

Astronomie

UTL St Malo – automne 2023

Un très vaste sujet en six petites déclinaisons...

- 1 - les début de l'astronomie (Alain)
- 2 - les constellations (Xavier)
- 3 - les calendriers (Alain)
- 4 - objectif Mars (Xavier)
- 5 - la navigation astronomique (Alain)
- 6 - le parcours du système solaire à Evran

Astronomie

*Sur une vaste carte, on voyait l'océan
Sans le moindre soupçon d'île ou de continent.
L'équipage exultait : ainsi sans rien apprendre,
Ils avaient une carte que tous pouvaient comprendre.*

D'après Lewis Carroll

UTL St Malo - 22 septembre 2023

Ce cours est disponible sur demande
dinan-astronomie.fr - 8A31

La Grèce des Savants

« L'histoire de l'astronomie est une partie essentielle de l'histoire de l'esprit humain. Cette science, née dans les champs et parmi les bergers, a passé des hommes les plus simples aux esprits les plus sublimes. Imposante par la grandeur de son objet, curieuse par ses moyens de recherche, étonnante par le nombre et l'espèce de ses découvertes, elle est peut-être la mesure de l'intelligence de l'homme, et la preuve de ce qu'il peut faire avec du temps et du génie ».

Jean Sylvain Bailly

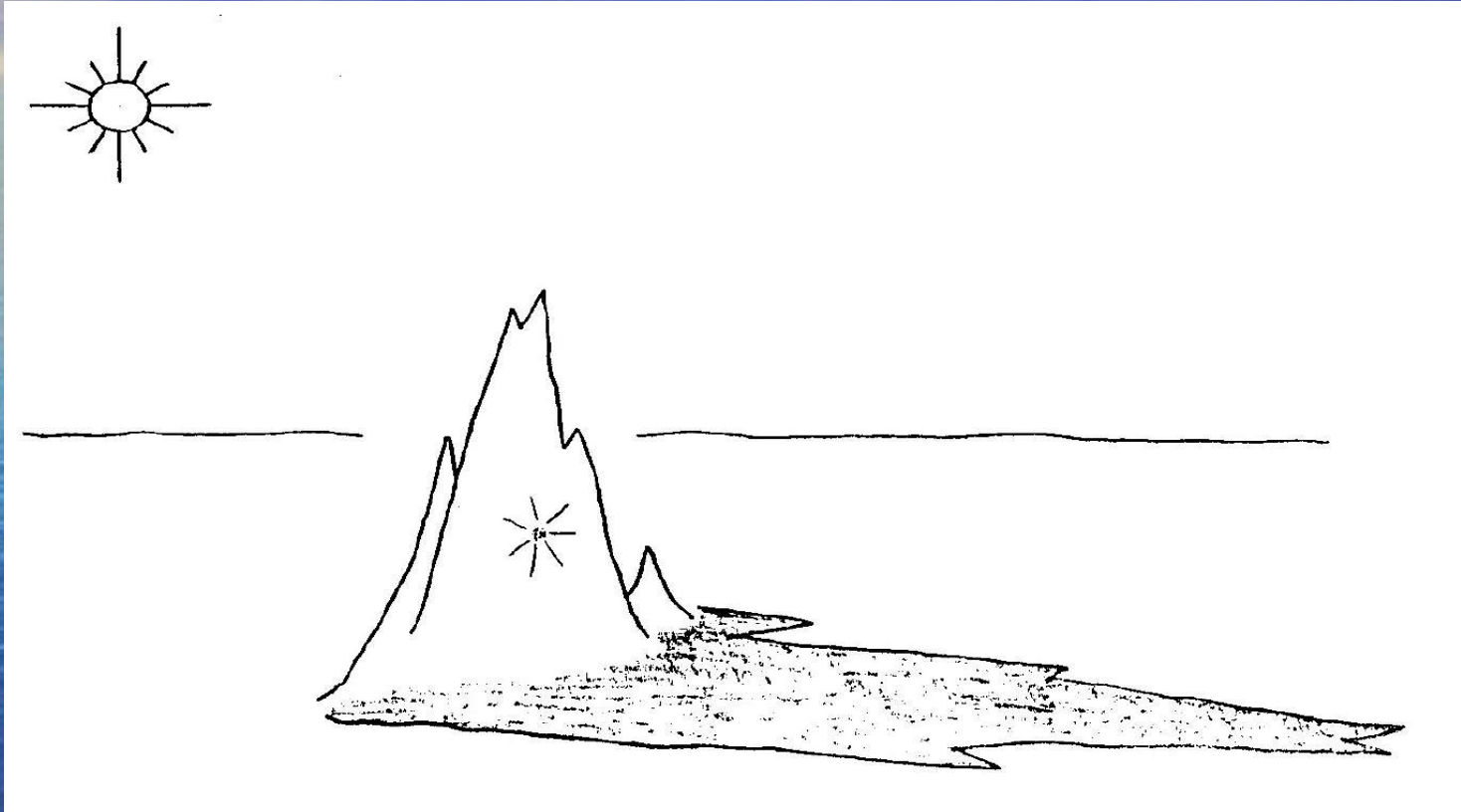
Plan du cours UTL

- 1 - la forme de la terre
- 2 - le principe d'Eratosthène
- 3 - la lune : notre satellite
- 4 - le soleil: notre petite étoile
- 5 - le système solaire
- 6 - conclusions & annexes

1 - La forme de la terre

- 1.1 la forme de la montagne
- 1.2 quelle est la forme de la terre ?
- 1.3 forme de la terre : une sphère ?
- 1.4 une éclipse de lune partielle
- 1.5 validation

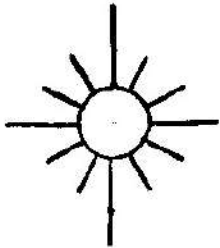
1.1 La forme de la montagne



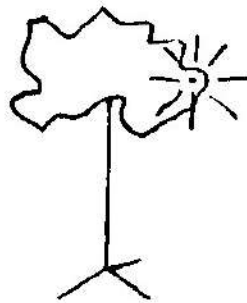
L'ombre de la montagne dans la plaine révèle sa forme. L'ombre de la terre révélera-t-elle sa forme ?

1.2 Quelle est la forme de la terre ?

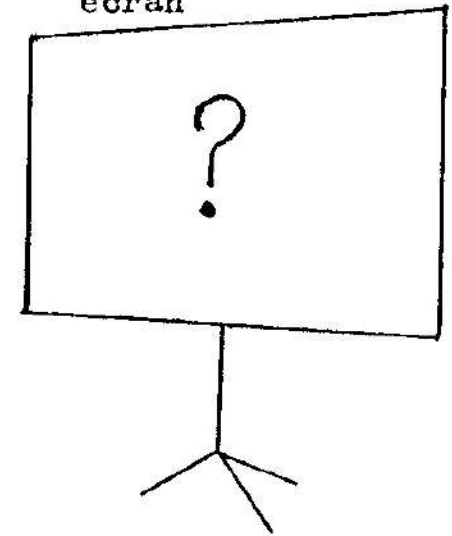
Soleil



Terre?



écran

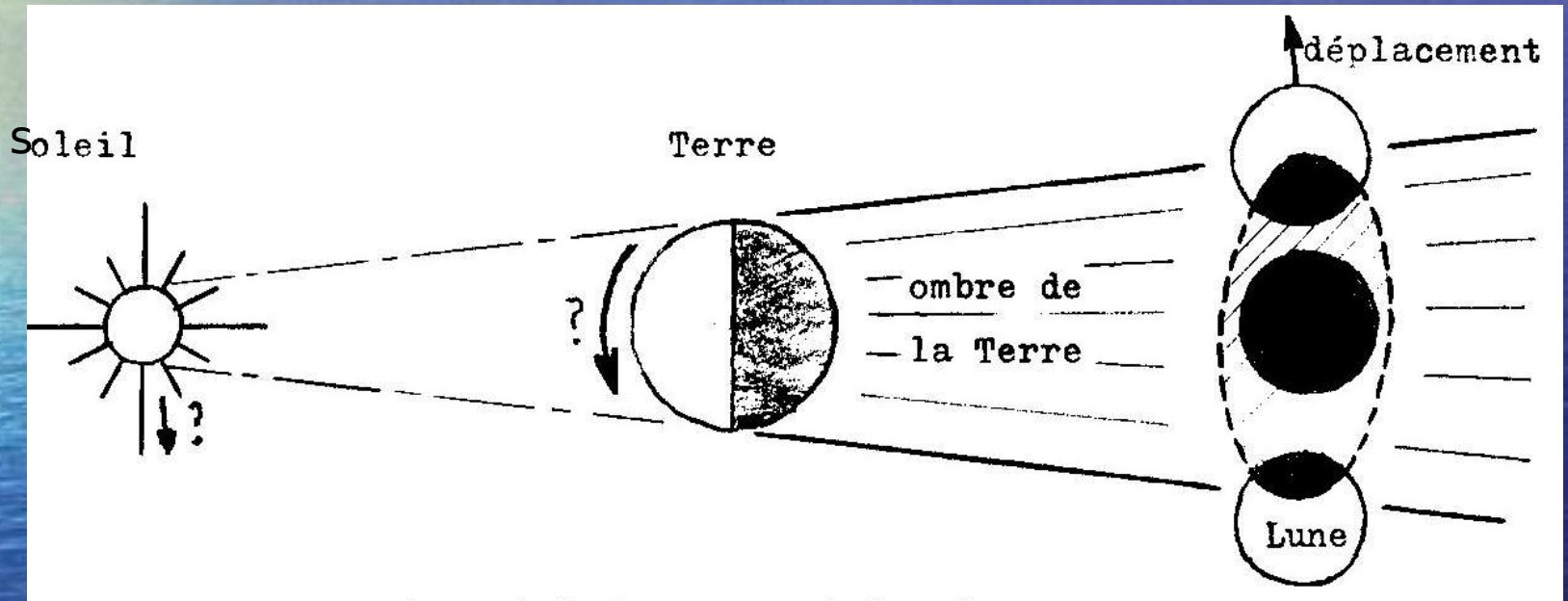


Pour visualiser la forme de la Terre nous
n'avons malheureusement pas d'écran géant!

Il nous faudrait trouver un écran pour voir la forme de la Terre. Existe-t-il cet écran ou un petit bout d'écran?

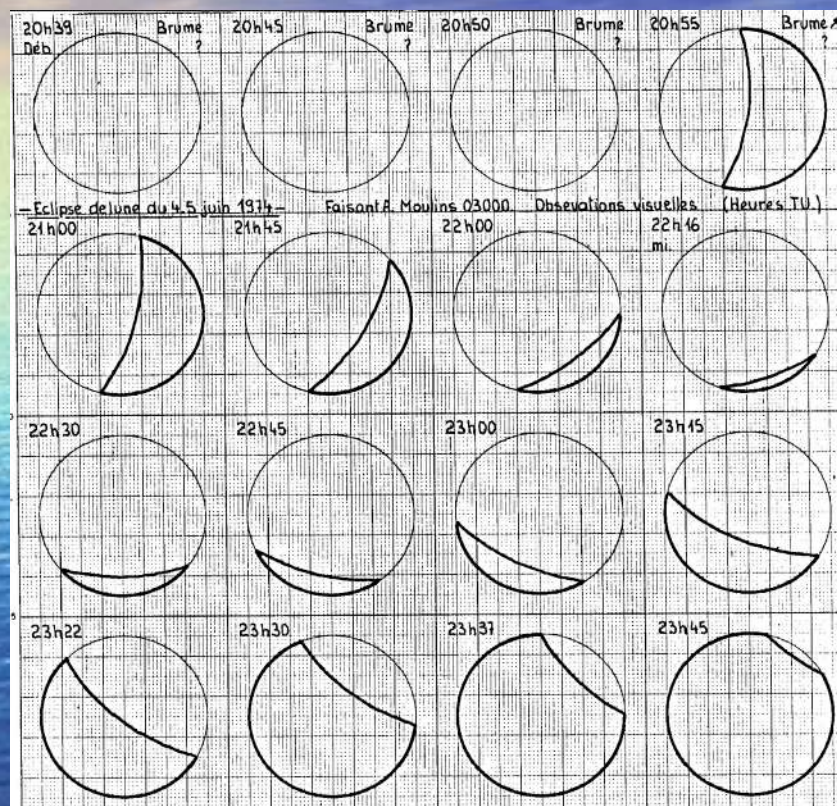
1.3 Forme de la terre : une sphère

Thalès de Milet 625-547 av JC

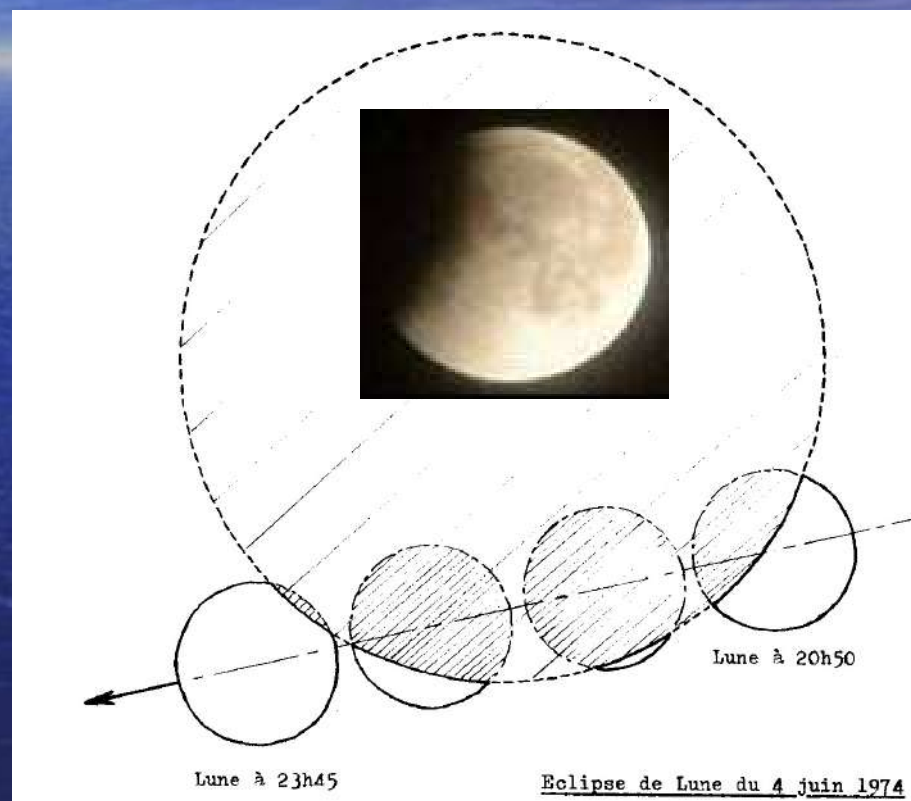


La lune est un providentiel écran partiel pour l'ombre de la terre. Elle révèle la forme sphérique de la terre.

1.4 Une éclipse de lune partielle.



Relevé d'une éclipse de Lune partielle.



Transit de la lune dans l'ombre de la terre.

1.4 Une éclipse de lune suite...

- Image composite de l'éclipse de lune du 16/08/2008
- L'ombre de la Terre sur la Lune
- Photo: [Anthony Ayiomamitis](#)



1.5 Validation

La terre est une sphère isolée dans l'espace.

- La lune est une sphère isolée dans l'espace.
- Le soleil est une sphère isolée dans l'espace.
-

Anaxagore (500 - 428 av JC)

« Le *Soleil* est un globe de pierre incandescente, plus grand que le Péloponnèse. La *Lune* reçoit la lumière du Soleil : elle a des mers, des collines et des vallées ».

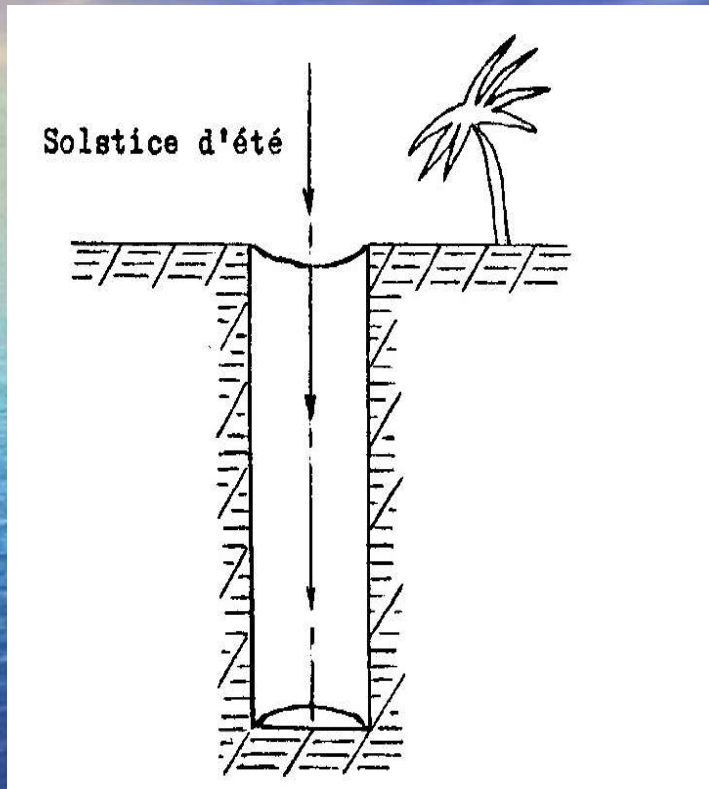
2 - Le principe d'Ératosthène

- 2.1 observations
- 2.2 observations suite...
- 2.3 analyses & calculs
- 2.4 vérifications
- 2.5 validation

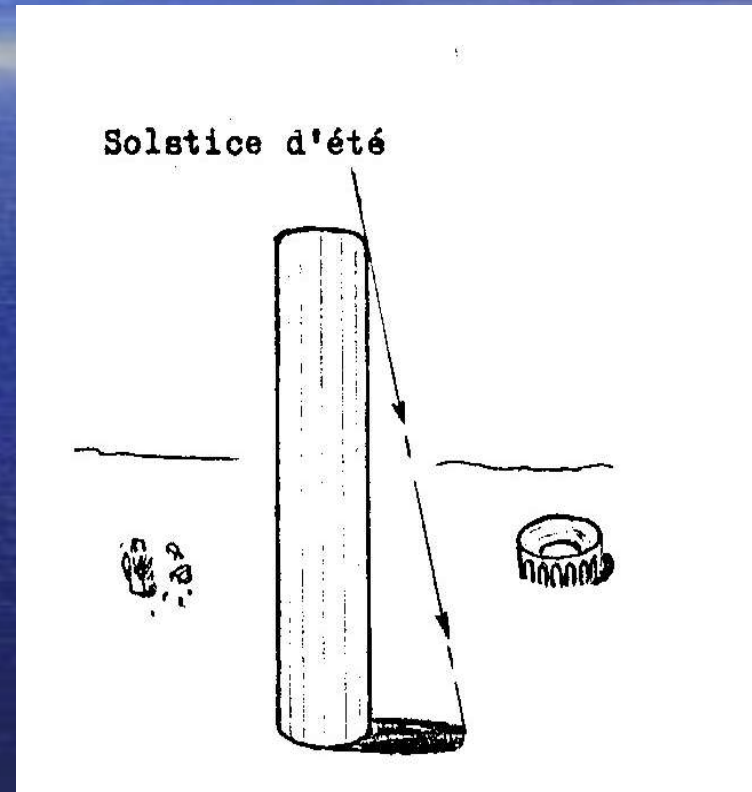
Ératosthène (276-194 av. JC) est un astronome, géographe, mathématicien et philosophe...

2.1 Observations

Ératosthène (276-194 av. JC)



Syène: le soleil éclaire le fond du puits: il est donc à la verticale

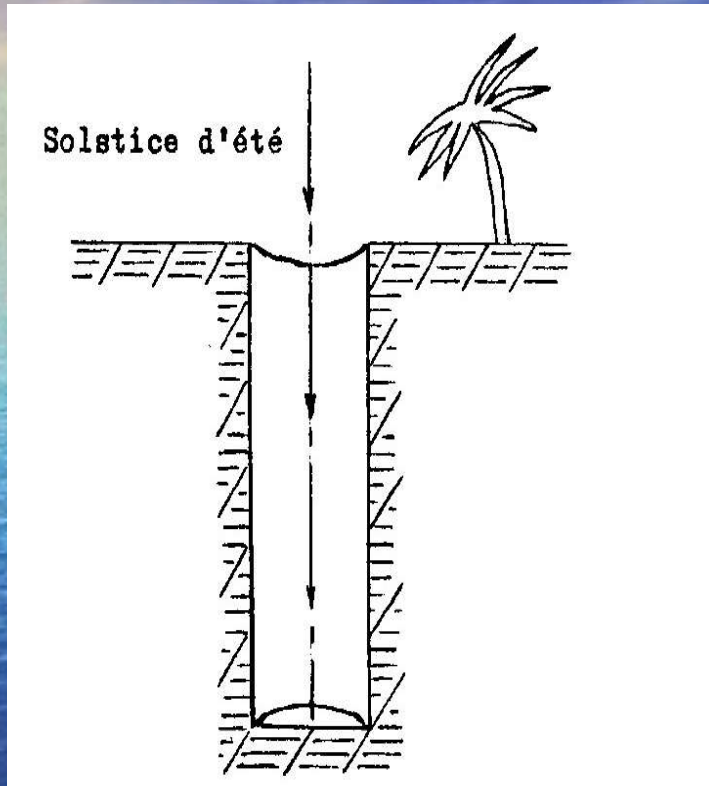


Alexandrie: le soleil projette une ombre de $7,5^\circ$ avec la colonne

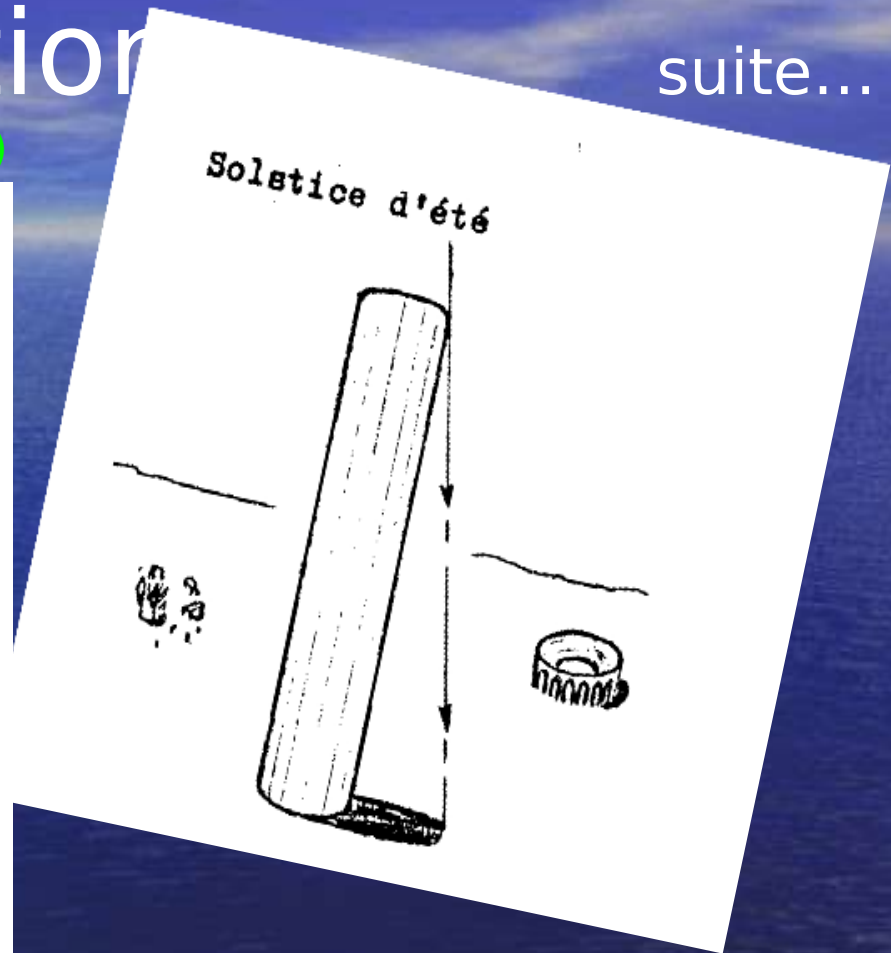
2.2 Observation

suite...

Ératosthène (276-194 av. JC)



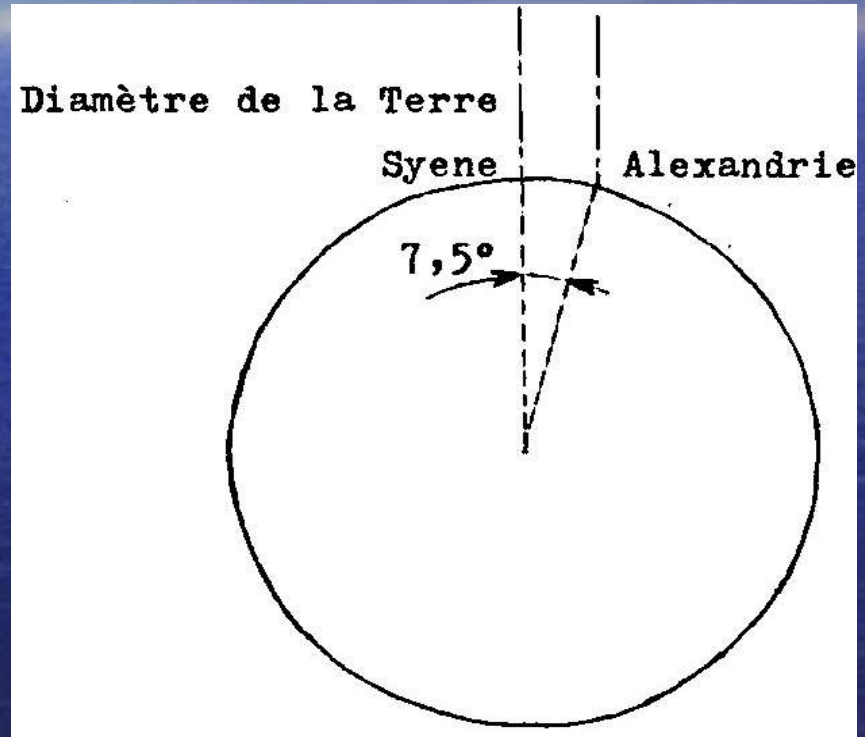
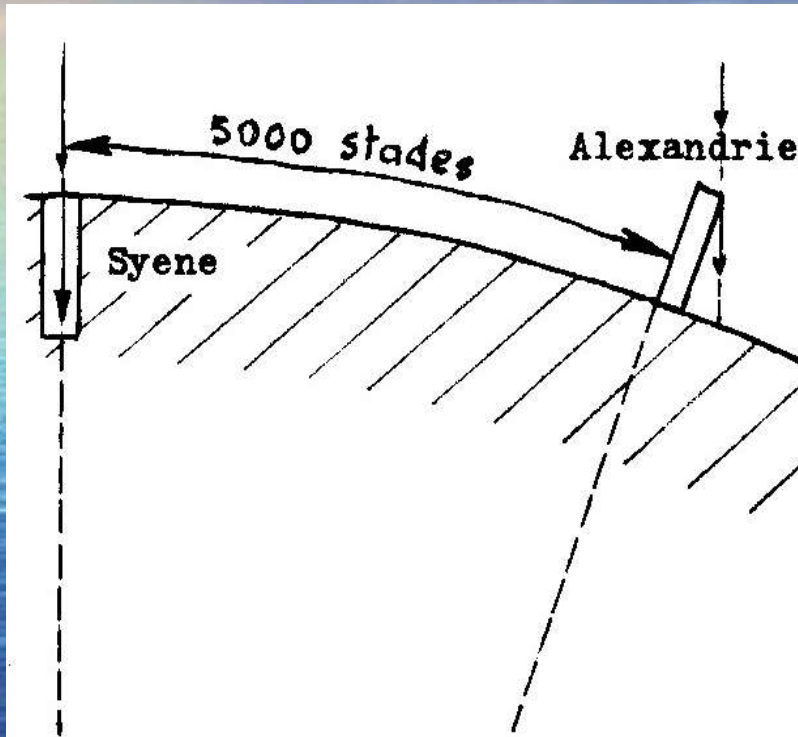
Syène: le soleil éclaire le fond du puits : il est donc à la verticale



Alexandrie le soleil projette une ombre de $7,5^\circ$ avec la colonne

2.3 Analyses & calculs

Ératosthène (276-194 av. JC)



$5000 * 0.170 \sim 850 \text{ km}$
Il existe plusieurs
hypothèses de mesures.

$7.5^\circ \sim 1/50^{\text{ème}} \text{ circonférence}$
 $850 * 50 \sim 42500 \text{ km.}$
 $42500 / 3.14 \sim \underline{\underline{13500 \text{ km}}}$

2.4 Vérifications

- Les Phéniciens
 - Constatent que l'on voit d'abord les voiles puis la coque d'un navire venant vers nous.
- La voûte céleste
 - De nouvelles étoiles apparaissent si on déplace vers le Sud.
 - Plus on va vers le Nord plus il y a d'étoiles circumpolaires.
- La ligne d'horizon pour ~ 13500 km
 - A 40 km, une falaise de 100 m est invisible (faux si la terre était plate)
 - $d = 4 * \sqrt{h}$ (voir annexe)
 - Km m

2.5 validation

- La terre a un diamètre de ~ 13500 km
- C'est vrai que dans notre hypothèse de travail.
- Réaliser des mesures complémentaires.

3 - La lune : notre satellite

- 3.1 le déplacement de la lune
- 3.2 un diamètre par heure ?
- 3.3 observations
- 3.4 hypothèses
- 3.5 solutions graphiques
- 3.6 les paramètres lunaires
- 3.7 validations

3.0 La lune

«*Cette faucille d'or dans le champ des étoiles*» Victor Hugo



La lune est plus grande que le personnage...



La lune est plus grande que le sommet de la montagne...

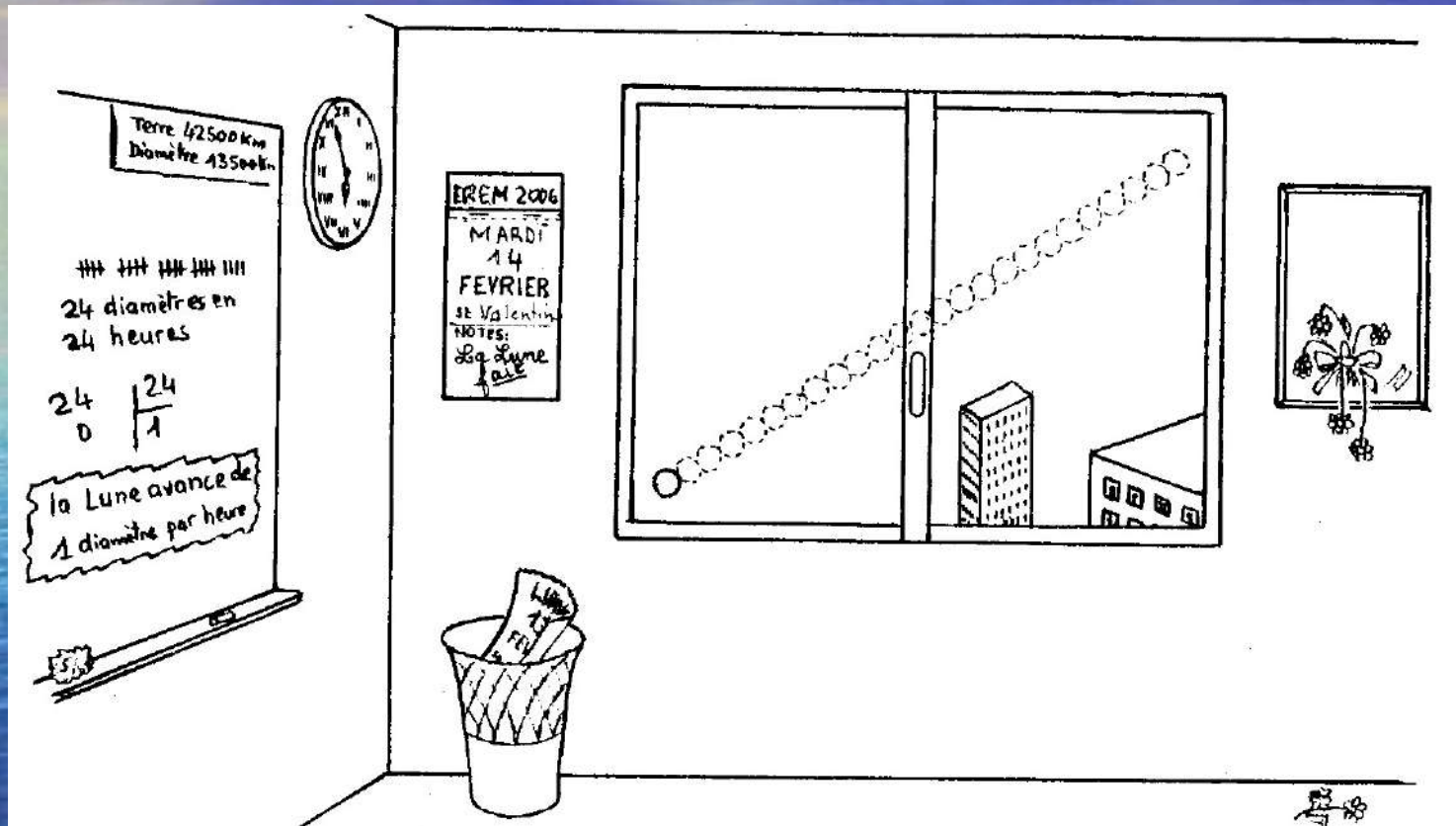
Ces observations sont très facile à réaliser et à la portée de tous...

3.1 Le déplacement de la lune



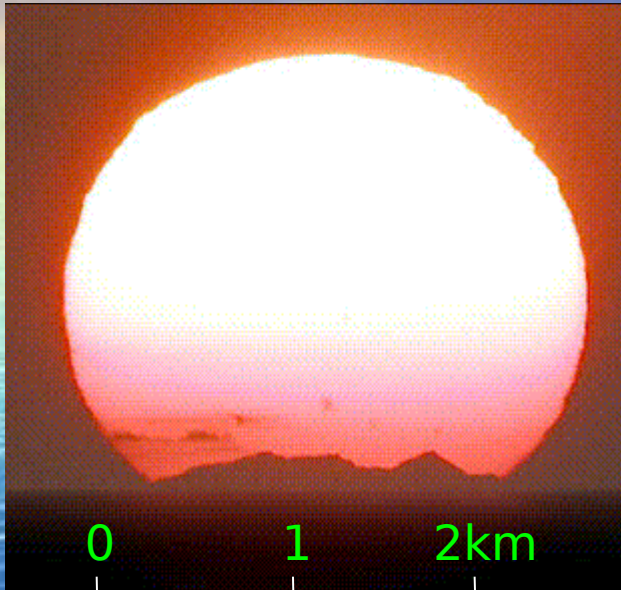
Il faut attendre 1 heure avant de revoir Aldebaran.
La lune progresse d'1 diamètre par heure sur la voûte céleste

3.2 Un diamètre par heure ?



Se placer dans la même position que le jour précédent, cercler la lune, puis compter les diamètres apparents. Idem avec une étoile

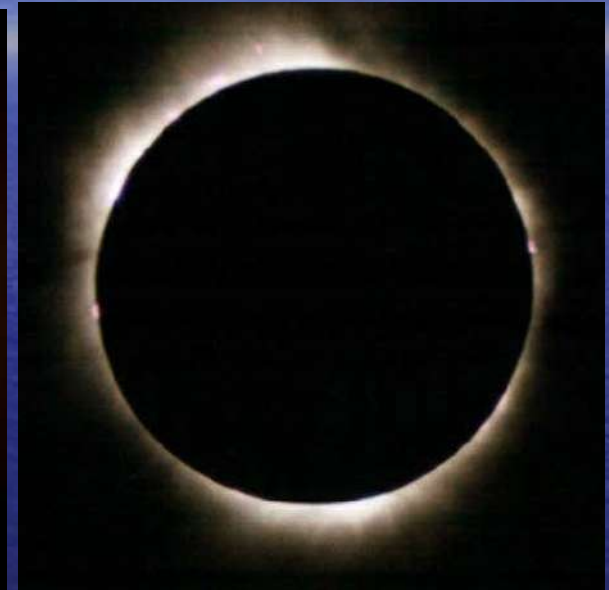
3.3 Observations



Le soleil est plus grand que la montagne à 250 km



Soleil et lune ont même diamètre apparent $\sim 0.5^\circ$ juste



Le soleil est plus grand que la lune qui l'éclipse tout

3.4 Hypothèses

| Cas | grand | moyen | petit | validation |
|-----|--------------|--------|------------|------------|
| 1 | terre | soleil | lune | ? |
| 2 | soleil | terre | lune | ? |
| 3 | soleil | lune | terre | ? |
| 4 | soleil | - | terre&lune | ? |
| 5 | soleil&terre | - | lune | ? |

Le soleil est plus grand que la lune, diamètres apparents 0.5°

3.5 Solutions graphiques

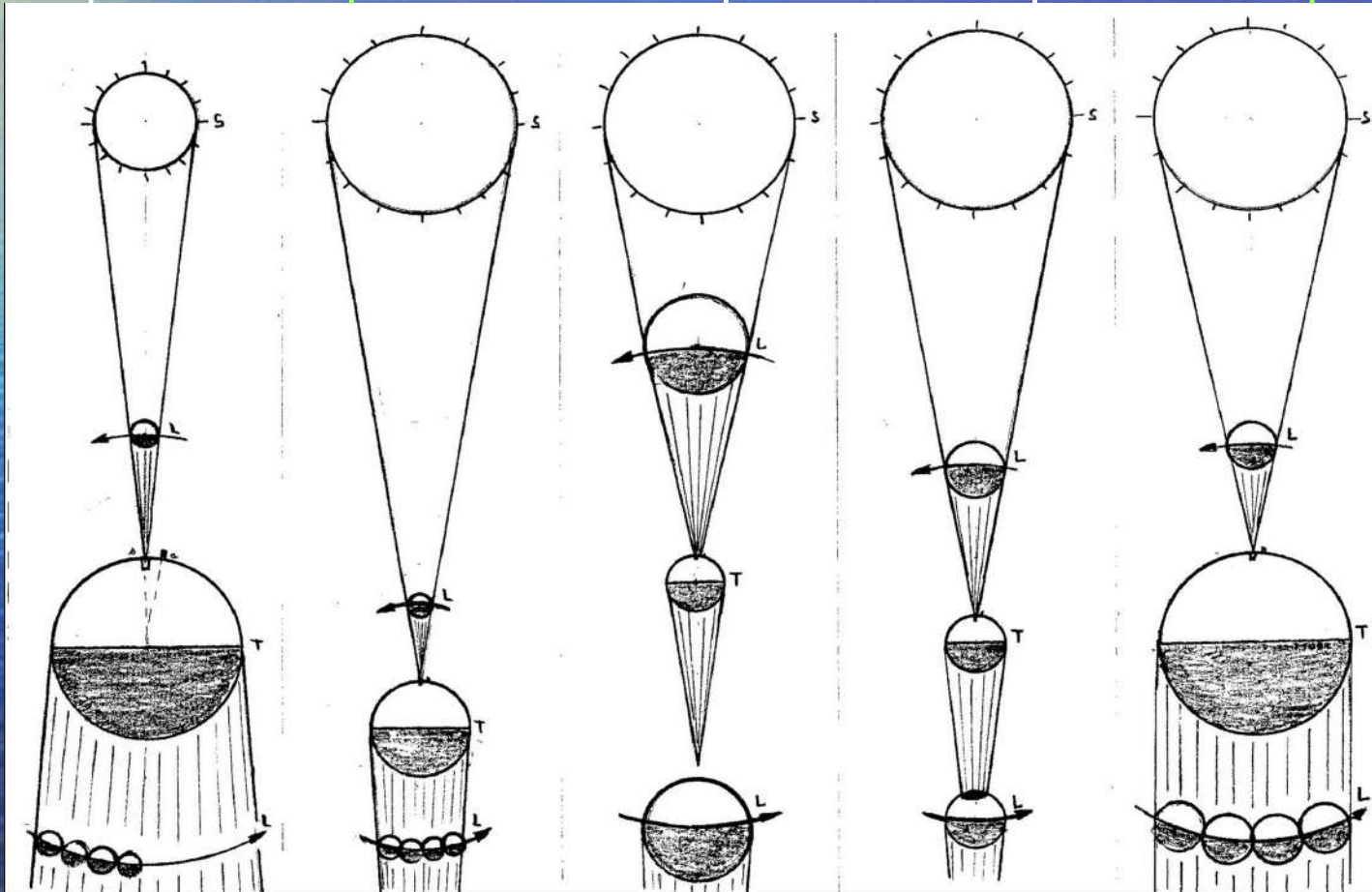
Cas n°1
impossible

Cas n°2
possible

Cas n°3
impossible

Cas n°4
impossible

Cas n°5
possible



3.5 Solutions graphiques

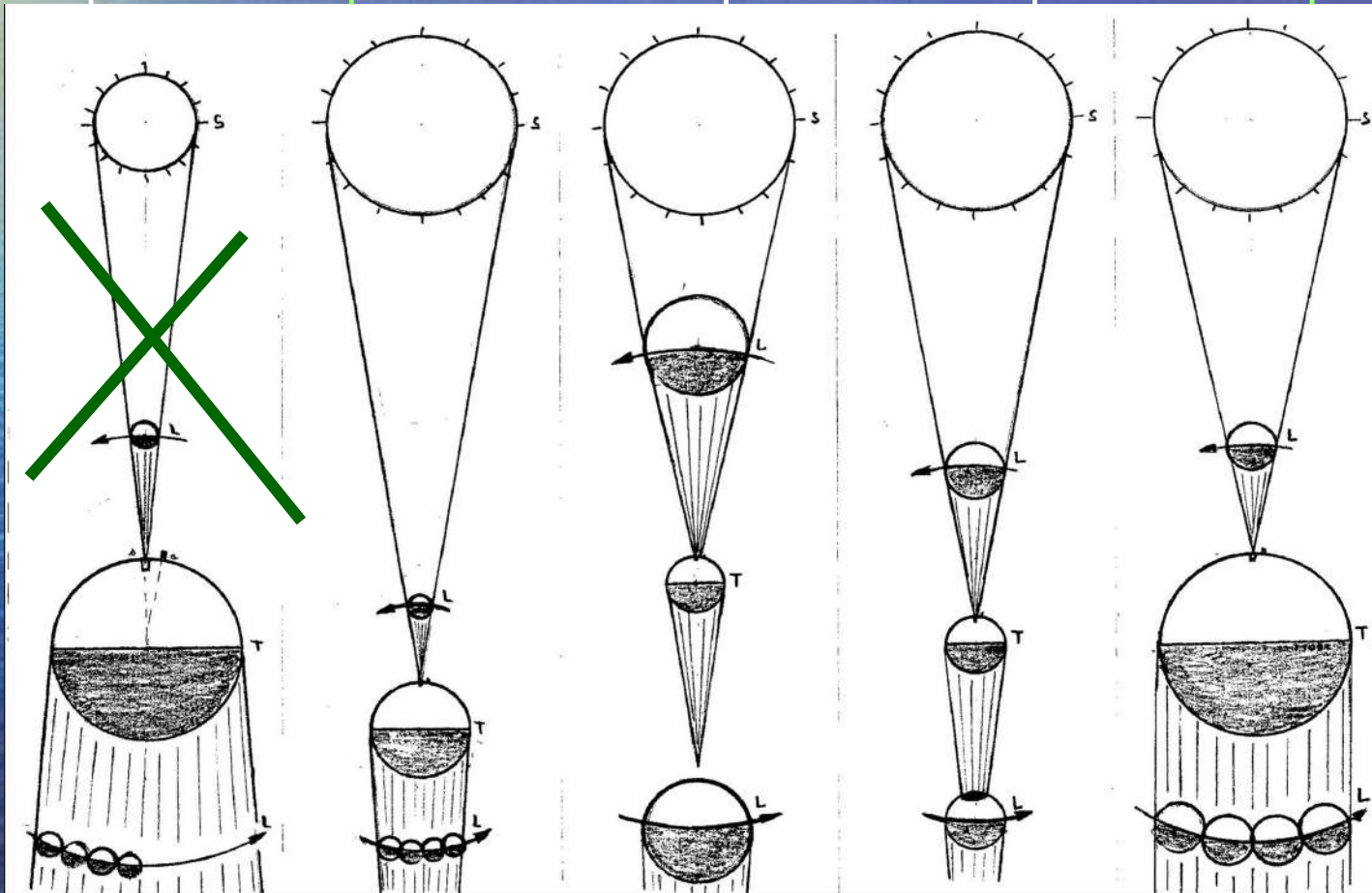
Cas n°1
impossible

Cas n°2
possible

Cas n°3
impossible

Cas n°4
impossible

Cas n°5
possible



3.5 Solutions graphiques

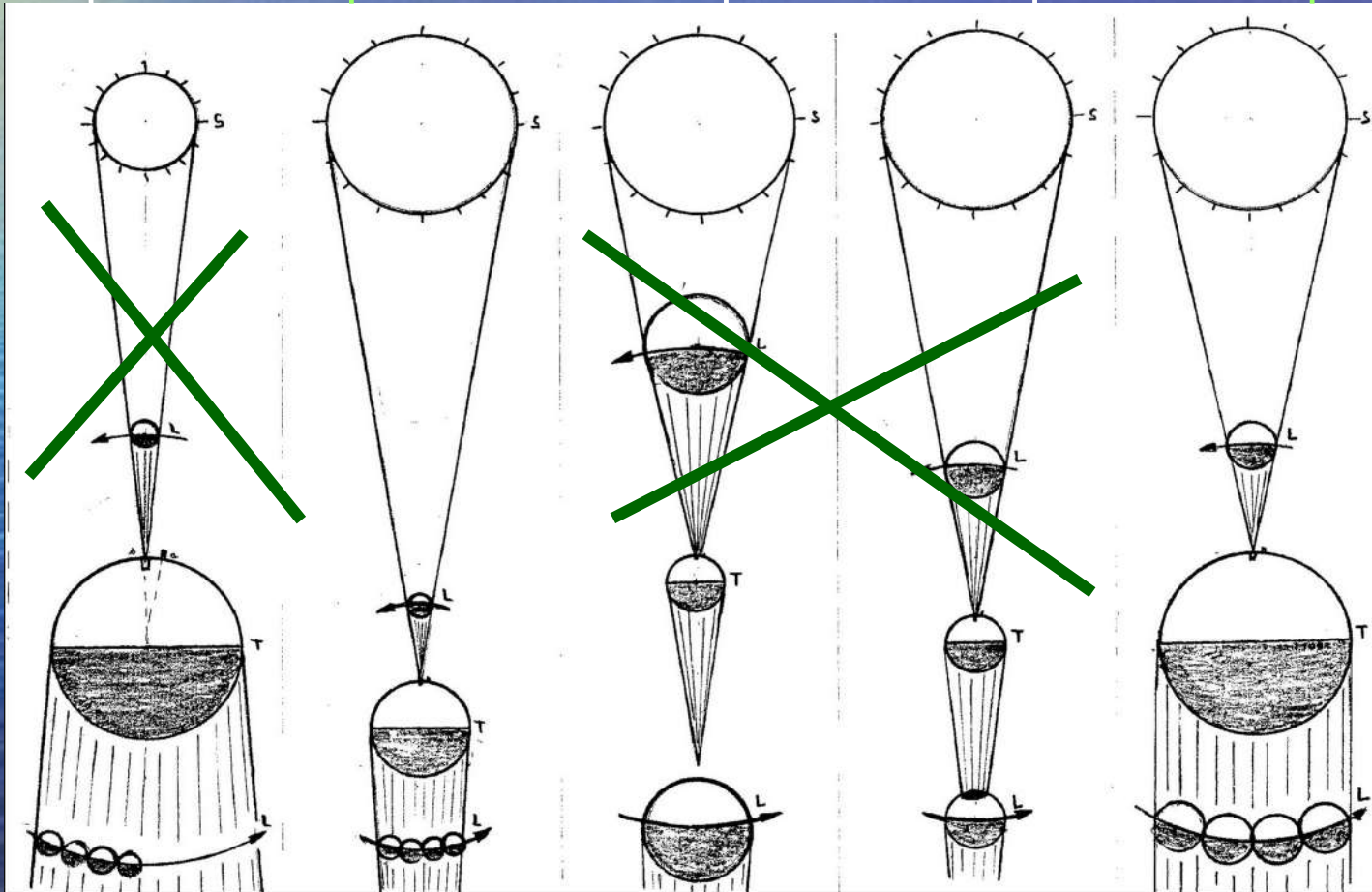
Cas n°1
impossible

Cas n°2
possible

Cas n°3
impossible

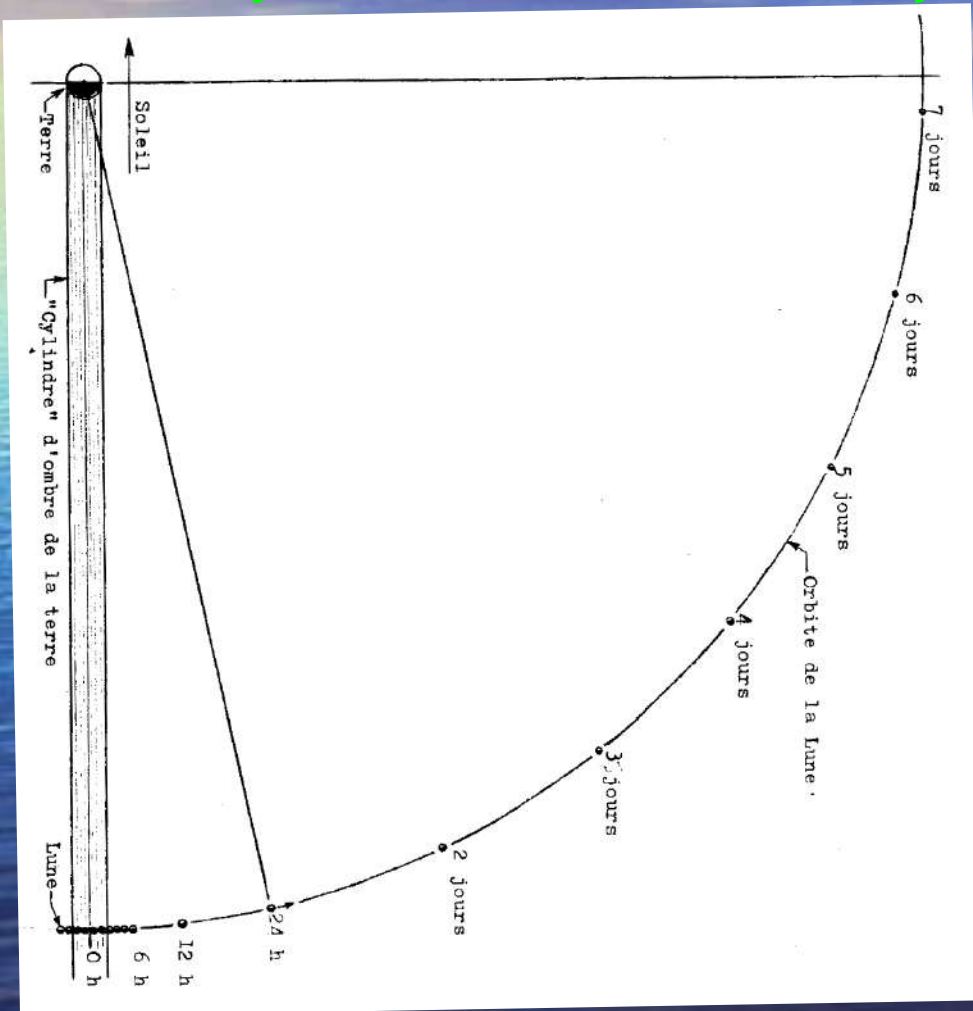
Cas n°4
impossible

Cas n°5
possible



3.6 Les paramètres lunaires

Aristarque de Samos (310-230 av. JC) Cas n°5



Le diamètre de la lune

$13500 / 4 \sim 3375 \text{ km}$

La vitesse est 3375 km/h

La distance terre - lune

$3375 * 24 * 29.5 \sim$

$2389500 \text{ km / lunaison}$

$2389500 / (2 * 3.14)$

$\sim 380500 \text{ km}$

3.7 Validations

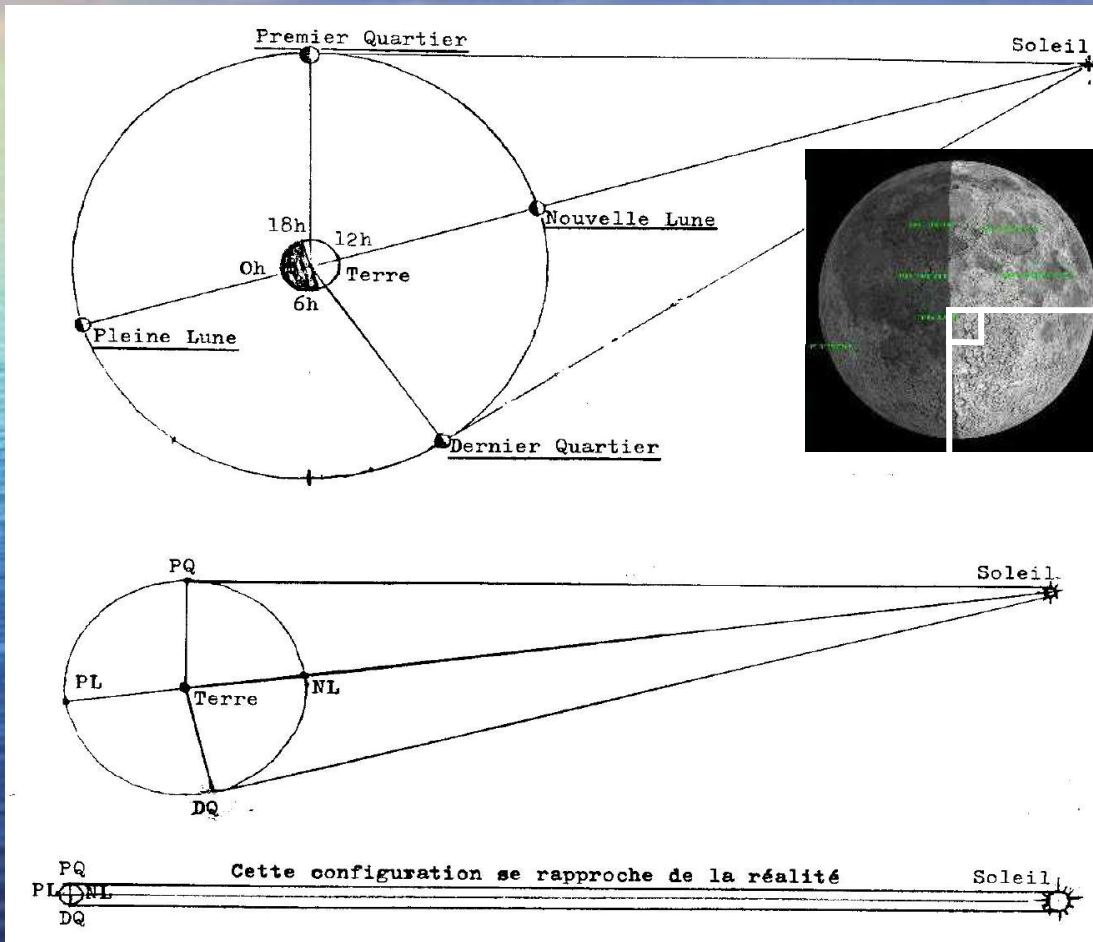
- La lune
- Diamètre: ~ 3375 km
- Vitesse: ~ 3375 km/h
- Distance: ~ 380500 km
- \sim valeur à améliorer

4 - Le soleil: notre petite étoile

- 4.1 quelle est la distance du soleil ?
- 4.2 instrumentation
- 4.3 la distance terre soleil ?
- 4.4 la terre tourne autour du soleil ?
- 4.5 distance des planètes ?
- 4.6 le système solaire ?
- 4.7 validation d'un paramètre

4.1 Quelle est la distance du soleil ?

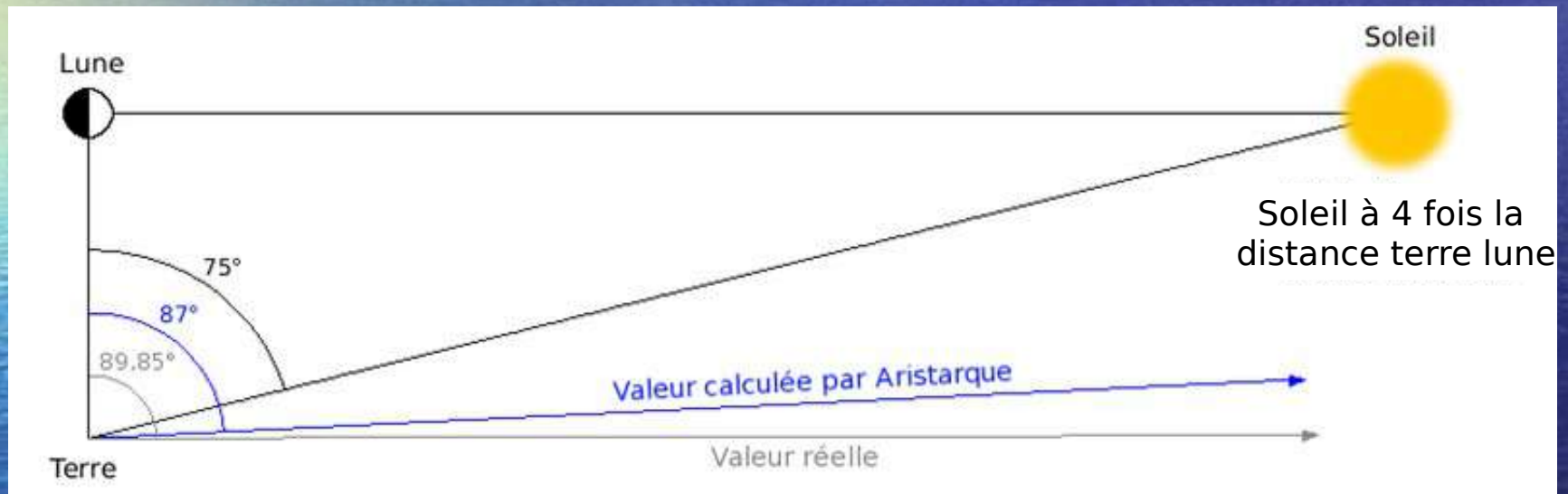
Aristarque de Samos (310-230 av. JC)



- Au premier quartier, l'angle Terre Lune Soleil $TLS = 90^\circ$, or l'angle $LTS \sim 90^\circ$.
- Le soleil est infiniment plus éloigné que la lune
- La période PQ à DQ \sim à la période DQ à PQ.
- Cela confirme le grand éloignement du soleil. et valide le principe d'Ératosthène.
- Cela implique que c'est plus simple de faire tourner la terre que le reste du monde.

4.1.2 Distance du soleil suite...

- À la recherche de l'angle Lune-Terre-Soleil



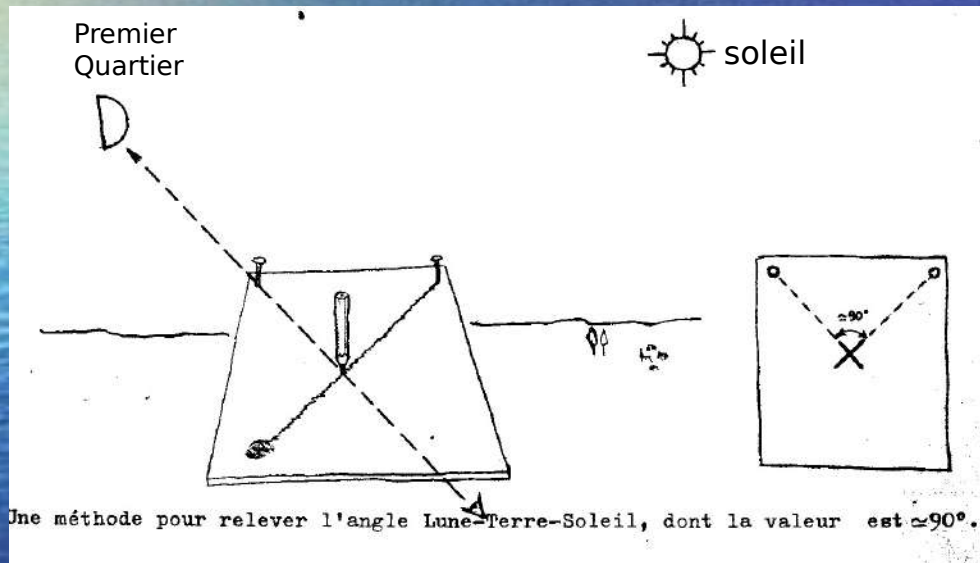
Aristarque de Samos (310-230 av. JC)

Est l'auteur du premier système héliocentrique

Calcule la grandeur et la distance du Soleil et de la Lune

4.2 Instrumentation

l'angle PQ lune-terre-soleil est voisin de 90°



Nous arrivons à une limite

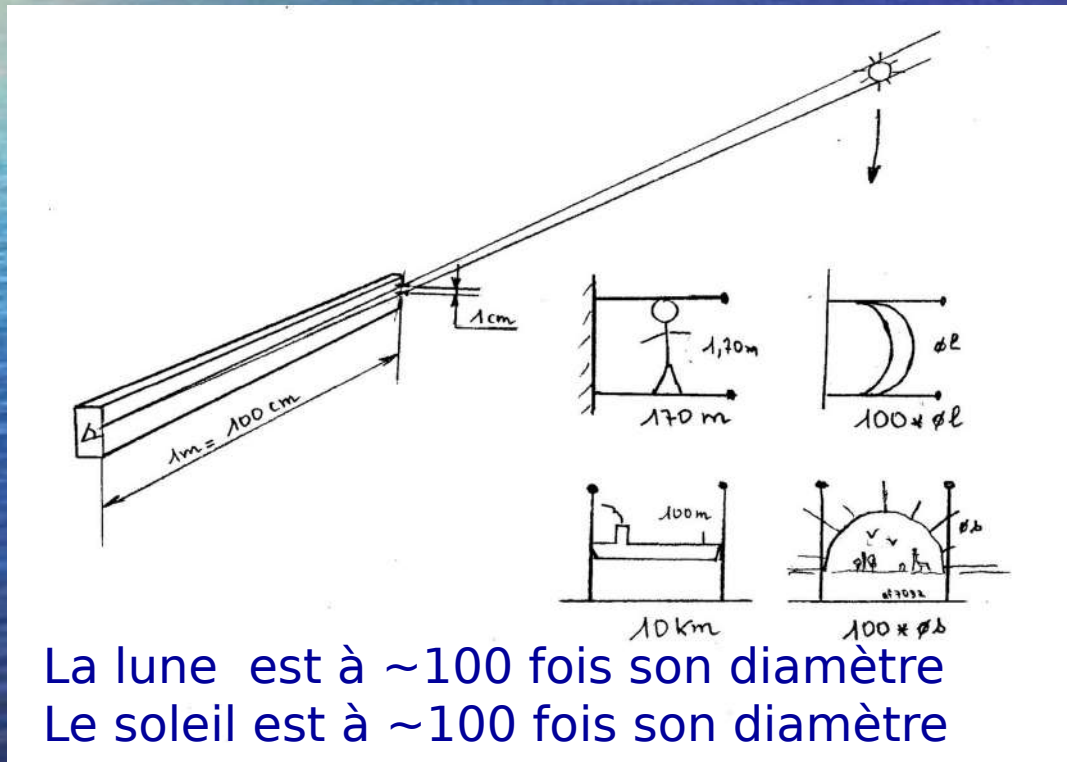
Il faut d'autres moyens pour évaluer la distance terre soleil

Distance terre soleil = 1 Unité Astronomique : UA

4.2 Instrumentation suite...

- Mesure de diamètre-distance

avec le théorème de **Thalès de Milet 625-547 av JC**
rapport 1/100^{ème} -> longueur 100cm pour un viseur de 1cm



La lune est à ~ 100 fois son diamètre
Le soleil est à ~ 100 fois son diamètre

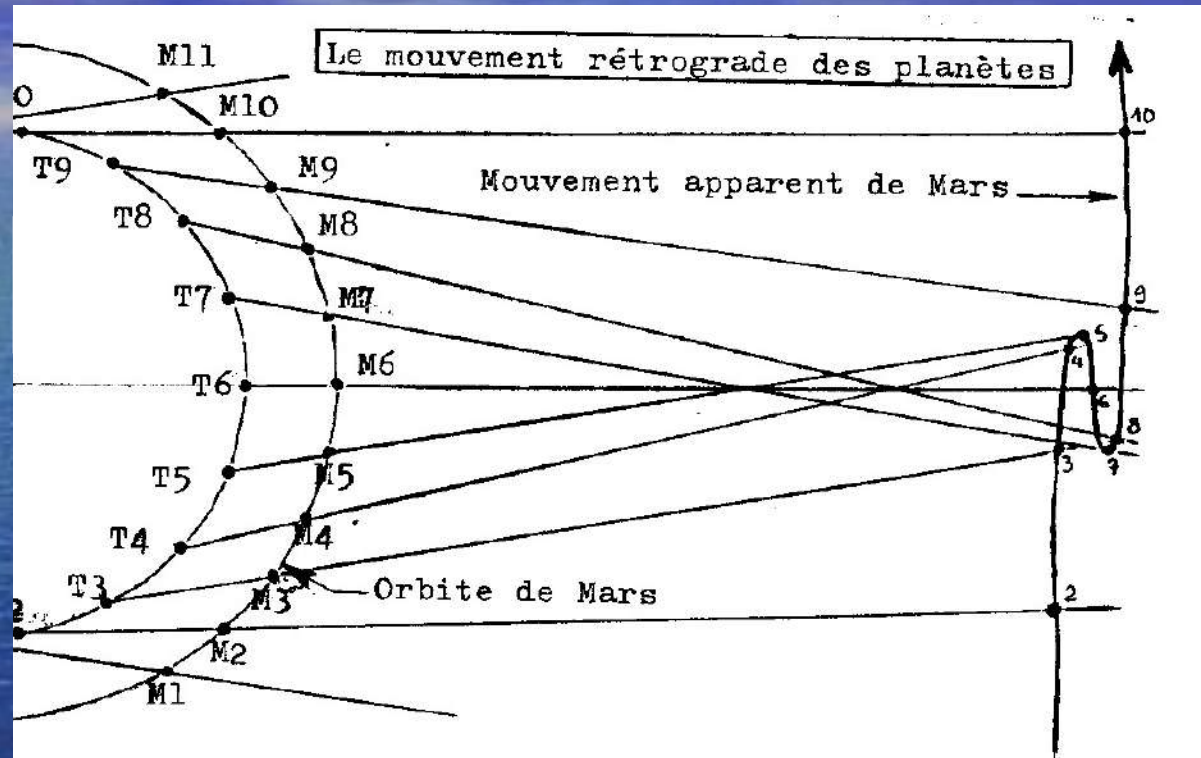


Copyright: Laurent Laveder

4.3 La distance terre soleil

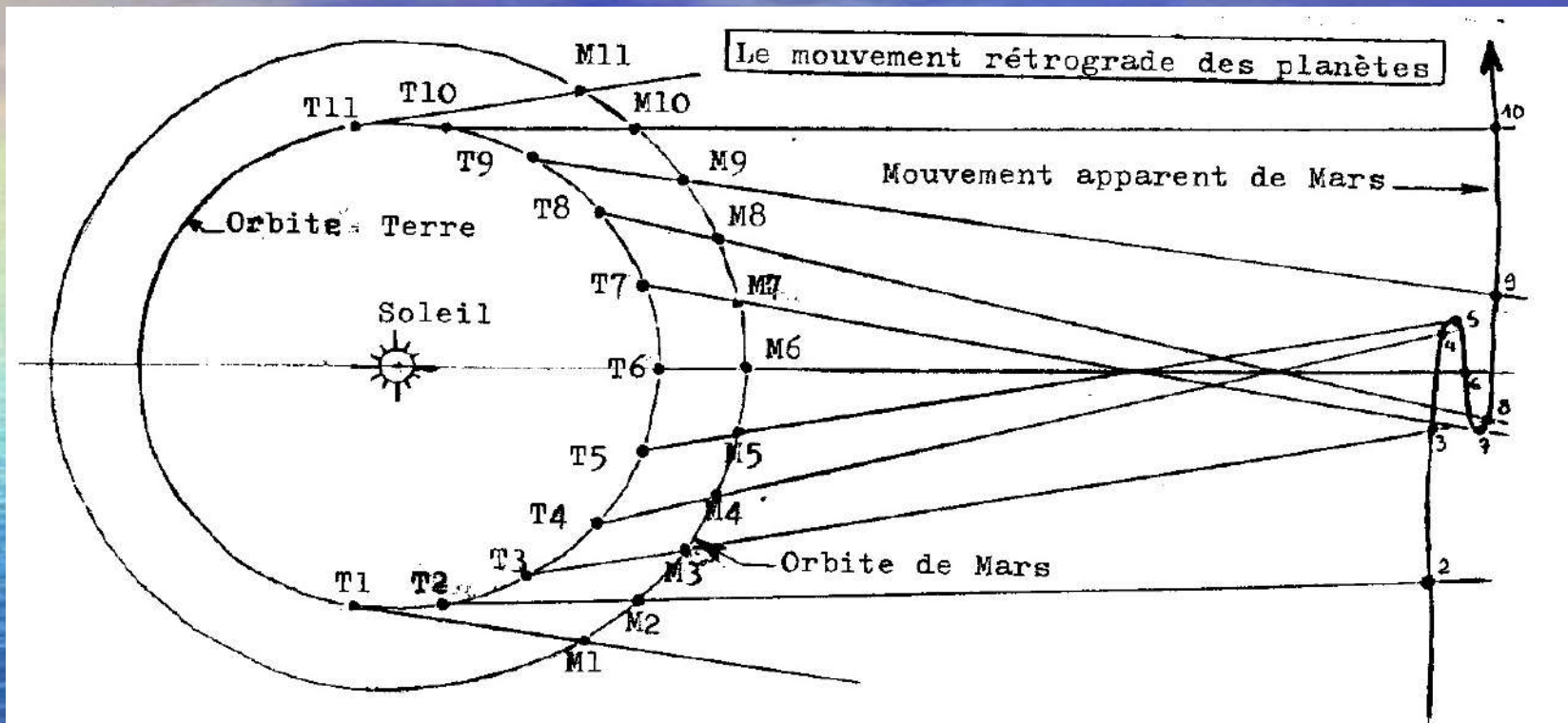
- Distance terre soleil = 1 UA (Unité Astronomique)
- Anaxagore (500-428 av.JC) 6 500 km soleil 60 km
- 3.5 voir solutions graphiques 1 350 000 km soleil 13500km
- Aristarque (héliocentrisme) 8 000 000 km soleil 80000km
- **Mesure accessible 40 000 000 km 89.5°**
- Méthode de calcul indirect: passage de Vénus, astéroïdes... devant le soleil pour évaluer sa distance (*inaccessible à l'époque grecque*).
- A l'époque grecque, la distance des planètes est évaluée par rapport à la distance terre soleil...

4.4 La terre tourne autour du soleil



le mouvement rétrograde de Mars (M5 à M7)
la terre se déplace respectivement de T1 à T11
au delà les étoiles sur la « sphère des fixes »
le soleil est une étoile (la plus proche de nous)

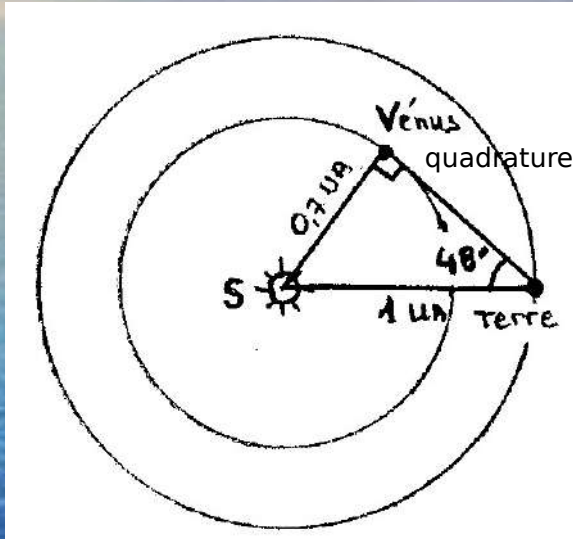
4.4 La terre tourne autour du soleil



le mouvement rétrograde de Mars (M5 à M7)
la terre se déplace respectivement de T1 à T11
au delà les étoiles sur la « sphère des fixes »
le soleil est une étoile (la plus proche de nous)

4.5 Distance relatives des planètes

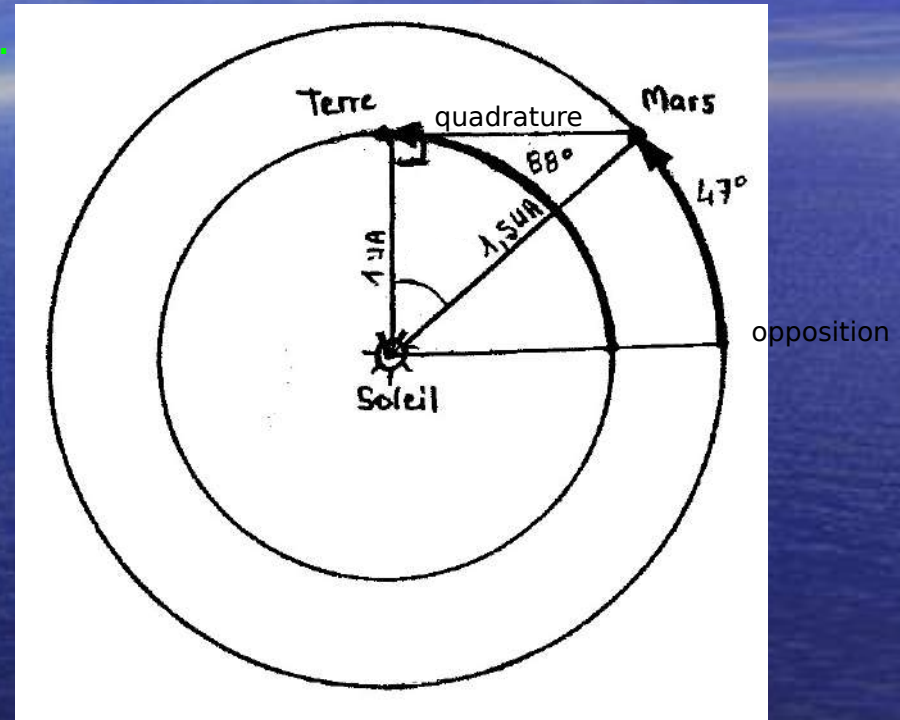
Aristarque de Samos (310-230 av. JC)



Dist. Soleil Vénus ~ 0.7 UA

Soleil Mercure ~ 0.4 UA

(distance planète < 1 UA)



Dist. Soleil Mars ~ 1.5 UA

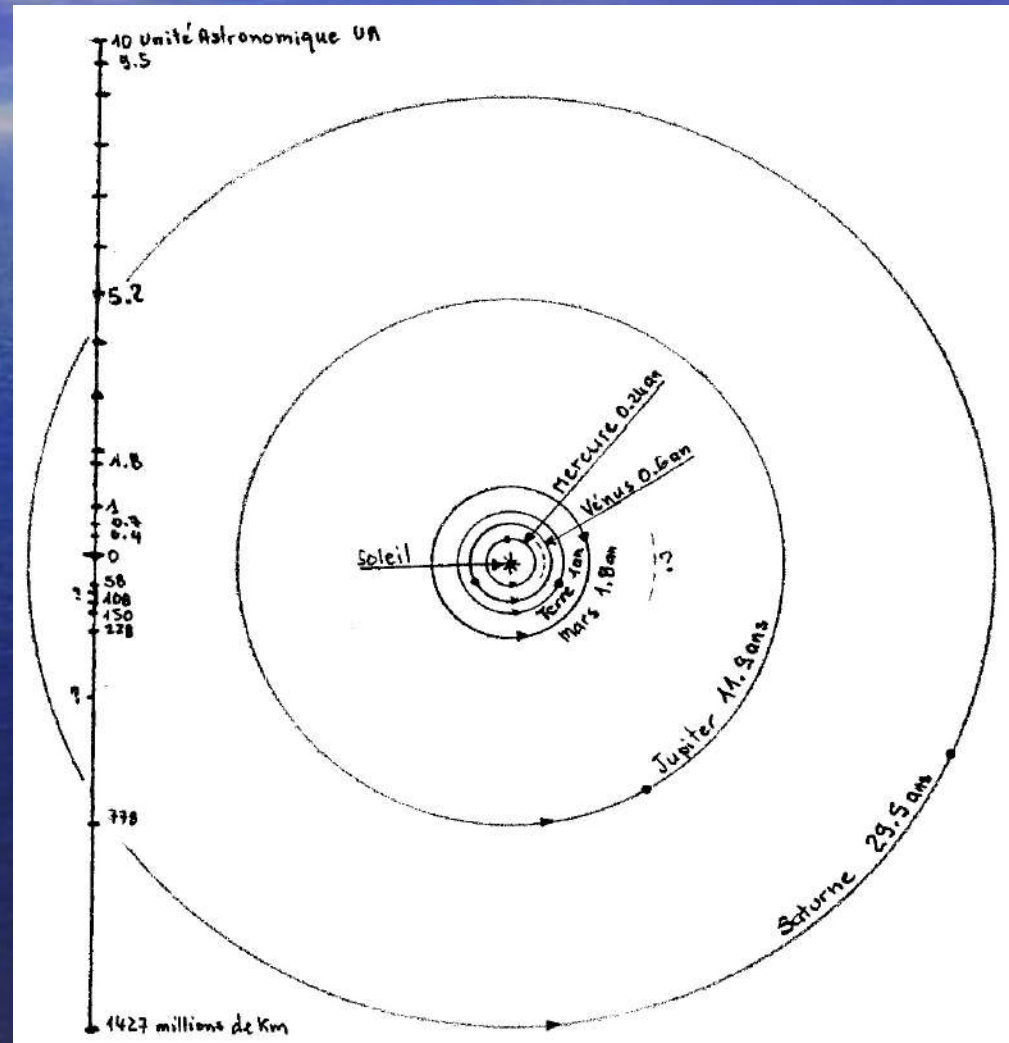
Soleil Jupiter ~ 5 UA

Soleil Saturne ~ 10 UA

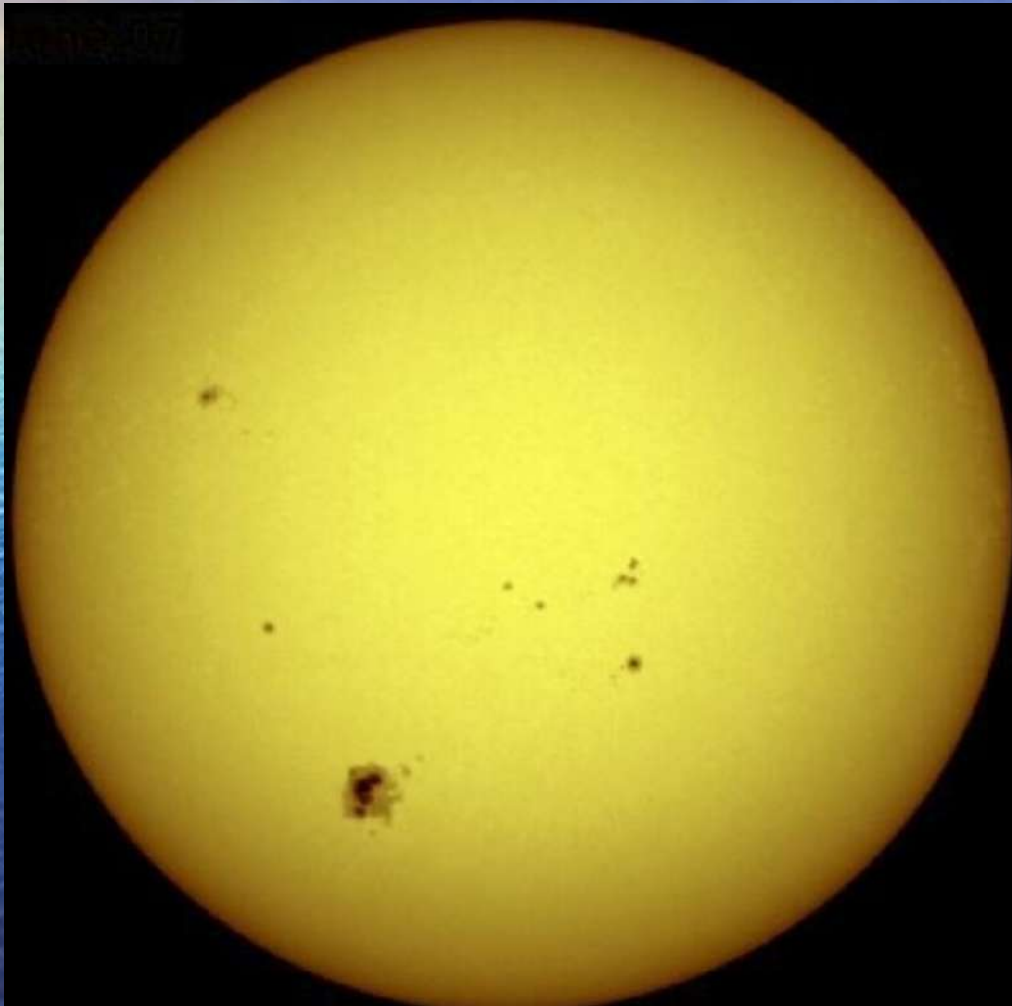
(distance planète > 1 UA)

5 Le système solaire

- 5.0- SOLEIL
- 5.1- Mercure
- 5.2- Vénus
- 5.3- Terre
- 5.4- Mars
- 5.5- Jupiter
- 5.6- Saturne
- 5.7- Uranus
- 5.8- Neptune



• 5.0- SOLEIL



- Le Soleil est l'étoile la plus proche de la Terre.
- Le soleil est composé d'hydrogène et d'hélium.

5.1 Mercure

Galilée : première observation à la lunette astronomique en 1609 (4 siècles)



Jour de Mercure : mercredi

Diamètre=4 878 km

Distance = 57 000 000 km

5.2 Vénus



Jour de Vénus : vendredi

Diamètre = 12 104km.

Distance = 108 000 000 km

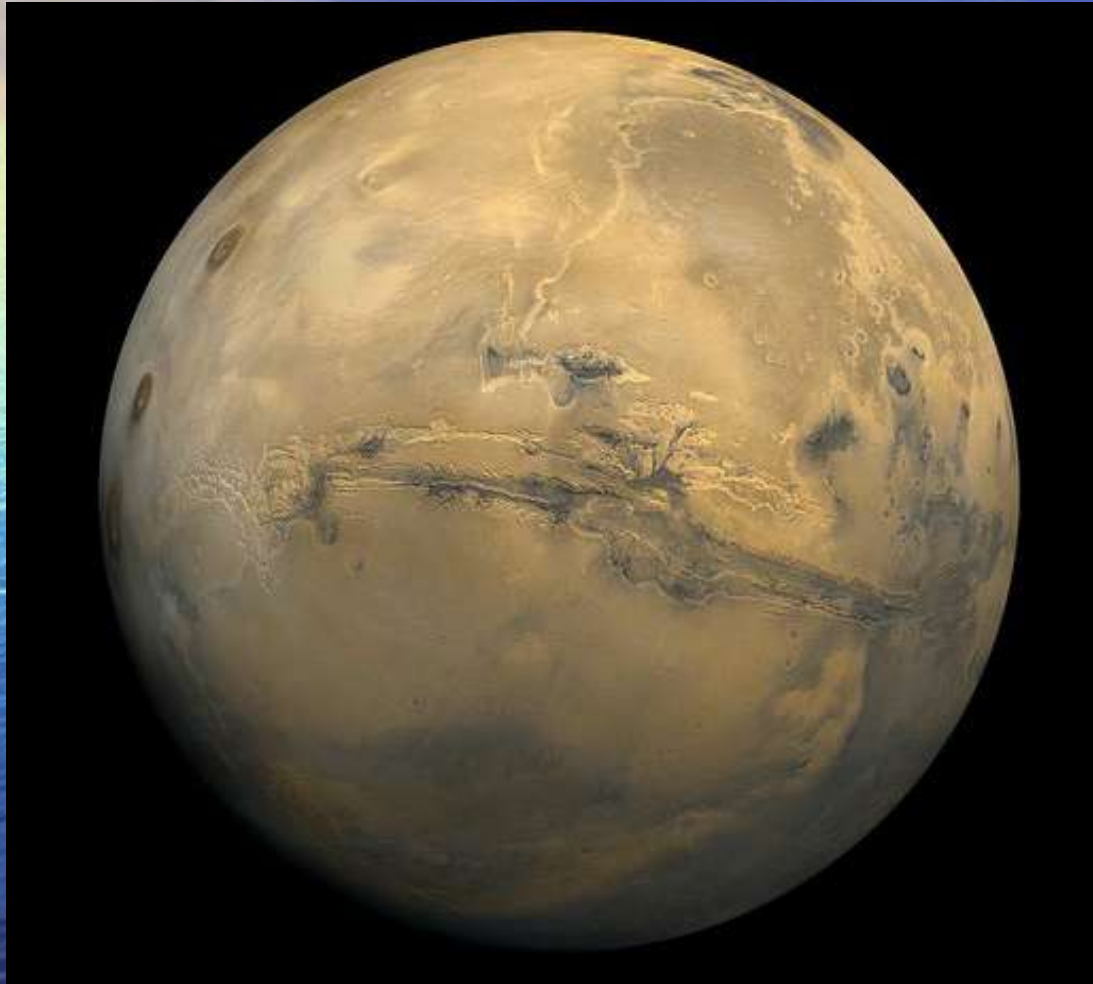
5.3 Terre



Diamètre = 12 756 km.

Distance = 150 000 000 km.

5.4 Mars

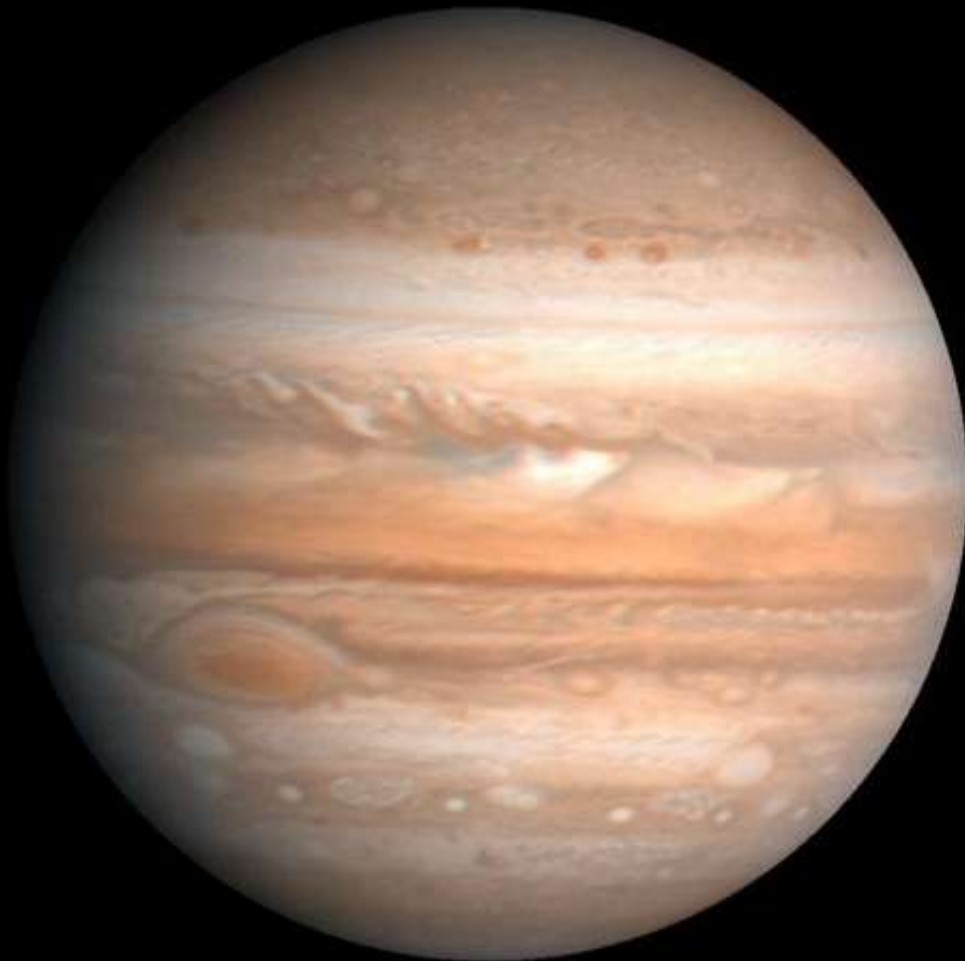


Jour de mars : mardi

Diamètre = 6 787 km.

Distance=228 000 000 km

5.5 Jupiter

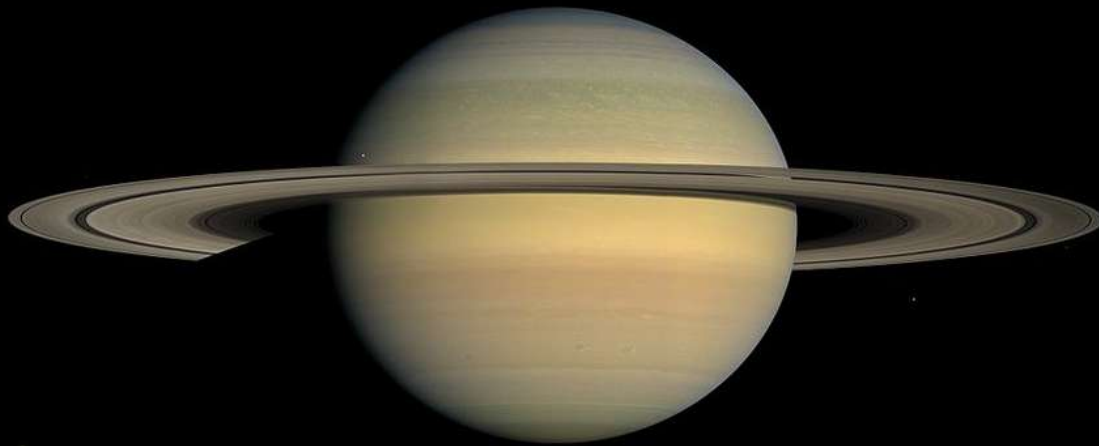


Jour de Jupiter : jeudi

Diamètre = 142 800 km.

Distance = 780 000 000 km

5.6 Saturne



Jour de Saturne : saturday

Diamètre = 120 500 km.

Distance = 1 500 000 000 km

5.7 Uranus



Jour de Uranus : ?

Diamètre = 51 120 km.

Distance = 3 800 000 000 km

5.8 Neptune



Jour de Neptune : ?

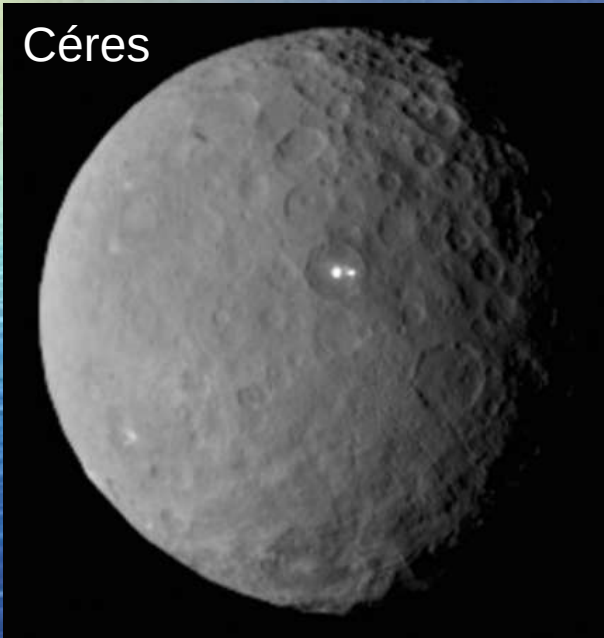
Diamètre = 51 120 km

Distance = 4 500 000 000 km

5.9 Cérés et Pluton...

planètes naines comme Hauméa, Makémaké et Eris

Cérés



Diamètre = 945 km

Distance = 418 000 000 km

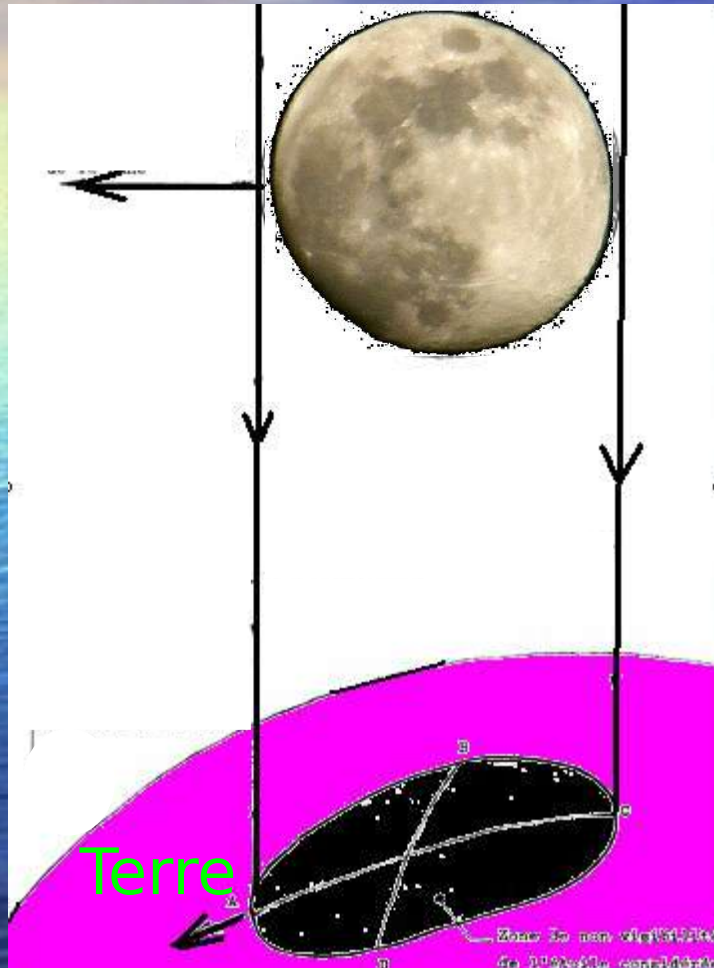
Pluton



Diamètre = 2 326 km

Distance = 5 906 000 000 km

4.7 Validation d'un paramètre



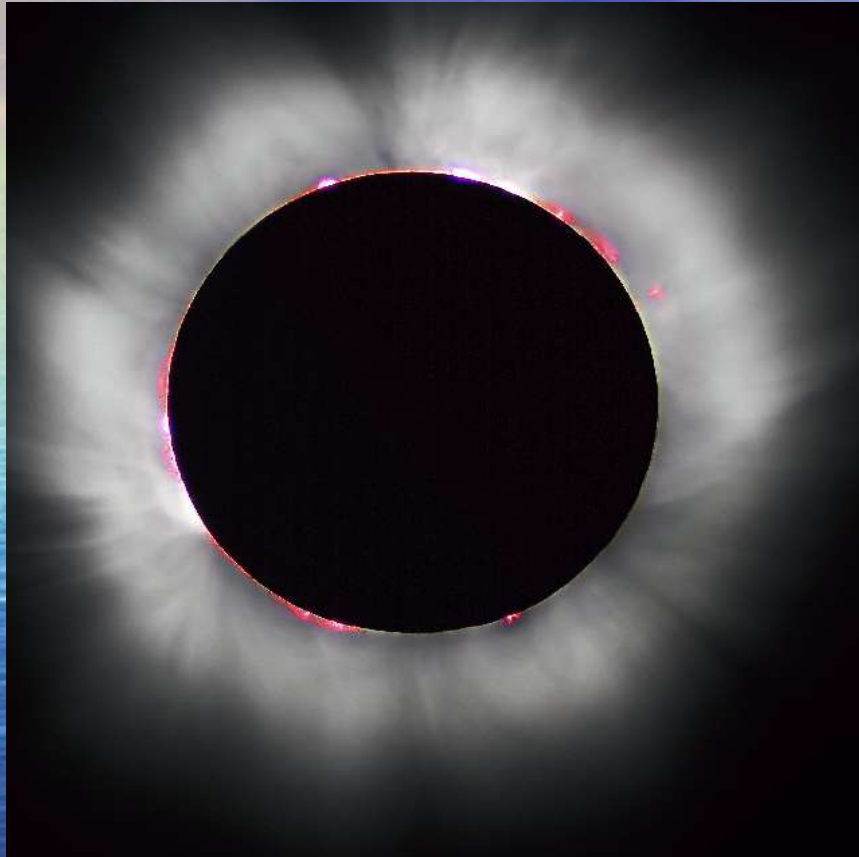
- la lumière d'une étoile est parallèle (car les étoiles sont infiniment éloignées)
- la lune occulte une étoile brillante en Norvège l'étoile est au Nord de la lune au Maroc l'étoile est au Sud de la lune
- la distance en latitude renseigne sur le diamètre de la lune.

L'image projetée de la lune sur la terre «donne» son diamètre ~ 3500 km.

5.1 - Conclusions et annexes

- **Sur la base d'observations très simples**
 - nous avons démontré que la terre est une sphère
 - nous savons évaluer le diamètre de la terre
 - nous évaluons le diamètre de la lune + vérification
 - nous évaluons la distance de la lune
 - les paramètres solaires nous posent problème
- **Il nous faut un peu d'instrumentation pour:**
 - mesure de distances, d'angle, de temps...
- **Nous sommes resté les « pieds sur terre »**
 - nous avons fait appel à des notions simples
 - ... sans mathématiques sophistiquées
- **Nous avons ainsi mesuré...
une petite parcelle
d'Univers...**

5.2 - Paramètres réels



L'éclipse totale du 11 août 1999
France (la lune devant le soleil)

La Terre

- diamètres : 12757 & 12714 km
- vitesse : 107000 km/h

La lune

- diamètre : 3476 km
- vitesse : 3680 km/h
- distance : 384600 km

Le soleil

- diamètre : 1391000 km
- distance : 149600000 km = UA
- 390 fois distance Terre Lune

Capella

2 500 000 fois Terre soleil
distance 42 années-lumière

Galaxie d'Andromède ci-contre ->

Distance 20000000000000000000 km ou
2 500 000 al (600 000 Terre Capella)



5.3 «Il est grand comment le soleil ?»

- Réponses spontanées sans intervention du professeur de tous les élèves d'une classe de maternelle grande section et CP.

Isaline : il est rond,
Devv : je sais pas,
Jonathan : il est bleu,
■ Pascal : grand comme ça (2 bras allongés),
Jessie : il y a des pics dessus (dessiné les rayons avec son doigt),
■ Lauryne : grand (il étend les bras),
Luna : j'me rappelle plus,
Emmanuel : il est grand comme il est,
Duncan : il est très grand,
Idris : il est grand et rond,
Emre : 50 m de largeur,
Mathilde : comme il faut qu'il soit,
Baptiste : il a de longs traits,
Amélie : il a du feu et il est rond,
Emma : il est grand à cause de ses pics,
■ Kevin : il est gros comme ça (il écarte les bras),
■ Steve : il est grand comme ça (il fait une boule avec ses deux mains),
■ Jessy : montre le globe de la classe,
■ Clint : comme ça,
■ Océann : montre avec ses mains (de la taille d'une orange),
Brad : c'est une planète.

5.4 - Eclipse du 25 octobre 2022

- Photo prise en Bretagne à Evran en au télescope --□
- Ne jamais regarder le soleil sans se protéger les yeux risque de cécité permanente !
- Pour voir l'éclipse on peut utiliser un carton avec un petit trou central ou comme ceci...



Photo : Michel

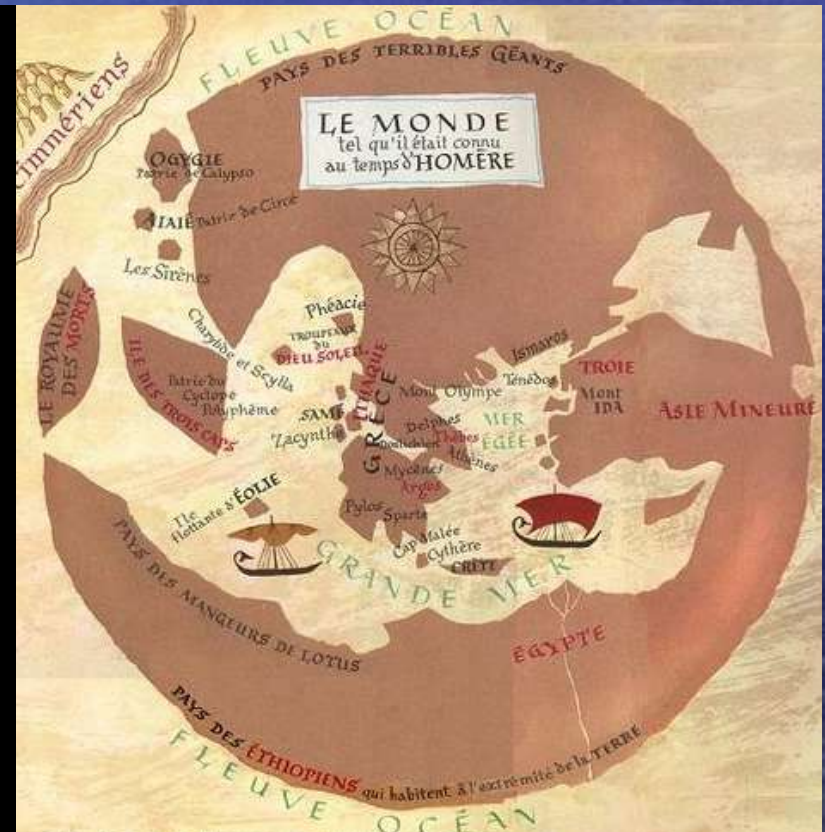
5.5 Lever de Terre sur la Lune...

- Photo d'un lever de Terre depuis la Lune « mission Apollo » du 25 décembre 1968.
- Une photo qui reste une des plus marquante pour l'humanité et qui était inimaginable à l'époque de la Grèce antique.



5.6 Le monde méditerranéen l'Europe et la Lune (même échelle)

Le disque lunaire le monde d'Homère



5.7 Notre toute petite étoile : le soleil...



Éclipse de soleil visible en France

2026 le 12 août, visibilité 90%, (totale Nord Espagne)

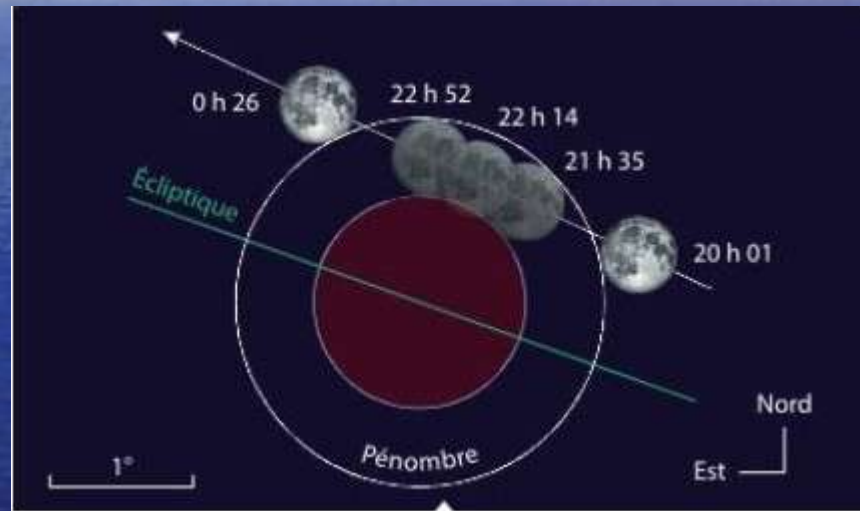
Eclipse de lune visible en France

2023 le 28 octobre - - - ->

2024 le 18 septembre

2025 le 14 mars

2025 le 7 septembre



Mis à jour : 22/09/2023 8A31
Contact: al1.faisant@gmail.com



6.1 - Ligne d'horizon :

$$d = 3.56 * \sqrt{h}$$

d en km
h en mètre



r = rayon terrestre

h = hauteur ($h \ll r$)

d = distance ligne horizon

$$d^2 + r^2 = (r+h)^2$$

$$d^2 = (r+h)^2 - r^2$$

$$= r^2 + 2rh + h^2 - r^2$$

$$= 2rh + h^2$$

$$= (2r+h)*h$$

$$\sim 12714000*h$$

$$d = \sqrt{12714000} * \sqrt{h}$$

$$d = 3560 * \sqrt{h}$$

$$= 3.56*1000 * \sqrt{h}$$

$$d = 3.56 * \sqrt{h}$$

km

m

6.2 Énigme d'Einstein (réactualisée...)

Les débuts de l'astronomie s'apparentent à cette énigme que 2 % de la population saurait résoudre selon Albert Einstein... Et vous ?

- Cinq personnes de nationalités différentes habitent 5 maisons de couleurs différentes, ont 5 professions différentes, boivent 5 boissons différentes et possèdent 5 animaux différents.
La résolution de ce problème ne nécessite aucune supposition et aucun hasard, c'est juste une question de logique.
- Question : Qui possède le poisson ?
- - 1 L'anglais(e) vit dans la maison rouge
 - 2 Le/la suédois(e) a un chien
 - 3 Le/la danois(e) boit du thé
 - 4 La maison verte est à gauche de la maison blanche
 - 5 Dans la maison verte on boit du café
 - 6 Le/la biologiste a un oiseau
 - 7 Dans la maison du milieu on boit du lait
 - 8 L'océanographe habite dans la maison jaune
 - 9 Le/la norvégien(ne) habite dans la première maison
 - 10 L'astronome habite à côté de qui possède un chat
 - 11 Un cheval crèche à côté de l'océanographe
 - 12 Le/la chimiste boit de la bière
 - 13 Le/la norvégien(ne) habite à côté de la maison bleue
 - 14 L'allemand(e) est géologue
 - 15 L'astronome voisine avec qui boit de l'eau

6.3 Réponse : l'Allemand possède le poisson

- **Voici une méthode : dessiner la rue avec cinq maisons alignées.**
-
- Dans la maison du milieu on boit du lait (7)
- Le/la Norvégien(ne) habite dans la 1^{ère} maison (9)
- La 2^{ème} maison est bleue (13)
- La 4^{ème} maison est verte car elle est à gauche de la blanche (4) **et** on y boit du café (5)
- La dernière maison est blanche (4)
- La maison du milieu est rouge car l'Anglais(e) vit dans la maison rouge (1)
- Le/la Norvégien(ne) vit dans la maison jaune (par déduction)
- L'océanographe habite dans la maison jaune (8)
- Un cheval crèche à côté de l'océanographe (11) (donc dans la maison bleue)
- Dans les maison bleue **et** blanche on boit du thé (3) **et** de la bière (12) donc dans la maison jaune on boit de l'eau (par déduction)
- L'astronome habite dans la maison bleue (15)
- Le chimiste boit de la bière (12) dans la maison blanche (par déduction)
- Le Danois(e) boit du thé (3) dans la maison bleue (par déduction)
- Dans la maison verte habite le géologue (14) car Allemand(e) (par déduction)
- Le Suédois(e) habite la maison blanche (par déduction) et a un chien (2)
- L'Anglais(e) est biologiste (par déduction) et a un oiseau (6)
- L'océanographe possède un chat (10) car le biologiste a déjà un oiseau (6)
-
- **C'est donc l'Allemand qui possède le poisson.**
- Nota : les maisons peuvent être disposées en c, l, m, n, s, u, v, w, x, z... ce sont des variantes.