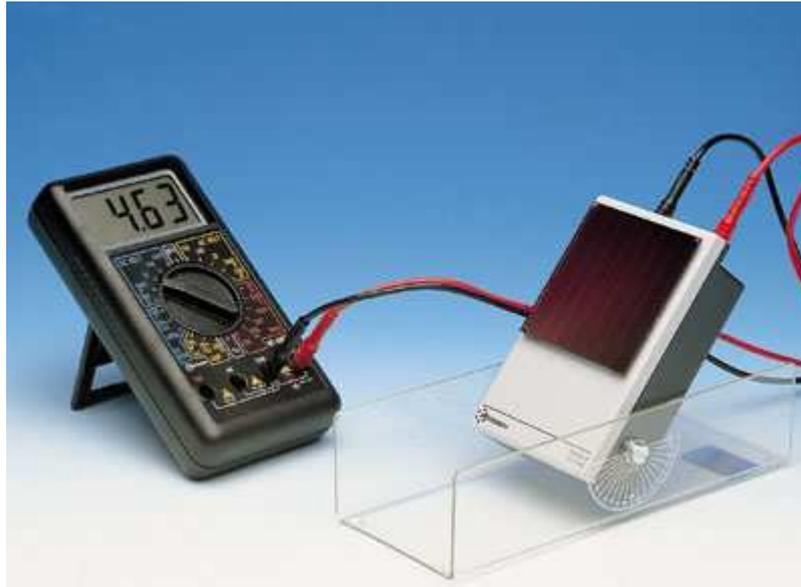


HELIO 4

MT15485



I. PRÉSENTATION DE L'APPAREIL

1. Description générale

Ce modèle analogique permet d'étudier l'influence de l'angle d'incidence des rayons solaires sur la quantité d'énergie reçue par la surface du sol.

2. Composition

HELIO 4 est composé de:

* **un Boîtier inclinable sur 180°**, muni de:

- un capteur photosensible.
- 2 douilles de branchement qui permettent de relier l'appareil à un voltmètre ou à une interface Ex.A.O.

* **un socle de plastique transparent** où apparaît une échelle de graduations (de 0 à 180°) qui permet de lire avec précision le degré d'inclinaison du boîtier

11. PRÉPARATION DE L'APPAREIL

1. Environnement nécessaire

- 2 cordons de liaison banane sécurité, diam. 4 mm;
- 1 source lumineuse, par exemple lampe de dissection.

2. Environnement conseillé

- 1 multimètre, réf. 01266;
- Interface Ex.A.O. Orphy portable2 (réf. 21806) ou Orphy GTS2 (réf. 21427) ou GTI (réf. 21786).

3. Entretien

- La surface du capteur doit être débarrassée de la poussière avant utilisation de l'appareil pour des mesures : employer pour cela un chiffon doux.
- Stocker l'appareil dans un endroit sec.

III. UTILISATION

1. Rappels

Tous les points de la planète Terre ne reçoivent pas la même quantité de rayonnement solaire en effet, le bilan radiatif (c'est à dire la différence entre l'énergie reçue et l'énergie émise par la Terre) varie essentiellement avec la **latitude**.

Cette répartition inégale de l'énergie lumineuse est due, en partie, aux **variations de l'angle d'incidence** des rayons solaires par rapport à la surface du sol : cet angle varie en fonction des **latitudes**, mais aussi en fonction des **heures** et des **saisons**.

Lorsque cette inclinaison augmente, la surface atteinte par le rayonnement solaire s'agrandit; la quantité d'énergie reçue par unité de surface diminue.

2. Précautions d'emploi

Manipuler l'appareil avec soin.

Le capteur photosensible nécessite une attention particulière : tout dommage causé à la photopile (rayure,...) peut nuire au bon fonctionnement de l'appareil et risque ainsi de fausser les résultats.

3. Principe de fonctionnement

Le capteur (ou photopile) permet la **mesure de la quantité de lumière reçue**, par l'intermédiaire d'un voltmètre, ou d'une interface **Ex.A.O.**, reliés aux douilles du boîtier.

En effet, **l'énergie lumineuse** reçue par la photopile est **transformée en énergie électrique** directement mesurable en Volts.

De plus, cette tension varie en fonction de l'angle d'incidence des rayons lumineux, proportionnellement à la quantité d'énergie lumineuse reçue par les cellules sensibles du capteur.

4. Mesures

- **Brancher** les cordons de liaison aux douilles du boîtier d'une part et à un voltmètre ou une interface Ex.A.O. (Expérimentation Assistée par Ordinateur) d'autre part.
- **Placer une source lumineuse à 2 mètres environ du capteur** (les rayons lumineux doivent suivre un trajet horizontal).
- **Incliner graduellement le boîtier-capteur.**
- **Noter les tensions** affichées par le voltmètre en fonction du degré d'inclinaison des rayons lumineux (que l'on peut lire sur le socle transparent de l'appareil).

a) Utilisation d'un voltmètre

Les tensions s'affichent directement à l'écran de celui-ci.

b) Utilisation de l'ExA.O.

- Avec les Orphy Portable 2, environnement nécessaire : capsule voltmètre 0-15V (réf. 21704).
- Avec l'Orphy GTS, environnement nécessaire : module de raccordement GTS (réf. 21784).
- Avec Orphy GTS2, connectez la sortie analogique sur l'une des entrées en face avant.
- Avec Orphy GTI, à l'aide du câble de mesure unipolaire livré avec l'interface, connectez la sortie analogique de Hélio4 à la prise G en face avant. Choisissez un calibre de 0-15V pour l'entrée EA8.

5. Caractéristiques techniques

- Angle du boîtier variable de 0 à 180°.
- Echelle angulaire sérigraphiée sur boîtier.
- Branchement par 2 douilles bananes de sécurité, diam. 4 mm.
- Surface du capteur: 50 cm².
- Dimensions du boîtier: 130 x 80 x 35 mm

IV. UTILISATION PÉDAGOGIQUE

4.1. Programme concerné

Classe de Première S : géodynamique externe et énergie du rayonnement solaire.

Objectifs cognitifs (extraits) «La Terre reçoit du Soleil de l'énergie dont la valeur est stable [...]. L'inégale répartition de l'énergie du rayonnement solaire sur Terre est à l'origine des mouvements atmosphériques et océaniques.»

Remarque : Le risque dans cette partie du programme est de proposer une approche trop théorique, associant documents et informations scientifiques extraites de quelques traités ou ouvrages spécialisés. Les activités présentées ci-dessous permettent au contraire de faire participer les élèves au raisonnement scientifique, en leur proposant des mesures réalisables dans des situations de classe, dont les résultats pourront être confrontés aux enregistrements des satellites.

4.2. Réception de l'énergie solaire influence de l'angle d'incidence

4.2.1. Prérequis

La constante solaire mesure l'énergie du rayonnement solaire émis vers la Terre, reçue hors de l'atmosphère sur une surface perpendiculaire au rayonnement. Sa valeur est stable (**1400 W / m²** en moyenne) si on néglige les variations cycliques de l'activité solaire.

Remarque: «Vue du Soleil», la Terre apparaît comme un disque, la surface «apparente» de réception du rayonnement solaire est donc de πR^2 (R = rayon du globe terrestre, soit 6400 km). Or en réalité, le rayonnement est reçu par une surface sphérique ($4\pi R^2$) quatre fois plus étendue que la surface apparente. **La constante solaire effective** est donc de $1400/4=350\text{W/m}^2$.

Le rayonnement **solaire est modifié en traversant l'atmosphère** : par suite des phénomènes de diffusion-réflexion et d'absorption, moins de la moitié des rayons atteignent la surface du sol.

4.2.2. Problématique

* Mettre en évidence l'inégale répartition de l'énergie solaire sur la Terre en observant une carte de distribution du flux solaire moyen reçu à la surface du sol.

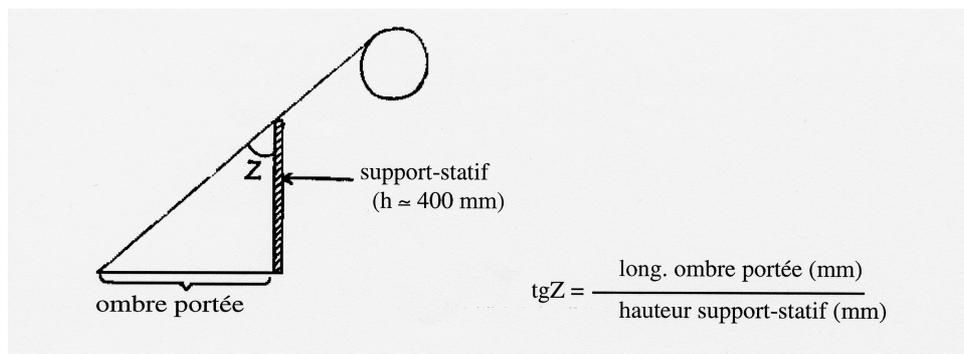
* Proposer en parallèle un diagramme montrant l'inclinaison des rayons solaires, à 12 heures, à diverses latitudes de l'hémisphère nord.

Hypothèse: l'angle d'incidence des rayons solaires a une influence sur la quantité d'énergie reçue par la surface du sol.

4.2.3. Propositions d'activités

Déterminer expérimentalement l'inclinaison des rayons solaires à un endroit donné, et montrer qu'elle varie en fonction de l'heure.

Si on ne dispose pas du **pyromètre solaire** (type MI 15478), on pourra s'inspirer du dispositif ci-dessous pour déterminer l'angle Z ou **distance zénithale** (angle de la direction du soleil avec la verticale du lieu).



Renouveler l'expérience à différentes heures de la journée et demander aux élèves de calculer les distances zénithales correspondantes.

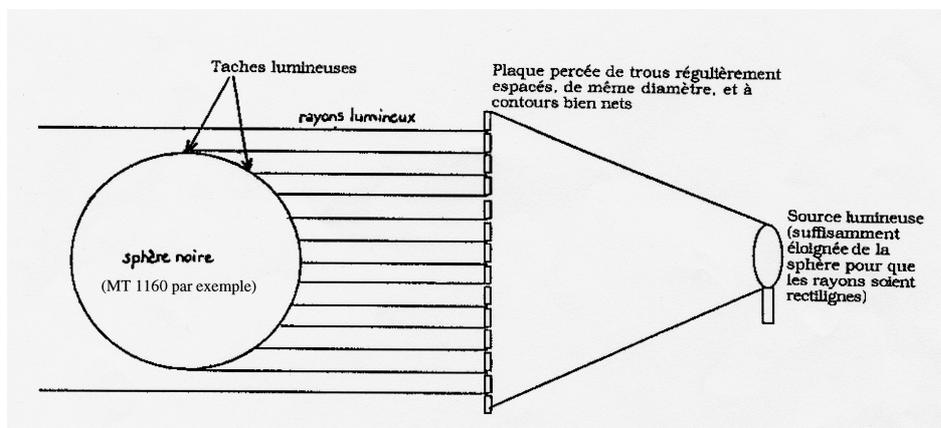
Exploiter le diagramme proposé en 4.22 pour montrer que l'inclinaison des rayons solaires en un endroit donné dépend aussi:

- de la saison,
- de la latitude du lieu considéré.

* **Mesurer** directement l'énergie lumineuse reçue par une photopile pour différents angles d'inclinaison à l'aide du modèle HELIO 4 (cf. chap. 3)

* **Visualiser** les résultats obtenus par un voltmètre ou en EX.A.O. ; exploiter la courbe obtenue.

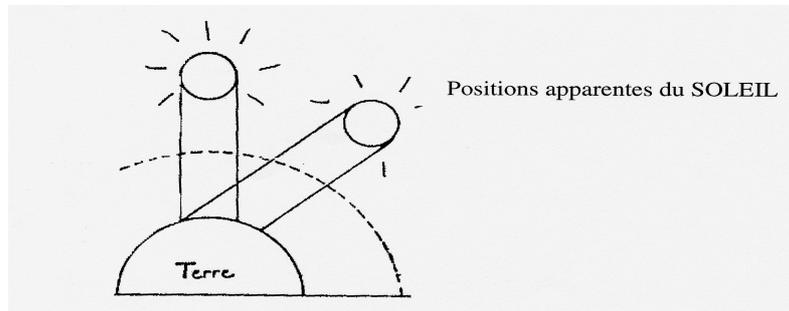
* **Modéliser** l'interception des rayons solaires par la surface terrestre en construisant le dispositif ci-dessous



Remarque: Plus simplement, on peut éclairer une feuille de papier blanche avec une torche et observer la tache lumineuse - plus ou moins grande selon l'inclinaison de la torche ; c'est lorsque la feuille est éclairée verticalement que la tache est la plus petite et la lumière la plus intense.

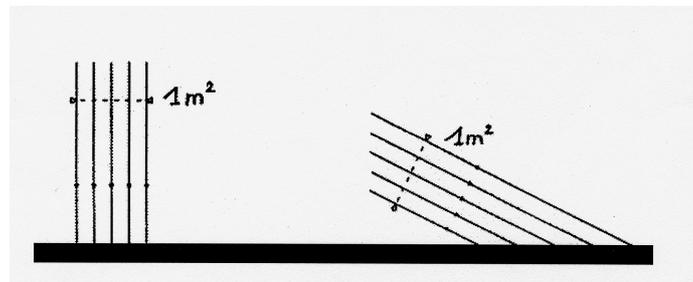
4.2.4. Interprétation des résultats

Lorsque l'inclinaison des rayons solaires augmente, la surface atteinte par le rayonnement solaire s'agrandit ; la quantité d'énergie reçue par unité de surface diminue.



Exercice

Evaluer la surface S' dans le cas où l'angle d'incidence est, par exemple, de 30° .



Plus le faisceau de rayonnement provenant du Soleil est incliné sur l'horizon, plus il est réparti sur une grande surface (et plus l'énergie reçue par unité de surface diminue). Pour $\alpha = 30^\circ$, $S' = S / \sin \alpha$ 2S.

—>La masse atmosphérique traversée augmente ; **le flux solaire incident** subit une absorption plus élevée, il est donc **plus faible**.

Exercice

Comparer les masses d'atmosphères traversées pour différentes valeurs de l'angle d'incidence (1 représentant la masse d'atmosphère traversée verticalement).

Lorsque les rayons solaires sont inclinés par rapport à la surface du sol, leur traversée de l'atmosphère est plus longue que lorsqu'ils sont verticaux.

| Angle d'incidence | Masse atmosphérique traversée |
|-------------------|-------------------------------|
| 90° | 1,00 |
| 60° | 1,15 |
| 30° | 2,00 |
| 10° | 5,70 |
| 5° | 10,80 |

Lorsque les rayons solaires sont inclinés par rapport à la surface du sol, leur traversée de l'atmosphère est plus longue que lorsqu'ils sont verticaux.

4.2.5. Exploitation des résultats. Prolongements envisageables

On pourra, à l'aide d'un simple schéma, montrer qu'en **raison de la rotondité de la Terre**, l'épaisseur d'atmosphère traversée par les rayons solaires est plus importante aux pôles qu'à l'équateur: ainsi s'explique la distribution du flux solaire, plus élevé dans les régions situées entre les tropiques que dans les régions polaires.

Prolongements souhaitables

* Evaluer l'influence des substrats sur l'absorption du rayonnement solaire (mesure de l'albédo) : aux pôles, la surface glacée réfléchit mieux le rayonnement qu'à l'équateur où la surface peut être de l'eau, des forêts, du sable...

* Définir la notion de bilan radiatif (différence entre le rayonnement solaire incident absorbé par la surface de la planète et le rayonnement infrarouge réémis par cette même surface) positif aux basses latitudes (on en reçoit plus... on en réémet moins) et négatif aux latitudes élevées (pôles).

* Mettre en évidence, sur des images satellites, les mouvements des enveloppes fluides de la planète en montrant que l'important transfert d'énergie qui tend à rétablir l'équilibre entre les régions polaires déficitaires et la zone tropicale excédentaire constitue le moteur des déplacements des masses d'air.

Remarque: Préciser que les mouvements des masses atmosphériques sont modifiées par la rotation de la Terre (force de Coriolis)

4.2.6. Conclusion

L'énergie du rayonnement solaire est inégalement répartie sur Terre. Ce déséquilibre est à l'origine des circulations atmosphériques et océaniques. Ces mouvements dépendent des inégalités de l'échauffement solaire, de la nature de la surface terrestre et de la rotation du globe.

Notes