
LE MOUVEMENT APPARENT DU SOLEIL

Deuxième partie

Guylaine CORNUT
Institut Médico-Pédagogique, Biviers (Isère)

I - LES OMBRES

Dans la première partie* de cet article, nous décrivions la mise en place d'activités d'observation des levers et couchers de soleil et de lune. Pour comprendre les différentes phases de la lune qui allaient être observées au cours des différents relevés, ainsi que pour pouvoir par la suite travailler sur la course du soleil au cours de la journée, il était indispensable d'avoir quelques notions sur les ombres. Aussi avons-nous mené parallèlement des activités sur les ombres, au cours de la période assez longue de relevés.

Pour étudier les ombres, il était nécessaire de bien faire la différence entre ombre et obscurité. Les enfants connaissent généralement la distinction entre ces deux mots, et les définir ne leur a pas posé de problème.

C'est ainsi qu'ils ont précisé :

- l'obscurité est une absence de lumière,
- alors que l'ombre est la partie non éclairée d'un objet.

Un premier travail sur l'ombre a été mené autour d'un questionnaire. Ce questionnaire permettait aux enfants (par binôme) de manipuler un objet au soleil, d'en étudier l'ombre et, également, de discuter leurs hypothèses de réponse.

Les enfants se sont beaucoup investis dans ce travail et les résultats ont été intéressants tant du point de vue des réponses proposées que du questionnement qu'elles ont suscité.

Ce questionnement a permis de relever quelques points litigieux quant au libellé de certaines questions (voir le texte du questionnaire 1, page suivante).

- Question 2 : Il est indirectement demandé, si l'ombre peut avoir **plusieurs** formes, **plusieurs** dimensions. Or, pour les enfants, «plusieurs formes» nécessite plusieurs ombres. Une réponse a donc été : «non, un objet n'a qu'une ombre n'ayant qu'une forme et qu'une dimension». En fait, la réponse souhaitée faisait intervenir la position variable de l'objet (debout, couché, incliné) qui, ayant toujours une seule ombre, n'en a pas moins une ombre de forme et de dimension variables.

* parue dans Grand N n°54

Les ombres.

- ①. L'ombre d'un objet est-elle toujours sur le sol ? Où peut-elle encore se situer ?
- ②. L'ombre d'un objet a-t-elle toujours la même forme que l'objet ? L'ombre d'un objet a-t-elle la même taille (dimension) que l'objet ?
- ③. Toutes les ombres ont-elles la même forme ? Toutes les ombres ont-elles la même taille ? Pourquoi ?
- ④. Tous les objets ont-ils une ombre ? Pourquoi ?
- ⑤. Toutes les ombres ont-elles la même couleur ? Pourquoi ?
- ⑥. Comment faire de l'ombre à un objet ?
- ⑦. Je veux avoir le visage à l'ombre. Que dois-je faire ?
- ⑧. Où est l'ombre d'un objet posé par terre ?
- ⑨. Quelles conditions faut-il pour qu'un objet ait une ombre ?
- ⑩. Où se positionne l'ombre par rapport à l'objet ?

En discutant et en manipulant avec les enfants, la signification de la question s'est précisée, et tous ont finalement donné la réponse attendue.

- Question 3 : Les enfants n'ont expliqué leur «non» que pour la deuxième partie de la question car c'est la seule qui soit suivie de «pourquoi?».

- Question 6 : Les enfants ont eu du mal à comprendre la question. Ce nouveau libellé est plus parlant : «Je dispose un objet au soleil. Que faire pour que cet objet se trouve à l'ombre sans être bougé?»

- Question 8 : En majorité, les enfants ont donné pour réponse l'orientation de l'ombre, et non sa position et son contour comme cela était attendu.

- Question 10 : Les enfants ont fait la même réponse que pour la question 8, alors que la réponse souhaitée était : «à l'opposé du soleil par rapport à l'objet». Cette réponse a été trouvée quand on a demandé de placer l'ombre (en même temps) par rapport à l'objet et au soleil.

Dans l'ensemble, les enfants ont eu des difficultés pour oraliser leurs hypothèses et donc, également, pour formuler leurs réponses.

Un détail est à noter. Pour répondre à la question 7, tous ont pensé à se mettre à l'ombre d'un objet (mur, arbre préau, ...), mais peu ont immédiatement pensé à tourner le dos au soleil. Pourtant beaucoup le faisaient, mais ils n'avaient pas conscience d'avoir ainsi le visage à l'ombre. Pour cette question précise, le travail par binôme est intéressant. Ainsi, un enfant est observateur pendant que son binôme est «acteur». Il est en effet difficile pour l'enfant qui est acteur de s'apercevoir qu'il a le visage à l'ombre quand il tourne le dos au soleil, alors que l'observateur le voit immédiatement.

Une reprise collective de ce travail, en classe, a servi de correction et a surtout permis aux enfants de bien vérifier leurs hypothèses en les argumentant ou de comprendre leurs erreurs en manipulant le même objet devant un spot lumineux.

Enfin, les notions d'ombre propre et d'ombre portée ont été apportées aux enfants, lors de la reprise de la question 8.

Quelque temps plus tard, un second questionnaire sur les ombres a fait l'objet d'un travail en classe, sans manipulation (voir questionnaire 2, page suivante).

Ce questionnaire reprenait les différentes notions vues précédemment : ombre propre, ombre portée, orientation, position de la source lumineuse par rapport à l'objet, position de l'ombre de l'objet par rapport à ce dernier et à la source lumineuse, ...

Dans un premier temps, les enfants travaillaient individuellement, puis une synthèse collective était faite.

Chaque fois que cela a été nécessaire, lors du travail collectif de correction des réponses, une manipulation a été réalisée avec un objet et un spot lumineux.

Les enfants se sont posés beaucoup de questions et la synthèse collective a été riche en réflexions et en argumentations.

- Exercice 2 : Pour que les enfants comprennent bien l'explication de la forme de l'ombre, nous avons imaginé trois positions différentes pour la source lumineuse. Pour chacune d'elles, les enfants ont cherché quelles seraient la position et la forme de

Les ombres

1 - Je regarde un objet qui est à la lumière, mais pourtant je ne vois pas d'ombre. Cela est-il possible ? Si tu réponds oui, explique où doit être placée la source lumineuse par rapport à l'objet.

2 - En regardant un ballon par dessus, voilà ce que je vois :



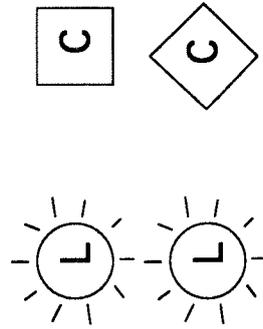
Dessine l'endroit où doit être la source lumineuse.

Essaie d'expliquer pourquoi l'ombre du ballon n'est pas ronde (comme le ballon).

Indique sur le dessin où se trouve l'ombre portée du ballon et où se trouve l'ombre propre du ballon.

3 - Je regarde par dessus une source lumineuse (L) et un cube (C).

Dessine pour chaque exemple l'ombre portée du cube C.

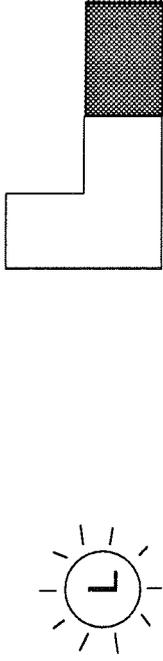


1er exemple :

2ème exemple :

Si la source lumineuse est au sud du cube, dans quelle direction, par rapport au cube, est l'ombre portée du cube ?

4 - Ce dessin est-il possible ? Explique pourquoi.



5 - Dessine l'ombre portée du cube 1 avec des rayures verticales (||) et celle du cube 2 avec des rayures horizontales (==).

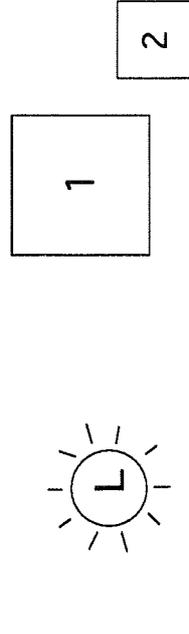
Essaie d'expliquer ce que tu as dessiné.

Dans quelle direction est le cube 1 par rapport à la source lumineuse ?

Dans quelle direction est le cube 2 par rapport au cube 1 ?

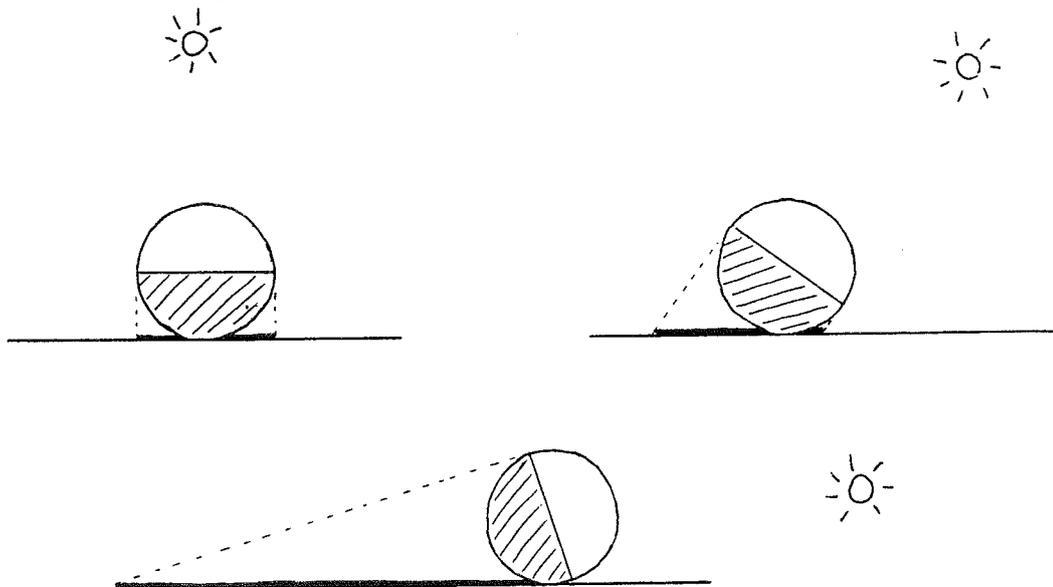
Dans quelle direction est l'ombre du cube 1 par rapport au cube 1 ?

Dans quelle direction est la source lumineuse par rapport au cube 1 ?



l'ombre obtenue.

Voici leurs résultats :



Ainsi, grâce à la discussion sur la position et la forme de l'ombre propre et de l'ombre portée, pour chaque source lumineuse proposée, les enfants ont pu et su répondre à la question.

- Exercice 3 : Le dessin de l'ombre portée n'a pas posé de difficulté. En revanche, les enfants ont soulevé un problème intéressant concernant l'ombre propre du cube : de quelle manière fallait-il la dessiner ?

Etait-ce ainsi ? 

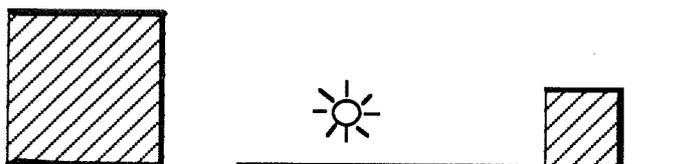
Ainsi ? 

Ou bien ainsi ? 

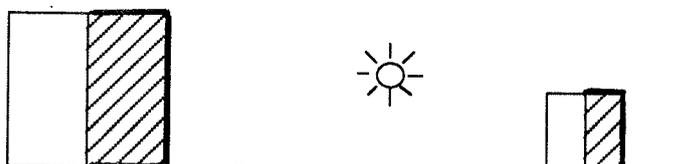
Aucune des solutions proposées n'était fautive, mais chacune correspondait à des conditions différentes d'éclairage (positions verticales différentes) qu'il a fallu déterminer et préciser.

C'est ainsi qu'il a été obtenu,

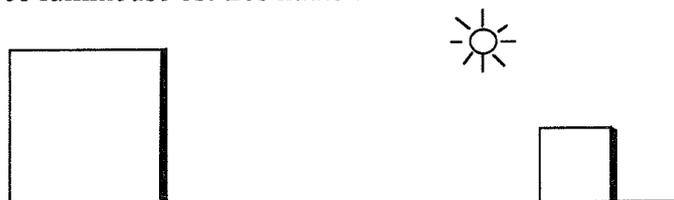
- si la source lumineuse est basse (près de l'horizon) :



- si la source lumineuse n'est pas très haute :

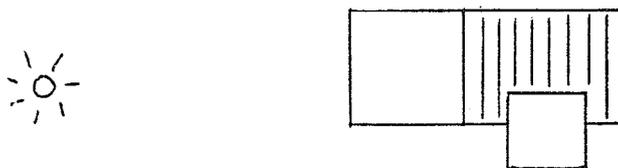


- si la source lumineuse est très haute :



- Exercice 4 : Les enfants ont tout de suite vu l'aberration de l'ombre portée. En ce qui concerne l'ombre propre, la discussion a été la même que dans l'exercice 3.

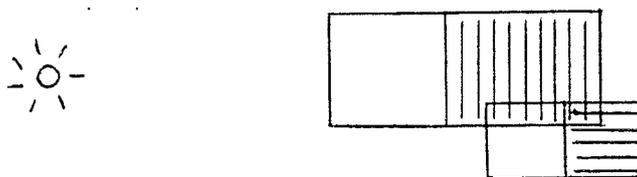
- Exercice 5 : L'ombre portée du cube 1 a posé des problèmes à certains enfants qui n'ont pas osé y inclure une partie du cube 2. Ils obtenaient alors :



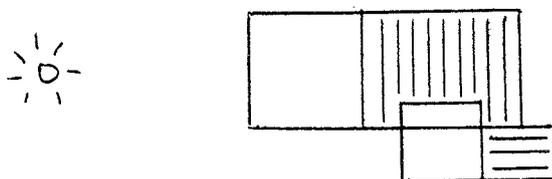
Une manipulation a été nécessaire pour que tous les enfants se rendent compte qu'une partie du cube 2 était dans l'ombre portée du cube 1.

Une fois cette difficulté résolue, une autre arriva : qu'en était-il de l'ombre du cube 2 ?

Certains proposaient :



mais tous les enfants n'étaient pas d'accord. Après plusieurs propositions et une manipulation, le résultat fut :



avec la conclusion qu'un objet (ou une partie d'objet) à l'ombre ne peut pas avoir d'ombre puisqu'il n'est pas éclairé.

Les questions portant sur les diverses orientations des ombres et des cubes n'ont pas non plus été sans discussion. En effet, de nombreux enfants ont donné des orientations par rapport à la boussole dessinée et non par rapport à la référence demandée. En fait, ces enfants avaient du mal à faire abstraction de la position de la boussole dessinée et ils ne pensaient pas à imaginer la boussole à la place de l'objet considéré.

Cette difficulté a été la conséquence d'une longue période sans utilisation de la boussole. En effet, l'initiation à l'instrument était relativement ancienne et les

mauvaises conditions météorologiques n'ont guère permis des observations assez fréquentes pour entraîner les enfants à son utilisation.

II - ANALYSE DES OBSERVATIONS CONCERNANT LE SOLEIL

Les mauvaises conditions météorologiques n'ont pas permis aux enfants d'effectuer de nombreux relevés.

A - Les relevés d'observation du soleil

Ces relevés n'ont pu être faits de manière régulière, ni dans la journée, ni dans le temps ; c'est pourquoi nous avons eu très peu d'observations de couchers de soleil et qu'il y a eu de grandes périodes sans relevé :

- de mi-décembre à mi-janvier,
- de mi-janvier à fin février.

Cependant les relevés de levers de soleil s'étalent sur une période intéressante débutant un mois avant le solstice d'hiver et se terminant à l'équinoxe de printemps où, malheureusement, il n'y a pas eu d'observation de coucher de soleil ce jour-là.

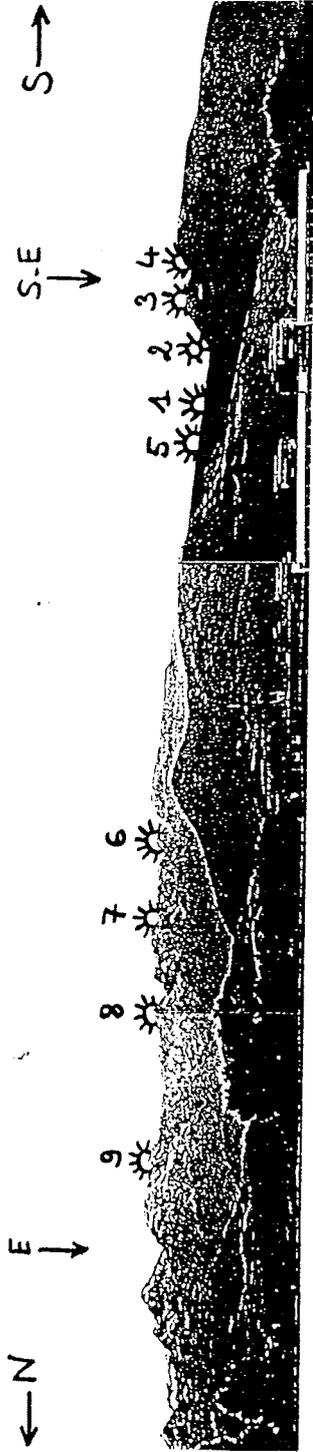
En pages suivantes, le tableau synthétise toutes les observations de soleil faites par les enfants, tandis que les panoramiques précisent les différentes positions des levers et couchers de soleil associées aux relevés du tableau.

n°		où je suis	direction	date	heure
1	lever	dans la cour de E.N.	S-E	25.11.91	8 ^h 30
	coucher	au 3 ^{ème} étage F.B. (petit)	S-W		15 ^h 50
2	lever	dans la cour de E.N.	S-E	28.11.91	8 ^h 45
3	lever	dans la cour de E.N.	S-E	11.12.91	8 ^h 55
4	lever	dans la cour de E.N.	S-E	16.12.91	9 ^h 05
5	lever	dans la cour de E.N.	S-E	11.01.92	9 ^h 00
6	lever	dans la cour de E.N.	E-SE	29.02.92	8 ^h 08
7	lever	dans la cour de E.N.	E-SE	02.03.92	8 ^h 05
	coucher	du petit préau F.B. (grand)	W-SW		17 ^h 15
8	lever	dans la cour de E.N.	E-SE	10.03.92	7 ^h 49
	coucher	au 3 ^{ème} étage F.B. (petit)	W-SW		17 ^h 37
9	lever	dans la cour de E.N.	E	21.03.92	7 ^h 33

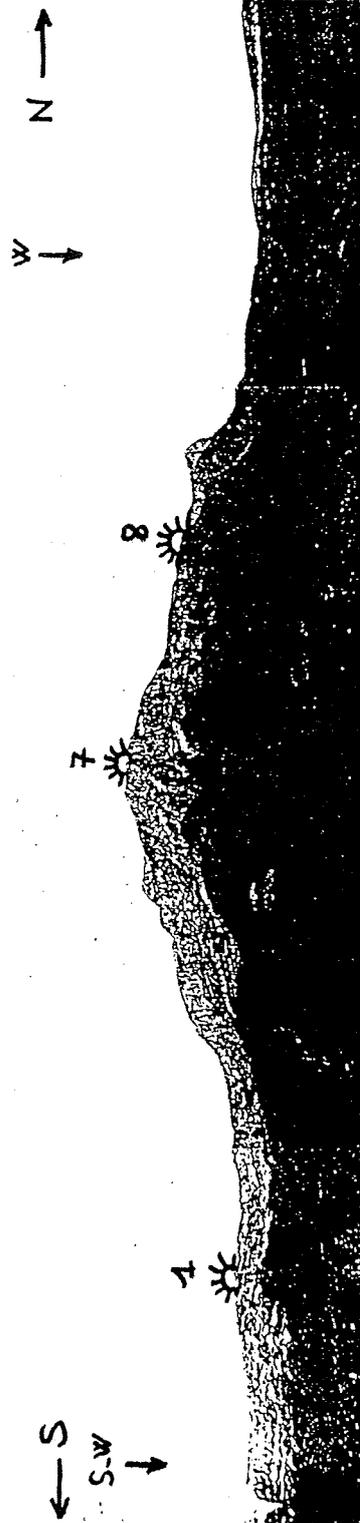
E.N. = Ecole Normale

F.B. = Ferdinand Buisson

Tableau : Relevé des observations 1



devers du soleil sur Bellebonne.



Couchers de soleil sur le Vercors.

B - Observation du soleil : éléments pour une analyse.

Tous les travaux décrits jusqu'à présent ont pu être menés en classe. Pour des raisons diverses :

- l'absence de plage horaire libre ou prévue à cet effet, dans mon emploi du temps, entre le 02/ 12/ 91 et le 25/ 02/ 92, soit pendant trois mois,
- mes propres stages,
- la présence de stagiaires dans la classe d'accueil,
- une mauvaise météorologie depuis mi-novembre,

la suite du travail prévu n'a pu être réalisée avec les enfants. Nous présentons des éléments pour ce travail ; il faut retenir qu'ils ne sont que recherche, investigation, conception...

Le faible nombre de relevés de couchers de soleil ne permet pas un travail de recherche d'hypothèses.

Il faut donc travailler d'abord sur les levers de soleil pour effectuer des hypothèses, puis, dans un deuxième temps, vérifier ces dernières sur les quelques observations de couchers de soleil.

1 - Les levers de soleil

A partir du tableau, des remarques peuvent être faites :

- Toutes les observations étant conduites du même endroit, il est possible de les comparer entre elles.
- La position du lever de soleil s'échelonne du sud-est vers l'est pour la période étudiée.
- L'heure du lever de soleil varie également :
 - * le soleil se lève de plus en plus tard, du 25 novembre à la mi-décembre (observation 4),
 - * à partir de la mi-décembre (observation 4), le soleil se lève de plus en plus tôt et ce jusqu'à la dernière observation, le 21 mars.

De ces quelques remarques on peut en déduire que **le soleil ne se lève pas tous les jours de l'année au même endroit.**

De plus, le soleil ne change pas de position subitement, son «déplacement» se fait progressivement. Cela se remarque bien sur les quatre premières observations qui sont assez rapprochées dans le temps : l'écart entre les positions du soleil est faible.

Ainsi, il est possible de demander aux enfants d'extrapoler et de trouver le «déplacement» du lever de soleil entre les relevés 4 et 5, puis entre les 5 et 6.

Il est également envisageable d'étudier superficiellement la «vitesse de déplacement» de la position des levers de soleil en fonction des dates. En effet, les enfants peuvent remarquer qu'entre les relevés 1 et 4 (séparés de moins d'un mois) la variation de position du soleil est inférieure à celle effectuée pendant la même durée entre les relevés 6 et 9.

Une conclusion s'impose : **la position du lever du soleil, qui n'est pas la même toute l'année, change progressivement mais pas de manière régulière toute l'année.**

Il serait intéressant malgré le faible nombre de relevés d'essayer d'émettre des hypothèses sur les positions des levers de soleil sur la totalité de l'année.

Il est possible de demander aux enfants d'imaginer les positions du lever du soleil pour le reste de l'année, soit du 21 mars au 25 novembre.

L'hypothèse attendue serait :

- du 21 mars à mi-juin : variation de la position du soleil en direction du nord avec une limite extrême vers le nord-est (mi-juin),
- de mi-juin au 25 novembre : variation vers le sud pour arriver à la position du relevé 1,
- mi-septembre : passage par la position du 21 mars.

La détermination de la période «mi-juin» peut se faire par déduction. En effet, si au 25 novembre le soleil doit revenir à la position 1, il doit donc effectuer un aller-retour sur l'horizon, en un an, avec deux limites extrêmes : une vers le sud (au sud-est : relevé 4) et une vers le nord. Il est alors possible d'imaginer qu'il va mettre la moitié de l'année, soit six mois, pour effectuer un aller, et encore six mois pour le retour. Or, d'après les relevés effectués, la date correspondant à la limite extrême sud serait proche du relevé 4, donc se situerait mi-décembre. La date correspondant à la limite nord doit donc avoir six mois de plus, soit se situer vers la mi-juin.

Avec la même logique, il est possible de remarquer que le 21 mars correspond à la moitié de la durée nécessaire au soleil pour effectuer un «aller» sur l'horizon, et que la position pour cette date est sensiblement égale à l'est. Il n'en faut pas plus pour essayer d'extrapoler et dire que :

- le soleil va encore se «déplacer» d'autant dans les trois mois restants, et donc la limite extrême de la variation vers le nord du lever de soleil va être une position avoisinant le nord-est (le symétrique du sud-est par rapport à l'est) ;
- la date médiane entre les deux positions extrêmes lors du «retour» sur l'horizon du soleil, soit mi-septembre (entre mi-juin et mi-décembre), correspondra à la position médiane sur ce même trajet, soit la position du relevé 9 : l'est (moitié de «l'aller»).

Il sera alors possible, avec l'aide d'un calendrier, de faire trouver les dates remarquables (pour 1992) correspondant à :

- mi-décembre : le 21 décembre qui est le solstice d'hiver,
- mi mars : le 20 mars qui est l'équinoxe de printemps,
- mi-juin : le 21 juin qui est le solstice d'été,
- mi-septembre : le 22 septembre qui est l'équinoxe d'automne,

et de préciser :

- entre l'équinoxe de printemps et celui d'automne, le soleil a une position de lever qui varie entre l'est et le sud-est (solstice d'hiver),
- entre l'équinoxe d'automne et celui de printemps, le soleil a une position de lever qui varie entre l'est et le nord-est (solstice d'été).

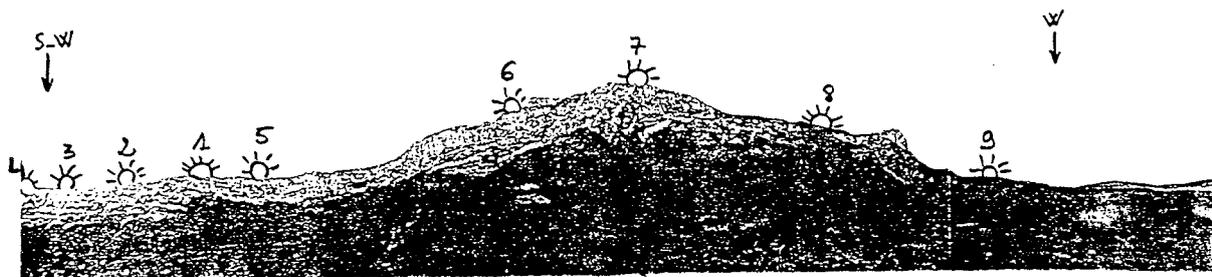
2 - Les couchers de soleil

Leur nombre très faible ne permet pas de faire d'hypothèse, mais il est toujours possible d'essayer d'extrapoler celles faites lors de l'étude des levers de soleil.

Avant tout, il faut faire prendre conscience aux enfants qu'en mettant sur la même feuille les panoramiques du lever et du coucher du soleil, il y a une difficulté de lecture liée à l'inversion des directions nord et sud d'une photo à l'autre. Le nord se trouve à gauche sur la chaîne de Belledonne, alors qu'il est à droite sur le Vercors. D'où l'importance de parler en utilisant les points cardinaux plutôt qu'en utilisant les termes de droite et gauche.

Dans un premier temps, il faut demander aux enfants d'essayer d'imaginer où se situeraient les couchers de soleil des relevés 2, 3 et 4, puis ceux des observations 5 et 6, pour finir avec 9.

Les enfants devraient proposer des positions avoisinant celles-ci :



En effet, ils savent que pour le lever de soleil, les positions 1 à 4 varient vers le sud, puisque les suivants varient vers le nord.

Les trois relevés faits au coucher du soleil montrent que le soleil n'a pas de position fixe toute l'année. Il semble logique de penser qu'il en va de même pour les positions du coucher du soleil. Toutefois, au lieu de se «déplacer» du sud-est au nord-est, les couchers se «déplaceraient» du sud-ouest au nord-ouest.

Il est alors possible de conclure :

- entre l'équinoxe de printemps et celui d'automne, le soleil a une position de coucher qui varie entre l'ouest et le sud-ouest (solstice d'hiver),
- entre l'équinoxe d'automne et celui de printemps, le soleil a une position de coucher qui varie entre l'ouest et le nord-ouest (solstice d'été).

Pour ce qui concerne les heures des relevés des couchers de soleil, il est possible de constater d'après les observations 7 et 8 que lorsque le soleil se lève de plus en plus tôt, il se couche de plus en plus tard.

L'hypothèse suivante est alors tentante :

- du 25 novembre au solstice d'hiver, le soleil se lève de plus en plus tard et se couche de plus en plus tôt, d'où un raccourcissement des journées (= durée du jour),
- du solstice d'hiver jusqu'à l'équinoxe de printemps, le soleil se lève de plus en plus tôt et se couche de plus en plus tard, d'où un allongement des journées.

En reprenant les dessins des panoramiques avec des extrapolations des levers et couchers de soleil sur la totalité de l'année, il est envisageable de faire trouver aux enfants que :

- lorsque le lever du soleil varie du nord-est au sud-est (et le coucher entre le nord-ouest et le sud-ouest), c'est à dire du solstice d'été au solstice d'hiver, les journées diminuent,

- lorsque le lever du soleil varie du sud-est au nord-est (et le coucher entre le sud-ouest et le nord-ouest), c'est à dire du solstice d'hiver au solstice d'été, les journées augmentent,
- la journée la plus courte est donc celle du solstice d'hiver,
- la journée la plus longue est celle du solstice d'été,
- entre la journée la plus longue et celle la plus courte, il y en a deux dont la durée du jour est égale à celle de la nuit ; ce sont les équinoxes de printemps et d'automne.

3 - Conclusion

Les différents relevés effectués donnent accès à bien des connaissances :

- la position du lever et du coucher du soleil varie au cours de l'année :
 - * la position la plus au sud est celle du solstice d'hiver,
 - * la position la plus au nord est celle du solstice d'été,
 - * les deux positions médianes correspondent aux équinoxes de printemps et d'automne,
- la durée de la journée varie au cours de l'année :
 - * elle augmente du solstice d'hiver à celui d'été,
 - * elle diminue du solstice d'été à celui d'hiver,
- la journée la plus courte est celle du solstice d'hiver,
- la journée la plus longue est celle du solstice d'été,
- la durée du jour est égale à celle de la nuit lors des équinoxes de printemps et d'automne.

Toutes les conclusions obtenues à partir des données recueillies par les enfants ne concernent le soleil qu'à son lever ou à son coucher. Avec ces informations, il est impossible d'émettre la moindre hypothèse concernant la trajectoire apparente du soleil entre ces deux positions (lever et coucher). Cependant, il n'est pas illogique de penser que si la position du soleil varie à l'horizon, elle puisse également varier dans le ciel.

Pour tenter de contrôler cette hypothèse de nouvelles observations sont nécessaires. Elles vont demander l'emploi d'instruments qui peuvent être :

- l'héliographe,
- le quadrant de Copernic,
- le théodolite,
- le gnomon.

Les fiches techniques de ces quatre instruments se trouvent en annexe.

III - ELEMENTS POUR UNE ETUDE DE LA COURSE DU SOLEIL

A - Des instruments : quel usage ?

Nous envisageons l'utilisation de quatre instruments : leur utilité est similaire, tandis que l'information y est donnée sur des supports différents avec des précisions variables.

1 - Le gnomon

Il permet de :

- déterminer le méridien du lieu,
- d'avoir un aperçu de la trajectoire du soleil (par l'étude de l'ombre d'un bâton) au cours de la journée,
- de connaître la direction du soleil à un instant donné, ainsi que la hauteur du soleil (cette mesure nécessite de bonnes connaissances mathématiques).

C'est un instrument facile à réaliser et à utiliser par des enfants.

De plus, les erreurs de relevés sont négligeables, s'ils sont faits avec soin.

2 - L'héliographe

Il permet de :

- connaître la trajectoire du soleil au cours de la journée, de manière continue ou épisodique, par impression d'une tache lumineuse sur du papier photosensible,
- mesurer la hauteur du soleil, mais cela nécessite de bonnes connaissances mathématiques.

C'est un instrument facile à réaliser et à utiliser par des enfants. Il faut cependant acheter du papier spécial photosensible.

3 - Le quadrant de Copernic

Il permet de connaître la hauteur du soleil au cours de la journée, par l'étude de l'ombre d'un bâton sur un rapporteur.

La fabrication est aisée et l'emploi est facile mais il nécessite la connaissance des mesures d'angles.

4 - Le théodolite

Il permet de :

- connaître la hauteur du soleil au cours de la journée,
- déterminer la direction du soleil au cours de la journée.

La fabrication de cet instrument semble difficile à faire réaliser par des enfants car elle demande de la précision et l'utilisation de matériel dangereux (scie, ...).

Le principal inconvénient du théodolite est qu'il nécessite la visée du soleil par un tube, ce qui peut être très dangereux pour les yeux si des précautions ne sont pas prises.

B - Quel instrument choisir ?

L'instrument qui donne toutes les informations (hauteur et direction) est le théodolite. Mais son utilisation délicate et sa fabrication difficile par des enfants en font un instrument que l'on emploie peu.

En revanche, il est intéressant pour obtenir les renseignements souhaités de combiner l'utilisation d'un quadrant de Copernic (hauteur), soit avec un gnomon (trajectoire et direction), soit avec un héliographe (trajectoire).

Je conseillerais plutôt, pour des facilités de construction, l'utilisation du quadrant de Copernic et du gnomon.

Pour permettre à un grand nombre d'enfants de manipuler le plus possible les instruments et, également, pour pallier les éventuelles erreurs de relevés (toujours possibles), il est intéressant d'utiliser deux ou trois instruments de chaque type.

C - Les relevés

1 - Périodicité des relevés

Compte tenu des aléas météorologiques, il est indispensable de faire des relevés le plus souvent possible afin d'être sûr d'en obtenir quelques-uns complets sur la journée.

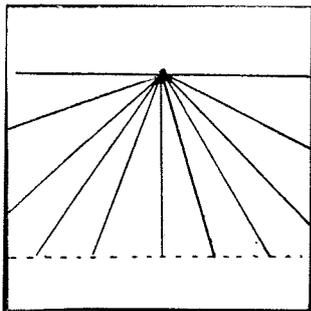
Au cours de la journée, les relevés doivent être faits de manière régulière, toujours aux mêmes heures. Une bonne périodicité est d'une heure ou d'une heure et demie.

Il faut faire ces relevés sur de longues périodes pour bien visualiser les variations. Une période optimale débiterait avant l'équinoxe de printemps et se terminerai après le solstice d'été.

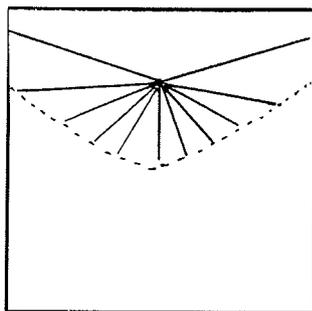
Les relevés du mois de mars (de part et d'autre de l'équinoxe de printemps) devront être effectués par l'enseignant, car l'analyse des observations de levers et de couchers de soleil n'aura pu être faite et donc le besoin de ces nouveaux relevés n'aura pu se faire sentir.

2 - Résultats attendus

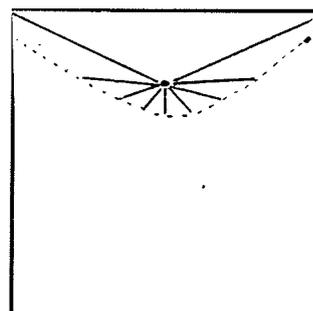
Les résultats obtenus avec le gnomon ressembleront à :



20 mars

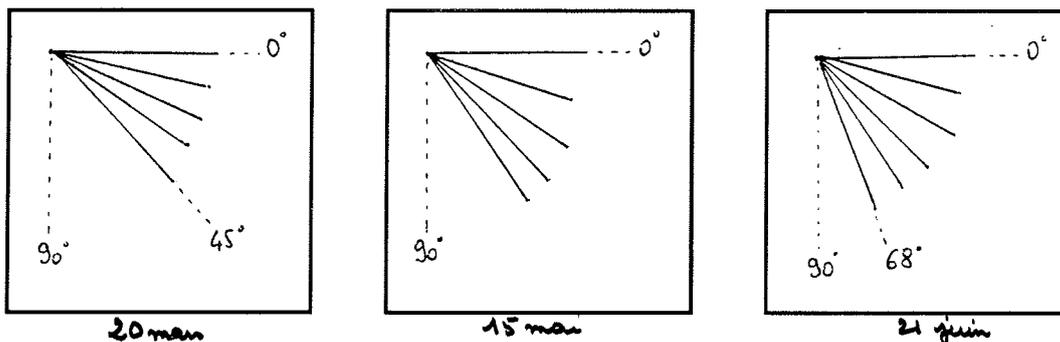


15 mai



21 juin

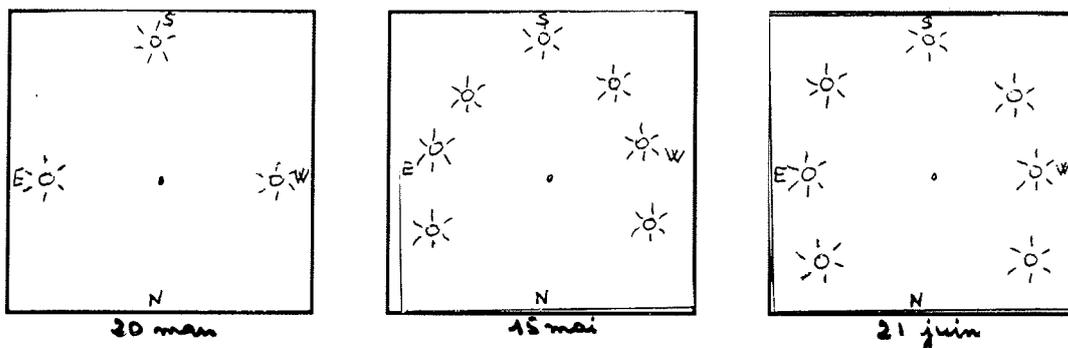
Ceux relevés avec le quadrant de Copernic ressembleront à :



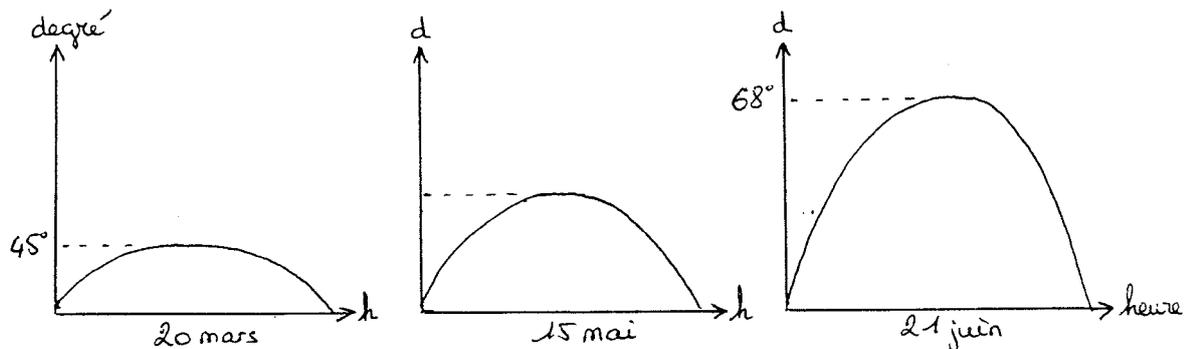
Remarque : quel que soit l'instrument utilisé, pour chaque relevé d'ombre l'heure de l'observation sera indiquée. La direction du soleil sera également précisée sur tous les relevés faits avec le gnomon (elle est symétrique de la direction de l'ombre par rapport à l'axe de la boussole). La mesure de l'angle sera notée sur tous les relevés faits avec le quadrant de Copernic.

A partir de ces feuilles de relevés, des graphes peuvent être contruits pour mieux étudier la course du soleil au cours de la journée, et au cours de l'année, en comparant les différentes journées :

- direction du soleil en fonction de l'heure de la journée



- hauteur du soleil en fonction de l'heure de la journée



D - Analyse des relevés

1 - Résultats du gnomon

Ils permettent de constater que la trajectoire du soleil n'est pas tous les jours la même. Elle varie en direction et en hauteur.

Variation de direction

Les modifications de direction portent sur les levers et les couchers de soleil, puisque :

- du solstice d'hiver au solstice d'été, les levers varient du sud-est au nord-est et les couchers du sud-ouest au nord-ouest,
- du solstice d'été au solstice d'hiver, les levers varient du nord-est au sud-est et les couchers du nord-ouest au sud-ouest.

Il est remarquable, de constater que, quelle que soit la journée considérée, le soleil après son «lever vers l'est» va vers le sud puis «vers l'ouest» pour se «coucher». De même, tous les jours, le soleil est au sud au midi solaire (la moitié de sa course).

Variation de hauteur

Bien que cela soit difficilement mesurable, les variations de hauteurs sont bien visibles, puisque toutes les longueurs des ombres ne sont pas égales. Il suffit pour bien en rendre compte, de relier toutes les extrémités des ombres et l'on a alors un aperçu de la trajectoire du soleil.

On constate que la hauteur du soleil au lever et au coucher ne varie pas, car elle est liée au relief sur l'horizon. Par contre, elle diffère d'un jour à l'autre en ce qui concerne la course que le soleil effectue entre son lever et son coucher.

On observe, en effet, que la hauteur du soleil augmente puis diminue au cours de sa course, avec un point culminant au midi solaire. Cependant, cette variation de hauteur au cours de la journée n'est pas constante toute l'année. En effet :

- elle augmente progressivement du 01 mars au 21 juin (solstice d'été),
- elle diminue après le 21 juin.

Mais cette variation de hauteur est plus visible, et est mesurée, dans les résultats du quadrant de Copernic.

2 - Résultats du quadrant de Copernic

Les graphes montrent clairement ce que les résultats du gnomon laissaient entrevoir, à savoir que la variation de hauteur entre les levers et couchers et le point culminant de la course du soleil :

- augmente du 01 mars au 21 juin, avec des hauteurs maximales de 45° le jour de l'équinoxe de printemps et de 68° le jour du solstice d'été,
- diminue après le 21 juin.

Il n'en faut pas plus pour supposer que la variation de hauteur :

- augmente du solstice d'hiver au solstice d'été (puisque l'augmentation existe avant l'équinoxe de printemps),
- diminue du solstice d'été au solstice d'hiver.

Il est alors facile de conclure que la course du soleil a une hauteur :

- maximale au midi solaire du solstice d'été,

- minimale au midi solaire du solstice d'hiver.

En ce qui concerne la hauteur du soleil au midi solaire, nous savons qu'elle est de 45° à l'équinoxe de printemps et de 68° au solstice d'été, et nous savons que cette hauteur est minimale au solstice d'hiver. Il est envisageable de penser que la différence de hauteur, entre le solstice d'hiver et l'équinoxe de printemps, est la même qu'entre ce dernier et le solstice d'été, soit de : $68^\circ - 45^\circ = 23^\circ$. La hauteur du soleil au solstice d'hiver serait donc de : $45^\circ - 23^\circ = 22^\circ$.

La hauteur du soleil diminuant du solstice d'été à celui d'hiver, elle repassera par 45° à l'équinoxe d'automne, puisque cela correspond à la moitié :

- du temps entre les deux solstices,
- de la variation entre les deux solstices.

3 - Conclusion de l'étude des relevés

Ces dernières observations nous permettent d'affirmer que la trajectoire du soleil n'est pas la même toute l'année.

Elle a des constantes :

- le lever se fait toujours «vers l'est»,
- le coucher se fait toujours «vers l'ouest»,
- la trajectoire passe toujours par le sud au midi solaire,
- la hauteur du soleil augmente entre le lever et le midi solaire puis diminue jusqu'au coucher.

Néanmoins, des variations existent :

- les levers varient du sud-est au nord-est (cf. II - B),
- les couchers varient du sud-ouest au nord-ouest (cf. II - B),
- la variation de hauteur du soleil entre son lever ou son coucher et sa position culminante (midi solaire)
 - * est la plus faible au solstice d'hiver,
 - * augmente du solstice d'hiver au solstice d'été,
 - * est la plus importante au solstice d'été,
 - * diminue du solstice d'été au solstice d'hiver.

Le soleil culmine à

- 22° au solstice d'hiver,
- 45° aux équinoxes de printemps et d'automne,
- 68° au solstice d'été.

Remarque. Dans nos régions montagneuses, les observations peuvent être légèrement différentes de celles proposées (théoriques). En effet, le relief nous masque le lever et le coucher réels du soleil. Aussi ne faut-il pas s'étonner de ne pas avoir les mêmes heures et directions de lever et coucher que les données officielles. De même, en hiver, il peut apparaître que la trajectoire du soleil n'a pas de variation de hauteur entre le lever (et coucher) et le midi solaire.

CONCLUSION

Toute cette étude a permis d'étudier le mouvement apparent du soleil. Sans comprendre le «**pourquoi ?**», les enfants connaissent maintenant une partie du «**comment cela fonctionne-t-il ?**»

Désormais, c'est avec un autre œil qu'ils regarderont le soleil, source de vie.

ANNEXE

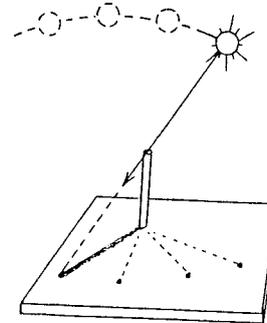
LE GNOMON**

Extrait de la fiche Freinet n° 273
ASTRONOMIE-MIDI VRAI-MERIDIEN-NORD.

Tu as déjà observé la «course» du Soleil dans le ciel
Le moment précis où il se trouve le plus «haut» est le «midi vrai».
La direction suivant laquelle tu le vois à ce moment est le sud.
Comment repérer ce midi vrai dans la journée ?

Un bâton maintenu verticalement ou un grand clou planté dans une planchette ou l'angle d'un pilier de clôture... ou un fil à plomb pendu...

Pourvu que ces objets donnent une ombre dont on peut repérer la longueur.



PREMIER MOYEN

- Tu observes la longueur des ombres à des moments qui se suivent de 10 minutes en 10 minutes, le matin, l'après-midi.
- Le moment où l'ombre sera la plus petite sera aussi celui où le Soleil sera le plus haut, donc le *midi vrai*. A ce moment précis, l'ombre sera dirigée du sud au nord et sera sur le «méridien du lieu» ! Observe cette ombre entre 11h45 et 12h30 à ta montre et essaie de tracer la direction de l'ombre la plus courte.
- Tu vérifies le lendemain.

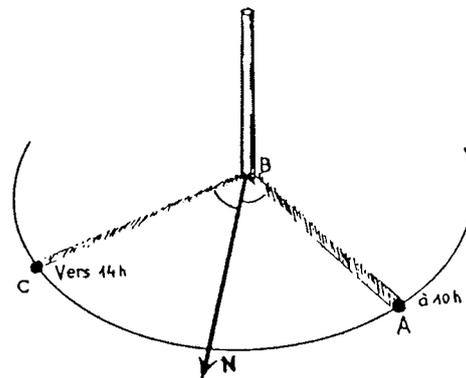
DEUXIÈME MOYEN

• Si tu ne peux faire tes observations à 12 heures alors, à 10 heures (environ), tu repères l'extrémité A de l'ombre.

• Tu traces un grand arc de cercle ayant B comme centre et BA comme rayon.

• Dans l'après-midi, tu reviens (vers 14 heures) et tu attends le moment où l'extrémité atteint exactement l'arc de cercle. Tu trouves le point C.

• Tu cherches un moyen de partager en deux le secteur angulaire [BC,BA] et tu peux tracer BN (c'est le méridien). Le lendemain, tu reviens et quand l'ombre recouvre BN c'est le «midi vrai».

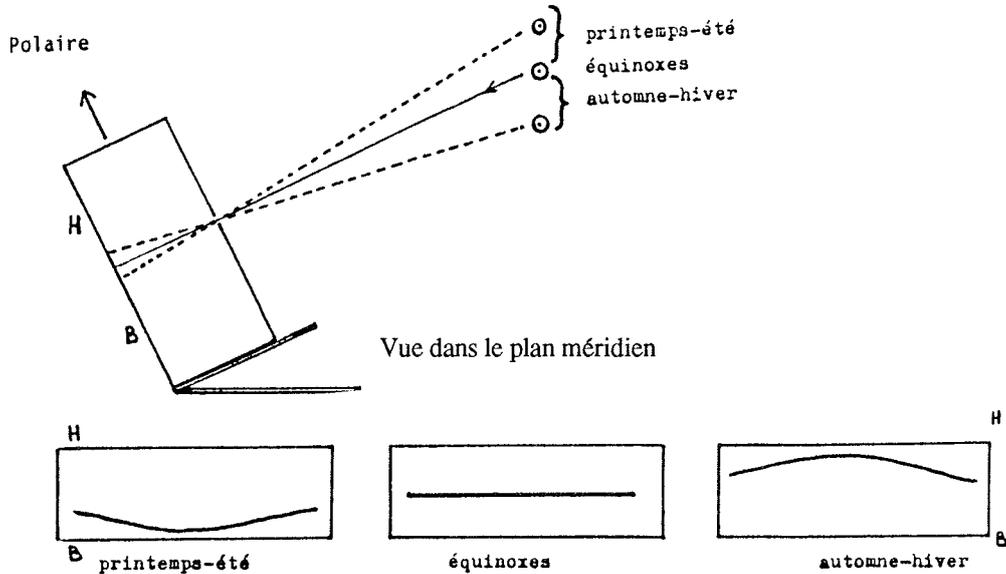


** «Ancien instrument astronomique composé d'une tige verticale (style) faisant ombre sur une surface plane, ou d'une plaque percée d'un trou, projetant une image elliptique du soleil.» (Dictionnaire Le petit Robert)

L'HÉLIOGRAPHE

Extrait des Cahiers Clairault, Centre de Liaison Astronomes et Enseignants.

Un héliographe est une boîte cylindrique percée d'un trou et dans laquelle on a placé du papier sensible à la lumière. L'axe de la boîte doit être parallèle à l'axe du monde et le plan méridien du lieu doit passer par l'axe et le trou (placé vers le sud).



Allure des courbes obtenues

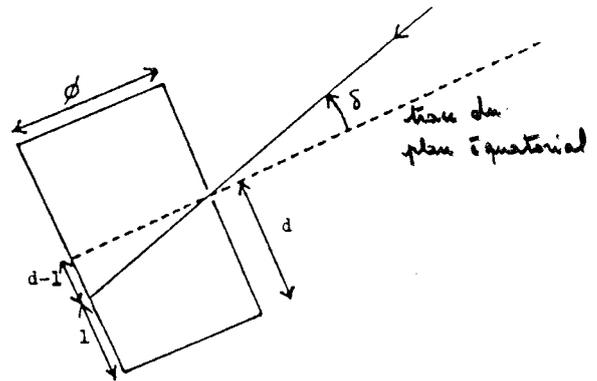
(Les courbes sont des portions de sinusoïde. Cas particulier : les jours d'équinoxe)

MESURE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL

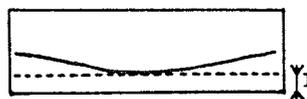
Par construction de l'héliographe, on connaît :

- d : distance entre le trou et le fond
- $\phi = 2R$: diamètre intérieur de la boîte.

∂ est la déclinaison du soleil le jour de l'enregistrement.



Sur la courbe, l'image du soleil à midi vrai est dans le plan méridien. Considérant la symétrie de la courbe, on peut dire qu'elle est au point le plus bas (en été). L'image du soleil se trouve donc au point de tangence de la courbe avec une droite parallèle au bord de la feuille ; l est la distance qui sépare cette droite du bord de la feuille.

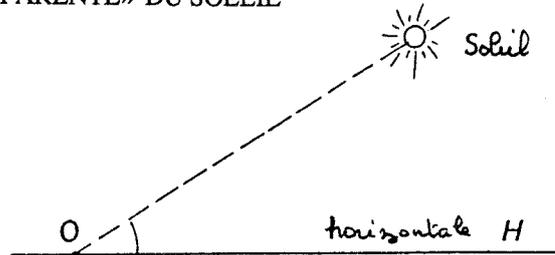


On a $\text{tg } \partial = (d-l) / 2R$.

LE QUADRANT DE COPERNIC

Extrait de la fiche Freinet n° 262
 ASTRONOMIE-SAISONS-NORD-MERIDIEN.
 Le quadrant de Copernic. (La «hauteur du soleil»)

LA «HAUTEUR APPARENTE» DU SOLEIL

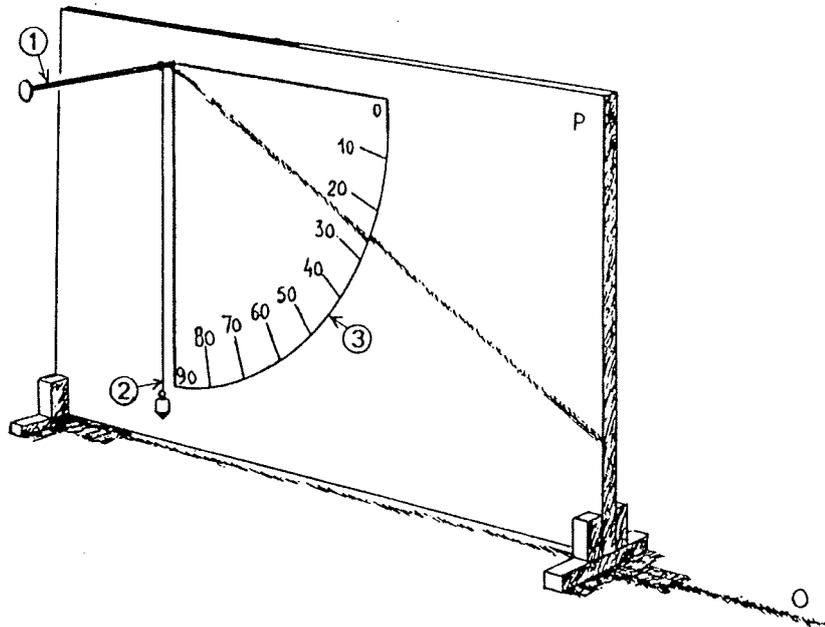


O, c'est toi l'observateur.

La mesure de l'angle \widehat{SOH} est la hauteur apparente du soleil.

QUADRANT

Plus l'appareil est grand,
 plus il est précis.



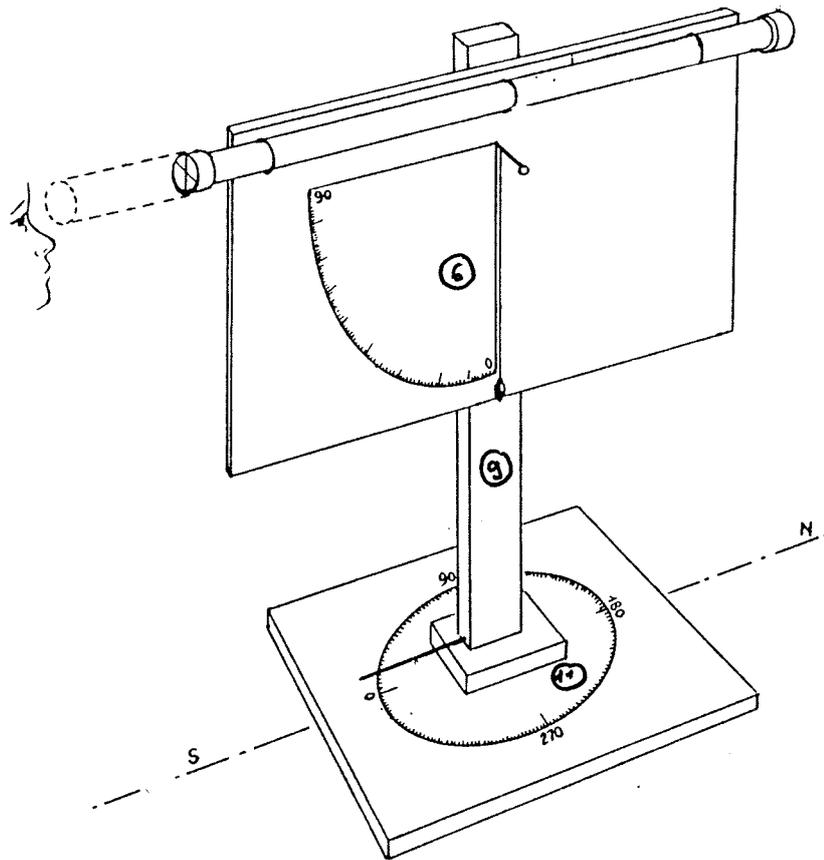
1. Clou dont l'ombre indique la hauteur apparente du Soleil.
2. Fil à plomb. Il faut que le fil passe exactement à 90° (tu places si nécessaire des petites cales sous les supports).
3. Quart de cercle gradué à l'aide du rapporteur et du compas.

- Tu disposes le quadrant de telle sorte que l'ombre de la planchette disparaisse derrière comme devant mais apparaisse dans le prolongement de la planchette, la plus fine possible comme en O : c'est la direction du Soleil.

- Dans cette position, l'ombre du clou indique la hauteur du Soleil au moment de l'observation.

LE THÉODOLITE

Extrait des fiches Freinet n° 263 et 264
 ASTRONOMIE-ARPENTAGE-REPERAGE DES ASTRES DANS LE CIEL.



Croquis du théodolite

Avec cet appareil tu peux repérer un astre dans le ciel, savoir s'il se déplace par rapport à la terre ou par rapport aux autres astres.

- Tu places l'appareil tel que la droite 0° - 180° passe sur le méridien.
- Tu vises l'astre dans la lunette.
 - Pour cela le pied (9) tourne et le clou se place sur un nombre de la graduation (11). Ce nombre repère la direction de l'astre : on dit son «azimut».
 - Mais la lunette tourne aussi verticalement.

Un nombre de la graduation (6) se place devant le fil à plomb.

Ce nombre repère la hauteur apparente de l'astre. L'astre est donc repéré par un couple de nombres.