

Les éclipses lunaires et solaires

Rosa M. Ros

*Union Astronomique Internationale
Université Polytechnique de Catalogne, Espagne*



Objectifs

- Comprendre les phases de la Lune
- Comprendre les causes des éclipses lunaires
- Comprendre pourquoi les éclipses solaires se produisent
- Déterminer les distances dans le système Terre-Lune -Soleil



Lumière et ombres

- Le système Terre-Lune-Soleil: les phases de la Lune et les éclipses
- Positions et ombres



Activité 1: Modèle de la face cachée de la lune

- 2 volontaires: un volontaire représente la Terre et l'autre représente la Lune et tourne autour de la Terre
- Placer la Lune en face de la Terre et faites-la tourner autour de la Terre de 90° et tournez-vous également de 90° , répétez le processus jusqu'à ce que la position initiale soit atteinte



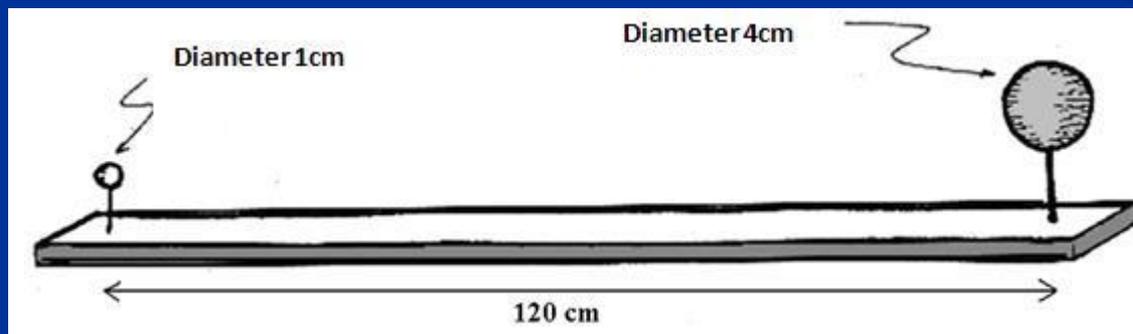
Activité 2: Modèle avec une lampe de poche (Soleil) pour expliquer les phases de la Lune

- 5 volontaires: l'un au centre (la Terre) et les autres simulent les 4 phases de la Lune avec des masques (1 entièrement éclairé, 2 partiellement éclairé et 1 complètement sombre)



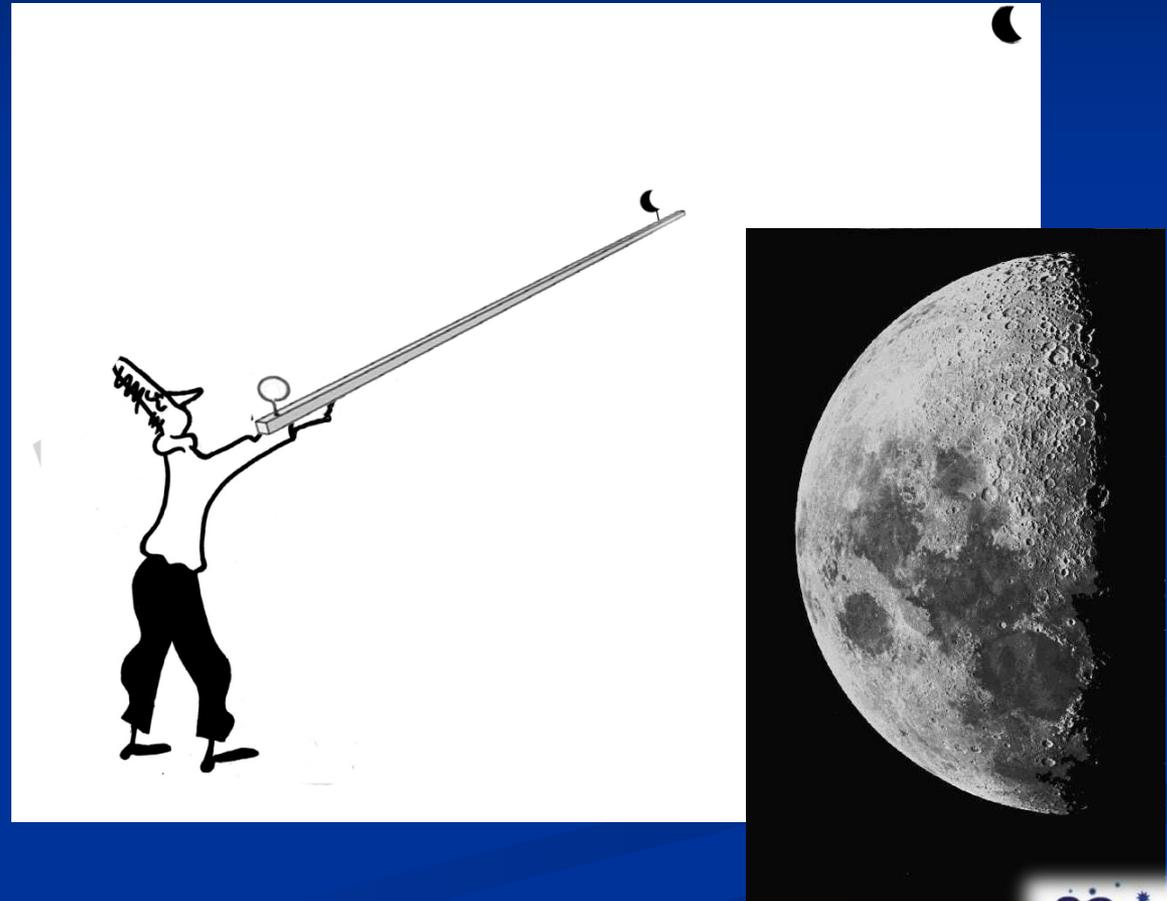
Les distances et les diamètres dans le système Terre-Lune-Soleil

Diamètre de la Terre	12 800 km	→	4 cm
Diamètre de la Lune	3 500 km	→	1 cm
Distance Terre-Lune	384 000 km	→	120 cm
Diamètre de le Soleil	1400 000 km	→	440 cm = 4,4 m
Distance Terre-Soleil	150 000 000 km	→	47 000 cm = 0,47 km

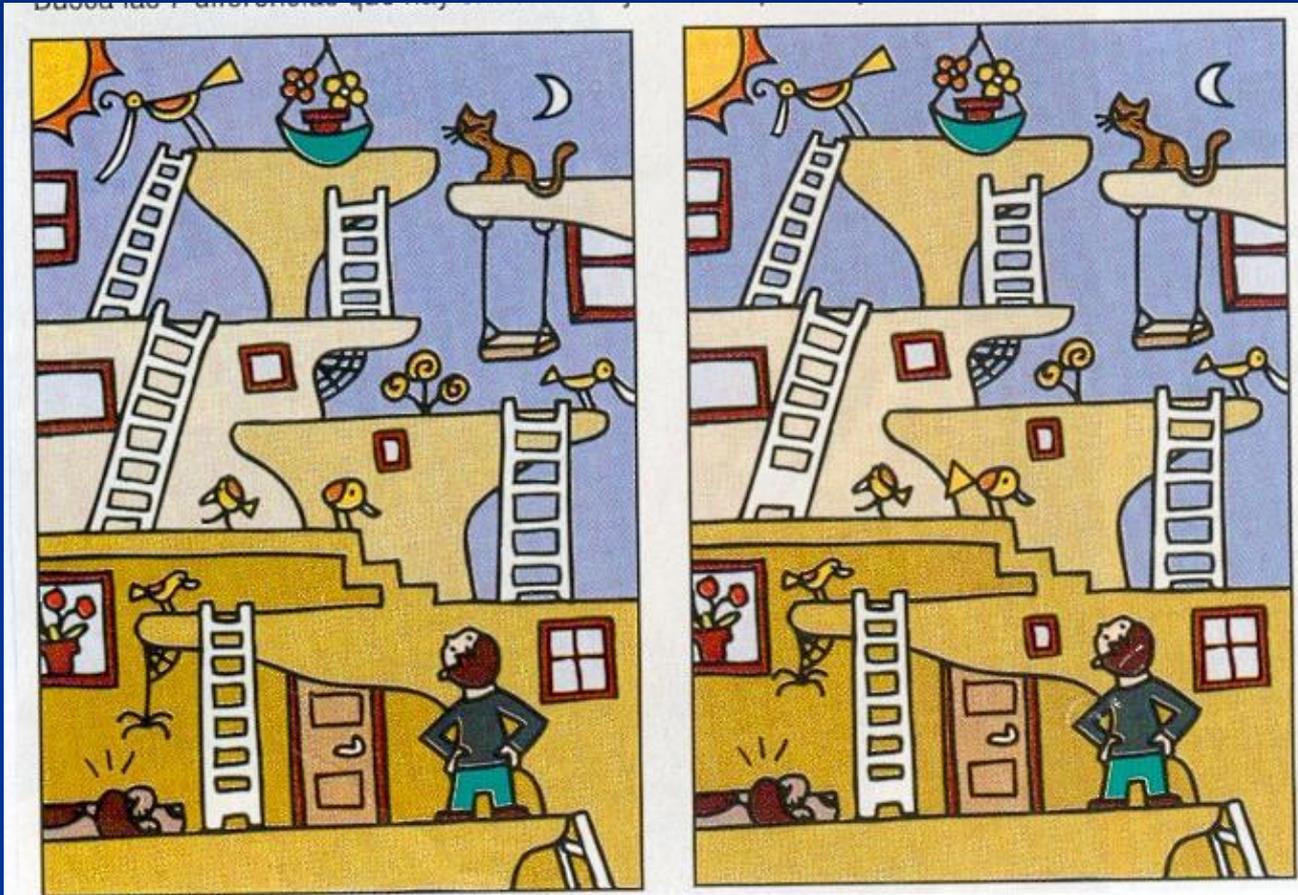


Activité 3: Simulation des phases de la Lune

- Dirigez la petite lune du modèle vers la Lune et nous pouvons voir les deux avec la même phase

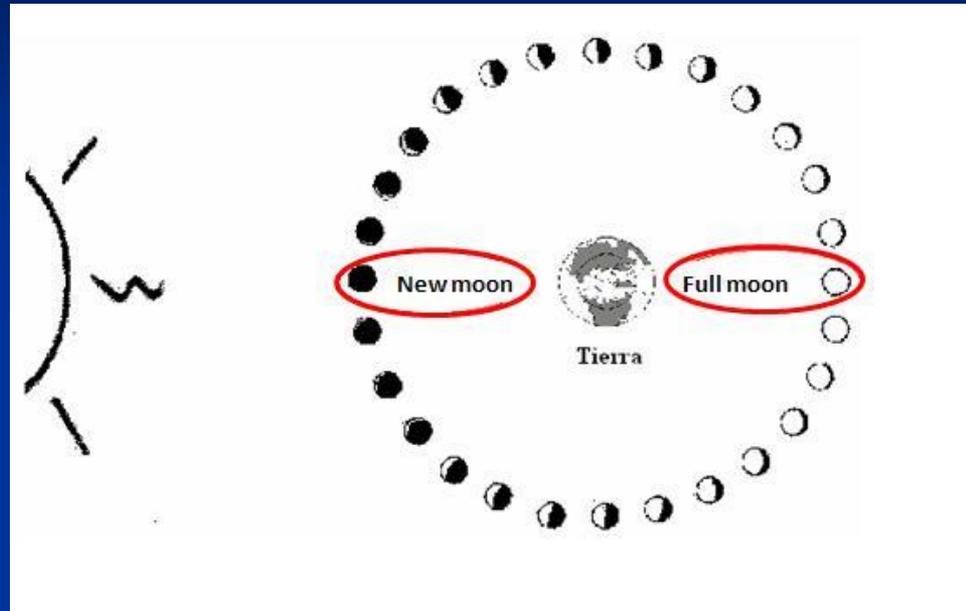


Activité 4: Les erreurs d'illustration



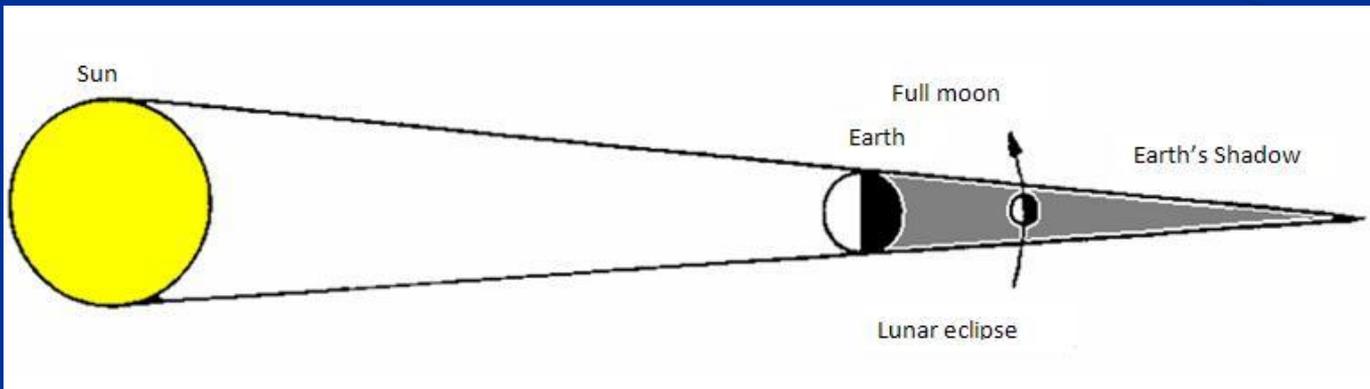
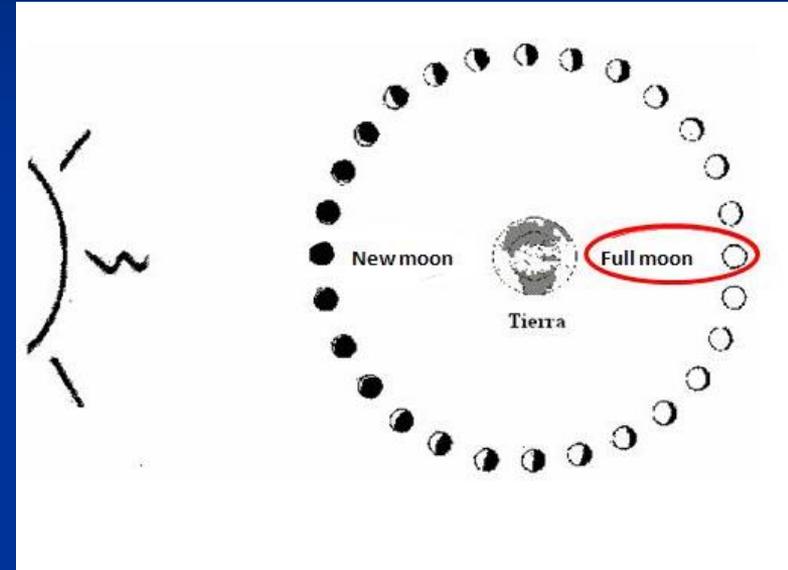
- Les phases de la lune dépendent de la position du soleil

Les phases de la Lune et éclipses

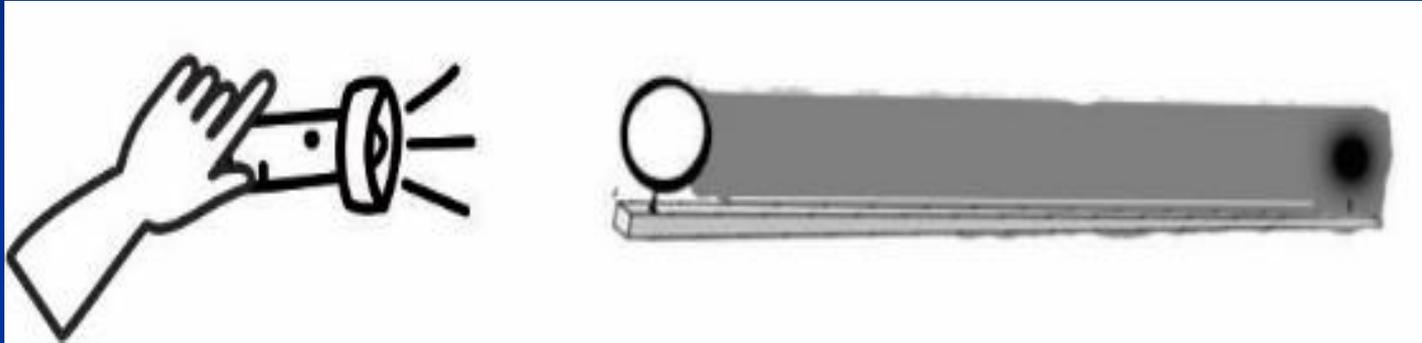


Activité 5: Les éclipses de Lune

- Les éclipses lunaires se produisent quand la Lune est pleine



Activité 5: Simulation d'une éclipse de Lune



Activité 5: Eclipse de Lune



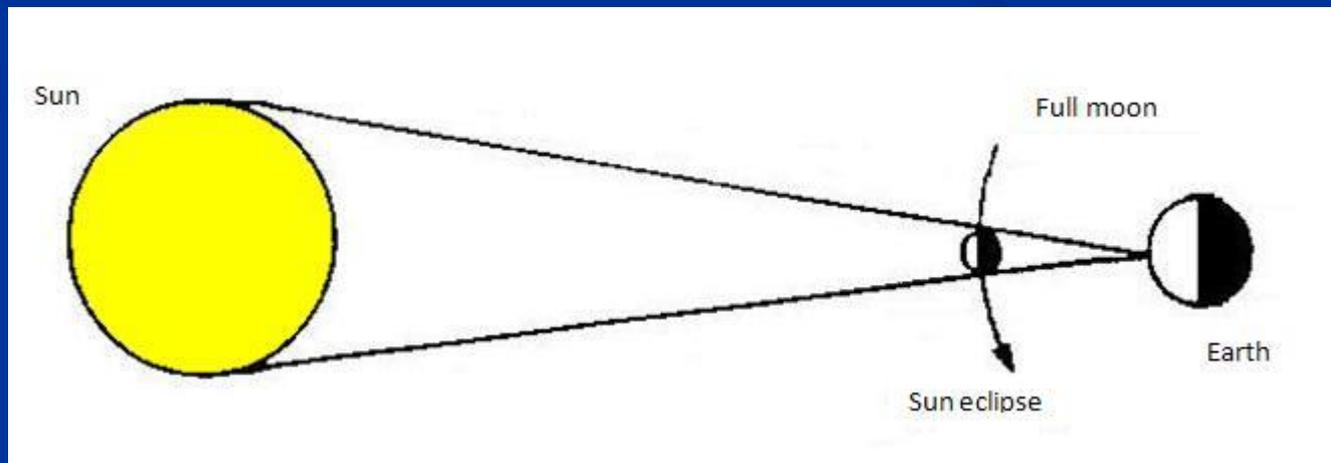
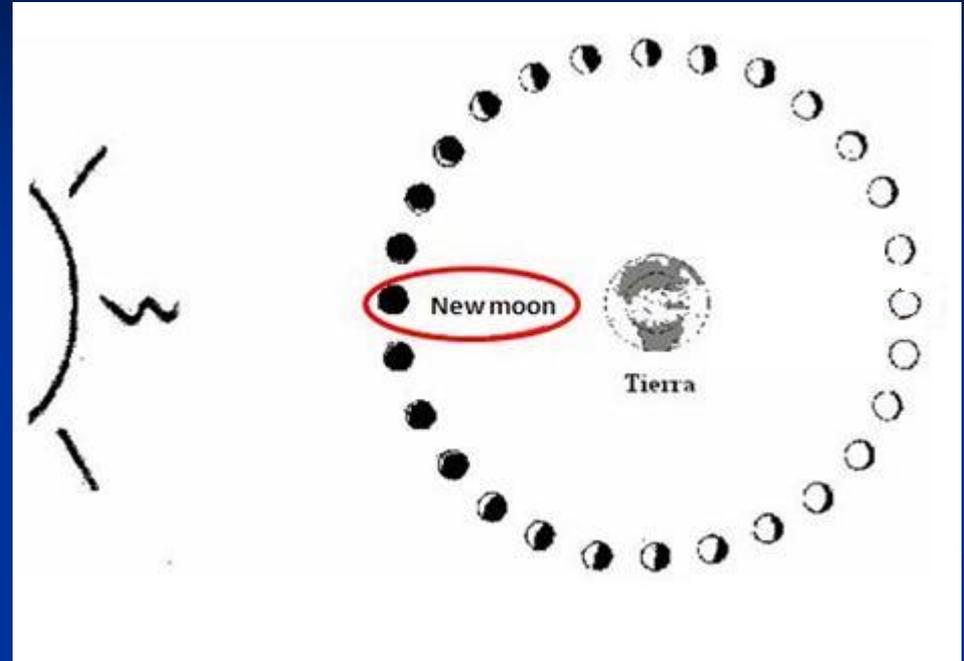
Activité 5: Les éclipses de Lune

- Les éclipses lunaires sont visibles dans toute la moitié de la Terre qui est plongée dans la nuit.

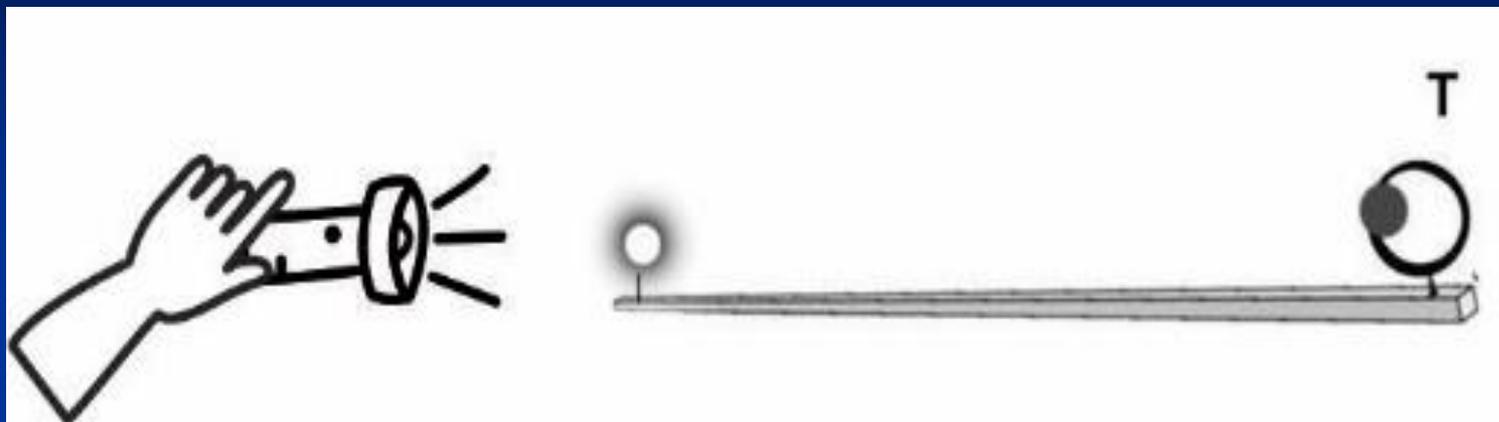


Activité 6: Les éclipses de Soleil

- Les éclipses de Soleil auront lieu à la nouvelle Lune



Activité 6: Simulation d'une éclipse de Soleil



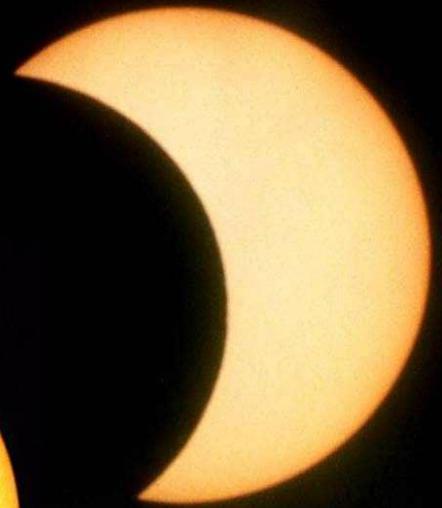
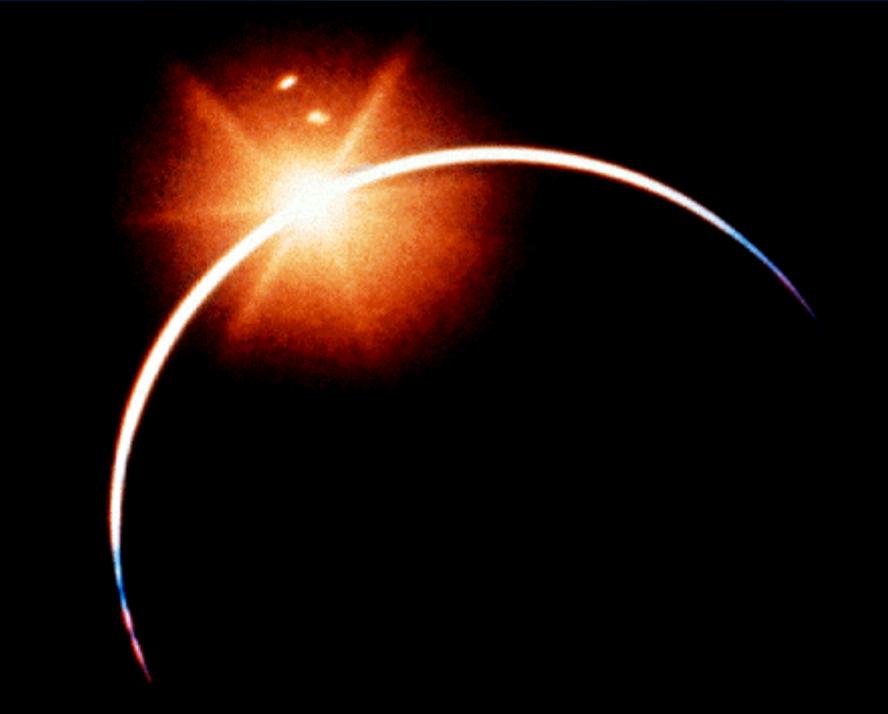
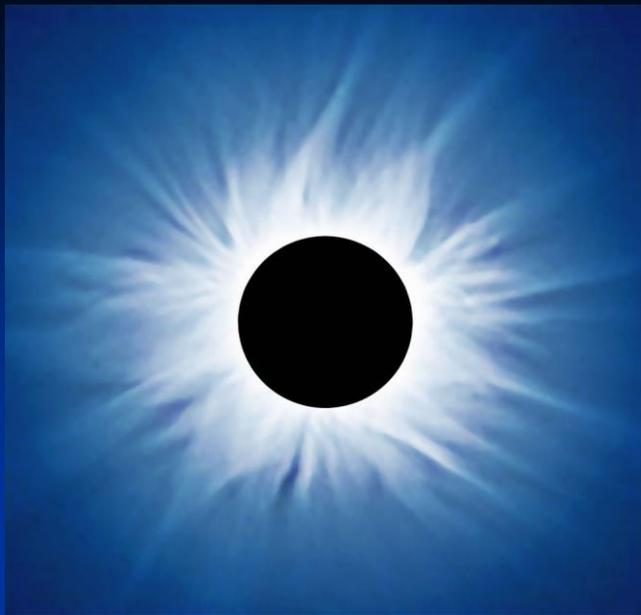
Le détail d'une éclipse solaire



Activité 6: Eclipse solaire

- Les éclipses solaires ne sont visibles que dans une petite région sur la Terre





... l'observation d'une éclipse solaire
est une sensation forte!



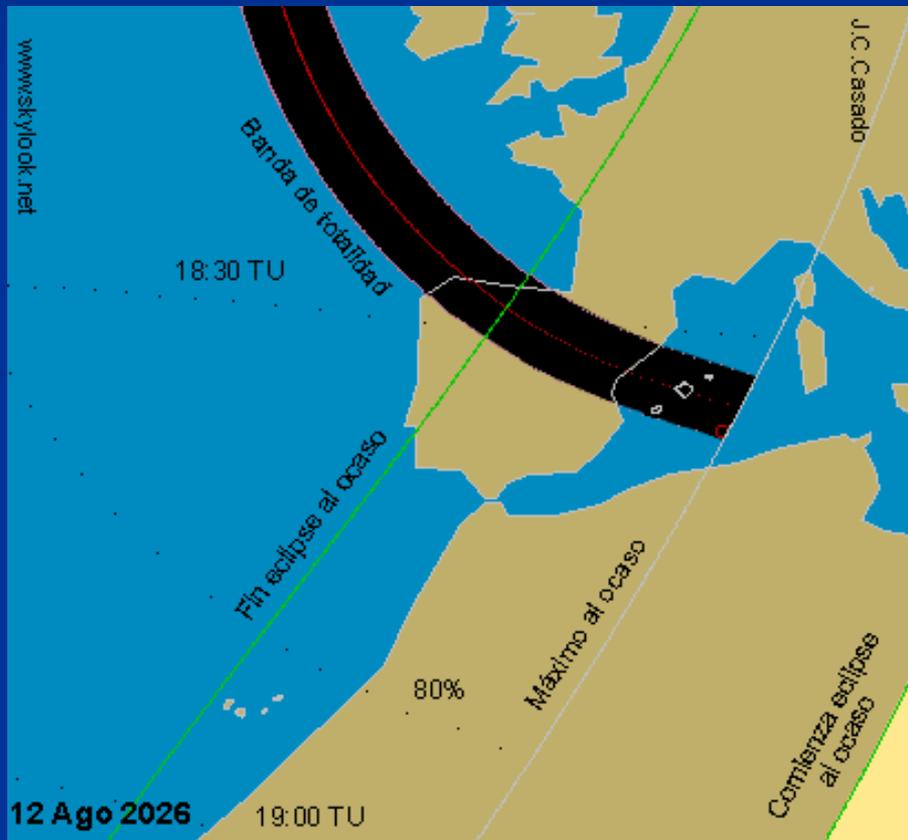
Observations

- Se produisent uniquement:
l'éclipse lunaire quand la lune est pleine
et l'éclipse solaire quand la lune est nouvelle
- Une éclipse solaire n'est visible que dans une petite zone de la Terre
- Il est très difficile que la Terre et la Lune soient "bien alignées", donc il n'y a pas d'éclipse à chaque fois qu'il y a une nouvelle ou une pleine Lune



Exemple...

- La prochaine éclipse totale du soleil en Espagne aura lieu le 12 août 2026 (la dernière a eu lieu en 2004),.



Chaque année se produira entre 0 et 3 éclipses lunaires



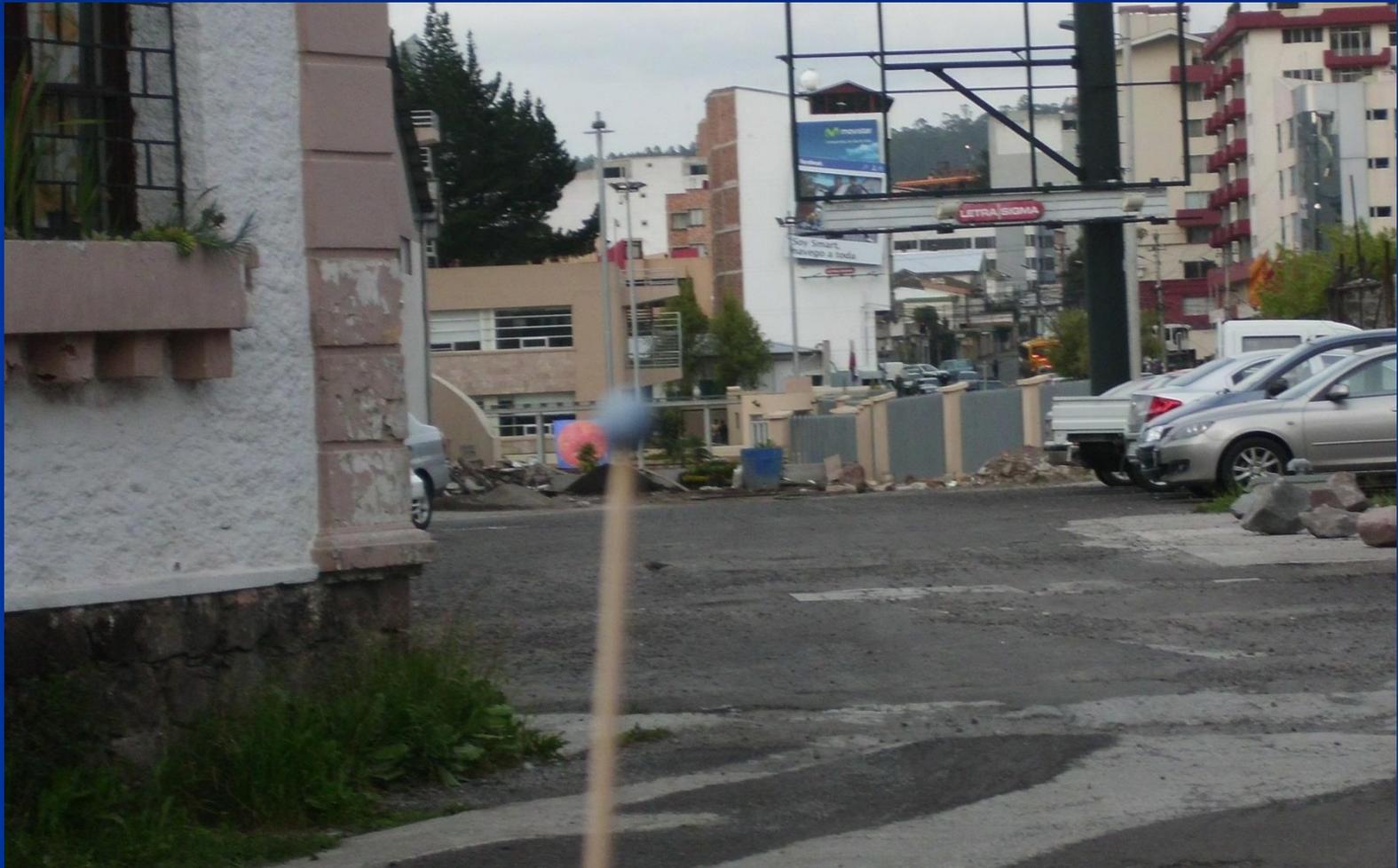
Distances et des diamètres pour mieux visualiser et comprendre les distances au Soleil

Diamètre de la Terre	12 800 km		2,1 cm
Diamètre de la Lune	3 500 km		0,6 cm
Distance Terre-Lune	384 000 km		60 cm
Diamètre du Soleil	1400 000 km		220 cm
Distance Terre- Soleil	150 000 000 km		235 m

Peindre le Soleil



Activité 7: Regarder le Soleil depuis la Lune



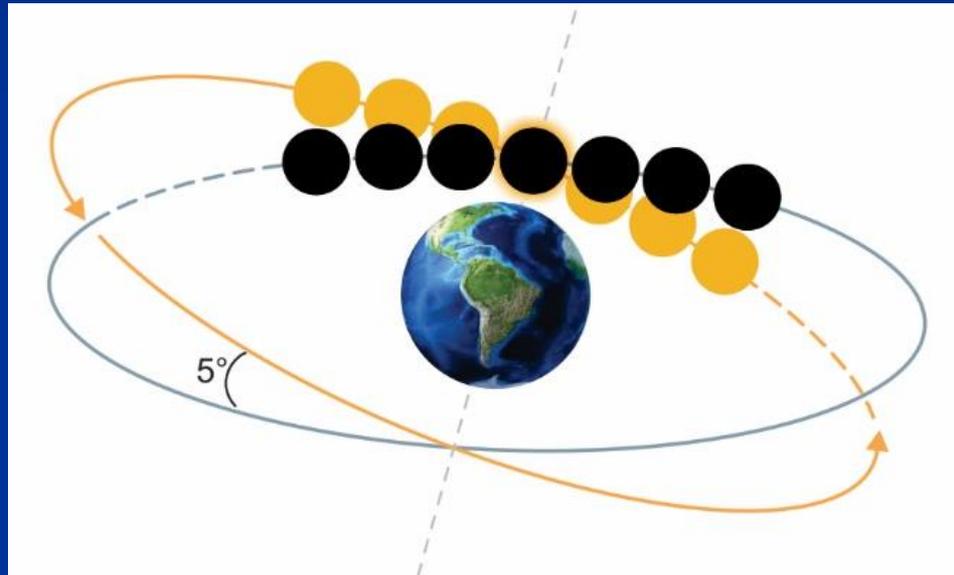
Puisque chaque mois
il y a une Nouvelle Lune et une Pleine Lune ...

Pour quoi
n'y a-t-il pas un éclipse de Soleil et une de Lune
chaque mois?



Parce que ...

le plan de translation de la Terre autour du Soleil
et le plan de translation de la Lune autour de la Terre
no sont pas les mêmes.



L'angle d'inclination est de 5° ,
mais le diamètre angulaire
du Soleil et la Lune est de seulement 0.5°

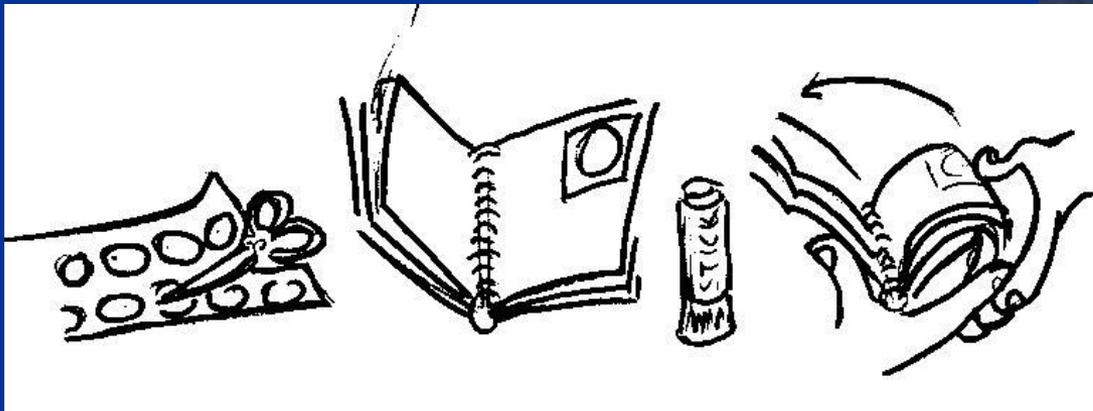


Des éclipses se produisent seulement si le Soleil et la Lune sont proches de la ligne d'intersection des deux plans.



Activité 8: “Tourner la page” simulateur d’éclipse

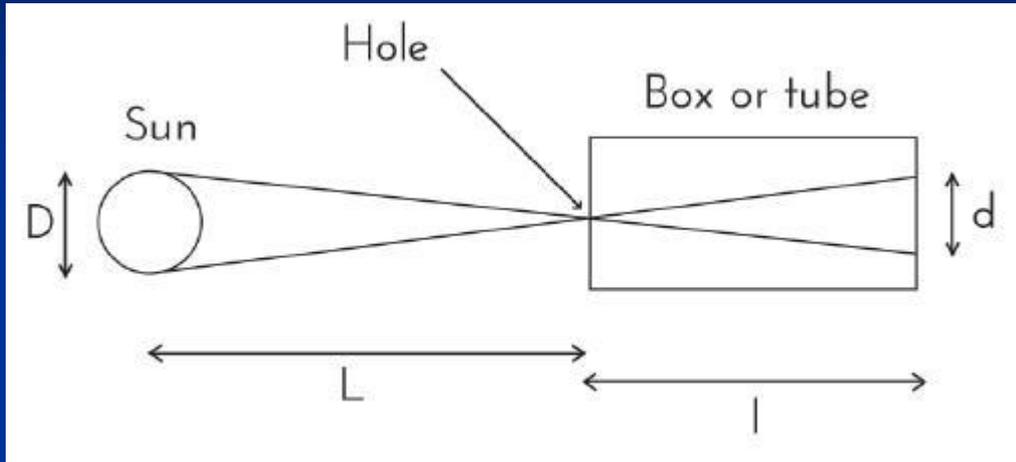
1. Recadrer et numérototer les images dans l’ordre
2. Coller chaque image sur un bloc-notes spirale
3. Tournez les pages rapidement pour utiliser le démonstrateur.



Activité 9: Détermination du diamètre du Soleil, observations et mesures



Activité 10: Détermination du diamètre du Soleil.



$$\frac{D}{L} = \frac{d}{l}$$
$$D = \frac{dL}{l}$$

On peut calculer les proportions puis on calcule le diamètre du soleil

$L = 150\,000\,000$ km la distance Terre-Soleil, l = la longueur du tube
 d = le diamètre de la projection du Soleil sur le transparent.

Activité 10: L'expérience d'Aristarque 310-230 av J.-C

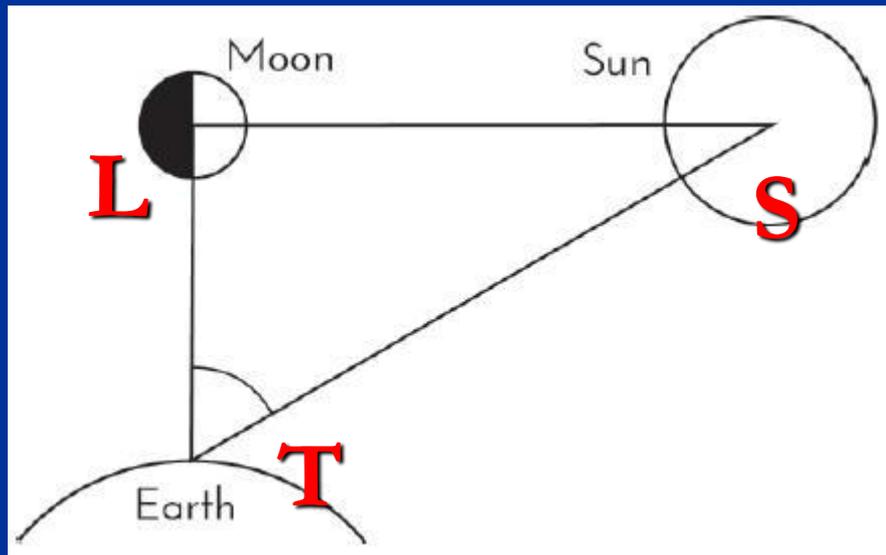
- Aristarque a établi les relations entre les distances Terre-Lune-Soleil et leurs diamètres mais n'a pu déterminer aucune valeur absolue. Il a fallu attendre jusqu'à ce que Ératosthène
 - 1) Distance Terre-Lune et la distance Terre-Soleil
 - 2) Le rayon de la Lune et celui du Soleil
 - 3) Distance Terre-Lune et le rayon de la Lune ou distance Terre-Soleil et le rayon du Soleil
 - 4) le cône d'ombre de la Terre
 - 5) faire des liens



1) Distance Terre-Lune et Terre-Soleil

$\cos \alpha = TL/TS$ donc

$$TS = TL / \cos \alpha$$



1) Distance Terre-Lune et Terre- Soleil

- Aristarque $\alpha = 87^\circ$
donc $TS = 19 TL$
- Aujourd'hui $\alpha = 89^\circ 51'$

$$TS = 400 TL$$



2) Le rayon de la Lune et celui du Soleil

À partir de la Terre, le diamètre apparent de la lune et du Soleil est égal à $0,5^\circ$

Donc le rayon du Soleil

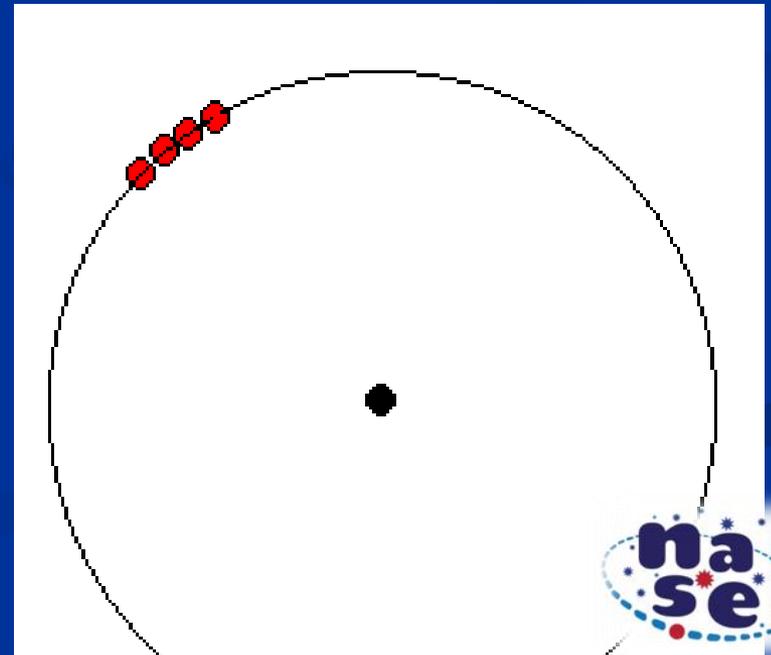
- $R_s = 400 R_L$



3) Distance Terre-Lune et rayon de la Lune

- Le diamètre apparent de la Lune à partir de la Terre est égal à $0,5^\circ$
- Avec 720 fois ce diamètre, nous pouvons évaluer la trajectoire **circulaire** de la Lune
- $2 R_L 720 = 2 \pi TL$

$$TL = 720 R_L / \pi$$

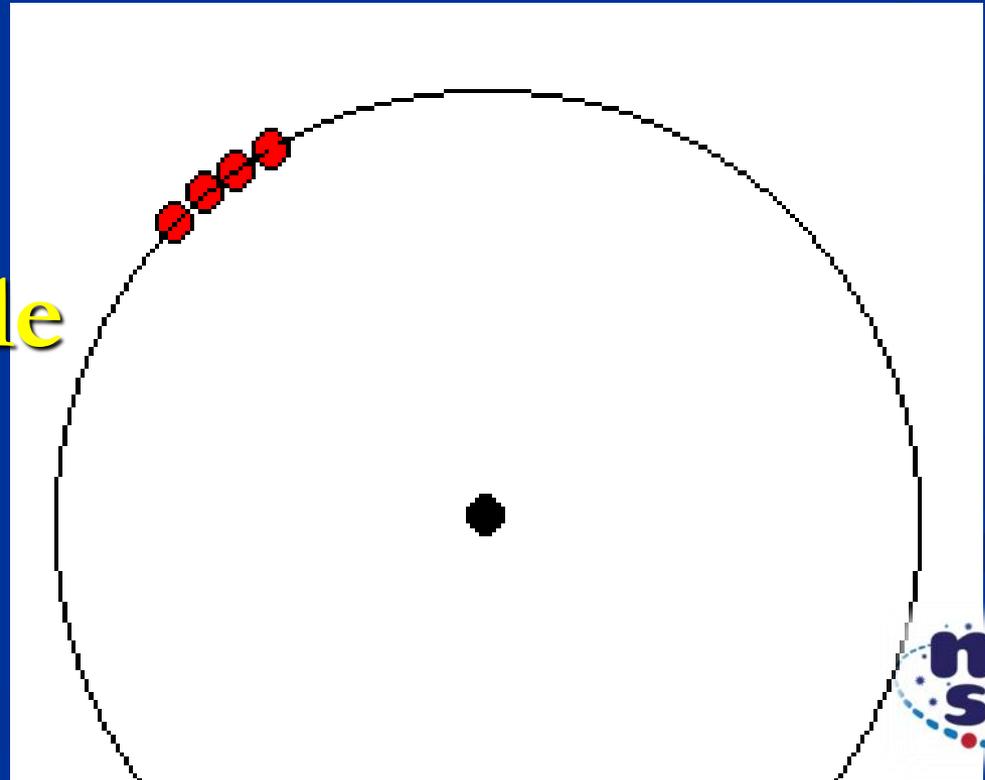


3) La distance Terre- Soleil et rayon du Soleil

- Par analogie

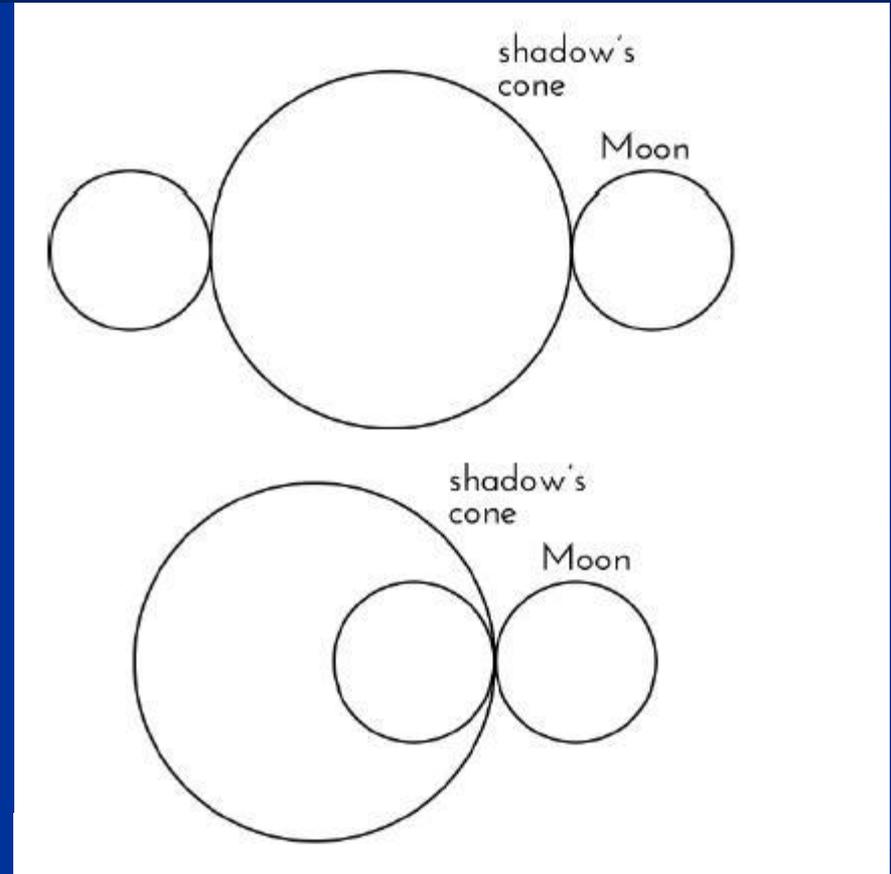
- $TS = 720 R_s / \pi$

Aristarque,
le premier modèle
héliocentrique



4) Cône d'ombre de la Terre

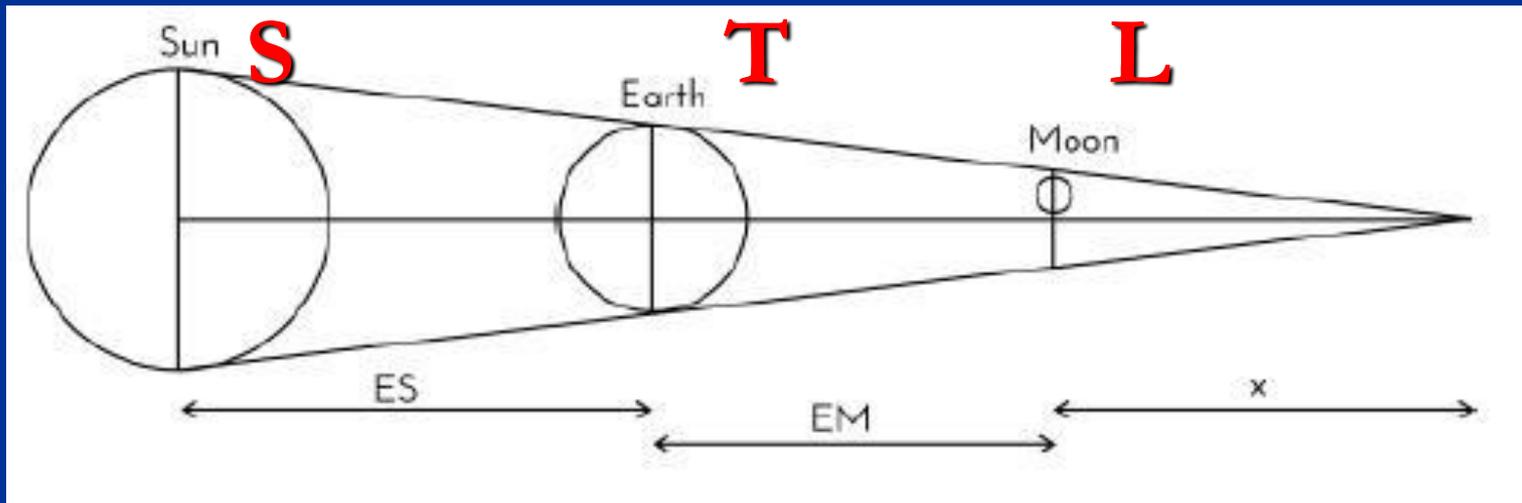
- Lors d'une éclipse lunaire, Aristarque a remarqué que le temps nécessaire à la Lune pour traverser le cône d'ombre de la Terre était deux fois le temps nécessaire pour que la surface de la Lune pénètre dans le cône d'ombre c.à.d 2:1



- En réalité c'est **2.6:1**

5) Relier tout

- $(x+TL+TS)/R_s = (x+TL) / R_T = x/(2.6 R_L)$



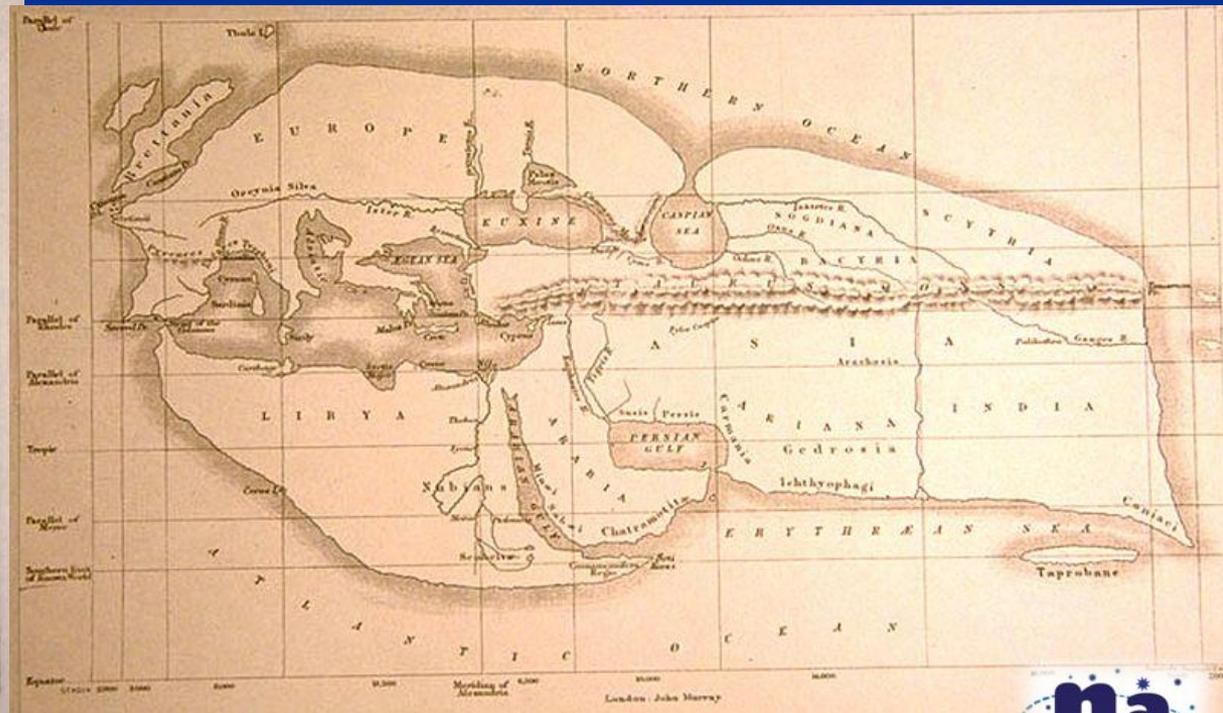
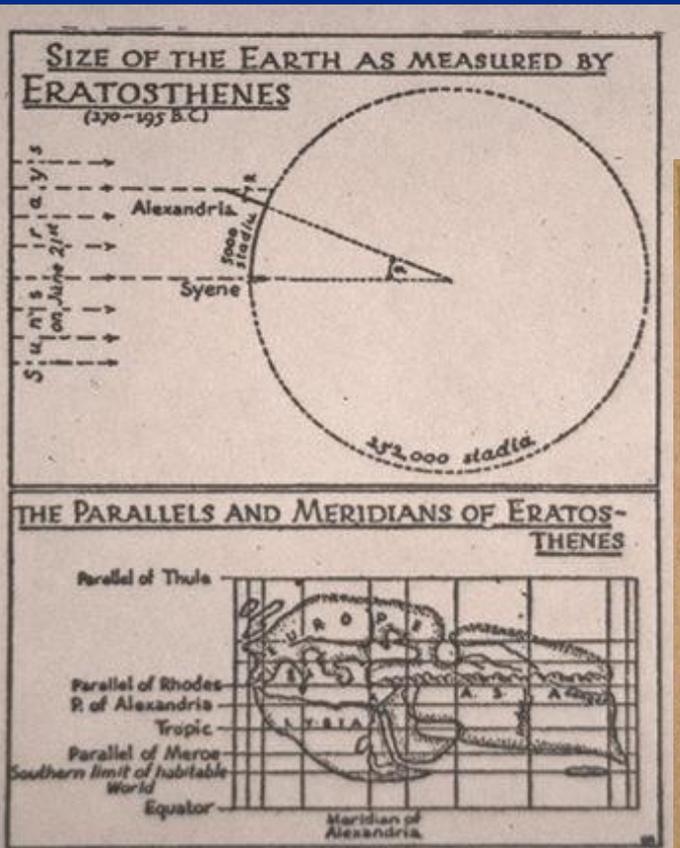
La résolution du système

(le calcul est en fonction du rayon de la Terre):

- $R_L = (401 / 1440) R_T$
- $TL = (401 / (2 \pi)) R_T$
- $R_s = (2005 / 18) R_T$
- $TS = (80200 / \pi) R_T$
- **On admet que le rayon de la Terre $R_T = 6\,378$ Km**
- $R_L = 1\,776$ (la valeur réelle est 1 738 km)
- $TL = 408\,000$ km (la valeur réelle est 384 000 km)
- $R_s = 740\,000$ km (la valeur réelle est 696 000 km)
- $TS = 162\,800\,000$ km (la valeur réelle est 149 680 000 km)

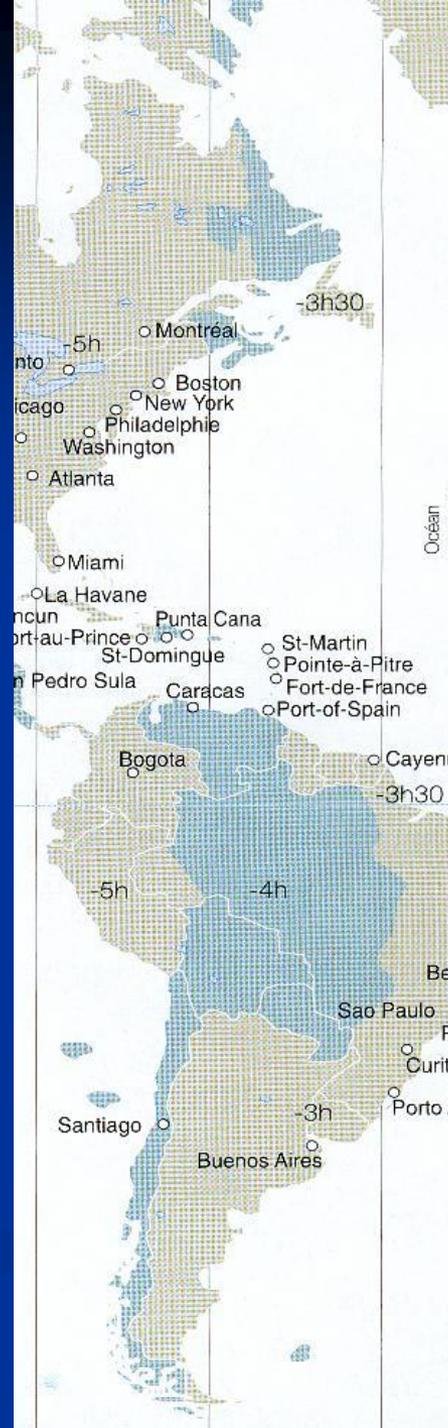


Activité 11: Expérience d'Érathosthène 280 – 192 av.J.-C



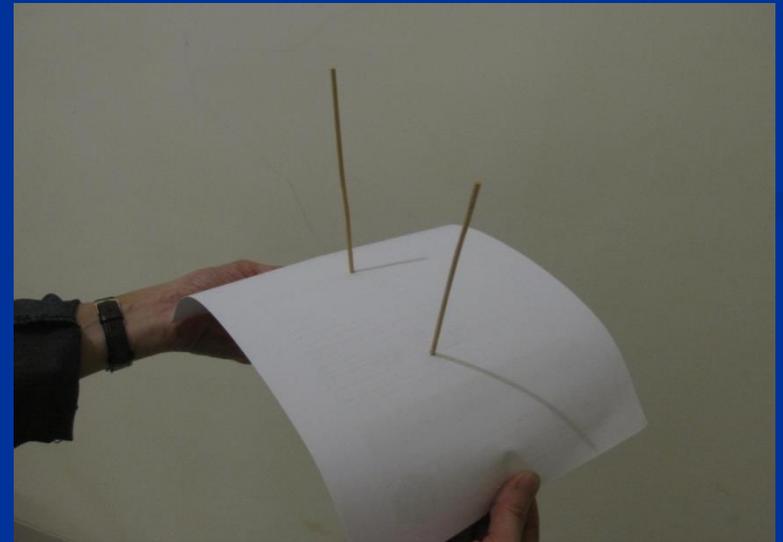
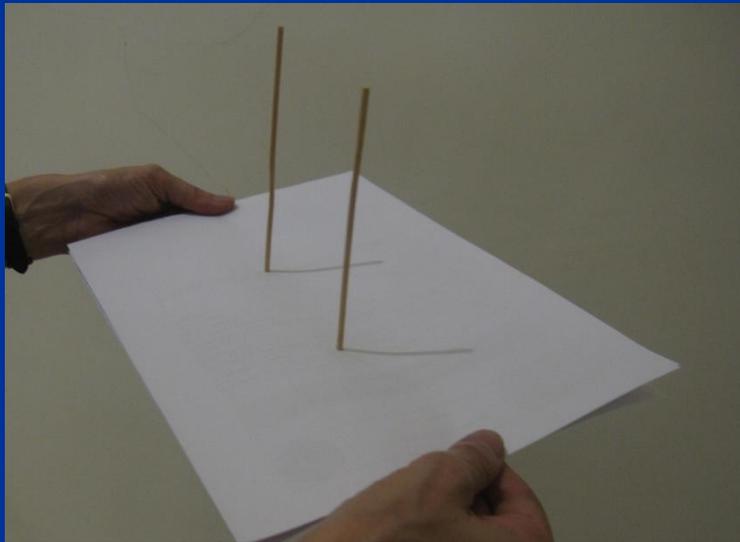
Eratosthène, une autre fois

- Deux villes sur le même méridien
- Observations simultanées



Différentes ombres ...

- Alors la Terre est une sphère!

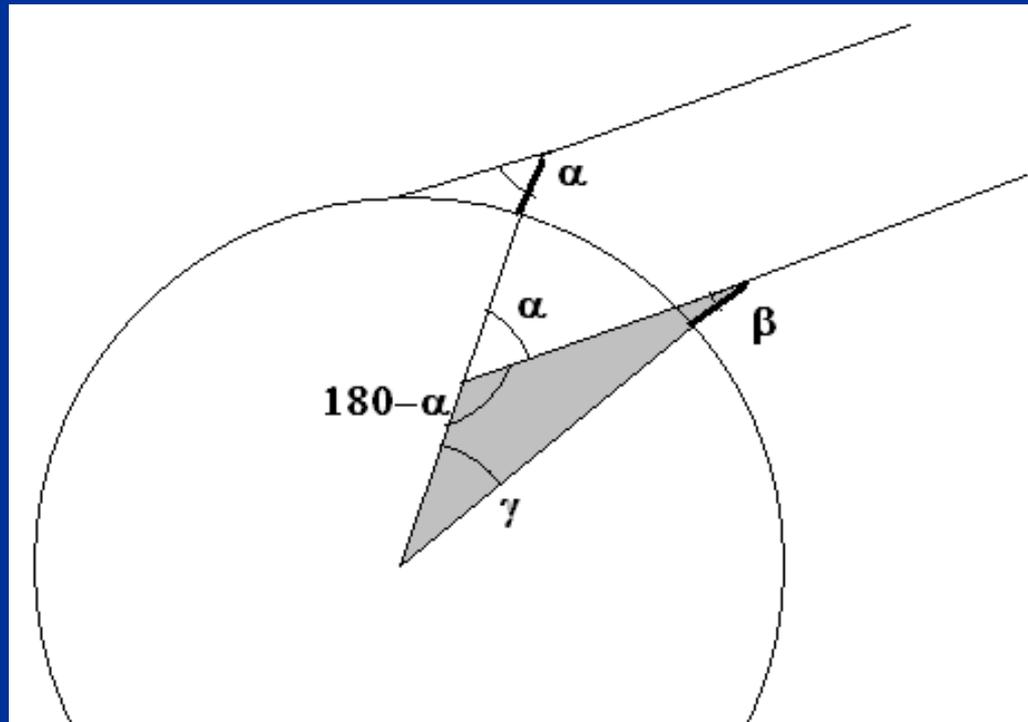


Ératosthène

- $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$

- donc $\gamma = \alpha - \beta$

où α et β sont mesurés en radians



Eratosthène



- Nous mesurons la longueur du fil à plomb (ou bâton) et de son ombre

$\alpha = \arctang(\text{longueur de l'ombre}) / (\text{longueur du bâton})$

Eratosthène

- Par proportionnalité

$$2 \Pi R_t / 2 \Pi = d/\gamma$$

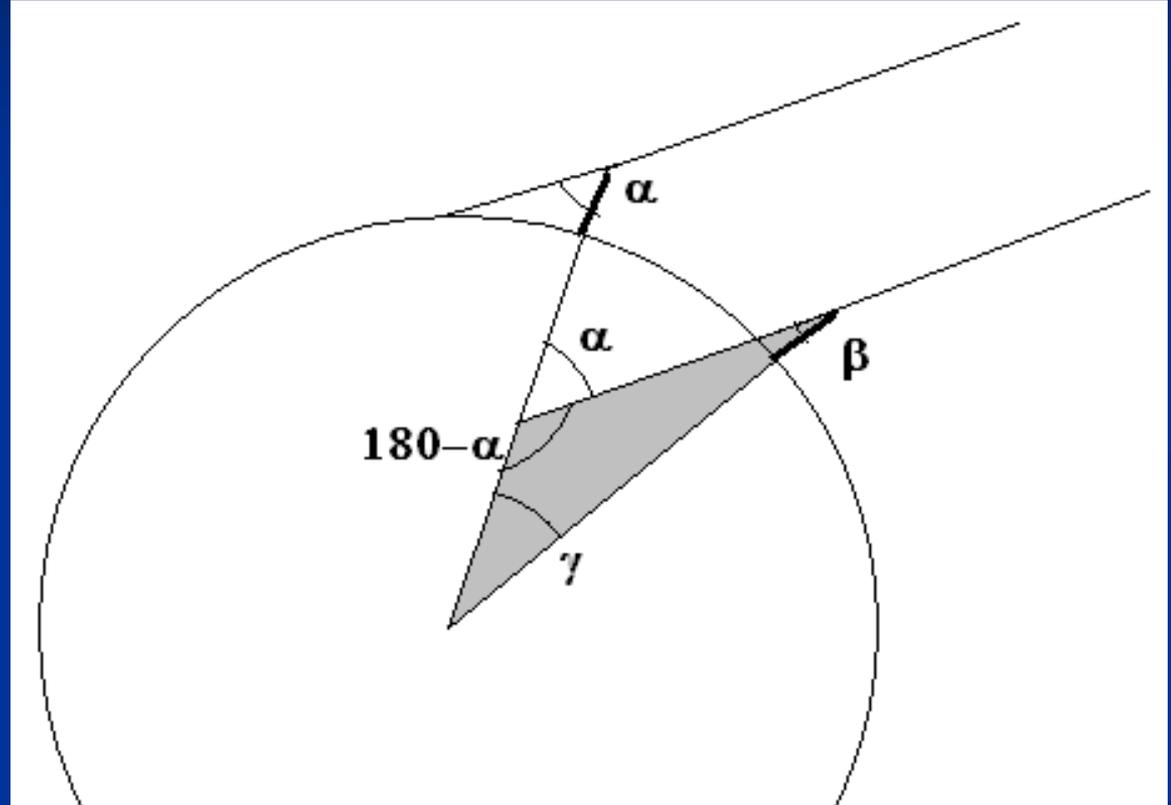
- on déduit

$$R_t = d/\gamma$$

- on connaît γ

$$\gamma = \alpha - \beta$$

- d est la distance entre les villes (carte)



Nos résultats avec la méthode d'Eratosthène

- Ripoll- Barcelone

- $\alpha = 0.5194$ radian

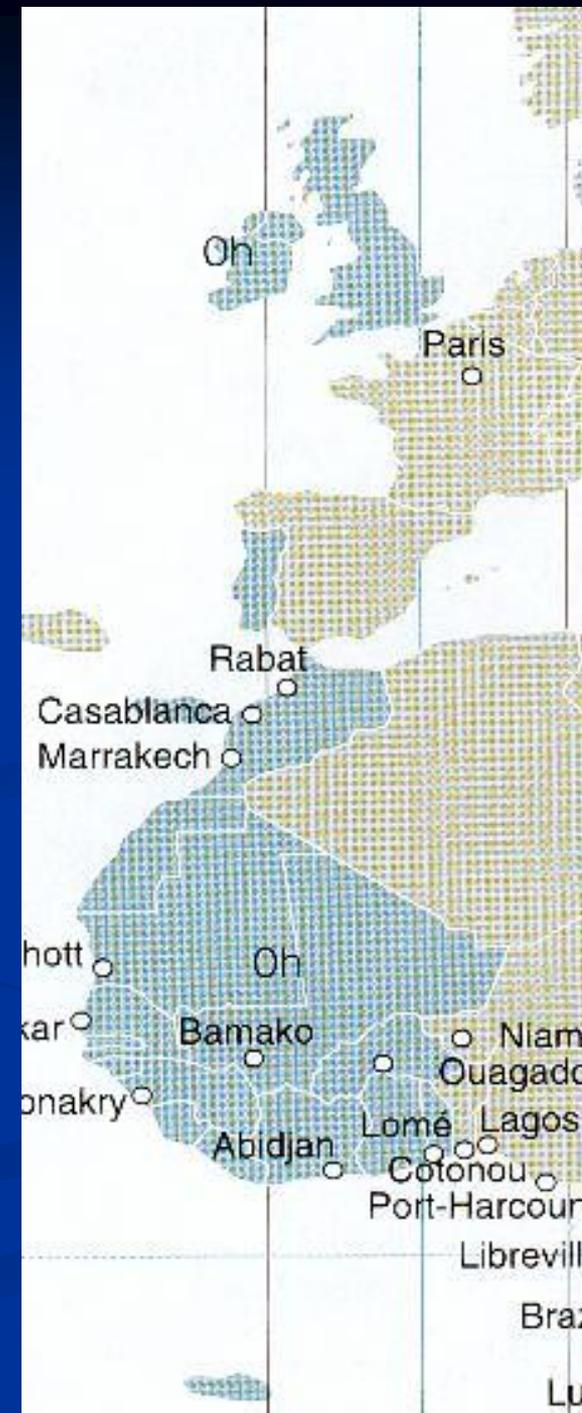
- $\beta = 0.5059$ radian

- $\gamma = 0.0135$ radian

- $d = 89.4$ km

- $R_t = 6600$ km

(la valeur réelle est 6378 km)



Conclusions

- Maintenant on connaît les éclipses
- On a établi la relation entre les tailles dans le système Terre-Lune-Soleil
- À partir des observations, en formulant les données obtenues, nous pouvons en apprendre sur l'univers



**Merci pour votre
attention!**

