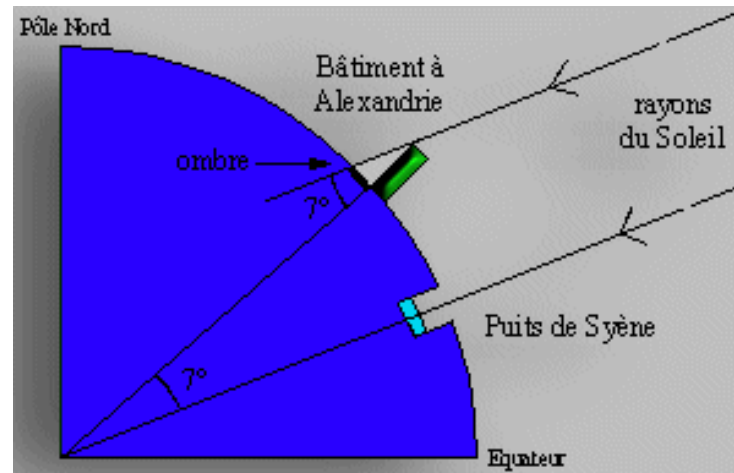
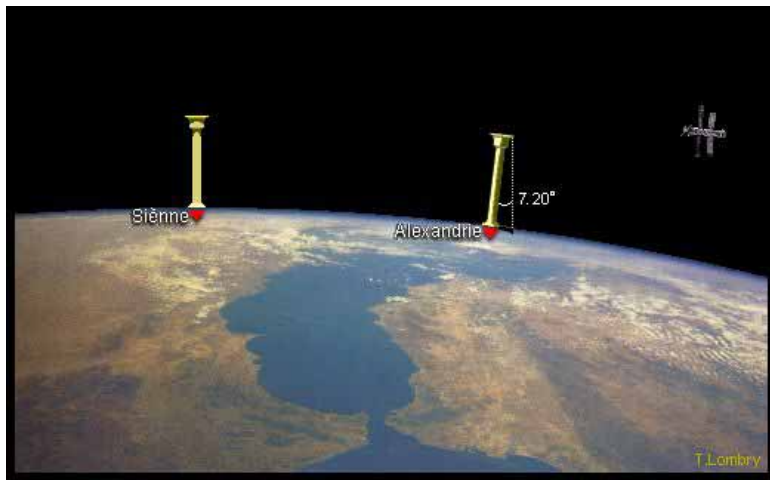


Présentation du projet Eratosthène ou comment mesurer la circonférence de la Terre à partir de l'ombre d'un clou



CLASSE DE CM2
Ecole Joseph Cornier LYON
V. Versaevel

Les affiches présentées dans ce documents ont été réalisées par les 28 élèves de la classe de CM2 de Madame Versaevel, à l'école Joseph Cornier, pour rendre compte du travail mené au cours de l'année scolaire 2004-2005.

Le parti a été pris de commencer par présenter le point d'arrivée (la mesure d'Eratosthène) et de reconstituer ensuite toutes les étapes dont les résultats sont indispensables pour aboutir à la mesure :

- 1) Nous mesurons nos ombres (séances d'observation).
- 2.1) Comment faire pour qu'un stylo ait la plus petite ombre possible ? (observation salle de sciences)
- 2.2) Comment sont les ombres de trois crayons les unes par rapport aux autres ? (observation salle de sciences)
- 3) Comment sont les ombres de trois crayons les unes par rapport aux autres ? (au soleil)
- 4) Les ombres évoluent au cours de la journée. Recherche du midi solaire.
- 5) Pour rendre compte des observations d'Eratosthène, il fallait que la Terre soit ronde.
- 6) Et si la Terre était plate ? (travail hypothétique réalisé en classe)

Lors des séquences réalisées, les élèves ont été amenés à mettre en œuvre la démarche expérimentale « question – formulation d'hypothèse(s) – élaboration d'un dispositif expérimental – conclusion », à écrire des comptes rendus d'expérience, à confronter leurs résultats.

Un constat

La mise en œuvre de la démarche expérimentale est difficile, parce qu'elle oblige les enfants à structurer leur raisonnement et aussi parce que les notions abordées sont des notions complexes (telle la propagation de la lumière). **C'est pourquoi**, en travaillant dans la durée d'une année scolaire, les élèves peuvent :

- vivre la démarche expérimentale (faire varier les paramètres d'un dispositif expérimental);
- communiquer leurs résultats à leurs pairs. Cette communication est orale pour l'essentiel de l'argumentation et de la recherche d'hypothèses ; écrite pour les comptes-rendus;
- développer aussi leurs connaissances dans le domaine de l'ombre et de la lumière.

Les objectifs

L'objectif premier est de développer des compétences axées sur la compréhension de la démarche expérimentale. A partir d'une interrogation, d'un phénomène physique, les élèves doivent :

- rechercher une ou plusieurs solutions;
- vérifier ou invalider leurs hypothèses;
- confronter leurs solutions;
- écouter les résultats obtenus par d'autres élèves et communiquer leurs propres résultats.

Les bénéfices de l'action sont majeurs dans la compréhension et l'utilisation de concepts géométriques (polygones, angles, et mesures).

Point d'arrivée

Les conditions de mesure

Il y a 2200 ans en Egypte, un certain Eratosthène trouva un papyrus. Eratosthène était le directeur de la bibliothèque d'Alexandrie, (ville d'Egypte située au bord de la Méditerranée). Il apprend qu'à Assouan (anciennement Syène), les rayons du soleil atteignent le fond d'un puits. Or, le 21 juin, à Alexandrie, il y avait un obélisque de 8 m de haut et qui projetait une ombre de 1m long (faisant donc un angle de $7,2^\circ$ avec la verticale).

But de l'exercice : obtenir une idée de la distance entre Alexandrie et Syène. Il n'était que les caravanes qui traversaient le désert égyptien utilisées pour mesurer les distances entre les villes. En effet, des hommes qu'on nommait les « béménites » marchaient à côté des chameaux en comptant leurs pas. Connaissant la longueur moyenne d'un pas, ils calculaient les distances parcourues en multipliant cette longueur par le nombre de pas effectués durant le voyage. On dit qu'il y avait près d'un million de pas entre Alexandrie et Syène... Cela faisait environ 5 000 stades égyptiens (le stade est l'unité de longueur utilisée à cette époque).

1 cm = 50 km

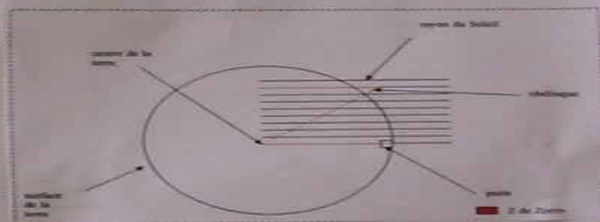


Les résultats :

Pour mesurer le tour de la terre, il faut savoir combien de fois dans 360° il y a $7,2^\circ$. Nous avons trouvé qu'il fallait 50 fois $7,2^\circ$ pour remplir le tour de la terre (la terre fait 360°). Ensuite nous prenons la distance d'Assouan à Syène et d'Assouan (787,5 km). Et nous faisons $787,5 \times 50 = 39375$ km. Donc la terre mesure 39375 km.

Schéma avec angle au centre

Nous avons tracé une coupe de la terre selon un méridien et les rayons du Soleil qui y arrivent. Nous avons dessiné ensuite le puits en sachant que les rayons arrivent au fond du puits. Après, nous avons tracé l'obélisque en sachant qu'il était plus vers le Nord. L'angle des rayons du Soleil par rapport avec la verticale est de $7,2^\circ$. Prenant en compte l'inclinaison de la terre (elle est ronde), l'obélisque aura une ombre. Si nous prolongeons l'obélisque et les rayons du Soleil jusqu'au centre de la terre, nous aurons le Z de Zorro. L'angle des rayons du Soleil avec la verticale (l'obélisque) est le même que celui de l'angle au centre ($7,2^\circ$).



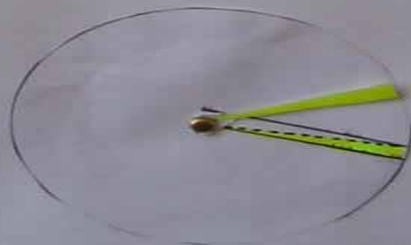
Utiliser le calque et créer le Z de Zorro

Prenez le calque dans l'enveloppe. Posez-le sur l'image ci-dessous. Essayez que la partie jaune (un rayon du Soleil) soit parallèle à un des traits horizontaux (aussi un rayon du Soleil). Il faut qu'un bout de la partie marron touche la terre et que si l'on prolonge la partie rouge, elle croise le centre de la terre. Dès que vous avez réussi, prenez la règle et superposez-la à la partie rouge. Vous avez le Z de Zorro.



right → Z ←

← vous devriez avoir ça.



Nous mesurons nos ombres

Quand nous sommes allés au Parc Popy au début de l'année nous avons remarqué :

Observations

Si je suis plus grand que mon voisin, mon ombre est plus grande que la sienne (sur terrain plat)



Conclusion

On se mesure dos au soleil à partir de l'arrière du pied

Notre ombre change de taille au cours de la journée.

Notre ombre peut être au plus petite ou plus grande que nous

Position relative des ombres des 3 crayons

Situation 1:
pour que l'ombre soit plus petite



Situation 2: la source lumineuse est proche des crayons
les ombres divergent



Situation 3: la source lumineuse est éloignée des crayons
les ombres sont parallèles



Si la source lumineuse est proche des trois crayons, les ombres divergent.



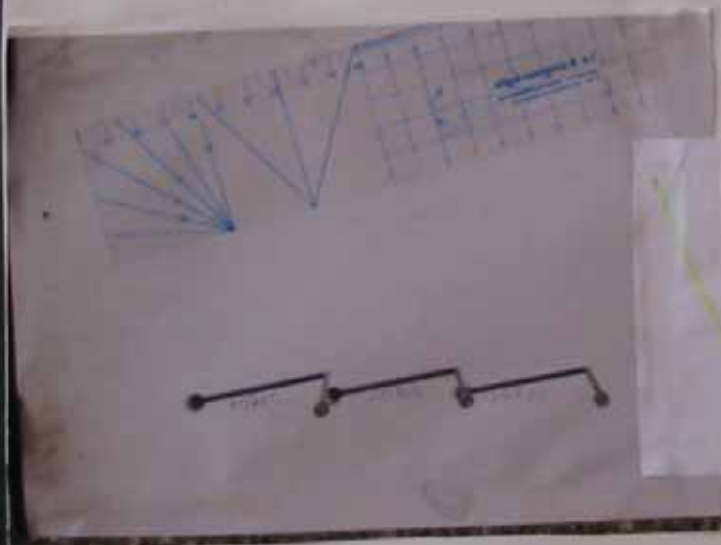
Comment sont les ombres des clous les unes par rapport aux autres, cette fois au soleil ?

(H1) Ça dépend de l'heure.

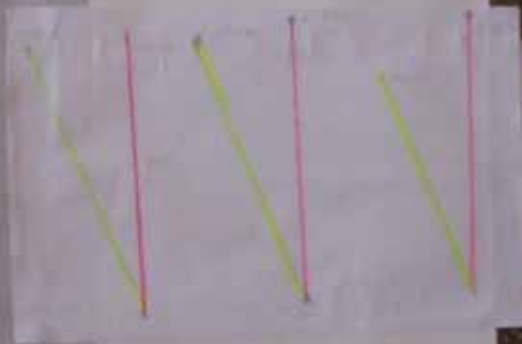
(H2) Ça dépend de la position des clous.

Dispositif n°1: Plaque plusieurs clous sur une planche alignés

à l'écart au soleil toutes les heures, plus proche de midi les ombres plus courtes



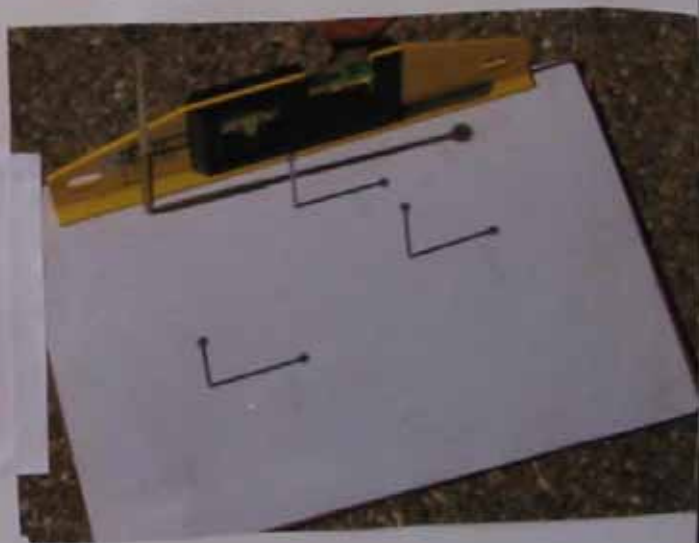
Dispositif



(H3) Les ombres sont toujours parallèles car le soleil est loain. (H4) Les ombres sont divergentes car le soleil se déplace.

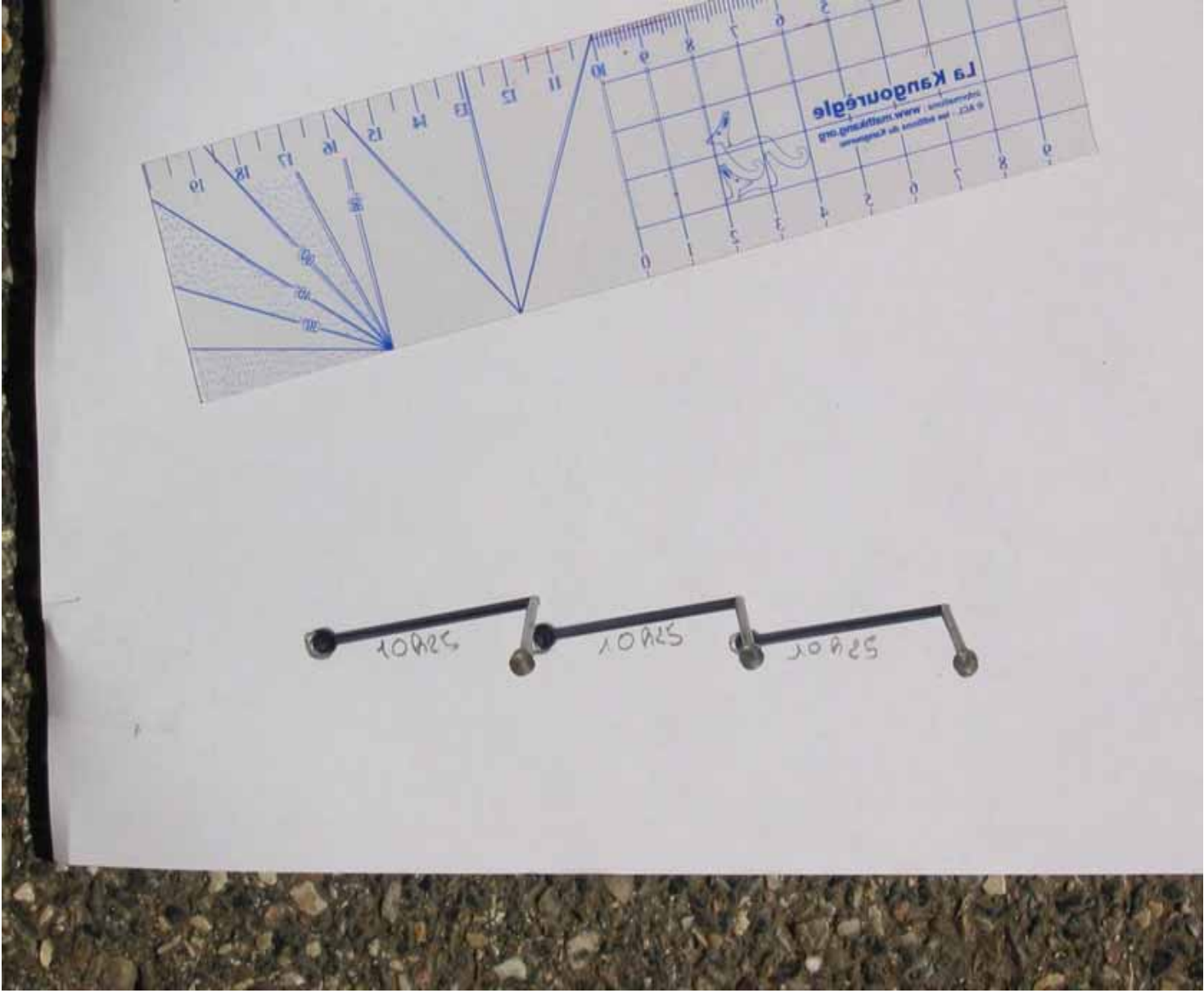
Dispositif n°2: plaque plusieurs clous sur une planche non alignés

au soleil toutes les heures, plus proche de midi les ombres plus courtes

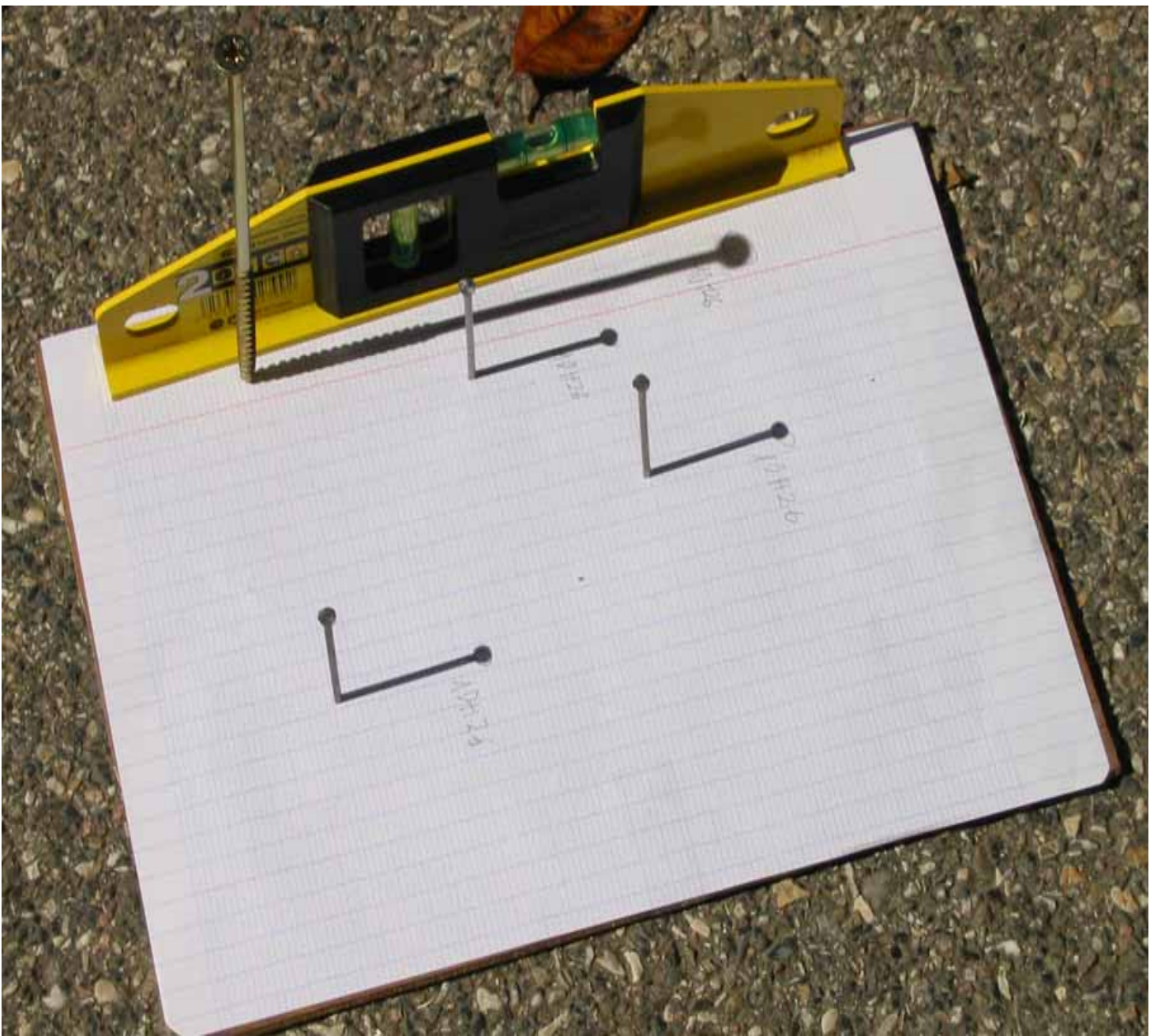


Conclusion: Les ombres sont toujours parallèles. L'hypothèse 4 est fautive mais elle est intelligente, seulement, le soleil ne s'approche jamais assez pour que les ombres soient divergentes.

DISPOSITIF 1 CLOSURES ALIGNES



D I S P O S I T I F
2
C L O U S
N O N A L I G N E S



L'ombre varie

Question Est-ce que l'ombre du clocheton varie en taille et en orientation selon les heures de la journée et quand est-elle la plus courte ?

Hypothèse Oui elle varie selon les heures en taille et en orientation et elle est la plus courte à midi.

Dispositif matériel : Afor, 1 règle, 1 crayon et une planche

Conclusion Oui l'ombre varie en orientation et en taille à différents moments de la journée mais l'ombre n'est pas la plus petite à midi elle est la plus courte à 13h49

Résultats

P. heure	m
10h30	7,4 cm
11h10	6 cm
11h30	5,5 cm
12h45	4,6 cm
13h30	4,6 cm



midi SOLAIRE →

13h19	4,3 cm
13h42	4,3 cm
14h14	4,4 cm
14h46	4,6 cm
15h20	5,1 cm
15h50	5,9 cm
16h20	6,6 cm



α angle des rayons du soleil avec la verticale est indépendant de la taille du clou.



Question: la mesure de l'angle dépend-elle de la taille du clou?

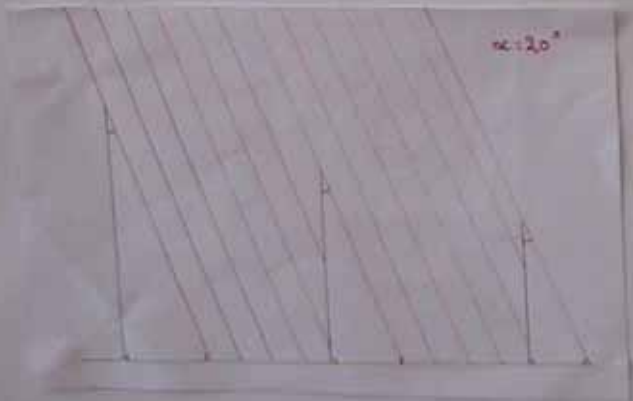
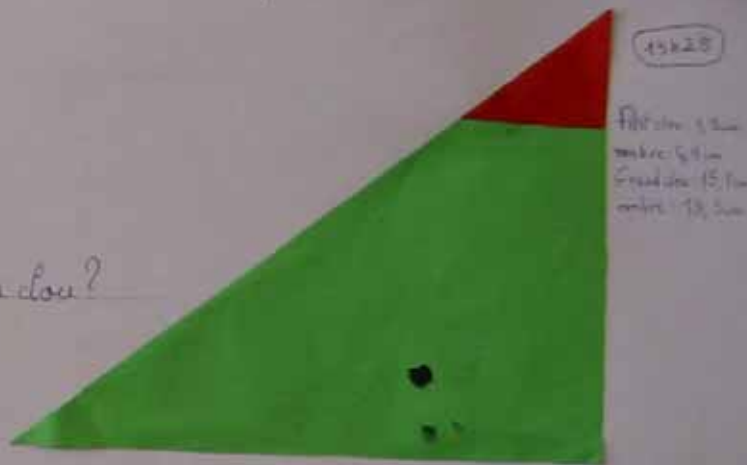
Hypothèse: (H1) Oui, elle est différente!

(H2) Non, elle est indépendante de la taille du clou!

Dispositif: 2 clous de taille différente, à la même heure, au même endroit.

Schéma: Nous avons utilisé un grand et un petit clou, puis nous avons tracé des triangles rectangles.

Pour tracer les triangles rectangles nous avons dû trouver la hauteur du clou et la longueur de l'ombre.



Conclusion: d' hypothèse 2 est la bonne car l'angle des rayons du soleil est indépendant de la taille du clou.

Nous avons tracé les triangles rectangles dont les côtés adjacents à l'angle droit sont la hauteur du clou et la longueur de l'ombre.

En traçant l'hypoténuse, il est possible de calculer l'angle des rayons du soleil avec la verticale (le clou).

Cette construction est répétée pour des clous de taille différente, à une même heure. La comparaison des angles se fait par superposition.



Les observations d'Eratosthène :

Le 21 juin, à Syène, aujourd'hui Assouan, les rayons du soleil atteignent le fonds d'un puits.

Le même jour, à Alexandrie, un obélisque de 8 mètres de haut projette une ombre mesurant 1 mètre.

Comment expliquer ce mystère?

Par rendre compte des observations d'Eratosthène,
il fallait que la terre soit ronde

HYPOTHÈSE

si la terre est ronde
si les rayons du soleil arrivent
par l'horizontale au soleil
si l'obélisque n'est pas vertical
si les rayons du soleil ne sont pas
parallèles

Notre professeur nous a donné 3 défis à résoudre.

Défi:

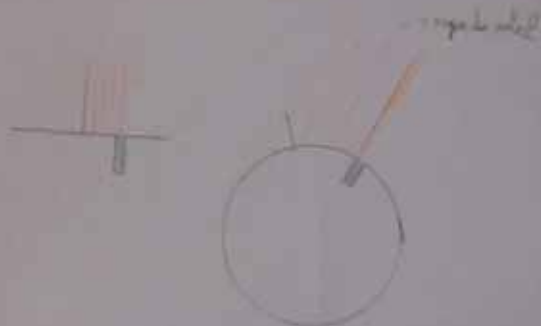
- Défi 1 : Trouve une solution pour que les clous fassent une ombre à Alexandrie et pas à Assouan ?
Défi 2 : Toujours sans ombre à Assouan comment peux-tu varier l'ombre à Alexandrie ?
Défi 3 : Par rapport à l'ombre d'Alexandrie, comment est l'ombre de Thèbes ?

Nous sommes descendus dans la cour pour résoudre nos défis.

Pour que l'hypothèse d'Eratosthène soit juste il fallait que la terre soit ronde, et pas plate.

Terre plate:

Terre ronde:



Réponse:

Réponse 1 : Nous avons courbé le planche car la terre est ronde puis nous avons mis le clou d'Assouan à la verticale du soleil pour que le clou ne fasse pas d'ombre et ensuite nous avons vu qu'il y avait une ombre au clou d'Alexandrie.

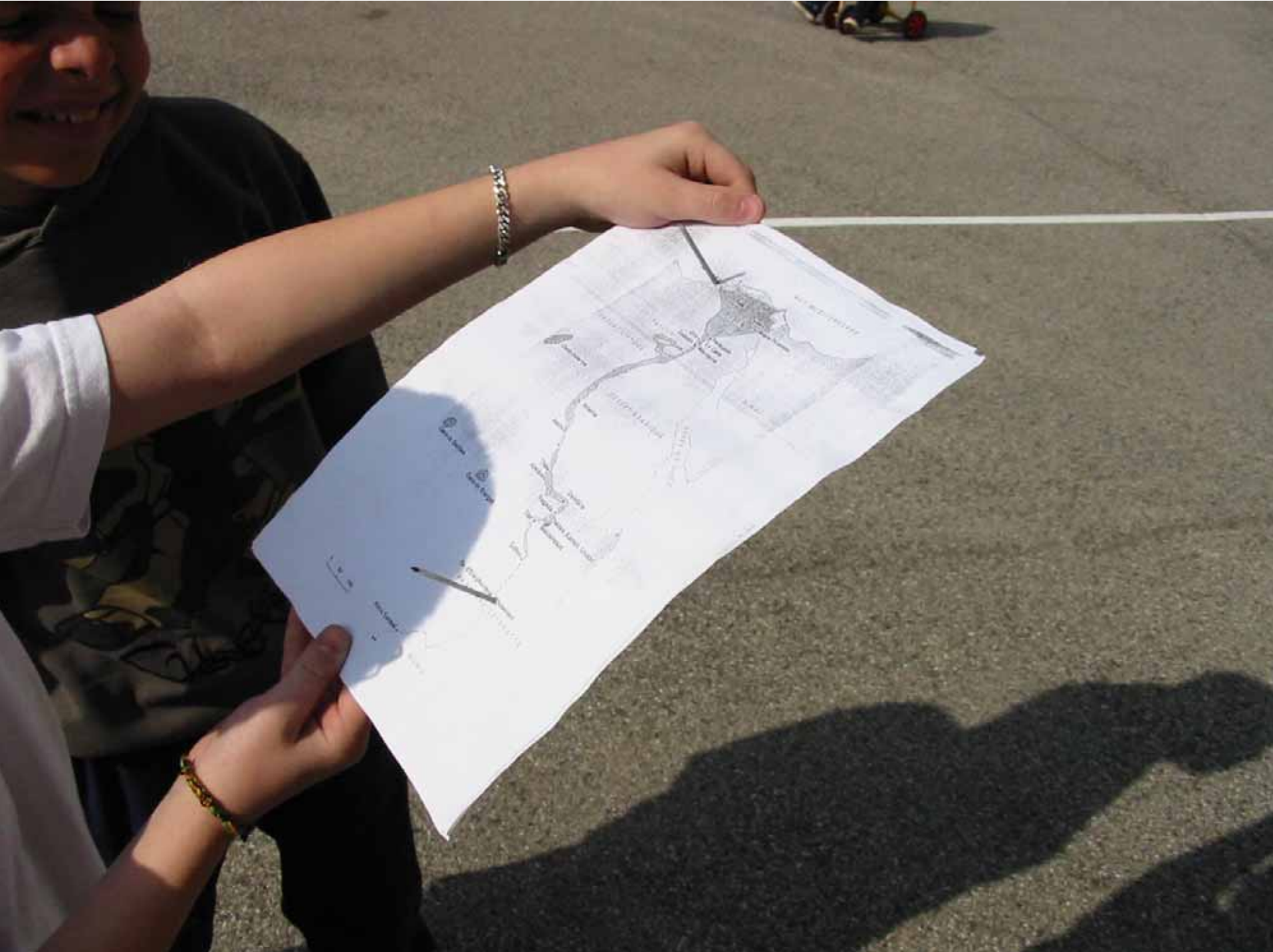
Réponse 2 : J'ai courbé la terre pour varier l'ombre.

Réponse 3 : Quand il y a pas d'ombre à Assouan il y a une ombre à Alexandrie et il y en a une plus petite à Thèbes.



Nous attendons
le soleil





Pour relever les défis, il faut du soleil ...

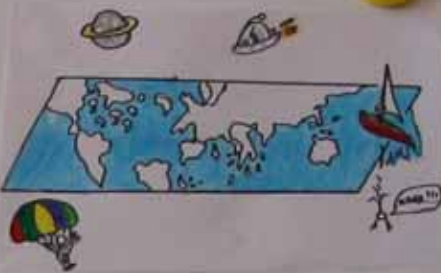


Si la Terre était plate, si la Terre était carrée, on ne pourrait pas rendre compte des observations d'Eratosthène.

Si la terre était plate


Si la terre était plate les ombres seraient toujours les mêmes à la même heure des angles entre le ciel et le sol seraient les mêmes

l'illustration ①



Conclusion

Si la Terre était carrée on ne pourrait pas rendre compte des observations d'Eratosthène



La distance Alexandrie - Assouan étant évaluée à 5000 stades,
le tour de la Terre mesure 250 000 stades.

