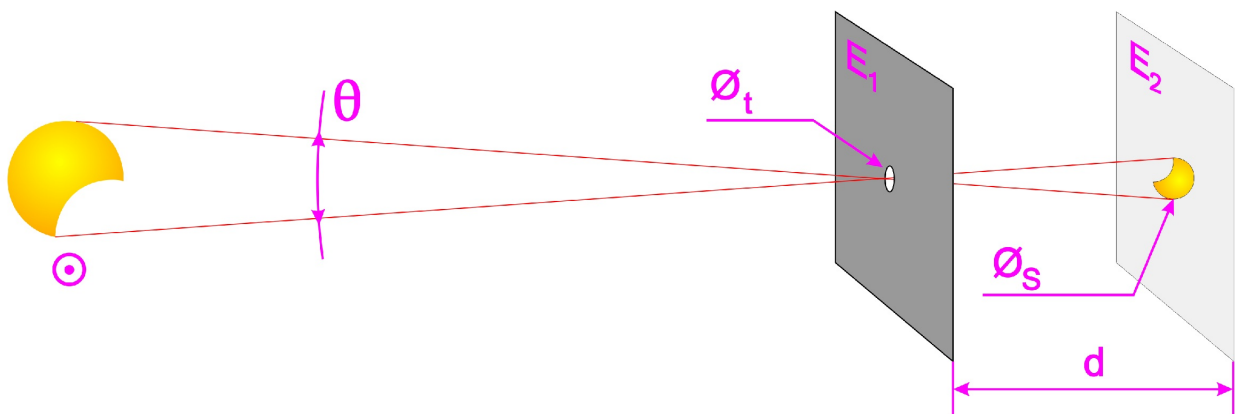


## Animation : SOLEIL PARTIELLEMENT ÉCLIPSÉ

### Principe :

On veut que des observateurs puissent obtenir très facilement et sans danger une image du Soleil éclipsé (un croissant donc). La méthode la plus simple consiste à utiliser un grand écran  $E_1$  opaque percé d'un tout petit trou (souvent désigné par le terme grec sténopé, "œil étroit", sténopé en français d'chez nous), et à observer sur un écran  $E_2$  blanc placé à quelque distance derrière l'écran obturateur  $E_1$  :



- ★ Le sténopé donne des résultats plus faciles à lire si l'écran  $E_2$  est bien à l'ombre. C'est pourquoi le dispositif est essentiellement utilisé dans le dispositif connu sous le nom de chambre noire où  $E_1$  et  $E_2$  sont les faces avant et arrière d'une boîte totalement close, au trou de  $E_1$  près.  $E_2$  peut être translucide, ce qui permet d'observer l'image depuis l'extérieur. Ce n'est pas le cas ici.
- ★ Si  $d$  est très petit, on obtient simplement sur  $E_2$  l'ombre des contours du trou.
- ★ Quand  $d$  augmente, on voit progressivement apparaître une image du Soleil qui devient assez convaincante quand le trou, vu de  $E_2$ , peut être considéré comme ponctuel. Mais l'image solaire voit dans le même sa luminosité baisser comme  $1/d^2$ , jusqu'à devenir indiscernable. D'où l'importance de ce que  $E_1$  fasse la meilleure ombre possible sur  $E_2$ . C'est pourquoi l'observation des croissants solaires qui se forment naturellement sur le sol, sous un arbre bien feuillu, peut être bien plus spectaculaire qu'avec deux petits écrans tenus à la main ; cela dépend de l'arbre.
- ★ Il y a donc une distance  $d_{\min}$  en-deçà de laquelle il n'y a pas d'image nette observable. La taille  $\varnothing_t$  du trou et la distance minimale de netteté  $d_{\min}$  peuvent être considérées comme proportionnelles : plus le trou est gros, plus il faut placer  $E_2$  loin de  $E_1$ .
- ★ Comme  $\theta \sim 0,53^\circ$  la taille de l'image solaire est donnée approximativement par

$$\varnothing_s = d \times \text{tg}(\theta) = 0,009 d \sim d / 100$$

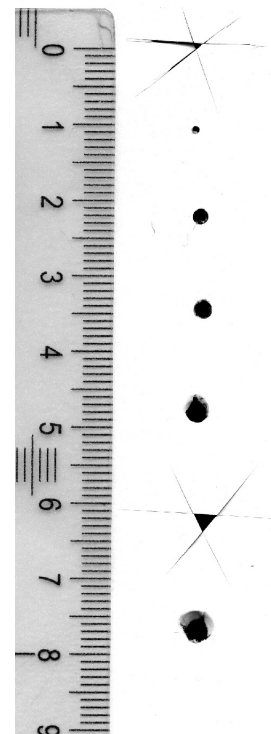
Par exemple, pour  $d = 50$  cm, l'image mesure  $\varnothing_s = 5$  mm. Pas mal, finalement ...

Mais bien sûr il faut être au-dessus de  $d_{\min}$ , sinon on ne voit que le trou ! Et  $d_{\min}$  dépend de la taille du trou, qui doit être assez petit.

- ★ Quel que soit la taille  $\varnothing_t$  du trou, la taille  $\varnothing_s$  de l'image du Soleil est une constante pour une valeur donnée de  $d$  (supérieure à  $d_{\min}$  pour le plus grand des trous en fonction, bien entendu). La taille de l'image solaire ne dépend pas de la taille du trou, mais sa brillance, elle, en dépend : un plus gros trou donne un Soleil pas plus gros, mais plus brillant.
- ★ Le sténopé est un dispositif de pure optique géométrique, qui fait payer sa simplicité par des résultats d'assez mauvaise qualité : à une distance  $d > d_{\min}$  donnée, plus on diminue la taille du trou, moins l'image est floue, mais plus elle est sombre, et plus la diffraction dégrade l'image du Soleil. Le grand avantage de ce dispositif est qu'il n'y a pas à s'occuper de la mise au point : elle est acceptable pour les objets situés à toute distance, même dans les coins au prix d'un vignettage sauvage et d'une résolution dégradée par la diffraction (le trou y apparaît écrasé par la perspective).

### Tests simples en milieu naturel :

- ★ Menés en plein soleil, en extérieur.
- ★  $E_1$  et  $E_2$  étaient deux feuilles A4 de papier blanc ordinaire.
- ★ Une série de trous a été pratiquée dans  $E_1$  (cf image à droite) : deux ouvertures triangulaires de tailles différentes formées grâce à trois traits de cutter ou d'un grattoir bien affûté, la feuille étant appuyée sur une petite planchette de bois bien polie, et cinq ouvertures circulaires pratiquée avec la feuille appuyée sur la surface abrasive d'une éponge à vaisselle, neuve et évidemment sèche. Le plus petit trou (environ 1 mm) a été percé par une grosse épingle de nourrice, les autres, de 2 à 4 mm environ, par la pointe d'un crayon à mine assez dure très bien taillé.
- ★ Le plus petit des trous triangulaires est assez mal fait : un raté de coupe a conduit à l'élimination d'une très mince languette de papier. Ce qui n'a guère gêné le fonctionnement du petit trou triangulaire d'ailleurs.
- ★ On pourrait faire un trou carré avec quatre coupes de cutter.
- ★ On note que les bords des trous circulaires ne sont pas du tout "propres", mais pleins de bavures. Cela n'a pas d'importance pour l'expérience à réaliser.
- ★ On a constaté qu'avec les trous jusqu'à  $\sim 2-3$ mm, en tenant simplement une feuille dans chaque main il est facile d'obtenir une image correcte du Soleil avec un confortable  $d \approx 40$  à 50 cm. L'image du Soleil mesure alors  $\varnothing_s \approx 4$  mm.
- ★ Pour obtenir la netteté avec le trou de 4 mm, il faut aller plus loin :  $d_{\min}(4\text{mm}) \approx 80$  cm, ce qui est moins confortable pour de petits élèves. On peut évaluer approximativement  $d_{\min}$  en fonction du diamètre  $\varnothing_t$  du trou :  $d_{\min} \approx 200 \times \varnothing_t$ .



## **Pour un groupe de visiteurs, élèves, ... :**

Pour des visiteurs, en général il n'y a pas de phase "active" (pas le temps !). Pour des élèves, il y a souvent deux phases : une démonstration, une manipulation.

- ★ Pour la démonstration, l'intervenant dispose d'un grand (~A2) et rigide (pour faciliter la manipulation) panneau  $E_1$  dans lequel est percée une série de trous de tailles croissantes (2, 3, 4, 8, 12 mm par exemple) et de formes variés (mais toujours franchement 2D : circulaire, irrégulière, polygonale ; des trous, pas des fentes). Avec un ou plusieurs Post-It, il est possible de masquer à la demande des trous que l'on ne souhaite pas voir intervenir à un moment donné de la démonstration.
- ★  $E_2$  n'a pas besoin d'être aussi grand que  $E_1$ , c'est même un avantage de le réduire pour être certain de le maintenir aisément à l'ombre de ce dernier. On peut convier les spectateurs à utiliser leur propre écran  $E_2$  pour trouver l'image du Soleil, mais attention à ceux qui s'amuseraient à viser le Soleil à travers le trou !
- ★ Il est possible de préparer un écran translucide avec une feuille A4 de calque tendu sur un cadre opaque d'assez grande taille, permettant l'observation vers l'avant, mais ne pas en attendre de miracle : on est alors face au Soleil, ce qui est une situation détestable sur le plan photométrique autant que sur le plan physiologique. À essayer toutefois.
- ★ Pour la manipulation, deux feuilles A4 de papier blanc d'imprimante par élève suffisent, mais cela peut être amélioré. Un écran  $E_1$  plus rigide, plus opaque, est préférable. Une feuille de carton léger, ou une feuille de papier à dessin de teinte foncée par exemple (se méfier d'un bristol trop rigide, difficile à percer plusieurs fois avec le même crayon ; faire un essai préalable).
- ★ Pour la manipulation, on peut inviter les élèves à observer par eux-mêmes les propriétés démontrées précédemment, ou bien limiter la démonstration précédente à l'essentiel et guider les élèves pour les amener à découvrir la suite.
- ★ Penser à l'approvisionnement en outils : grosse épingle de nourrice, crayons taillés, éponges à vaisselle (qui ne souffriront guère de l'expérience), plus planchettes et cutters/grattoirs si c'est envisageable.