

## 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 et de phases de la Lune ;
- Des **fiches d'activité**, des **pistes**, des **conseils** autour de la problématique "**Comment observer l'éclipse ?**". Ces activités sont adaptables depuis l'école primaire jusqu'au lycée.



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>Objectifs du document</b> .....	<b>1</b>
<b>1.Présentation du phénomène</b> .....	<b>2</b>
1.1.Présentation.....	2
1.2.Éclipses visibles depuis la France.....	2
1.3.Circonstances de l'éclipse du vendredi 20 mars 2015.....	3
<b>2.Pourquoi observer l'éclipse à l'école</b> .....	<b>4</b>
2.1.Les programmes scolaires.....	4
2.2.Les démarches d'investigation.....	5
<b>3.Fiche connaissances enseignant : les éclipses</b> .....	<b>6</b>
3.1.Les acteurs : Soleil, Terre et Lune.....	6
3.2.Distinction entre éclipse de Lune et éclipse de Soleil.....	6
3.3.Aspects des éclipses de Soleil.....	7
3.4.La "saison des éclipses".....	7
<b>4.Pré-requis : les phases de la Lune</b> .....	<b>9</b>
<b>5.Comment observer l'éclipse : fiches d'activités</b> .....	<b>10</b>
5.1.Sommaire synoptique des fiches.....	10
5.2.Modélisations du phénomène d'éclipse de Soleil.....	11
5.3.Préparation de l'observation de l'éclipse avec Stellarium.....	14
5.4.Comment ne PAS observer l'éclipse : méthodes à éviter.....	15
5.5.Observation à l'aide d'un sténopé.....	16
5.6.Observation à l'aide d'une écumoire (!).....	19
5.7.Observation à l'aide d'un sténopé à miroir.....	20
5.8.Observation par projection (Solarscope, Sunspotter, ... ).....	21
5.9.Observation par projection (jumelles, lunette, ... ).....	22
5.10.Observation à l'aide d'un filtre solaire.....	23
5.11.Mesure de la luminosité et de la température au cours de l'éclipse.....	24
5.12.Suivre l'éclipse sur Internet (webcams, photos satellites, ... ).....	26
5.13.Éclipses et astronomie dans les Arts.....	29
5.14.Histoires d'éclipses.....	30
5.15.Concours "Découvrir l'Univers" 2015.....	31
<b>6.Bibliographie – Sitographie</b> .....	<b>32</b>
<b>7.Annexes</b> .....	<b>33</b>
7.1.Ligne des nœuds (précision).....	33



### 1.3. 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.

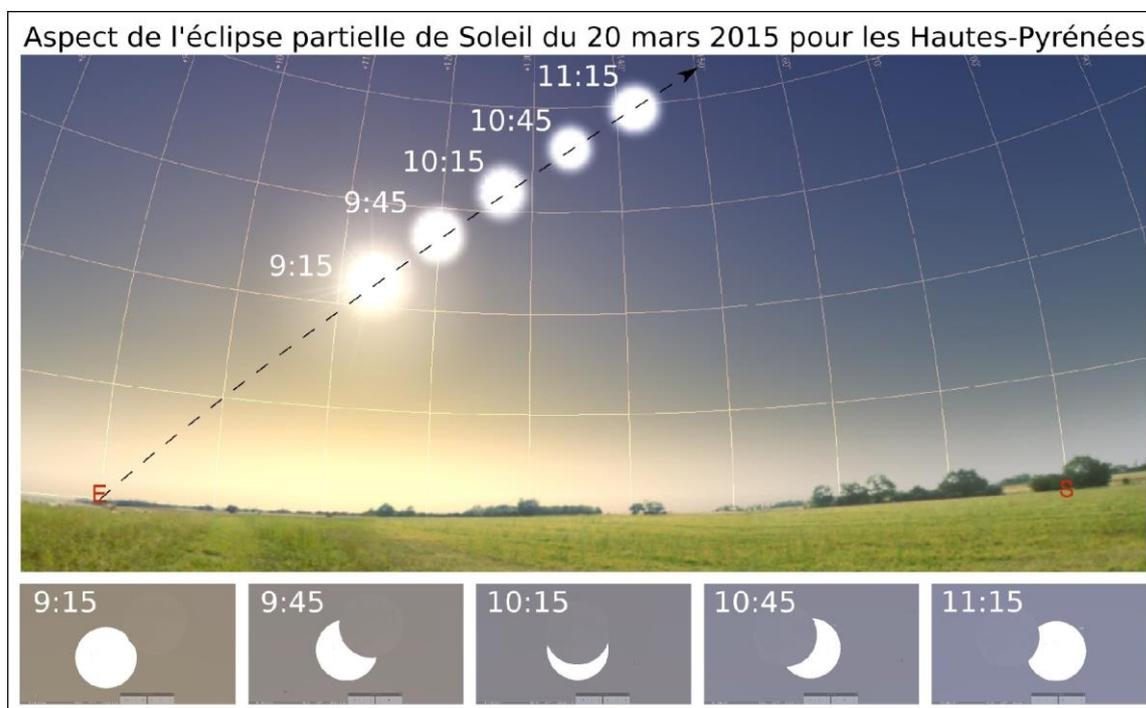
Le degré d'obscurité<sup>1</sup> du Soleil sera de 69% (maximum de l'éclipse) vers 10h17 (heure légale), dans la direction sud-est et à 32° au-dessus de l'horizon.

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 ci-dessous 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 éclipsé nécessitera une météo favorable. Cependant, même en cas de mauvais temps, d'autres types d'activités pourront être réalisés (voir sommaire des fiches, page 10).*

	Heure (H <sup>tes</sup> -Pyr.)	Direction	Hauteur sur l'horizon
Début de l'éclipse	9h12	E-S-E	22°
Max. de l'éclipse	10h17	S-E	32°
Fin de l'éclipse	11h28	S-S-E	41°



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)

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

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

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

### 2.1. Les programmes scolaires

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> :

"Ombre propre. Ombre portée. / Description simple des mouvements pour le système Soleil – Terre – Lune. / Phases de la Lune, éclipses. / Interpréter le phénomène visible par un observateur terrestre dans une configuration donnée du système simplifié Soleil-Terre-Lune. "

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.

	Cours élémentaire deuxième année	Cours moyen première année	Cours moyen deuxième année
<b>Le ciel et la Terre</b>	<p><b>Lumières et ombres</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaître les conditions d'obtention d'une ombre.</li> <li>- Savoir qu'à plusieurs sources lumineuses correspondent plusieurs ombres.</li> </ul> <p><b>Vocabulaire : lumière, ombre, écran, source lumineuse.</b></p> <p><b>Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du Soleil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en lien l'évolution de la durée du jour au cours de l'année et les saisons.</li> <li>- Définir les termes équinoxe, solstice.</li> <li>- Savoir que le Soleil est une étoile, centre d'un système solaire constitué de planètes dont la Terre.</li> <li>- Différencier étoile et planète, planète et satellite (exemple : la Lune, satellite naturel de la Terre).</li> </ul> <p><b>Vocabulaire : saison, planète, étoile, système solaire, satellite naturel, rotation, révolution.</b></p>	<p><b>Lumières et ombres</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Savoir expliquer la variation de la forme de l'ombre d'un objet en fonction de la distance source lumineuse/objet et de la position de la source lumineuse.</li> <li>- Mobiliser ses connaissances sur Lumières et ombres pour expliquer et comprendre le phénomène d'alternance du jour et de la nuit.</li> </ul> <p><b>Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du Soleil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérer et comprendre le mouvement apparent du soleil au cours d'une journée et son évolution au cours de l'année.</li> <li>- Connaître le sens et la durée de rotation de la Terre sur elle-même.</li> <li>- Savoir interpréter le mouvement apparent du Soleil par une modélisation.</li> <li>- Connaître la contribution de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie.</li> </ul> <p><b>Vocabulaire : solstice, équinoxe, sens et axe de rotation, inclinaison, points cardinaux.</b></p>	<p><b>Lumières et ombres</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mobiliser ses connaissances sur Lumières et ombres pour comprendre et expliquer le phénomène de phases de la Lune.</li> </ul> <p><b>Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du Soleil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Différencier les planètes du système solaire (caractéristiques, ordres de grandeur)</li> </ul> <p><b>Vocabulaire : planète gazeuse / rocheuse.</b></p> <p><b>Le mouvement de la Lune autour de la Terre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre et la même durée.</li> <li>- Savoir que les phases de la Lune s'expliquent par la révolution de la Lune autour de la Terre.</li> <li>- Comprendre les phases de la Lune par une modélisation.</li> </ul> <p><b>Vocabulaire : nouvelle lune, pleine lune, premier / dernier quartier.</b></p>

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** (extraits) :

#### **Domaine 1: les langages pour penser et communiquer**

##### -Utiliser des langages scientifiques

L'élève acquiert les bases de langages scientifiques qui lui permettent de formuler et de résoudre des problèmes, de traiter des données dans toutes les disciplines.(...)

Il utilise des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels, comme les schémas, croquis, maquettes, patrons, figures géométriques...

#### **Domaine 4: l'observation et la compréhension du monde**

L'élève est curieux, se pose des questions, et sait rechercher des réponses pertinentes. Il est familiarisé avec la démarche scientifique qui se donne pour objectif d'expliquer le monde (...) selon une approche rationnelle (...).

Cette démarche, mise en valeur par la pratique de l'observation et de l'expérimentation, développe à la fois l'esprit critique et la rigueur, le goût de la recherche et de la manipulation, ainsi que la curiosité et la créativité.

##### -Se poser des questions et chercher des réponses

L'élève sait observer et décrire des phénomènes naturels; il s'interroge sur leurs causes. (...)

L'élève s'empare de la question ou du problème à résoudre. Il sait extraire, organiser et traiter l'information utile. Il manipule, tâtonne, explore plusieurs pistes, fait des essais, formule des hypothèses et émet des conjectures.

*-Expliquer, démontrer, argumenter*

L'élève a appris à manipuler, mesurer, calculer, expérimenter, argumenter et mobiliser différentes formes de raisonnement (par analogie, par déduction logique...) en fonction des besoins. Il sait émettre, tester et éprouver des hypothèses.

L'élève sait exploiter et communiquer les résultats de mesures ou de recherches en utilisant un langage précis qui repose aussi sur la maîtrise des unités, des grandeurs et la notion d'incertitude.

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 détailler ces méthodes d'observation de l'éclipse en toute sécurité (fiches chapitre 5).

### 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**.



## 2.2. Les démarches d'investigation

On veillera à dérouler les activités proposées au chapitre 5 en suivant les principes de la démarche d'investigation.

Une structuration possible de cette démarche peut, par exemple, prendre la forme suivante (à adapter selon le niveau des élèves) :

### 1) On se demande



... données initiales, problème, ... menant à une question productive nécessitant une investigation ...

### 2) On pense



... formuler une/des hypothèse(s) ...

### 3) On essaie



... mettre en place l'investigation : expérimentation, recherche documentaire, modélisation, observation, tri, classement, ...

### 4) On remarque



... interprétation de l'investigation menée en 3) ...

### 5) On sait



... conclusion, structuration ... qui peuvent être suivis d'un entraînement ou d'une remise en œuvre.

Approfondissement : "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>

### 3. Fiche connaissances enseignant : les éclipses

#### 3.1. 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

Calculons le rapport de taille entre le Soleil et la Lune :  $RT_{S-L} = 1\,392\,000 / 3\,475 = 400$

Calculons maintenant le rapport entre les distances Terre-Soleil et Terre-Lune :  $RD_{S-L} = 149\,597\,871 / 383\,398 = 390$

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 1).

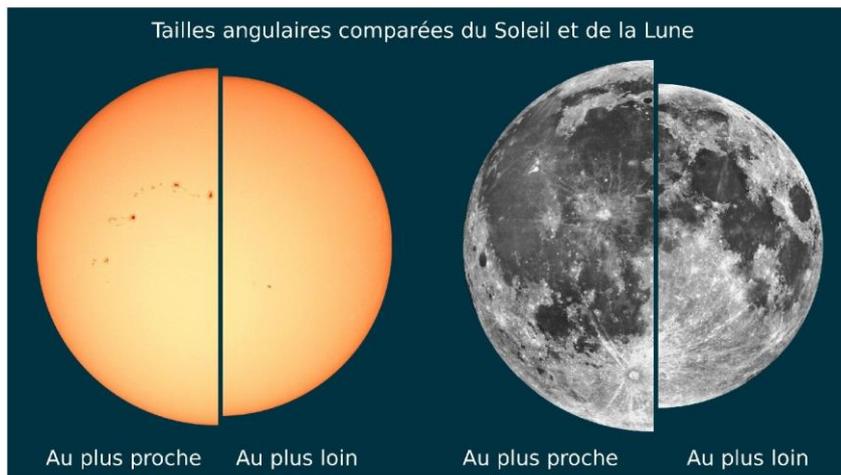


Illustration 1: Tailles angulaires comparées du Soleil et de la Lune en fonction des distances maximum et minimum Terre-Soleil et Terre-Lune.

#### 3.2. Distinction entre éclipse de Lune et éclipse de Soleil

On désigne par **éclipse de Lune** le passage de la Lune dans le cône d'ombre portée de la Terre. Lors d'une éclipse de Lune, cette dernière ne disparaît pas totalement mais revêt un aspect rougeâtre. En effet, une partie de la lumière solaire est rougie par l'atmosphère terrestre (qui diffuse la lumière bleue) et suffisamment déviée (par phénomène de réfraction) pour atteindre la Lune (Illustration 2).

On désigne par **éclipse de Soleil** le phénomène lors

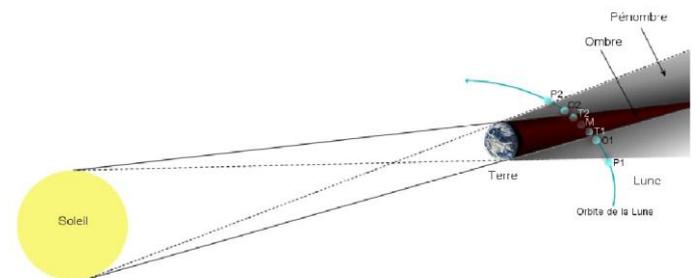


Illustration 2: Représentation schématique d'une éclipse de Lune (échelles non respectées).

duquel la Lune cache (en partie ou totalement) le Soleil. On devrait plus précisément parler d'**occultation du Soleil** par la Lune (Illustration 3).

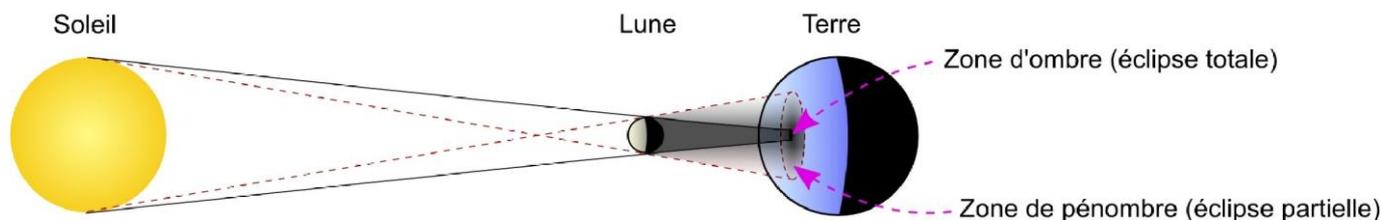


Illustration 3: Représentation schématique d'une éclipse de Soleil (échelles non respectées).

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.

### 3.3. Aspects des éclipses de Soleil

L'illustration 4 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.

Notons que les échelles de tailles et de distances ne sont pas respectées sur ces illustrations.

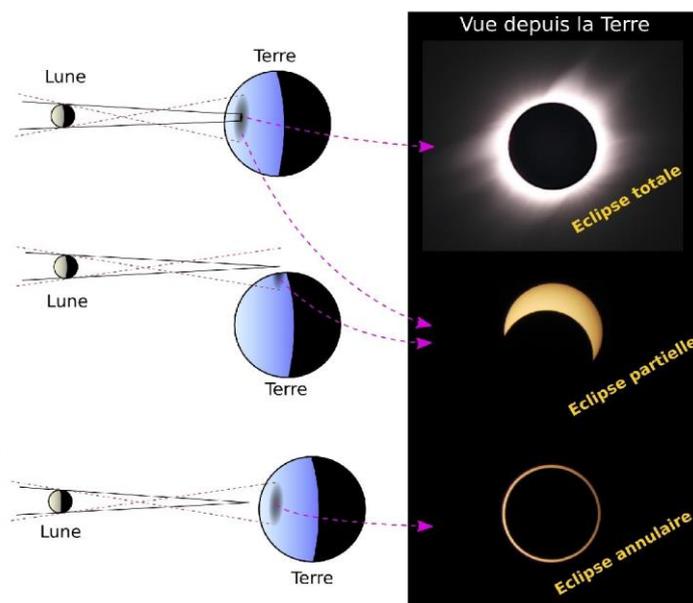


Illustration 4: Aspects de différentes éclipses de Soleil.

### 3.4. La "saison des éclipses"

Sachant que la durée de révolution de la Lune autour de la Terre est d'environ 29 jours, on pourrait se demander pourquoi il n'y a pas une éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune. De fait, lorsqu'on consulte une liste des éclipses de Soleil, on se rend compte qu'elles sont séparées d'environ 6 mois (tableau ci-dessous).

Date	Type
20 mars 2015	Totale
13 septembre 2015	Partielle
9 mars 2016	Totale
1 septembre 2016	Annulaire
26 février 2017	Annulaire
21 août 2017	Totale
15 février 2018	Partielle
13 juillet 2018	Partielle
11 août 2018	Partielle
6 janvier 2019	Partielle
2 juillet 2019	Totale
26 décembre 2019	Annulaire

Ce phénomène s'explique par l'inclinaison du plan de l'orbite lunaire  $P_L$  par rapport au plan de l'orbite terrestre (ou plan de l'écliptique, noté  $P_E$ ). Cette inclinaison d'environ  $5^\circ$  est suffisante pour que, la majorité du temps, le cône d'ombre de la Nouvelle Lune n'atteigne pas la surface de la Terre mais passe soit au-dessus, soit au-dessous.

Pour qu'il y ait éclipse, il est nécessaire que la ligne d'intersection (nommée ligne des nœuds et notée LdN) entre les deux plans  $P_L$  et  $P_E$  soit dirigée (à quelques degrés près) vers le Soleil. Ce phénomène intervient globalement tous les six mois (Illustration 5) : on parle alors de "saison des éclipses", au cours de laquelle on a généralement une voire deux éclipses de Soleil et de Lune.

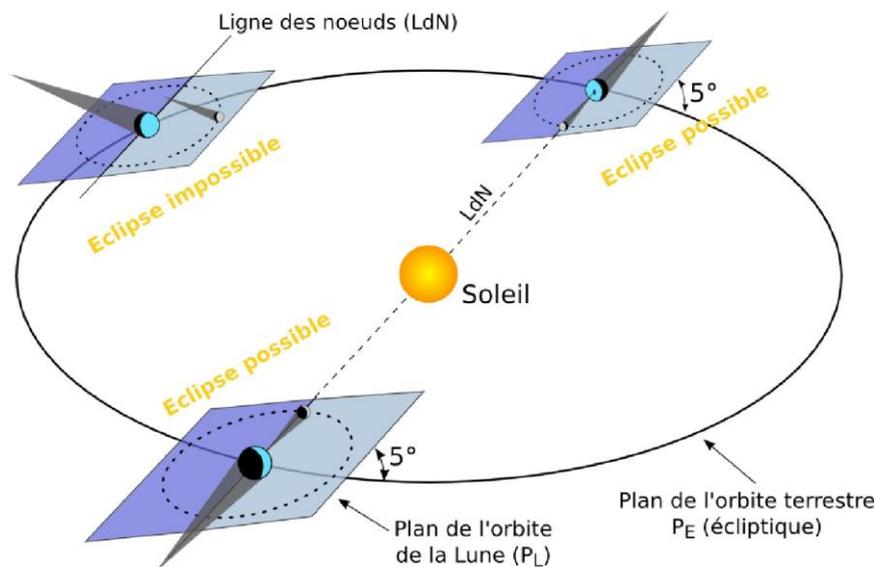


Illustration 5: Inclinaison du plan  $P_L$  de l'orbite de la Lune et ligne des nœuds (ligne pointillée).

Note : Une précision au paragraphe ci-dessus est apportée en annexe (chapitre 7.1)

En outre, les schémas présentés jusqu'à présent sont trompeurs puisque aucune échelle de taille et de distance n'a été respectée. L'illustration 6, 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'écliptique pour qu'aucune ombre ne se projette sur la Terre. A l'échelle de cette illustration 6, le Soleil serait situé à 400 fois la distance Terre-Lune, soit à 56 mètres et aurait environ 50 cm de diamètre.



Illustration 6: 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.

## 4. Pré-requis : les phases de la Lune

Aux cycles I et II, l'éclipse du 20 mars 2015 pourra être abordée en tant qu'événement exceptionnel dont l'explication pourra se limiter au passage de la Lune devant le Soleil.

Au cycle III en revanche ainsi qu'au collège, avant d'aborder le phénomène d'éclipse proprement dit, et afin d'y mettre davantage de sens, les élèves pourront aborder le mouvement de la Lune autour de la Terre et les phases de la Lune.

Une proposition de progression a été faite par l'équipe Sciences du département du Lot à l'occasion de l'Année Mondiale de l'astronomie en 2009. Cette progression en 4 séances est disponible en ligne à l'adresse ci-dessous. En voici le résumé :

### LE MOUVEMENT DE LA LUNE AUTOUR DE LA TERRE

#### *La Lune, notre satellite naturel. Quand peut-on voir la Lune ? Sous quels aspects ?*

À partir de l'observation et du questionnement des enfants sur la présence de la Lune pendant la journée et des différents aspects de celle-ci au cours du mois, chercher à comprendre pourquoi la Lune se présente sous différents aspects.

Recueil de représentations initiales.

Modélisation en deux temps : élèves « intégrés » à la maquette puis « extérieurs » à celle-ci.

Confrontation au savoir établi.

Prolongement (voir fiche n°6)

Maquette à l'échelle Terre/Lune (travail en mathématique sur les grands nombres, les échelles et les proportions)

Fiches n°5 et n°6 + annexes à télécharger :

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/Sciences/publierCDromAMA/page2.html>

Cette progression permettra d'aboutir à une maquette telle que celle de l'illustration 7, permettant aux élèves de faire le lien entre la position de la Lune autour de la Terre et l'aspect de la Lune vue depuis la Terre, au cours d'une lunaison.

Cette maquette permet d'observer qu'à certains moments (lors de la nouvelle Lune), notre satellite peut cacher le Soleil : il y a éclipse de Soleil. Un apport documentaire (Illustrations 5 et 6 par exemple) permettra de faire comprendre pourquoi ce phénomène ne se reproduit pas à chaque lunaison.

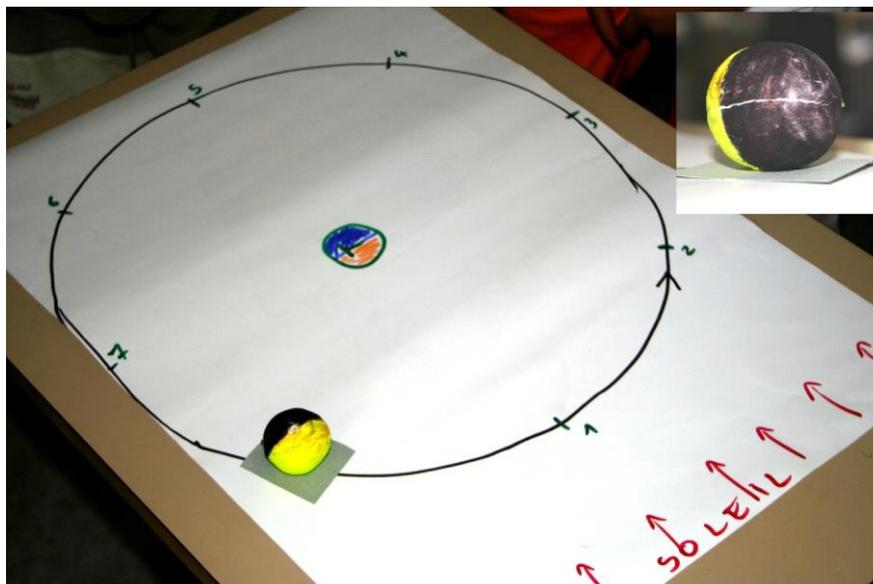


Illustration 7: Exemple de maquette Terre-Lune permettant d'observer la phase en fonction de la position de la Lune autour de la Terre (en médaillon : le dernier croissant tel que vu de la Terre pour cette même position) – École d'Aragnouet.

## 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).

Note : il ne s'agit pas, bien entendu, de réaliser **toutes** les activités proposées : **un choix doit être fait** en fonction des objectifs poursuivis. En particulier les chapitres 5.5 à 5.7 développent des activités essentielles pour l'observation.

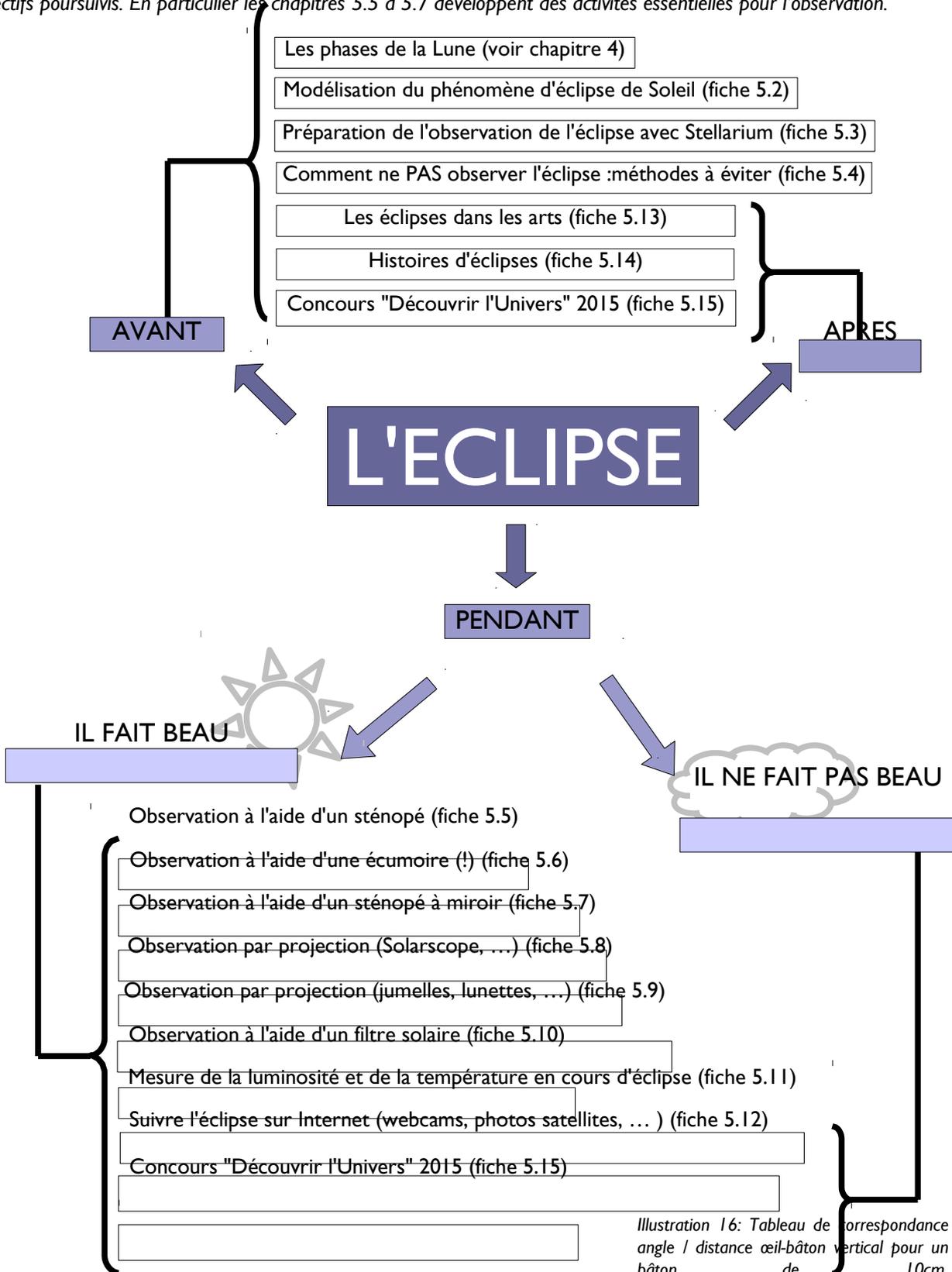


Illustration 16: Tableau de correspondance angle / distance œil-bâton vertical pour un bâton de 10cm.

## 5.4. 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  $10^{-5} = 1/100\ 000$ )

Note : Des méthodes d'observation recommandées figurent à partir du chapitre 5.5.



**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 ®) :** 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.



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

### a) Apport théorique

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 17).

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.

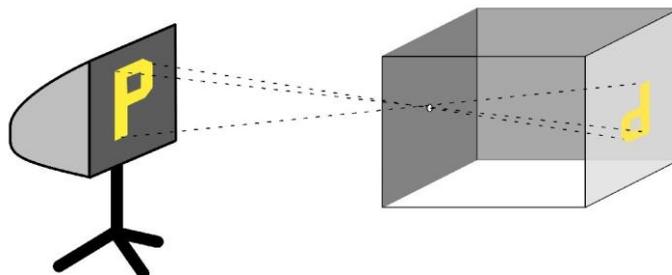


Illustration 17: Principe de formation d'une image inversée par un sténopé.

L'un des principaux avantages du sténopé est que l'image est formée à l'opposé 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 18)

### b) Activités élèves

Les deux premières activités sont réalisables dès les cycles I ou II afin de prendre en main "l'instrument" sténopé.

La troisième activité peut être proposée au cycle III et permet de davantage entrer dans le principe du sténopé.

#### Que voit-on avec un sténopé ? (étape 1)

Cette petite activité, réalisable dès le cycle I ou II, reprend les étapes essentielles d'une démarche d'investigation : "On se demande (données initiales, problème), On pense (hypothèse), On essaie (expérimentation), On sait (interprétation, conclusion)"

##### 1. On se demande :

L'enseignant montre un sténopé (un carton avec un petit trou – illustration 18) et demande aux élèves ce qu'il va se passer si on le met au Soleil.

##### 2. On pense :

Les élèves formulent leurs représentations initiales en utilisant le vocabulaire adapté (éclairé, lumière, ombre, ...), avec l'aide de l'enseignant si besoin.

##### 3. On essaie :

Les élèves testent (un sténopé pour deux élèves par exemple). Ils voient une tache de lumière au milieu de l'ombre du carton lorsqu'ils orientent correctement le carton (face à la source lumineuse).

**4. On sait :** la lumière ne passe pas à travers le carton (il est opaque) mais elle passe à travers le trou. Quand on éclaire le sténopé, on voit l'ombre du carton et la lumière qui passe à travers le trou.



Illustration 18: Sténopé réalisé dans un carton.

## Que voit-on avec un sténopé ? (étape 2)

### 1. On se demande :

Que se passe-t-il si l'on expose le sténopé à la lumière d'une lampe puissante (lampe halogène, projecteur à LED, ...) ?

### 2. On pense :

Les élèves forment leurs représentations initiales en utilisant le vocabulaire adapté (lumière, ombre, ...)

### 3. On essaie :

On voit encore une tache de lumière au milieu de l'ombre du carton. On teste de nouveau au Soleil et on s'aperçoit que la tache de lumière est différente.



sténopé à 1 trou (halogène)



sténopé à 2 trous (soleil)

**4. On sait :** la forme de la tache lumineuse dépend de la source de lumière. Avec le Soleil, on voit un rond (disque) ; avec une lampe halogène, on voit un rectangle (réflecteur) avec un trait très lumineux (ampoule).

A ce stade, les élèves sont prêts à observer l'éclipse de Soleil avec un sténopé : s'ils observent un croissant à la place d'un disque, ils doivent en déduire que le Soleil n'est plus rond ! Ils devront alors répondre à une autre question : pourquoi le Soleil avait-il la forme d'un croissant ? ...

## Comment observer une éclipse sans danger ?

Cette démarche sera davantage adaptée au cycle III.

### 1. Questionnement : « Comment observer une éclipse de Soleil sans danger ? »

Recueillir les représentations initiales des élèves. Discuter des dangers liés à l'observation du Soleil.

### 2. Émission d'hypothèses à partir d'une photo

Photo de la projection de l'ombre de mains au Soleil (Illustration 19)

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



Illustration 19: Projection de l'ombre de mains au Soleil.

### 3. Conception de l'investigation

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.

### 4. Expérimentation 1

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 20).

### 5. Expérimentation 2

On peut 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 21). On peut aussi changer de source lumineuse (lampe puissante de type halogène).



Illustration 20: Expérimentation n°1

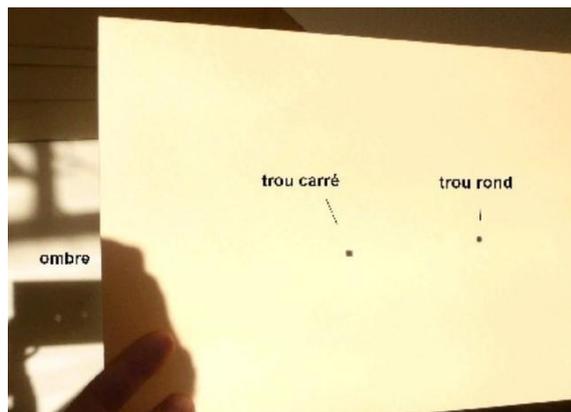


Illustration 21: Expérimentation n°2

### 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 17 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.

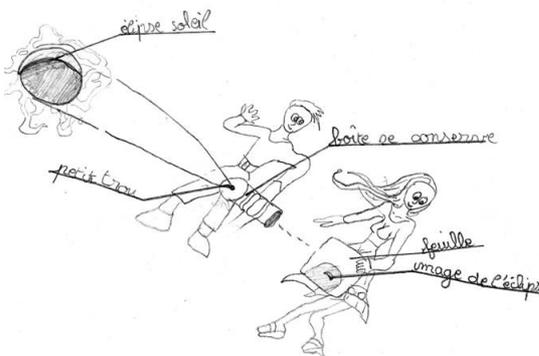


Illustration 22: Illustration d'un élève de CMI - Ecole Teyssyre - Cahors 2005

L'usage du sténopé peut trouver des prolongements artistiques à l'aide d'ustensiles parfois insolites : voir le chapitre 5.6 "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).

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
10m	3.6mm	10cm
15m	4.4mm	15cm

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

Comme vu au chapitre 5.5, 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 23) .

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 24.



Illustration 23: Croissants de Soleil dans une cour d'école.

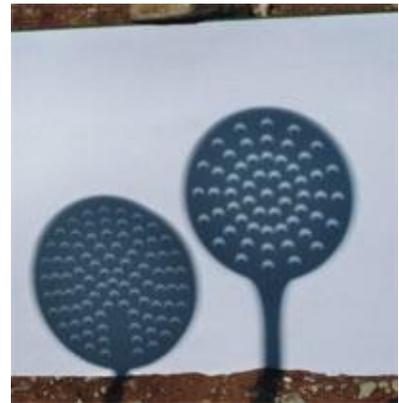


Illustration 24: Ombre de deux écumaires durant une éclipse partielle (photo Yves Courtel - SAF)

Rien n'interdit de "jouer" avec les sténopés pour, par exemple, écrire un mot avec le Soleil éclipsé comme sur l'illustration 25 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 26.

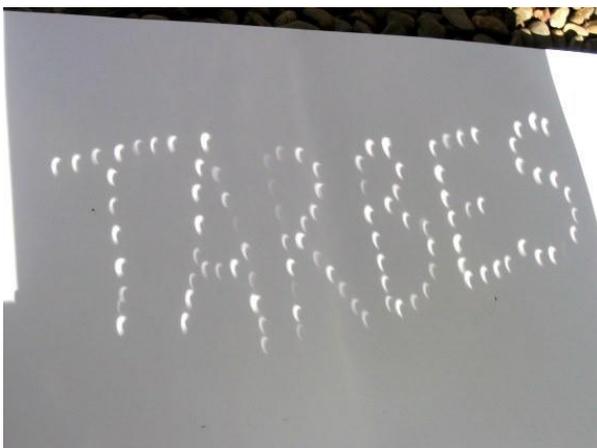


Illustration 25: Ombre d'une feuille perforée de petits trous et projetant un mot (éclipse du 3 octobre 2005 à l'école Wallon de Tarbes).



Illustration 26: Ombre de la tête au contour étrange lors de l'éclipse du 3 octobre 2005.

