune et de la Terre). On comprend donc que, sous certaines conditions, la Lune puisse cacher le disque solaire. En revanche, dans certains cas, la Lune sera trop éloignée de la Terre pour cacher entièrement le disque solaire (Illustration 11).

## 4.2. Schéma d'une éclipse de Soleil

On désigne par **éclipse de Soleil** le phénomène lors duquel la Lune cache (en partie ou totalement) le Soleil. On devrait plus précisément parler d'**occultation du Soleil** par la Lune (Illustration 2).

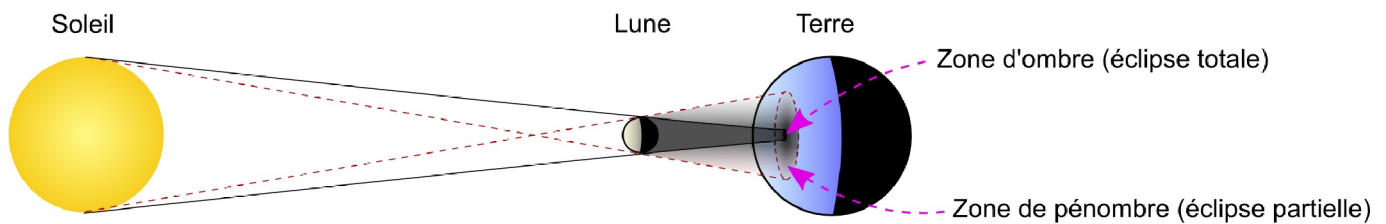


Illustration 2: Représentation schématique d'une éclipse de Soleil (échelles non respectées).

Sur cette même illustration, on distingue la zone d'ombre portée par la Lune qui se limite sur Terre à une petite surface (quelques dizaines à quelques centaines de km) d'où le Soleil se verra totalement occulté par la Lune (éclipse totale).

En revanche, la Lune occultera seulement une partie du Soleil depuis une zone plus vaste nommée zone de pénombre (éclipse partielle). Enfin, depuis une partie de la Terre, le décalage Soleil-Lune sera tel qu'aucune éclipse, même partielle, ne sera visible.

## 4.3. Aspects des éclipses de Soleil

L'illustration 3 montre les différents aspects d'éclipses de Soleil, vus depuis la Terre, selon différentes configurations Terre-Lune :

- L'éclipse totale, vue depuis la zone d'ombre portée de la Lune (couronne solaire visible)
- L'éclipse annulaire, lorsque la distance Terre-Lune est trop importante pour que l'ombre de la Lune atteigne la surface de la Terre.
- L'éclipse partielle, vue depuis une zone de pénombre. Lors de toute éclipse totale ou annulaire, il y a forcément une phase partielle.

Cependant il faut noter que les schémas présentés jusqu'à présent sont trompeurs puisque aucune échelle de taille et de distance n'a été respectée.

Il faut également savoir que l'orbite de la Lune autour de la Terre est inclinée d'un angle de  $5^\circ$  par rapport au plan de l'orbite terrestre.

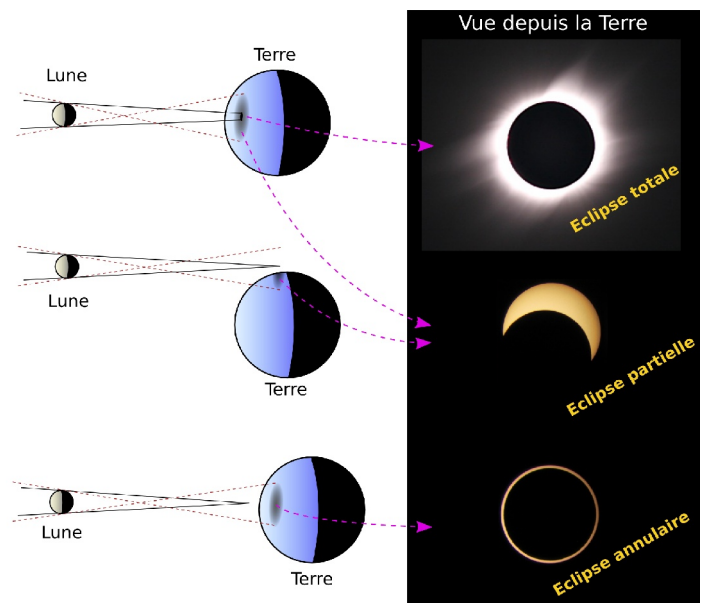


Illustration 3: Aspects de différentes éclipses de Soleil.

L'illustration 4, elle, respecte les échelles et montre bien que l'ombre de la Lune est un très fin "pinceau" : il suffit effectivement que la Lune soit légèrement décalée par rapport au plan de l'orbite terrestre pour qu'aucune ombre ne se projette sur la Terre. A l'échelle de cette illustration 4, le Soleil serait situé à 400 fois la distance Terre-Lune, soit à 56 mètres et aurait environ 50 cm de diamètre.

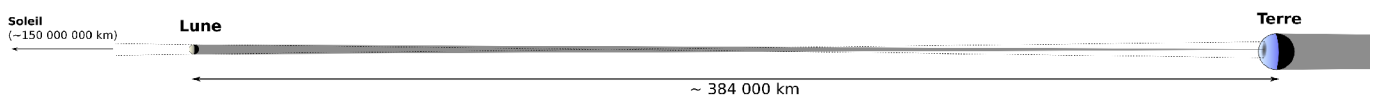


Illustration 4: Représentation schématique d'une éclipse de Soleil (échelles respectées).

On peut également se représenter le système Terre-Lune à l'aide de petites sphères : si la Terre avait la taille d'une balle de ping-pong, la Lune aurait celle d'une bille de verre (~1cm de diamètre) et serait située à environ 1m de la Terre.

## 5. Comment observer l'éclipse : fiches d'activités

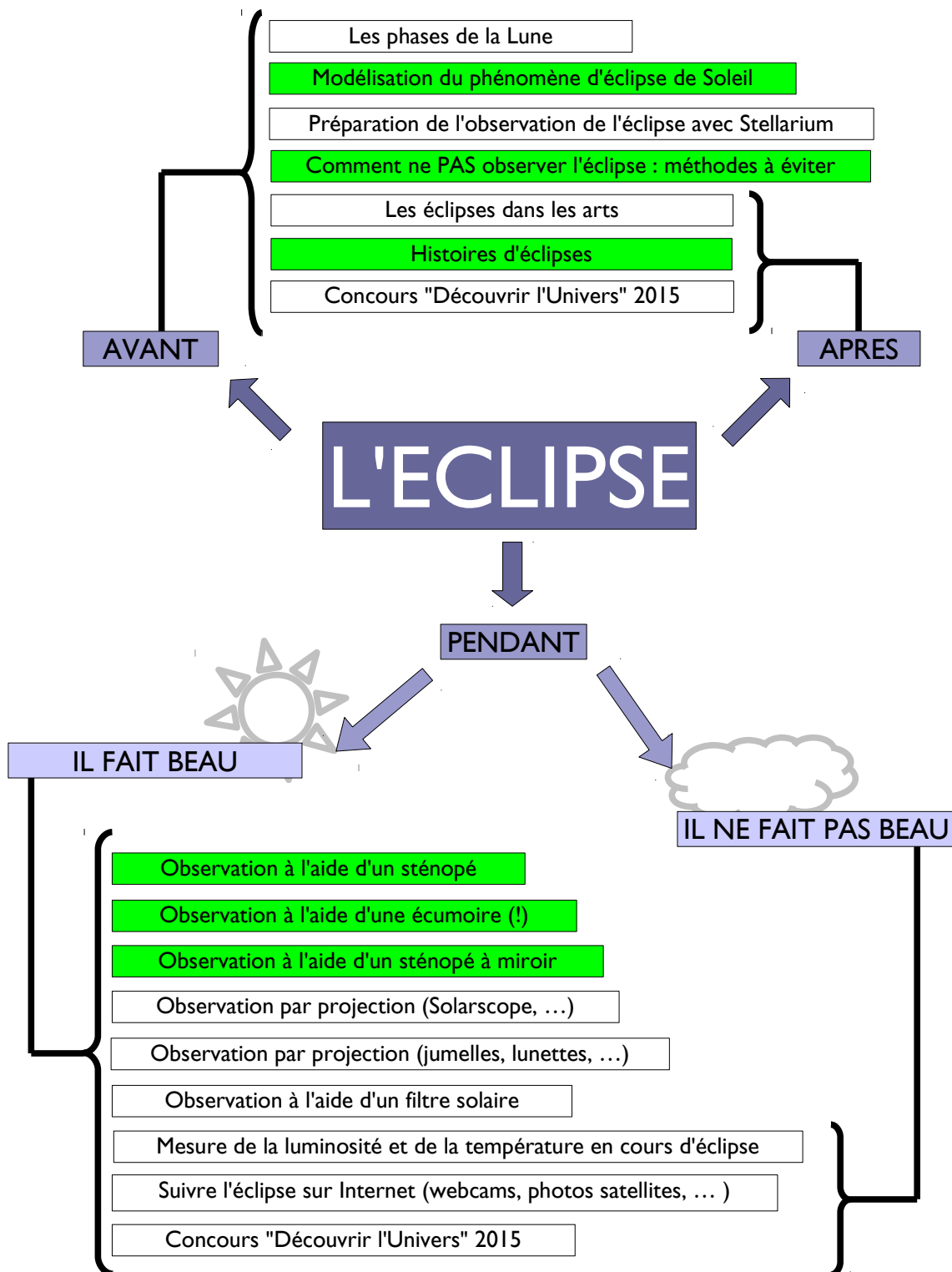
### 5.1. Sommaire synoptique des fiches

Afin de guider la lecture des différentes fiches d'activités, voici une vue synoptique des fiches, selon le moment (avant, pendant ou après l'éclipse), et selon ... la météo (où l'on voit que des activités pourront être réalisées même si la météo est mauvaise le jour de l'éclipse).

Seules les fiches surlignées en vert sont développées dans le présent document (version allégée).

Pour accéder à l'ensemble des fiches, se reporter à la version intégrale :

<http://bit.ly/eclipse2015>



## 5.2. Comment ne PAS observer l'éclipse : méthodes à éviter

Afin d'observer directement le Soleil partiellement éclipsé, il est indispensable de ne laisser arriver jusqu'à l'œil qu'une part infime de la lumière solaire. Ceci **interdit toute utilisation non filtrée de jumelles, lunettes, télescopes !**

On considère qu'un filtre solaire idéal laissera passer seulement 0.001% du flux lumineux (soit 1/100 000<sup>ème</sup>), ce qui correspond à une densité de 5 (notation utilisée en optique puisque  $10^{-5} = 1/100\ 000$ )



**Les négatifs photographiques voilés ou les "radios" médicales :** théoriquement, un film photographique noir et blanc argentique voilé permet de filtrer convenablement la lumière du Soleil grâce à ses sels d'argent. Néanmoins, il est très difficile de connaître le taux de filtration qui peut n'être pas suffisant. En outre, les films couleurs ou diapositives voilés ne contiennent pas de sels d'argent mais seulement des colorants qui ne filtrent pas le rayonnement infrarouge, d'où un danger notoire !



**Les verres fumés à la flamme d'une bougie :** procédé antique et ne procurant absolument pas la protection nécessaire !



**La réflexion de l'image sur une surface liquide ou sur une vitre :** On peut lire des récits relatant l'observation du Soleil partiellement éclipsé en regardant son reflet dans l'eau d'une bassine (comme pendant l'éclipse du 19 avril 1912 sur Paris). Ce procédé ne filtre pas suffisamment le flux lumineux puisque un reflet sur l'eau laisse passer environ 2% de la lumière (4% sur le verre), soit un facteur de 1/50, ce qui reste 2000 fois trop lumineux que le facteur "idéal" de 1/100 000 !



**Une superposition de lunettes de soleil :** comme ci-dessus, un verre de lunettes de soleil ne filtre pas suffisamment ... il faudrait en superposer un grand nombre pour espérer atteindre le taux voulu.



**Les CD-ROM ou disquettes :** ils ne sont pas conçus pour un usage optique et les procédés industriels peuvent varier et ne pas fournir un taux de filtration adéquat.



**Les filtres gélatine (type filtre photo Wratten<sup>®</sup>) :** le substrat gélatine ne filtre pas correctement le rayonnement infrarouge, d'où un danger réel !

### Rappel de sécurité élémentaire

Ne **JAMAIS** regarder directement le **soleil partiellement éclipsé** (éclipse annulaire ou phase partielle d'une éclipse), sous peine de dommages irréversibles de l'œil.



### 5.3. Modélisations du phénomène d'éclipse de Soleil

Un pré-requis à cette activité pour les élèves est simplement de savoir que la Lune tourne autour de la Terre, et qu'elle passe parfois devant le Soleil.

#### a) Superposition Lune-Soleil

L'objectif de cette modélisation est de faire comprendre aux élèves comment un astre de petite taille (la Lune) peut en cacher un de plus grande taille (le Soleil).

La situation déclenchante peut être par exemple :

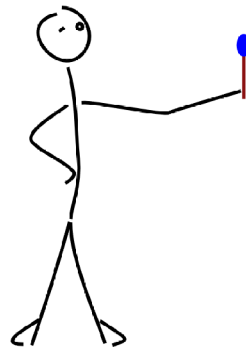
- une photo d'éclipse annulaire (montrant que les diamètres apparents de la Lune et du Soleil sont semblables ;
- une simulation Stellarium à la date d'une éclipse de Soleil : la silhouette de la Lune est visible et l'on constate qu'elle a la même taille apparente que le Soleil. Une petite recherche (dictionnaire) permettra de trouver leurs diamètres réel (en km) et de constater qu'ils sont en revanche très différents !

Comment alors une "petite" Lune peut-elle cacher un "gigantesque" Soleil ?!

Après émissions de leurs idées par les élèves, on peut par exemple proposer à de petits groupes d'élèves le défi suivant : superposer un petit disque de carton de quelques cm de diamètre (représentant la Lune) au contour du Soleil dessiné au tableau (Illustration 5).

Plusieurs constatations pourront être faites par les élèves :

- Il est nécessaire de fermer un œil pour n'avoir qu'un seul point de vue ;
- en pliant le bras (en rapprochant la Lune), le Soleil est davantage recouvert ;
- en étendant le bras (en éloignant la Lune), le Soleil n'est plus totalement recouvert ;
- pour une même position, en modifiant la taille de la Lune, le Soleil est plus ou moins recouvert.



Une fois la bonne position trouvée pour chacun, on pourra simuler une éclipse en faisant passer la Lune devant le Soleil, l'observateur représentant la Terre.

Illustration 5: Superposition apparente d'un disque (Soleil) par un autre (Lune).

#### b) Modélisation Terre-Lune à l'échelle

Il est également possible de modéliser l'ombre de la Lune sur la Terre en utilisant le "vrai" Soleil comme source lumineuse (de préférence bas sur l'horizon). Pour cela, en se basant sur les tailles et distances du système Soleil-Terre-Lune, on observera que :

- la Lune est environ 3 à 4 fois plus petite que la Terre;
- la Lune est éloignée de la Terre d'environ 30 diamètres terrestres.

Il suffira alors de choisir un globe terrestre puis de trouver une sphère 3 à 4 fois plus petite (représentant la Lune) que l'on placera à une distance équivalente à 30 diamètres du globe, à l'extrémité d'une baguette par exemple. Relier Terre et Lune par un fil de longueur adéquate facilitera le positionnement.



Ainsi, un globe de 10cm pour la Terre, et une Lune de 3cm placée à 3m permet de simuler de manière réaliste une éclipse de Soleil avec ombre et pénombre visibles (illustration 6). On pourra remarquer que la zone d'ombre a une étendue limitée sur Terre : cela confirme le fait qu'une éclipse ne soit pas observable depuis l'ensemble d'un hémisphère. En outre, étant donnée la précision requise, les élèves auront vite compris pourquoi une éclipse est un phénomène rare !

Illustration 6: Simulation réaliste de l'ombre de la Lune lors d'une éclipse de Soleil (Image CLEA).

[activité issue de l'article de Jean-Luc Fouquet et Pierre Causeret - Cahiers Clairault n°131]

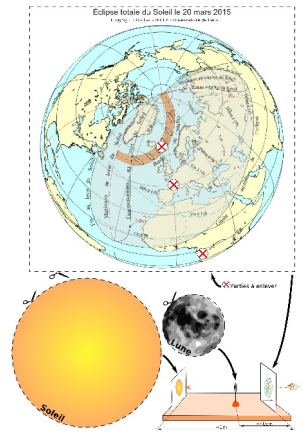
[Voir aussi une fiche d'activité identique : [http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/Sciences/publierCDromAMA/Fiches%20PDF/Fiche06\\_atelier\\_AMA\\_Terre\\_Lune2.pdf](http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/Sciences/publierCDromAMA/Fiches%20PDF/Fiche06_atelier_AMA_Terre_Lune2.pdf)]

### c) Modélisation : pourquoi ne voit-on pas l'éclipse totale depuis la France ?

En utilisant l'illustration p.14, à imprimer et découper, on observera au préalable avec les élèves la carte de l'éclipse, où la bande de totalité est bien visible, puis on réalisera le dispositif représenté sur cette même illustration, en précisant aux élèves que les échelles ne sont pas respectées.

On pourra alors demander aux élèves de positionner correctement la Lune (sur un support mobile) et le Soleil afin d'obtenir une éclipse totale depuis la bande de totalité (orifice du haut, à proximité de l'Islande).

On leur demandera alors de prévoir, selon eux, (et de dessiner, en justifiant leur réponse) ce qu'ils verront en plaçant leur œil sur l'orifice situé sur la France, puis sur celui situé au Gabon. Les réponses pourront être validées aussitôt en réalisant l'observation : on aura bien une éclipse partielle vue depuis la France... et aucune éclipse vue depuis le Gabon. Les distances différentes de la Lune et du Soleil modifient les perspectives, même pour ce modèle ne respectant pas les échelles.



## 5.4. Observation à l'aide d'un sténopé

### a) Principe du sténopé

Un sténopé est un dispositif très simple, forme primitive d'appareil photo : il s'agit d'un trou de très petit diamètre réalisé sur la face d'une boîte. Par projection (trajet rectiligne de la lumière) une image inversée du paysage ou d'une source lumineuse va se former sur la face opposée au trou (Illustration 7).

Du fait de la petite taille du trou, l'image formée sera généralement assez peu lumineuse... sauf si la source est très intense comme le Soleil : on aura alors une image aisément observable.

L'un des principaux avantages du sténopé est que l'image est formée à l'opposée du Soleil, on ne regarde donc pas directement le Soleil.

Quelques constatations peuvent être faites par expérimentation (toujours selon une démarche d'investigation) concernant le diamètre du trou et la distance de projection :

- Plus on augmente le diamètre du trou, plus l'image sera lumineuse... mais en contrepartie elle deviendra plus floue. A l'inverse, si l'on désire une image nette, on aura intérêt à diminuer le diamètre du trou (dans une certaine limite, l'image devenant trop ténue).
- Plus on augmente la distance entre le trou et la surface (la feuille) sur laquelle est projetée l'image, plus cette dernière est grande. Dans le cas du Soleil, pour une distance trou-image de 1m, le diamètre du Soleil sur la feuille sera d'environ 1cm. Par proportionnalité si l'on souhaite par exemple un Soleil de 3cm de diamètre il sera nécessaire d'éloigner la feuille de 3m, etc...
- Pour une distance de projection d'environ 1m, ne pas dépasser quelques mm de diamètre pour le trou (voir tableau page 9)

### b) Activité élèves : Comment observer une éclipse sans danger ?

Avec les élèves, on peut partir de la photo de la projection de l'ombre de mains au Soleil (Illustration 8) :

- cette photo a été prise lors d'une éclipse partielle;
- on voit des croissants de Soleil qui sont projetés sur la feuille de papier.

On va reproduire le dispositif des photos ci dessus pour vérifier que c'est bien l'image du Soleil qui est projetée sur la feuille de papier. Si on le fait hors éclipse, on ne devrait pas voir des croissants mais des disques se projeter sur la feuille.

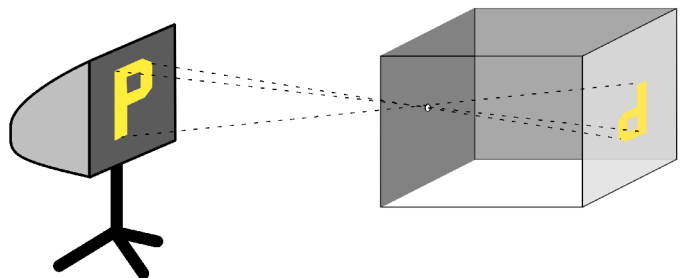


Illustration 7: Principe de formation d'une image inversée par un sténopé.



Illustration 8: Projection de l'ombre de mains au Soleil.



En éloignant la feuille et/ou en resserrant les interstices des doigts, on voit bien apparaître des ronds de lumière à la place des interstices entre les doigts (Illustration 9).

On peut aussi utiliser une feuille avec des trous différents à la place des mains. On observe également des ronds de lumière dans l'ombre de la feuille (Illustration 10). On peut aussi changer de source lumineuse (lampe puissante de type halogène).



Illustration 9: Expérimentation n°1

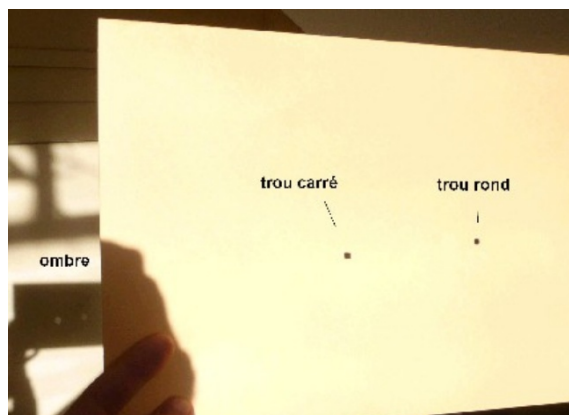


Illustration 10: Expérimentation n°2

## 6. Conclusion

Il est effectivement possible d'observer le Soleil (sans danger !) en projetant son image à travers un petit trou que l'on appelle le sténopé.

Si l'enseignant le désire, les élèves peuvent poursuivre l'investigation en se demandant pourquoi on observe la projection du Soleil. Sinon, il peut présenter aux élèves un article encyclopédique décrivant le sténopé (confrontation avec le savoir établi). L'illustration 7 montre le trajet des rayons lumineux depuis la source lumineuse (l'objet), en passant par le trou (le sténopé) jusqu'à l'écran sur lequel se projette l'image inversée de l'objet. Le système sténopé/écran constitue une chambre noire.

L'usage du sténopé peut trouver des prolongements artistiques à l'aide d'ustensiles parfois insolites : voir le chapitre 5.5 "Observation à l'aide d'une écumoire (!)".

En complément, le tableau suivant donne les diamètres optimaux des trous du sténopé selon la distance de projection (c'est l'ordre de grandeur du trou qui compte, dans la pratique ils peuvent être légèrement plus grands pour garantir une image assez lumineuse).

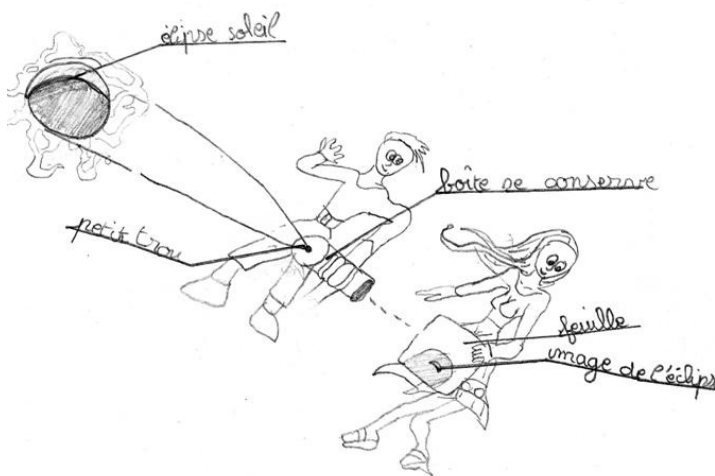


Illustration 11: Illustration d'un élève de CMI - Ecole Teyssyre - Cahors 2005

| Distance de projection | Diamètre optimal du sténopé | Diamètre de l'image du Soleil formée |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 20cm                   | 0.5mm                       | 2mm                                  |
| 50cm                   | 0.8mm                       | 5mm                                  |
| 1m                     | 1.1mm                       | 1cm                                  |
| 2m                     | 1.6mm                       | 2cm                                  |
| 5m                     | 2.5mm                       | 5cm                                  |
| 15m                    | 4.4mm                       | 15cm                                 |

## 5.5. Observation à l'aide d'une écumoire (!)

Comme vu au chapitre 5.4, tout objet perforé peut réaliser un sténopé. En observant attentivement les taches lumineuses sous un arbre ou derrière un store perforé, on se rend effectivement compte qu'elles sont souvent circulaires ... rien d'étonnant puisqu'il s'agit de l'image du Soleil.

Lors d'une éclipse, ces taches vont naturellement avoir la forme du Soleil éclipsé, à l'image des croissants de Soleil qui ont été obtenus lors de l'éclipse de 2005 sous les arbres de l'école du Pic du Midi de Bagnères de Bigorre, les interstices entre les feuilles jouant le rôle de sténopés (Illustration 12) .

Les élèves pourront se munir d'une écumoire ou de tout ustensile perforé (à condition que les trous ne soient pas trop rapprochés pour éviter le chevauchement des images) comme sur l'illustration 13.



Illustration 12: Croissants de Soleil dans une cour d'école.

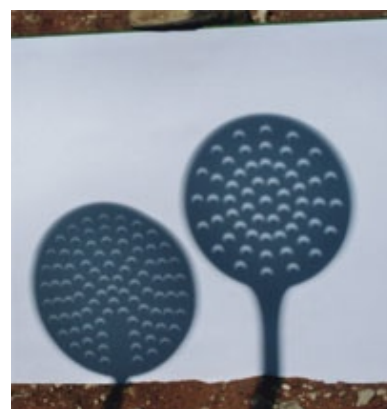


Illustration 13: Ombre de deux écumaires durant une éclipse partielle (photo Yves Courtel - SAF)

Rien n'interdit de "jouer" avec les sténopés pour, par exemple, écrire un mot avec le Soleil éclipsé comme sur l'illustration 14 montrant l'ombre d'une feuille A4 sur laquelle un mot a été écrit en perforant la feuille à l'aide d'un petit clou. Les idées sont multiples et ne demandent qu'à être développées avec l'imagination des élèves : écrire l'heure (pour reconstituer les aspects de l'éclipse aux différents moments), écrire des mots évoquant l'éclipse, des impressions ressenties sur le moment, etc...

On peut également faire remarquer que le contour des ombres revêt un aspect étrange lors de l'éclipse comme sur l'illustration 15.

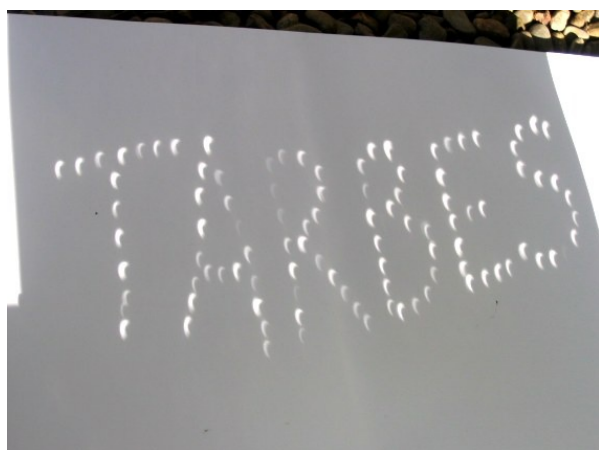


Illustration 14: Ombre d'une feuille perforée de petits trous et projetant un mot (éclipse du 3 octobre 2005 à l'école Wallon de Tarbes).

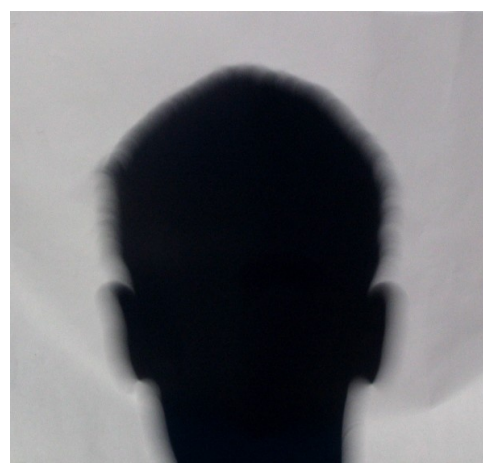


Illustration 15: Ombre de la tête au contour étrange lors de l'éclipse du 3 octobre 2005.

## 5.6. Observation à l'aide d'un sténopé à miroir

Le principe du sténopé a cependant une limite : la taille de l'image formée par le trou reste généralement modeste. Ainsi, un enfant tenant à bout de bras son sténopé obtiendra au sol une image du Soleil dont le diamètre ne dépassera pas 2 cm environ (avec 2 mètres de distance sténopé-feuille).

Il s'agit donc de trouver une astuce pour augmenter la distance trou-image...

- Première idée qu'évoqueront sans doute les élèves : monter sur un support (chaise, escabeau), ou bien tenir le sténopé au bout d'un long mat (ce test peut être réalisé), ...
- Deuxième idée pouvant être testée : utiliser un miroir pour "replier" le faisceau et projeter l'image du Soleil non plus au sol mais sur un mur à l'ombre. C'est le principe du sténopé à miroir schématisé sur l'illustration 16. La feuille perforée est simplement posée sur le miroir. Afin que l'image soit suffisamment lumineuse et pour une distance au mur d'une dizaine de mètres, un diamètre de l'ordre du centimètre est adéquat (Illustration 17). A une telle distance (10m), le diamètre du Soleil sera d'environ 10 cm.

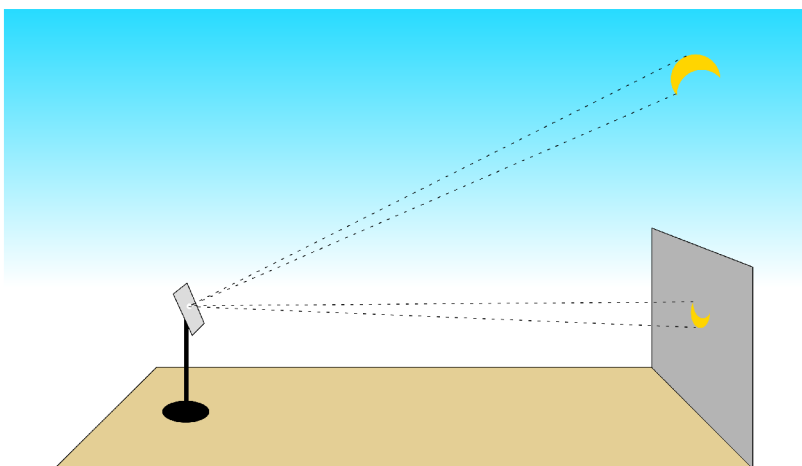


Illustration 16: Principe d'un sténopé à miroir.



Illustration 17: Exemple de miroir muni de deux sténopés de tailles différentes.

L'image fournie peut être projetée sur un mur à l'ombre, voire sous un préau ou dans un bâtiment afin qu'elle soit davantage contrastée. L'illustration 18 montre les deux images projetées contre un mur par les deux trous du sténopé à miroir visible sur l'illustration 17, lors de l'éclipse partielle du 3 octobre 2005, à l'école Henri Wallon (Tarbes). On voit particulièrement bien que le trou le plus petit donne une image moins intense mais plus nette. Ici, la taille des images était d'environ 10cm : il était ainsi facile de repasser cette forme sur une feuille posée contre le mur, ce qui aura permis aux élèves de reconstituer a posteriori le passage de la Lune devant le Soleil tout au long de l'éclipse (en n'oubliant pas de noter l'heure sur la feuille).

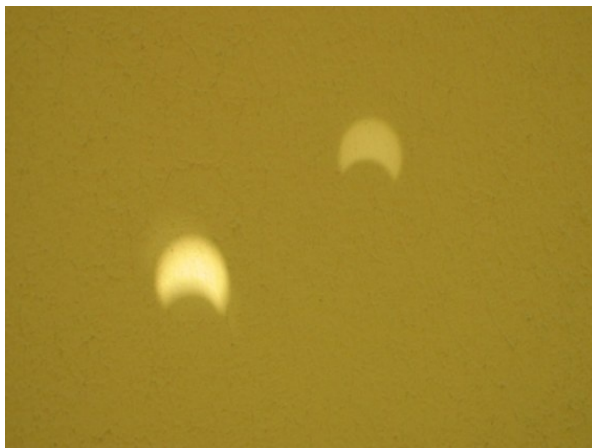


Illustration 18: Image fournie par un sténopé à miroir (2 trous).

A noter que selon la direction de projection de l'image, le Soleil sera légèrement déformé. Afin d'obtenir l'image la moins déformée, on a intérêt à ce que le support sur lequel l'image est projetée soit le plus perpendiculaire possible au faisceau provenant du miroir.

Également, lors du dessin il faudra être rapide puisque la course apparente du Soleil fait se décaler l'image.

## 5.7. Histoires d'éclipses

Le dossier en ligne de Delphine Filippi et Emmanuel Di Folco (LAMAP) expose quelques légendes liées aux éclipses à travers le monde, ainsi que des "histoires d'éclipses" sous la forme d'anecdotes historiques, où l'on découvre par exemple que certaines éclipses ont pu changer le cours de batailles ...

Les Aztèques attribuaient ainsi les éclipses au combat entre Quetzalcóatl, le serpent à plume et Tonatiuh, le dieu-Soleil (Illustration 19).

En Égypte, une interprétation similaire était faite puisqu'il s'agissait de l'attaque du serpent Apophis envers le dieu-Soleil, Ra.

Dans les pays scandinaves, il s'agissait de deux gigantesques loups, Sköll ("répulsion") et Hati ("haine") pourchassant le Soleil et la Lune et finissant par les dévorer.



Illustration 19: Le dieu-Soleil Tonatiuh.

### 22 octobre 2137 avant J.-C., Chine : L'éclipse solaire de Ho et de Hi.

"Un antique manuscrit chinois relate que les frères Ho et Hi, astronomes à la cour de l'empereur, furent exécutés pour ne pas avoir été à la hauteur de leur tâche... Mais les versions diffèrent quant à la nature de leur faute : pour les uns, ils auraient été incapables de prédire la date exacte du phénomène ; pour les autres, ils l'auraient correctement annoncée mais, ivres morts le jour en question, ils auraient omis de convoquer les archers et les tambourinaires chargés d'effrayer le dragon qui, selon la légende, allait tenter d'avalier le disque solaire..."

### 28 mai 585 avant J.-C. : Une éclipse met fin à une guerre

La plus célèbre éclipse de l'Antiquité eut lieu durant une bataille opposant les Mèdes et les Lydiens. D'après Hérodote (1.74) : "*Lors de la sixième année, une bataille eut lieu, lors de laquelle, après que le combat eut commencé, le jour devint soudain la nuit. Et ce changement dans le jour, Thalès de Milet en avait prévenu les Ioniens et en avait fixé le temps en l'année où il s'opéra. Les Lydiens et les Mèdes cependant, quand ils virent que le jour s'était transformé en nuit, cessèrent de combattre et furent résolus à faire la paix.*"

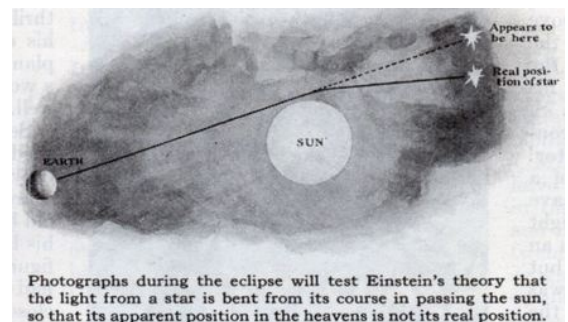
### 22 mai 1724, Paris : L'éclipse solaire de Louis XV.

"Ce jour-là, à Versailles, le jeune roi Louis XV âgé seulement de quatorze ans, fut certainement très impressionné par le spectacle de cette éclipse totale qui concerna la région parisienne. A ses côtés, un memorialiste de l'Académie royale des Sciences, nota : "*Dans l'instant que le Soleil fut entièrement couvert, ce furent des ténèbres profondes, différentes de celles de la nuit (...). On vit le Soleil, Mercure et Vénus sur la même ligne droite (...). Les oiseaux effrayés à l'ordinaire cessèrent de chanter et recherchèrent des retraites*". Pour la région parisienne, ce fut donc la dernière éclipse totale du millénaire puisque le 11 août 1999, la bande de totalité se situant plus au nord, les parisiens ne virent qu'un soleil éclipsé à 99%... Pour eux, il faudra attendre l'éclipse totale du 3 septembre 2081, soit plus de 350 ans après celle de Louis XV !"

### 29 mai 1919, Brésil et Afrique : L'éclipse solaire d'Albert Einstein

Plus proche de nous, dans l'histoire contemporaine, on peut citer l'éclipse qui, en 1919, propulsa définitivement Albert Einstein à l'avant-scène grâce aux observations de Eddington :

" Cette éclipse totale de Soleil fut utilisée pour confirmer de façon spectaculaire la nouvelle théorie de la relativité générale proposée par Einstein en 1915. Des mesures prouvèrent que le trajet des rayons lumineux issus d'une étoile proche de l'astre éclipsé, étaient déviés par le puissant champ de gravité de ce dernier. Cela signifiait que la gravitation n'était plus correctement décrite par la loi de l'attraction universelle de Newton, mais devait s'interpréter comme la manifestation d'une " courbure " sous-jacente de l'espace-temps, engendrée par les corps massifs. Bien que le public ne comprit rien à cette nouvelle théorie, Einstein devint presque du jour au lendemain le savant le plus populaire du monde. " **[Éclipses, Les rendez-vous célestes]**



Sources à consulter :

- <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11708/1-histoires-d-clipses>
- **Éclipses, Les rendez-vous célestes**, de S. Brunier et J.P. Luminet, éd. Bordas 1999

## 6. Bibliographie – Sitographie

- Les Cahiers Clairault – N° 131 – Les éclipses – Septembre 2010 (Revue du CLEA, Comité de Liaison Enseignants Astronomes) :
- Site de l'IMCCE sur les éclipses (Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides) :  
<http://www.imcce.fr/promenade/pages3/369.html>  
Note détaillée sur l'éclipse :  
[http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phenomenes/eclipses/soleil/html/mars2015\\_generalite.php](http://www.imcce.fr/langues/fr/ephemerides/phenomenes/eclipses/soleil/html/mars2015_generalite.php)
- Observation d'une éclipse de Soleil – Nicolas Morange – La main à la pâte :  
<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/1174/observation-dune-clipse-de-soleil#2>
- Le mouvement de la Lune autour de la Terre - Fiches pédagogiques :  
<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/Sciences/publierCDromAMA/page2.html>
- Histoire d'éclipses – dossier La main à la pâte :  
<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11708/1-histoires-d-clipse>
- Éclipses, Les rendez-vous célestes, de S. Brunier et J.P. Luminet, éd. Bordas 1999
  
- "La démarche d'investigation, comment faire en classe ?" par Edith Saltiel.  
<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11324/la-d-marche-dinvestigation-comment-faire-en-classe>
  
- Stellarium, logiciel de simulation du ciel <http://stellarium.org/fr/>
  
- Matériel d'astronomie :  
Magasin La clef des étoiles (Toulouse) <http://www.laclefdesetoiles.com/>  
Magasin L'Astronome <http://www.astronome.fr/>

