

LE COLLOQUE CLEA D'AVRIL 1989

En août 1988, Lucette Bottinelli, Michèle Gerbaldi et Lucienne Gouguenheim ont participé au colloque international de Williamstown sur l'enseignement de l'astronomie, présentant le travail du CLEA dans le cadre de l'Union Astronomique Internationale. Ce colloque fut en même temps l'occasion d'échanges fructueux avec d'autres équipes d'astronomes travaillant dans un esprit voisin du nôtre et avec des objectifs similaires. En particulier, nos collègues furent intéressées par le projet STAR ("Science Teaching through its Astronomical Roots") que l'un de ses trois responsables, Philip M. Sadler a présenté dans notre Cahier 44 (p.19).

Après discussion, il a paru intéressant de nous rencontrer. L'un des deux autres animateurs de STAR, Darrel Hoff, du Center for Astrophysics à Harvard a accepté de nous rendre visite. Le Comité National Français d'Astronomie a donné son accord pour inviter officiellement Darrel Hoff et nous accorder une aide financière pour organiser ce colloque qui s'est tenu, au Centre Universitaire d'Orsay, du 3 au 6 avril 1989. Y ont participé pour le CLEA : Daniel Bardin, Lucette Bottinelli, Alain Dargencourt, Maryse Faydi, Jean-Luc Fouquet, Michèle Gerbaldi, Lucienne Gouguenheim, Edith Hadamcik, Michel Laisne, Anne-Marie Louis, Claude Piguet, Jean-Marie Poncelet, Jean Ripert, Béatrice Sandré, Cécile Schulman, Daniel Toussaint, Victor Tryoën, Jacques Vialle, Gilbert Walusinski.

Les séances se sont déroulées - sans autre interruption que des pauses café au cours desquelles les échanges continuaient - du lundi matin 9 h au mercredi 17 h. Un apéritif de l'amitié organisé à l'Institut d'Astrophysique par Francette Delmas a permis, ce mercredi, d'honorer Darrel Hoff et de réunir un plus grand cercle d'amis du CLEA. Enfin, le jeudi 6 avril, une réunion plus spécialement CLEA a donné aux participants l'occasion de discuter nos projets en relation avec les réformes envisagées par la commission ministérielle Blanchet.

Au cours des séances du colloque, ont alterné les présentations par Darrel Hoff des réalisations de STAR et des réalisations CLEA par plusieurs des participants. Les échanges ont été fructueux et abondants dans les deux sens grâce en particulier à l'aide de Jacques Vialle qui traduisait de l'anglais au français ou vice versa pour ceux d'entre nous qui n'étaient pas bilingues.

Dans ce compte rendu, nous nous attachons surtout à développer les communications de Darrel Hoff. Celles des membres du CLEA seront seulement mentionnées en attendant qu'elles fassent l'objet d'articles dans nos prochains numéros.

Quant au climat de ces journées, leur date avait été choisie durant la semaine des vacances de printemps commune aux diverses zones. Ce qui nous a valu d'admirer le campus d'Orsay sous la neige... Mais dans le laboratoire d'astronomie, les habitués des écoles d'été ou des assemblées du CLEA retrouvaient l'atmosphère sympathique et amicale favorisant tous les échanges.

° ° °

STAR

- Au cours de ses présentations, Darrel Hoff nous rappelle l'organisation de l'enseignement aux USA. Après six années d'école élémentaire, la High School Junior (niveaux 7,8,9) correspond à peu près à nos collèges (élèves de 12 à 14 ans). Vient ensuite la High School Senior (niveaux 10,11,12) pour les élèves de 15 à 17 ans et correspond à peu près à nos lycées (Seconde et Première).

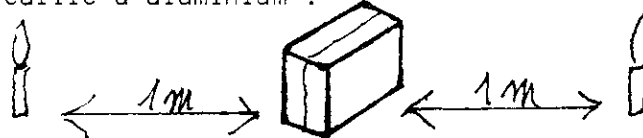
30 à 40% des élèves après la High School entrent dans un "college" c'est à dire un premier cycle universitaire. Mais parmi eux,

5% seulement accèdent à l'université proprement dite. Par ailleurs, 20 à 30% des élèves sortant des High School entrent dans des écoles techniques.

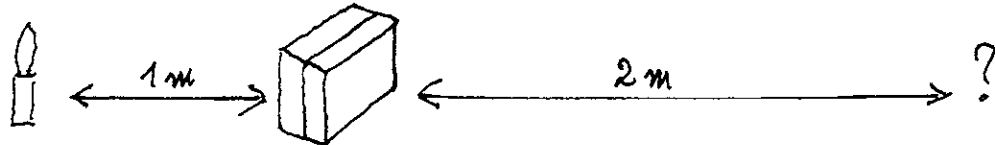
Aux niveaux secondaires (High School) une année d'enseignement scientifique est obligatoire sur les quatre dernières années. 80% des élèves choisissent la biologie, 40% la chimie, 20% la physique. La majorité des élèves de High School n'ont pas d'autre enseignement scientifique.

Situation qui peut changer si STAR est populaire et bien fait. Comme son nom l'indique, en se servant de l'attrait pour l'astronomie on peut enseigner les sciences. Les méthodes préconisées par STAR tiennent compte du fait que les élèves appréhendent mal l'application des mathématiques mais sont surtout des visuels, ayant besoin de manipuler. On place donc les élèves dans des situations simples avec un matériel élémentaire.

Par exemple, étant donné l'éclairement produit sur un photomètre par une bougie placée à un mètre, on demande : combien faudrait-il placer de bougies à deux mètres pour obtenir le même éclairement ? On utilise comme photomètre deux blocs de paraffine entre lesquels on a plié une feuille d'aluminium :



Les deux bougies étant à un mètre du photomètre, même éclairement des deux côtés.



Dans le deuxième cas, on place les bougies de droite à deux mètres, celle de gauche restant à un mètre du photomètre. Combien faut-il mettre de bougies à droite pour obtenir encore le même éclairement des deux côtés ?

A partir de cet exemple, la méthodologie de STAR apparaît : un matériel de démonstration très simple comme ce photomètre ; une situation également simple à partir de laquelle peuvent être dégagées et critiquées fausses idées ou idées préconçues. En tout cas, enseigner à partir d'activités concrètes ; c'est enseigner des connaissances scientifiques en faisant vivre la science.

Au cours de la discussion, Victor a fait remarquer que la pédagogie des activités d'éveil, à l'école primaire, était fondée sur une conception similaire. Malheureusement, elle a été mal comprise, en particulier par des parents d'élèves qui ne retrouvaient pas chez leurs enfants les exercices scolaires et livresques qu'ils avaient connus. Darrel nous répond que STAR est une tentative ; des études ont été faites sur mille classes (soit 23 000 élèves) avec évaluation dans des classes-témoins guidées par les mêmes professeurs. "Nous n'avons que partiellement réussi. Il faut s'opposer à la tendance des professeurs du secondaire qui voudraient former de futurs savants alors que, statistiquement, ils sont plus aptes à former un futur criminel qu'un futur savant!"

°°°

De STAR à SPICA - Deux mille High Schools appartenant à 17 000 districts scolaires répartis dans l'ensemble des USA permettent à 15 000 élèves de suivre le programme STAR. Les quatre brochures éditées par STAR, 1. "Measuring size and distance", 2 "Making models of the sky", 3 "Scale models", 4 "The inverse square law", - ces quatre brochures représentent l'enseignement pour un tiers de l'année scolaire. Les enseignants sont surtout des professeurs de physique, de sciences ou de mathématiques. Ils utilisent le plus souvent le matériel STAR.

Un programme plus ambitieux, SPICA (Support Program for Improvement Competency in Astronomy) est en cours de préparation. Il sera expérimenté pendant trois ans par une centaine d'enseignants choisis pour leur compétence initiale en astronomie. Ces professeurs recevront en outre une formation approfondie en astronomie à l'occasion de stages d'été d'une durée de trois semaines qui les réuniront successivement pendant trois ans par groupes d'une trentaine. Le financement du projet dépend de la National Science Foundation.

° °

QUELQUES EXERCICES DU PROJET STAR

1. Les phases de la Lune avec son corps Un exercice typique de la méthode préconisée par STAR : une expérience vécue par les élèves. Ceux-ci sont installés en cercle autour d'un objet ou d'une lampe figurant le Soleil. Chaque élève représente la Terre, son nez figurant sa position sur le globe (si le nez est vers le Soleil, il est midi). Chaque élève tient dans la main droite (ou gauche) une boule qui figure la Lune. A la nouvelle lune, la Lune est dans la direction du Soleil, elle se lève en même temps que lui (l'élève tourne sur lui-même de gauche à droite pour figurer une journée). La Lune avance sur son orbite autour de la Terre (dans le sens d'ouest en est). Au premier quartier, la boule lunaire est tenue par la main gauche, elle se lève après le Soleil (quand il est midi) et se couche après. A la pleine lune, la boule lunaire est derrière la tête, elle se lève quand le Soleil se couche. Au dernier quartier, la boule lunaire est dans la main droite, la Lune se lève quand il est minuit, elle se couche quand il est midi.

Remarque : pour Darrel Hoff, l'élève a ressenti physiquement le passage de la Lune au méridien avant ou après le Soleil ; s'il dessine ensuite un schéma représentant ce qu'il a vécu, ce dessin n'est plus abstrait.

2. Constellations en trois dimensions Les anciens observateurs ont organisé le ciel en groupes de configurations, les constellations. Avez-vous déjà pensé à l'aspect qu'auraient ces constellations vues d'un autre astre que la Terre ? Avez-vous remarqué que des étoiles sont plus brillantes que d'autres ? Dans cette activité, nous allons étudier l'éclat et la distance des étoiles ainsi que l'aspect des constellations vues d'ailleurs.

Deux questions : 1. Toutes les étoiles de la Grande-Ourse sont à peu près du même éclat. Pensez-vous qu'elles sont à peu près à la même distance de la Terre ? 2. Pouvez-vous imaginer l'aspect qu'aurait la Grande-Ourse vue de l'étoile que nous voyons au bout du bras ?

Proposons-nous maintenant de construire un modèle de la constellation d'Orion en trois dimensions. Sur un carton rigide, on colle une feuille sur laquelle est dessinée la constellation (une dizaine d'étoiles). Pour chaque étoile, on perce un petit trou pour faire passer un fil que l'on fixe ; ces fils ont tous 55 cm de long. Les fils tendus, le dessin de la constellation vu à 55 cm est conforme à l'aspect d'une photographie de la constellation.

Sur le dessin, à côté de chaque étoile, est indiquée sa distance. Exemple : Rigel, 815 al. On choisit une échelle, par exemple, représenter une étoile distante de 100 al par une perle fixée sur le fil à 2,5 cm de l'observateur. Par conséquent, fixer la perle Rigel à 20,4cm.

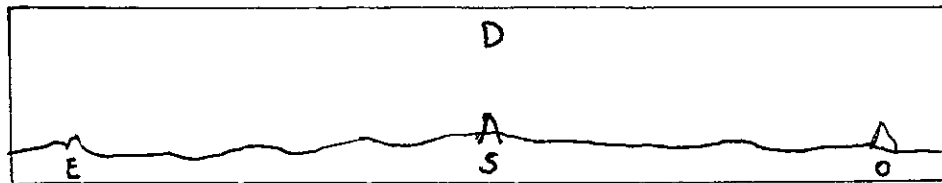
Quand l'opération aura été répétée pour chaque étoile de la constellation, en tendant tous les fils portant les perles, on a le modèle de la constellation en trois dimensions et telle qu'elle est vue de la Terre. Les fils tendus de la main gauche, on peut alors dessiner l'aspect de la constellation vue de la droite : ce n'est plus la forme initiale dessinée.

Les étoiles les plus brillantes étaient marquées d'une astérisque sur la carte de la constellation. D'où les questions : quelle est la distance de l'étoile la plus brillante ? Quelle est la distance de l'étoile la plus proche ? En général, les étoiles les plus brillantes sont-elles les plus proches ? Trouver deux raisons expliquant les différents éclats de deux étoiles distinctes.

3. Journal du mouvement du Soleil Le but de cette activité est de prendre note, une fois par semaine pendant plusieurs mois, de l'observation du Soleil à son coucher. Un dessin figure l'horizon du sud au nord, l'ouest au milieu, avec le schéma de quelques repères. On répète ce dessin à chaque observation en y figurant la position du Soleil et en notant la date et l'heure astronomique (pour la France, heure légale - 1h en hiver, heure légale - 2 h en été).

Comment les positions du Soleil à son coucher ont-elles varié pendant ces observations ? Pourquoi la position du Soleil à son coucher et l'heure de ce coucher changent-elles ? D'un jour au suivant, peut-on prévoir que le coucher aura lieu plus tôt ou plus tard ? Si l'heure du coucher change, en est-il de même de l'heure du lever ? Les deux changements ont-ils lieu dans le même sens ? Quelle incidence ont ces changements sur la durée de la nuit ?

4. Journal du mouvement de la Lune Sur le dessin suivant, on a représenté la position de la Lune à 20 h (heure astronomique), le 24 août.



Sur un dessin reproduisant le même horizon, figurer l'aspect et la position de la Lune le 23 puis le 27 août. Comment l'aspect de la Lune change-t-il ? Comment sa position dans le ciel change-t-elle ? Comment expliquer ces changements ?

Prévoir, de jour en jour, les levers et couchers de la Lune ; noter l'écart de temps entre le coucher du Soleil et le coucher de la Lune.

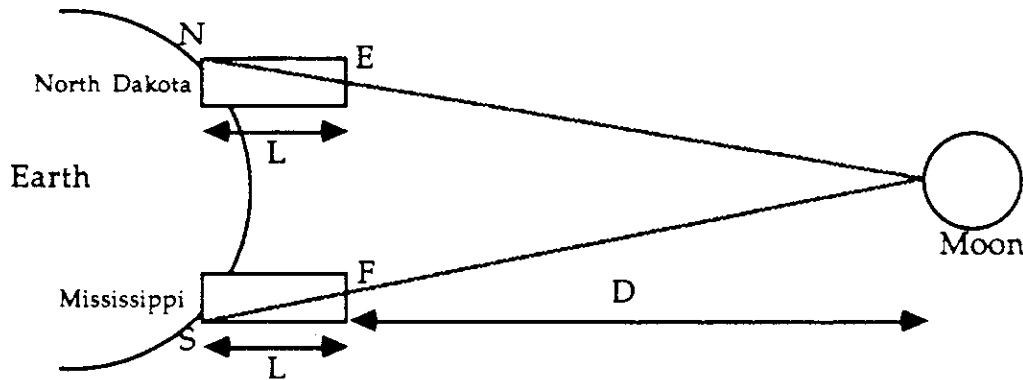
5. Les phases de la Lune Huit photos de la Lune notées ABCDEFGH sont à ranger dans un cadre à neuf cases pour figurer la suite des aspects de la Lune au cours d'une lunaison. Pourquoi neuf cases pour huit photos ?

A propos de chaque photo, peut-on dire quelle est la direction du Soleil vu de la Terre au moment de la prise de vue ?

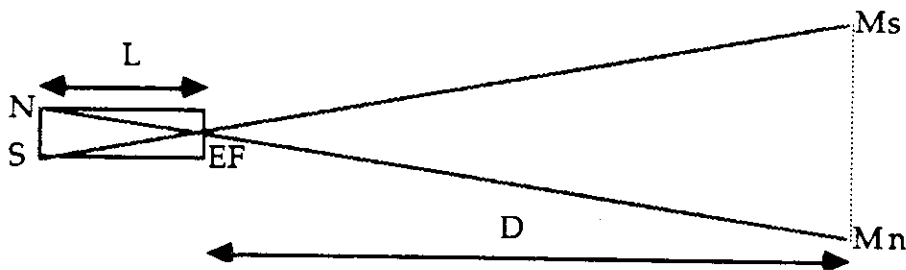
6. Modèle à l'échelle On simplifie les données ; diamètre de la Terre = 12 800 km, diamètre de la Lune = 3 700 km ; rapport des rayons voisin de 4. Si la Terre est représentée par une boule de diamètre 32 cm, la Lune le sera par une boule de 8 cm. A quelle distance l'une de l'autre ? Environ 30 diamètres terrestres soit à l'échelle 9,6 m. Quant au Soleil, ce serait une boule de diamètre 34,5 m placée à plus de 3,7 km.

Trouver une échelle qui permette de figurer le Soleil par un ballon de foot et quelle serait alors sa distance à la Terre ?

7. L'effet de parallaxe Un document met en évidence un effet de parallaxe : deux photos de la Lune ont été prises en même temps et avec la même focale 210 cm depuis deux observatoires éloignés l'un de l'autre de 1850 km (l'un à Finley Air Force Station North Dakota, l'autre à Starkville Mississippi). Sur les deux photos Jupiter, Vénus et plusieurs étoiles servent de repère.

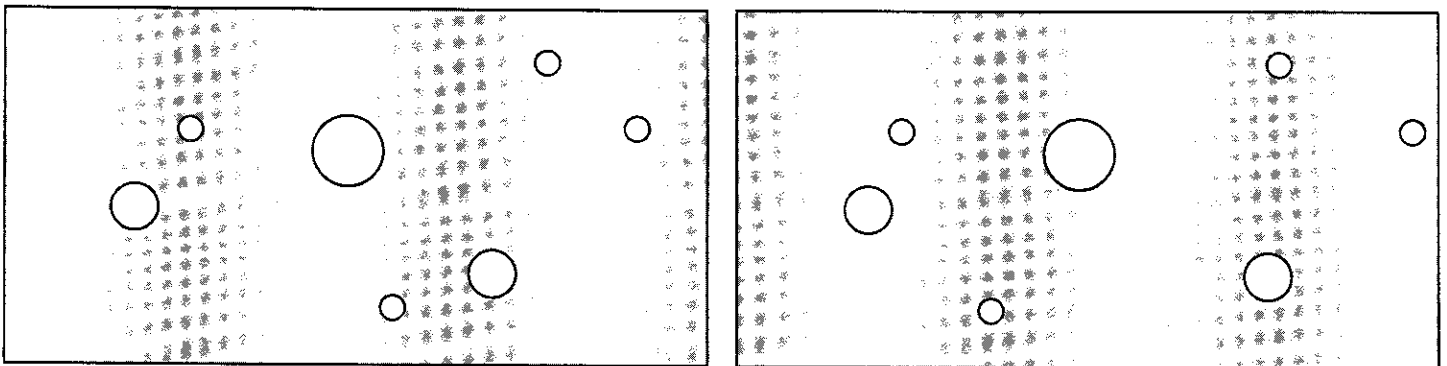


On peut mesurer le déplacement apparent de la Lune, d'une image à l'autre (environ 1 cm). Le rapport $1/210$ est égal à celui des 1850 km sur la distance de la Lune.



On trouve $1850 : 210$ soit environ 388 500 km. La mesure de l'effet de parallaxe conduit à une détermination de la distance de l'objet soumis à cette parallaxe.

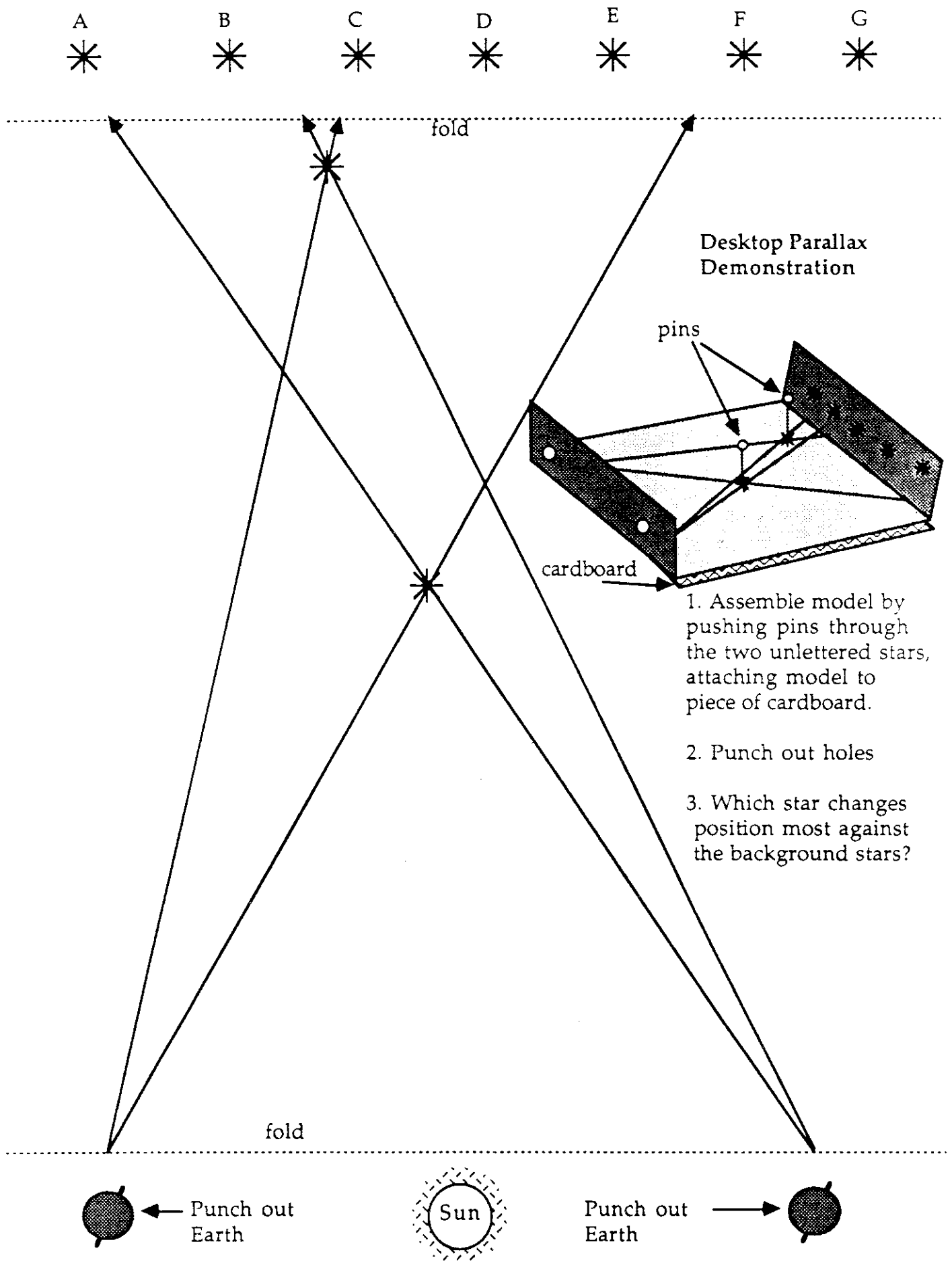
Parallaxes stellaires : deux schémas représentent une portion de ciel étoilé vue depuis la Terre à six mois d'intervalle. Sept étoiles sont représentées par



des disques plus ou moins grands selon l'éclat de l'étoile.

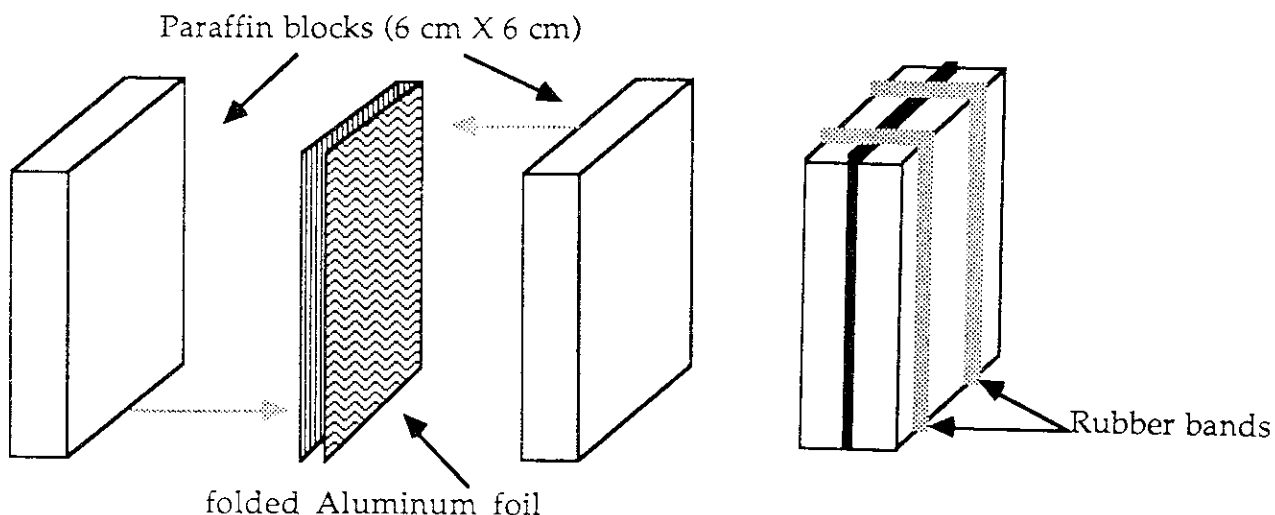
Questions : 1. En comparant les deux schémas, marquer d'une croix l'étoile qui est la plus proche de la Terre. 2. Expliquer comme on détermine cette étoile.

La boîte à parallaxe : le modèle est représenté à la page suivante en perspective qui donne l'idée complète du modèle, et en vraie grandeur qui permet de le réaliser facilement.



8. Photométrie et loi en $1/r^2$

Un matériel facile à construire nous met en possession d'un photomètre élémentaire : deux blocs de paraffine de 6 sur 6 cm et d'égale épaisseur, une feuille d'aluminium de 6 sur 12 cm pliée en deux, faces brillantes vers l'extérieur ; la feuille d'aluminium pliée et serrée entre les deux blocs de paraffine ; on lie le tout par deux élastiques.



Deux bougies identiques sont placées à 1 m du photomètre, de part et d'autre de celui-ci : on constate un même éclairement des deux faces de l'instrument. Si l'une des bougies est éloignée à 2 m, combien faudra-t-il lui adjoindre de bougies identiques pour retrouver sur le photomètre le même éclairement des deux faces ? Mise en évidence de la loi en $1/r^2$.

On peut alors essayer de mesurer la puissance du Soleil. On remplace la première bougie par une lampe électrique de 200 watt et l'autre face du photomètre est exposée au Soleil. On déplace la lampe jusqu'à obtenir l'égalité d'éclairement des deux faces. Soit, par exemple l'égalité d'éclairement réalisée avec la lampe à 8 cm du photomètre ; puissance du Soleil :

$$200 \times \frac{(1,49 \times 10^{13})^2}{8^2} = 6,9 \times 10^{26} \text{ watt}$$

Question : combien faudrait-il d'ampoules électriques de 200 watt, à la distance du Soleil, pour obtenir le même éclairement qu'avec le Soleil?

N-B? Cette expérience ne tient pas compte de l'absorption de l'énergie solaire par l'atmosphère, mais les divers paramètres négligés se compensent et la réponse donne un bon ordre de grandeur.

LES PRESENTATIONS CLEA

Nous nous contentons ici de les mentionner mais avec le bon espoir que plusieurs d'entre elles donneront lieu à des articles qui paraîtront dans les prochains Cahiers :

- L'astrolabe par Cécile Schulman
- Le Stellotoscope par Claude Piguet
- La sphère armillaire par Jean-Luc Fouquet
- La boîte à constellations par Jean Ripert
- L'hélioscope par Jean Ripert et Maryse Faydi
- Le geoselenoscope analogique par Daniel Toussaint
- La monture équatoriale par Alain Dargencourt
- Des expériences simples de spectroscopie par Edith Hadamcik
- Les mouvements des planètes dans un repère géocentrique par Lucette Bottinelli
- Le spectrographe par Daniel Bardin
- L'observation de la Lune par Victor Tryoen.