
APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE D'UN PROBLEME CONCRET D'AUTONOMIE ENERGETIQUE

Groupe Interactions mathématiques - sciences physiques - technologie¹
IREM de Brest

1. — Contexte

Depuis sa création, le groupe Interactions entre mathématiques, sciences physiques et technologie de l'IREM de Brest travaille pour concevoir des activités qui lient pédagogiquement les trois disciplines. Ses motivations, que l'on peut retrouver dans ses publications précédentes², sont multiples.

Tout d'abord, les trois disciplines travaillent avec ou sur des objets communs avec les élèves (comme par exemple la notion d'échelle³ ou les concepts physiques d'énergie, de travail d'une force, etc.). De fait la plupart des notions mathématiques sont utilisées dans toutes les disciplines scientifiques, que les enseignants en aient conscience ou pas, qu'ils en tiennent compte dans leur enseignement ou pas ; travailler en équipe pluridisciplinaire sur des activités communes permet de prendre conscience des différences de discours de chaque dis-

cipline sur ces objets communs et concourt donc à une harmonisation naturelle des discours, pour le plus grand bien des élèves.

Le travail interdisciplinaire permet de donner un sens concret aux notions abordées en classe de mathématiques, de travailler plus efficacement sur la résolution de problèmes en partant de vraies situations, partagées avec les sciences physiques et/ou la technologie et non des situations créées *ad hoc*, toujours un peu artificielles. La modélisation qu'il est nécessaire de mettre en œuvre est, de ce fait, forcément plus authentique et plus riche. Réciproquement, en quelque sorte, l'interdisciplinarité renforce le caractère scientifique et rigoureux du travail mené avec les élèves de plusieurs manières :

-les objets mathématiques nécessaires en sciences physiques et en technologie sont vus

1. Jérôme Hérisset (Collège la Fontaine Margot, Brest), Christelle Michal et Laurent Le Berre (Collège Kerallan, Plouzané), Matthieu Prod'homme (Collège Victoire Daubié, Plouzané), Frédérique Plantevin (Université de Bretagne Occidentale)

2. Cf. bibliographie

3. Comme dans Le Ledenez de Molène : un projet interdisciplinaire concret et problématisé au collège, Repères-IREM, N° 129, pp. 29-62

non seulement dans l'activité menée en physique ou en technologie mais aussi en tant que tels dans la classe de mathématiques ;

- la notion physique abordée en technologie ou en mathématiques (l'énergie, le travail, etc.) est traitée en tant que telle en classe de sciences physiques ;

- les élèves sont amenés à appliquer consciemment les concepts étudiés dans chaque matière, y compris en dehors du cadre du cours dédié à la matière, ce qui leur donne l'occasion de réutiliser des notions précédemment abordées ;

- parfois, la nécessité d'assimiler de nouveaux concepts est révélée par l'activité et rend donc nécessaire ou justifie l'élargissement des connaissances. Cette expansion est cruciale, non seulement pour progresser dans la résolution du problème en question, mais aussi pour aborder de nouveaux sujets de manière autonome, contribuant ainsi à une compréhension plus approfondie dans l'ensemble des domaines étudiés.

Enfin, la démarche utilisée (par projet) et le type de problèmes liés à des questions très actuelles auxquelles les jeunes sont particulièrement sensibles (principalement le développement durable), permettent d'espérer un vrai engagement dans l'activité et c'est effectivement ce que le groupe constate au fil de ses expérimentations.

L'activité décrite ici intègre les mathématiques, les sciences physiques et la technologie. Elle a été conçue en 2022 avec seulement trois des quatre enseignants⁴ du groupe, alors qu'ils faisaient partie de différents établissements déjà depuis 2019. Initialement, l'activité a été réfléchie afin d'être présentée à des enseignants lors du colloque de l'IREM de Brest en mai 2022 comme un exemple possible d'activité

interdisciplinaire, sans avoir été testée avec des élèves. L'année dernière, deux membres du groupe⁵ ont ajusté l'activité dans le but de l'adapter aux élèves de leurs deux classes de 3^{ème} partagées (sur les 4 classes de leur établissement commun), mais sans collaboration avec leur collègue de sciences physiques malheureusement. Seule l'articulation entre mathématiques et technologie a été mise en place, et pour deux classes sur quatre donc, les deux autres classes faisant l'activité intégralement en technologie, sans le renfort des mathématiques. La partie concernant les sciences physiques décrite dans cet article n'a donc pas été testée dans la séquence interdisciplinaire commune ; l'articulation proposée reflète ce qui aurait été fait si les enseignants concernés avaient été encore dans le même établissement. Les fiches d'activité et consignes sont présentées en annexe et servent de référence tout au long de l'article. Celle de mathématiques a été utilisée telle quelle l'année dernière, celle de technologie est celle qui a été utilisée pour les classes sans partie mathématique (d'où une certaine redondance apparente) et adaptée oralement pour les classes suivant la progression interdisciplinaire (qui a finalement été traitée en co-animation, voir la partie 6.4), celle de physique est une proposition. En annexe 9.4, différentes progressions sont récapitulées à partir des énoncés, fiches d'activité et consignes présentés dans l'article.

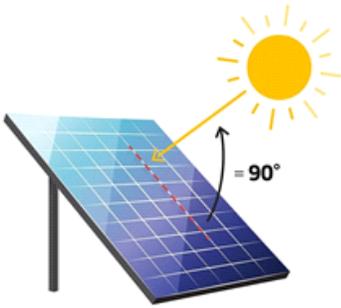
2. — Situation et première analyse

Nous présentons ici une problématique visant à optimiser le rendement d'un panneau solaire. Nous avons choisi celle-ci pour son potentiel à mobiliser les compétences de mathématiques, de sciences physiques et de technologie. Nous commençons par une présentation générale du problème, puis nous introduisons

4. Laurent Le Berre, Mathieu Prod'homme et Jérôme Hérisset

5. Laurent Le Berre (technologie) et Christelle Michal (mathématiques)

le vocabulaire utilisé et enfin nous présentons les étapes de sa résolution avec l'intervention de chaque discipline concernée. Cette partie 2 vise à expliciter la situation et à en établir un contexte clair pour le lecteur (afin qu'il puisse s'en saisir éventuellement) avant de détailler les interventions pédagogiques.



2. 1 - Présentation du problème

Situation :

Vous êtes au camping de Cahors en bord de rivière.
 Adresse : 1180 rue de la rivière
 46000 Cahors
 L'objectif est de voir comment obtenir assez d'énergie au moyen d'un panneau solaire pour recharger son téléphone portable avant de partir en activité canoë-kayak

Deux modèles de panneaux solaires sont utilisés, un grand et un petit. Le modèle de la figure 2 est un petit panneau solaire polycristallin de 5 Wc⁶ et d'une tension nominale⁷ de 12V. Ce type de panneau solaire est conçu pour

convertir efficacement l'énergie solaire en électricité utilisable. Il est compact et idéal pour des applications telles que la recharge de batteries ou l'alimentation de petits appareils électroniques. Il pourrait donc être effectivement utilisé dans la situation concrète envisagée. Tous deux disposent du même système de réglage de l'inclinaison par deux tiges encastables dans des glissières latérales : les figures 1 et 2 montrent ces éléments identiques (bien

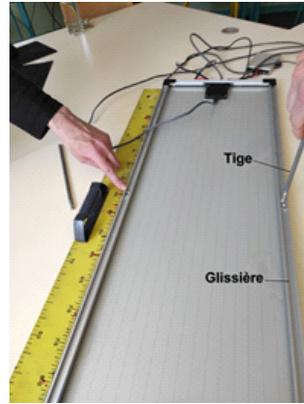


FIGURE 1 – Réglage de la tige dans la glissière au dos du panneau solaire (grand panneau solaire).



FIGURE 2 – Panneau solaire polycristallin (petit panneau solaire)

6. Wc : le Watt-crête est la puissance électrique maximale d'un panneau photovoltaïque dans des conditions standards
 7. Tension pour laquelle l'appareil a été conçu

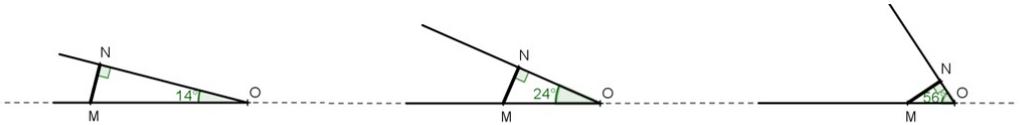


FIGURE 3 – Le panneau est présenté en vue de profil dans 3 positions différentes. MN est fixe (longueur de la tige).

que de taille différente) et la figure 3 montre comment le placement des tiges agit sur l’inclinaison du panneau.

Ensuite, en plusieurs étapes, il faut établir un lien entre la hauteur du soleil dans le ciel, l’énergie solaire reçue par le panneau solaire et son inclinaison, son inclinaison et la position de la tige, de manière à pouvoir déterminer une position optimale pour ce dernier. Ainsi, on finit par savoir relier le placement de la tige à la hauteur du soleil dans le ciel de manière à ce que le panneau soit en position optimale. Si l’on veut pouvoir utiliser le panneau à tout moment de la journée (ou de l’année), il apparaît judicieux de mettre au point une graduation⁸ de la glissière qui donne directement l’emplacement des tiges en fonction des données recueillies (heure et date).

Avant d’aller plus loin, il est important de faire le point sur le vocabulaire employé.

2. 2 - Vocabulaire

Azimuth : c’est l’angle, dans le plan horizontal,

8. Dans l’activité de mathématiques, le mot toise a été préféré à celui de graduation car les élèves assimilent souvent graduation à un trait de la graduation plutôt qu’à l’ensemble des traits ou qu’à l’objet physique que l’on veut obtenir. Cet aspect matériel est renforcé par la familiarité de l’objet “toise” utilisé pour surveiller la croissance des enfants

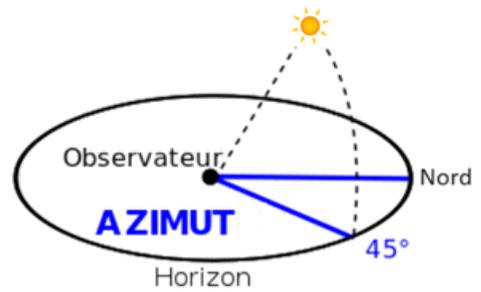


FIGURE 4 – L’azimut du soleil pour l’observateur est de 45°

entre le Nord et la direction du Soleil. Il est mesuré en degrés, de 0 à 360, dans le sens des aiguilles d’une montre, en partant du Nord. Ainsi l’Est est au 90°, le Sud au 180° et l’Ouest au 270°.

Hauteur angulaire du soleil : c’est l’angle formé par les rayons du Soleil avec le plan horizontal. Cet angle varie en fonction de l’heure de la journée, de la date et de la latitude du lieu d’observation. Il existe des abaques qui répertorient ces informations : ce sont les courbes de trajectoires du soleil⁹.

9. <https://www.enertech.fr/diagrammes-des-trajectoires-du-soleil/>

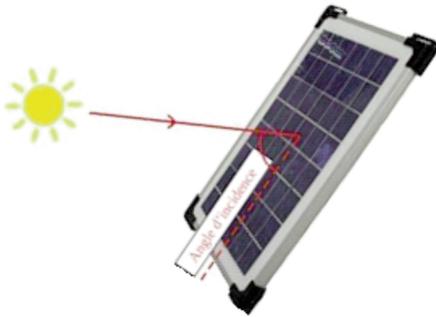


FIGURE 5 – Angle d’incidence du Soleil

Angle d’incidence : c’est l’angle formé par les rayons du Soleil avec le panneau solaire.

Finalement, la figure 6 schématise une vue en coupe de la situation avec les différents angles qu’il faut considérer, ceux déjà introduits ci-dessus et l’angle d’élévation du panneau qui donne son inclinaison.

Un exemple d’**abaque de courbes de trajectoires du soleil** est visible figure 7. Il s’agit de celui de latitude 48°N. Il représente les courbes de hauteur angulaire du soleil en fonction de son azimut à différentes dates de l’année, pour un lieu d’observation de latitude 48°N, avec une courbe (bleue) par jour, dont la date est indiquée dans un cartouche rectangulaire. Sur une courbe donnée, l’abscisse de chaque point correspond à un azimut du soleil et donc à une heure dans la journée ; les heures entières de la journée où le soleil est visible sont indiquées par les courbes roses qui sont donc des courbes isochrones. Les heures de chaque isochrone sont données dans les cartouches arrondies sur la courbe du 22 juin.

Concrètement, pour placer un point sur un tel abaque attaché à un lieu de latitude donnée,

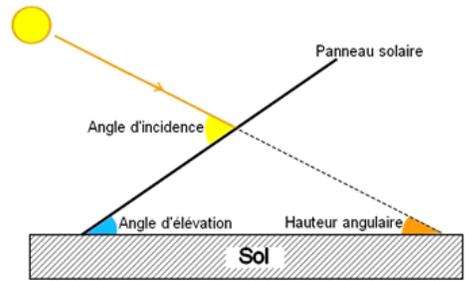


FIGURE 6 – Synthèse des différents angles utilisés dans l’article

l’observateur placé dans ce lieu, pour une date et une heure précise, relèverait l’azimut et la hauteur angulaire du Soleil : une des courbes bleues de l’abaque, représente donc l’ensemble des relevés pour une journée complète.

Par exemple, le 22 juin à 10 h à la latitude 48°N, l’azimut fait 125° et la hauteur du Soleil est à 56°. En dehors des solstices (22 juin et 23 décembre), une même courbe représente deux dates de l’année.

2. 3 - Résolution du problème par étapes

Le problème posé est typique de la technologie (démarche de projet, recherches de tous les aspects techniques du problème, réalisation concrète finale) qui en reste la colonne vertébrale, mais, comme tous les problèmes de technologie, il utilise des notions de mathématiques et de physique. Explicitons-les.

La première étape consiste à mettre en évidence que les rayons du soleil doivent arriver perpendiculairement au panneau afin que la quantité d’énergie reçue par le panneau soit maximale.

Une fois ceci établi, la réalisation d’un schéma permet de faire apparaître un triangle rectangle dans lequel on peut travailler. Sur

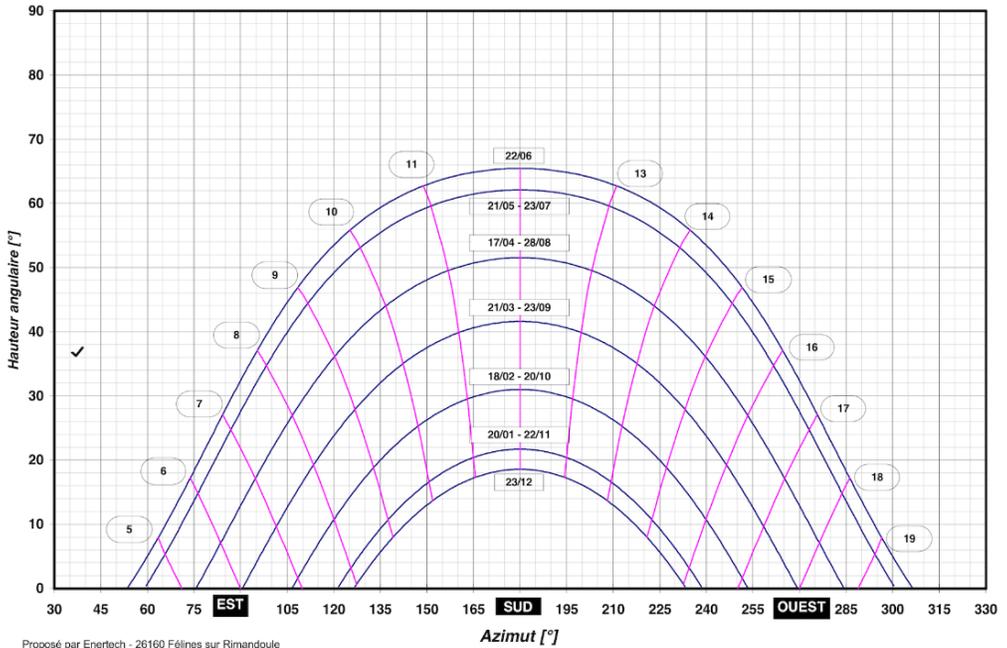


FIGURE 7 – Abaque de trajectoires du soleil en un lieu de latitude de 48°N

ce schéma, on note les éléments connus, tels que des longueurs et des angles. Ensuite, on examine les relations entre les angles, on peut utiliser le vocabulaire sur les angles (alternes-internes, correspondants, opposés par le sommet...). La trigonométrie entre en jeu ici, notamment avec l'utilisation de la tangente pour déterminer la position optimale du panneau. Pour appliquer ces calculs à diverses positions du soleil dans le ciel, l'usage d'un tableur s'avère utile. Cela permet de dupliquer la formule utilisée et d'ajuster la position des tiges du panneau solaire en fonction de la trajectoire solaire, optimisant ainsi la position du panneau à chaque instant de la journée (le travail fait permettrait de résoudre le problème tous les jours de l'année et même dans d'autres lieux). Muni de ces données, on peut équiper le panneau d'une échelle graduée permettant

de régler directement l'inclinaison du panneau pour une hauteur de soleil donnée.

Le travail interdisciplinaire permet à chacun des enseignants de prendre en charge la part de l'activité qui relève de sa discipline et de passer le relais pour construire l'activité complète pour l'élève.

3. — Grandes lignes d'un scénario pédagogique possible

3. 1 - Présentation globale

Chaque discipline participe à la résolution du problème par la classe, permettant aux élèves de mettre en pratique les attentes du programme de troisième dans chacune d'elles. Les élèves s'imprègnent des différentes étapes de résolution du projet et en deviennent en

quelque sorte des experts car ils sont les seuls à en avoir abordé tous les aspects avec la profondeur maximale ; c'est d'autant plus vrai qu'ils passent littéralement le relais entre les différentes matières, en apportant avec eux les résultats obtenus dans chacune d'entre elles. Ainsi, les élèves peuvent se retrouver à expliquer à l'enseignant de mathématiques le fonctionnement de l'abaque utilisé en technologie, ou à détailler à l'enseignant de technologie le raisonnement mathématique qui prévoit l'inclinaison optimale du panneau solaire. Cette dynamique permet une approche pédagogique plus collaborative et enrichissante pour tous.

3. 2 - Scénario pédagogique possible

L'enseignant de mathématiques propose en amont une séquence sur le repérage sur une sphère. L'objectif est que les élèves sachent qu'un point sur la Terre est repéré par deux coordonnées : la latitude et la longitude. Puis l'activité est présentée en technologie et y retourne régulièrement. La première séance a pour objectif de réunir toutes les informations techniques et géographiques nécessaires, par exemple, trouver les coordonnées GPS d'un lieu ou la puissance du panneau...

La séance suivante se déroule en sciences physiques. Les élèves exploitent les résultats d'une expérience pour démontrer que le panneau solaire reçoit davantage d'énergie lorsque l'angle d'incidence des rayons du Soleil sur le panneau est de 90° . Ils doivent donc répondre à la question : "Pour quel angle d'incidence d'un faisceau lumineux sur une surface horizontale, l'énergie reçue est-elle maximale ?". Une heure est nécessaire pour mener à bien la séance.

Les élèves prennent connaissance du problème et se l'approprient en faisant varier l'angle d'incidence du faisceau de la lampe sur une feuille de papier millimétré posée à

l'horizontale (15 min). Il leur est suggéré de mesurer l'aire de la surface couverte par un faisceau lumineux sur la feuille de papier millimétré pour quelques angles d'incidence du faisceau lumineux de la lampe (30 min). Cette expérience a pour but de constater que, quand l'angle d'incidence est de 90° , l'aire de la surface couverte par le faisceau lumineux est minimale. Les élèves en concluent ainsi que l'énergie reçue par unité de surface est maximale quand l'angle d'incidence est de 90° .

De retour en technologie, les élèves ont à disposition les courbes de trajectoires solaires du territoire français (de 41° à 52° Nord), un accès à GEOPORTAIL¹⁰ et le grand panneau solaire. Ils doivent localiser le site d'un camping situé dans le Lot.

Pour cela, ils notent les coordonnées GPS du lieu, ce qui leur permet de choisir la courbe de trajectoire solaire adéquate et de connaître la hauteur du soleil dans le ciel à la date et à l'heure indiquées.

Les élèves doivent également collecter des caractéristiques techniques du panneau solaire à partir d'une documentation technique et s'appuient sur la séance de physique pour énoncer clairement que l'angle d'incidence optimale des rayons solaires sur le panneau est de 90° .

Les informations obtenues en technologie et en sciences physiques servent ensuite de base documentaire à la séance de mathématiques. L'activité mathématique se découpe en trois parties.

Le travail commence à partir du schéma de la figure 8 (de l'énoncé de l'activité en annexe 9.3).

Les élèves s'intéressent à la modélisation de la situation.

10. <https://www.GEOPORTAIL.gouv.fr/>

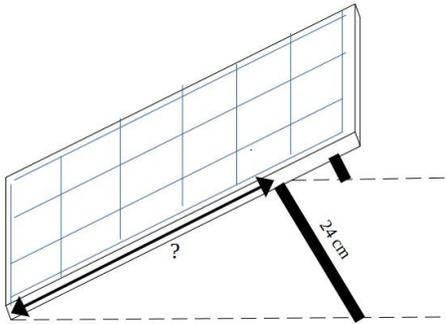


FIGURE 8 – Perspective cavalière

Il faut ensuite établir où positionner les tiges dans les glissières afin d'obtenir un angle d'incidence des rayons solaires droit. Pour cela, il faut étudier tous les angles de la figure afin d'associer la hauteur angulaire du Soleil avec l'un des angles du triangle ABC rectangle en B : il s'agit de l'angle au sommet C. L'objectif est d'exprimer la longueur AB en fonction de la hauteur angulaire du Soleil.

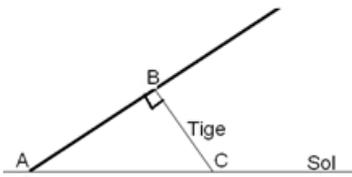


FIGURE 9 – Modélisation plane attendue

Un retour en technologie permet aux élèves de valider leur recherche en mathématiques par un schéma et un réglage réel du panneau.

Un prolongement du travail possible et même souhaitable est la réalisation d'une graduation à placer sur le panneau afin d'en faciliter les réglages. L'utilisation d'un tableur afin d'automatiser le calcul paraît assez naturelle.

La séquence est récapitulée précisément en annexe 9.4 (avec d'autres progressions pos-

sibles).

4. — Choix didactiques et pédagogiques

4. 1 - Activités introductives en technologie

La séance de technologie (fiche d'activité en annexe 9.1) étant introductive, ses objectifs sont de présenter la situation et de recueillir les informations nécessaires pour le travail de mathématiques. Les questions auxquelles il s'agit de répondre sont :

Ce travail implique :

- l'utilisation d'un SIG (Systèmes d'Information Géographique), GEOPORTAIL
- de savoir capturer et retoucher des images avec un logiciel approprié : PHOTOFILTRE par exemple.
- de faire des recherches de données techniques dans une documentation (voir l'annexe 9.2)
- de savoir réaliser un schéma annoté

Quelle est la latitude de notre camping à Cahors ? Quelle courbe de trajectoire solaire choisir parmi le panel d'abaques¹¹ fourni par le professeur ? Comment lire cet abaque ?

Les coordonnées GPS de Cahors sont *a priori* inconnues des élèves. Ils ne disposent que de l'adresse postale du camping. Ils ont accès à Internet et au réseau informatique du collège sur lequel le professeur a déposé une base documentaire. Grâce à GEOPORTAIL, les élèves recherchent une vue aérienne du camping, une fois le camping repéré, il est simple de trouver ses coordonnées GPS en faisant un clic droit puis "adresse / coordonnées du lieu". Les coordonnées données par GEOPORTAIL ne distinguent pas la latitude de la

11. <https://www.enertech.fr/diagrammes-des-trajectoires-du-soleil/>

longitude¹², les élèves doivent donc identifier d'eux-mêmes la latitude (voir figure 10). Le choix d'utiliser le SIG pour que l'élève trouve lui-même la latitude de Cahors lui donne l'occasion de remarquer que chaque lieu sur la Terre dispose de coordonnées géographiques qui lui sont propres (latitude et longitude). Ce travail pourrait être fait en mathématiques en amont de l'activité, le repérage sur la sphère étant au programme de la classe de troisième, comme suggéré en partie 6.5 (et dans les progressions alternatives en annexe 9.4) mais ce n'est pas ce qui est présenté ici. Parmi les fichiers déposés se trouve un document pdf réunissant 11 courbes de trajectoire solaire, classées par latitudes croissantes (donc du sud vers le nord du territoire français).

L'une des informations essentielles que les élèves découvrent est que la trajectoire du Soleil dans le ciel varie en fonction de la latitude du lieu où l'on se trouve. Ce n'est pas facile, car la plupart des élèves ne peuvent pas s'appuyer sur leur expérience personnelle d'observations. Pour que ce soit le cas, il faudrait avoir vécu dans au moins deux lieux de latitudes bien différentes suffisamment longtemps (ou à des périodes similaires de l'année) pour pouvoir observer la variation de la course du Soleil dans le ciel et en avoir gardé la mémoire pour pouvoir comparer. Ce n'est pas impossible mais trop rare pour que l'on puisse s'appuyer dessus. Ainsi le recours aux abaques pour l'activité permet de découvrir le lien entre latitude et course du Soleil ; ce lien pourrait utilement être travaillé plus en profondeur en mathématiques comme suggéré dans la partie 6.5.

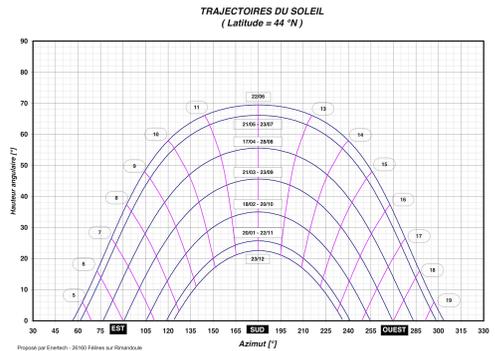
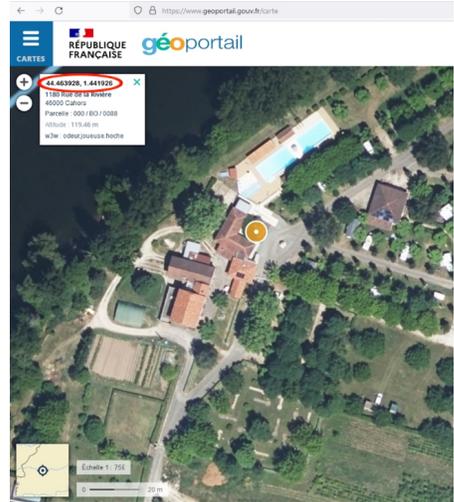


FIGURE 10 – En consultant les courbes fournies, les élèves se rendent compte que le territoire français est situé entre 42°N et 51°N, ce qui permet de déterminer que la latitude de Cahors est de 44°N et non de 1,4°N

Le choix de l'heure d'utilisation du panneau solaire (entre 11h et 13h) n'est pas anodin. En effet, il s'agit d'un maximum de la courbe de trajectoire solaire où la variation de la hauteur angulaire du Soleil est lente : entre 11h et 13h, elle ne varie que de 3° (voir figure 11).

L'élève devra choisir un angle d'élévation de

12. Latitude et la longitude peuvent être différenciées en utilisant le menu "outil" de GEOPORTAIL mais pas la procédure indiquée dans le texte. On peut donc éviter l'écueil de la méconnaissance éventuelle des coordonnées géographiques (et l'occasion d'y remédier aussi) si on le souhaite

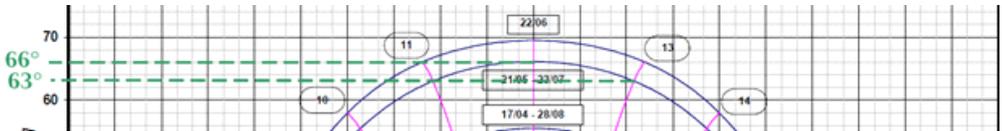


FIGURE 11 – Repérage de la hauteur angulaire du Soleil entre 11 h et 13 h à Cahors (44°N) le 23 juillet

son panneau solaire qui reste fixe pendant ces deux heures. Il doit donc choisir une hauteur angulaire moyenne pour le Soleil, qui sera considérée comme fixe sur ce laps de temps. Pour cela il utilise l'abaque agrandi comme dans la figure 11 et choisit entre 63° et 66°.

La suite de l'activité de technologie consiste à réunir plusieurs données techniques du panneau solaire choisi (puissance, dimensions, schéma de branchement) et à comprendre comment l'utilisateur peut régler son angle d'élévation (manipulation des différents éléments de l'objet).

À la fin de la séance, l'élève dispose du bon abaque de trajectoire du soleil (44°N), il sait que pour régler l'angle d'élévation du panneau solaire, il doit faire glisser une tige dans une glissière et que la hauteur angulaire du soleil le 23 juillet entre 11h et 13h est d'environ 64° en ce lieu. Ces données seront exploitées en mathématiques, une fois la séance de physique faite.

4. 2 - Modélisation mathématique et graduation

L'activité en mathématiques doit permettre de déterminer l'inclinaison du panneau pour

Cette activité permet de développer les éléments du programme de mathématiques suivants :

— Utiliser les notions de géométrie plane

pour démontrer.

— Lignes trigonométriques dans le triangle rectangle : cosinus, sinus, tangente
— Caractérisation angulaire du parallélisme (angles alternes internes, angles correspondants et opposés par le sommet).

— Utilisation du tableur et de l'extension de formules et les compétences associées :

— Chercher : extraire d'un document les informations utiles, les reformuler, les organiser, les confronter à ses connaissances.

— Modéliser : Traduire en langage mathématique une situation réelle (ici une configuration géométrique).

— Représenter : Utiliser, produire et mettre en relation des représentations de solides (perspective) et de situations spatiales (schéma).

— Communiquer : Faire part du résultat de ses recherches par écrit.

— Mettre en œuvre ou écrire un protocole de construction d'une figure géométrique.

obtenir une incidence de 90° des rayons lumineux pour une hauteur du soleil donnée. Dans un second temps, comme la hauteur du soleil varie tout au long de la journée, il est nécessaire de réfléchir à la réalisation d'une graduation judicieuse pour déterminer cette position sans effort. La fiche de l'activité (en annexe 9.3) sert de fil conducteur, elle comprend plusieurs parties qui sont menées selon des modalités un peu différentes, précisées au fur et à mesure.

La première partie s'appuie sur la représentation d'objets réels en perspective cavalière (figure de l'énoncé qui se trouve en annexe 9.3) et la schématisation de la situation en la modélisant dans un plan afin de l'exploiter. Ces deux étapes requièrent une simplification de ce que l'on observe.

Pour cette partie, le professeur pose le problème en projetant le dessin de la fiche puis il laisse les élèves réfléchir à comment obtenir la longueur AB qui détermine la position des tiges dans les glissières. Très vite, les élèves ont l'intuition que la trigonométrie (qui a été étudiée en amont) est appropriée pour la résolution. Ils doivent juste réussir à trouver la bonne configuration pour l'utiliser et pour cela, ils doivent modéliser, faire apparaître un triangle rectangle et mettre en évidence qu'ils en connaissent une longueur et un angle.

Un élève peut avoir des difficultés à passer de l'objet réel (en trois dimensions) à une schématisation dans le plan (cf section 6.1). Il doit choisir laquelle des vues, de face et de profil, de la figure 12 lui permet de raisonner en se concentrant uniquement sur les éléments de sa figure.

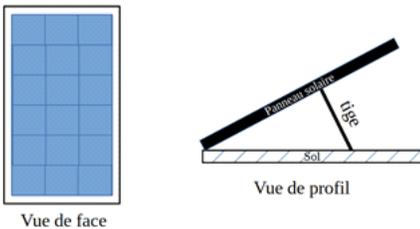


FIGURE 12 – Différentes vues du panneau

Les élèves décident d'utiliser la vue de profil du panneau schématisée selon la figure 13.

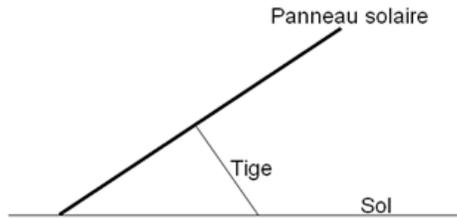


FIGURE 13 – Vue de profil

Par la suite, ils complètent cette vue de profil en plaçant des rayons solaires avec un angle d'incidence de 90° et nomment les trois sommets du triangle rectangle que forment le panneau, le sol et la tige. Lorsque la représentation plane est faite, le travail consiste à identifier les angles pertinents (voir figure 6) et à les intégrer dans leur schéma de vue de profil (voir figure 14). Si besoin, le professeur aiguille les élèves.

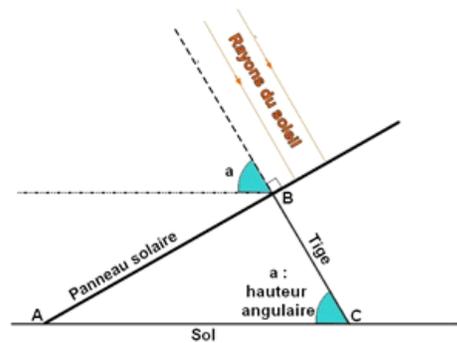


FIGURE 14 – Identification des angles connus
- La tige [BC] est fixée dans la glissière au point B

Ils savent qu'ils doivent calculer AB connaissant la hauteur angulaire du Soleil et la longueur fixe de la tige ($BC = 24 \text{ cm}$). Leur intuition que la trigonométrie leur permet de résoudre leur problème est donc confirmée,

APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE D'UN PROBLEME
CONCRET D'AUTONOMIE ENERGETIQUE

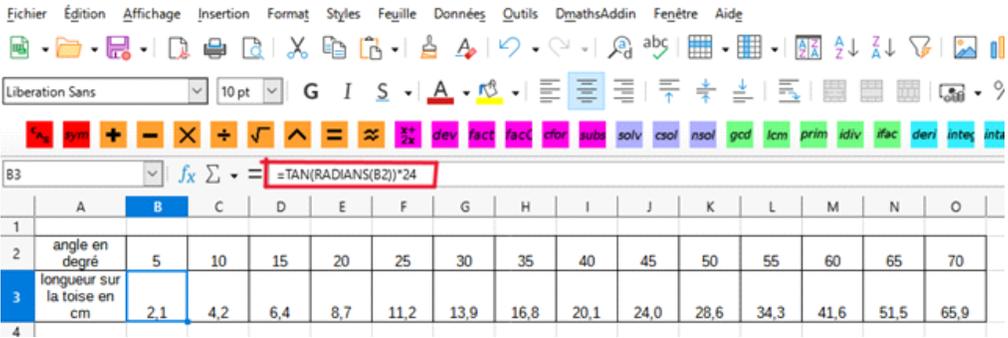


FIGURE 15 – Exemple de fichier libreoffice calc pour la graduation

puisque'ils obtiennent la formule suivante :

$$AB = BC \times \tan(a) = 24 \tan(a)$$

Pour finir, un élève va au tableur pour exposer sa solution complète (c'est-à-dire le schéma simplifié et le calcul avec obtention de la formule).

L'idée, dans la seconde partie, est d'avoir suffisamment de mesures afin d'obtenir une graduation fine. L'utilisation du tableur et surtout son extension de formules permet d'effectuer rapidement une grande quantité de calculs et en même temps, de travailler le calcul littéral (ici, on ne travaillera pas avec

des lettres, mais avec des noms de cellules).

Le troisième temps est consacré à la graduation. Placée sur la tranche du panneau solaire pour des raisons pratiques, elle doit permettre de positionner au bon endroit l'extrémité B de la tige pour qu'à une date donnée et une heure donnée, l'angle d'incidence des rayons sur le panneau soit de 90°. Il faut tout d'abord choisir la grandeur qui y sera reportée. Un débat en classe entière permet de choisir entre trois propositions des élèves (voir en 6.2).

Lorsque cette graduation est bien faite,

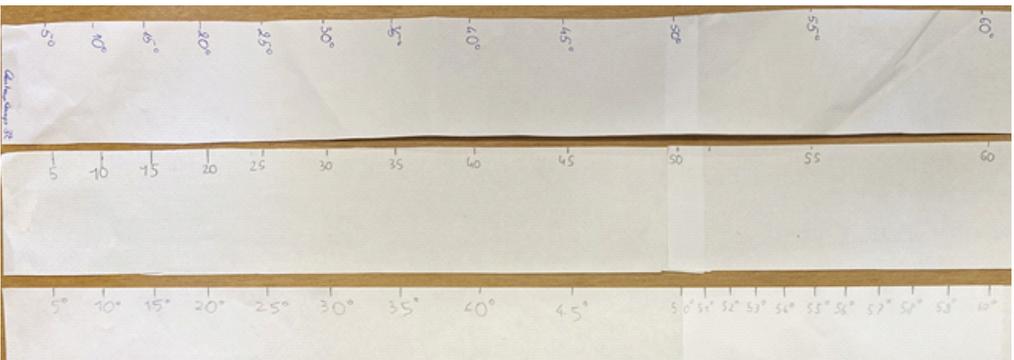


FIGURE 16 – Exemples de graduations créées par les élèves

l'extrémité B de la tige de la figure 14 est donc posée sur un point de la graduation qui indique la hauteur angulaire du Soleil à ce moment. Il ne reste plus alors qu'à créer la graduation en reportant les longueurs trouvées grâce au tableur sur une bande de papier et à indiquer la hauteur angulaire correspondant à cette mesure.

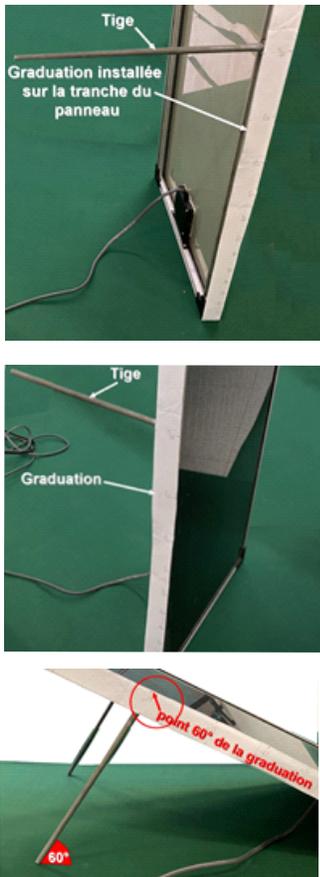


FIGURE 17 – Photos du panneau sur lequel la graduation a été collée. A gauche, il s'agit d'une photo de l'arrière, à droite, une photo de l'avant et la dernière montre le panneau réglé pour une hauteur angulaire de 60°

Pour achever le travail, la graduation a été collée sur la tranche de chaque côté du panneau pour un réglage simple, fiable et rapide.

4. 3 - Activité de physique montrant que l'énergie reçue dépend de l'angle d'incidence

En sciences physiques, les notions abordées sont :

- les unités : le Wattheure, le Joule
- le rendement d'un panneau solaire, la surface d'éclairage
- le calcul de l'énergie produite par le panneau solaire en utilisant $E = P \times t$

L'activité en physique a pour objectif de montrer que les rayons du Soleil doivent arriver perpendiculairement au panneau pour que celui-ci ait un rendement optimum.

Un rapide débat est proposé par le professeur : "Selon vous, à quel moment de la journée le Soleil réchauffe-t-il le plus la Terre ?". Les élèves émettent l'hypothèse basée sur leur expérience sensible :

Le Soleil "réchauffe plus lorsqu'il est plus haut dans le ciel".

Les expressions "haut dans le ciel" (cf définition de la hauteur angulaire) et "réchauffe plus" sont tout d'abord précisées. Ensuite, en s'appuyant sur le fait que les élèves ont vu depuis la sixième que la lumière, parfois appelée "énergie lumineuse", est un mode de transfert d'énergie entre deux objets, on peut reformuler l'hypothèse de la manière suivante :

"Un mètre carré éclairé par une source de lumière dont les rayons¹³ parviennent à sa

13. Tous les rayons sont considérés comme parallèles entre eux, le soleil étant considéré comme étant à l'infini

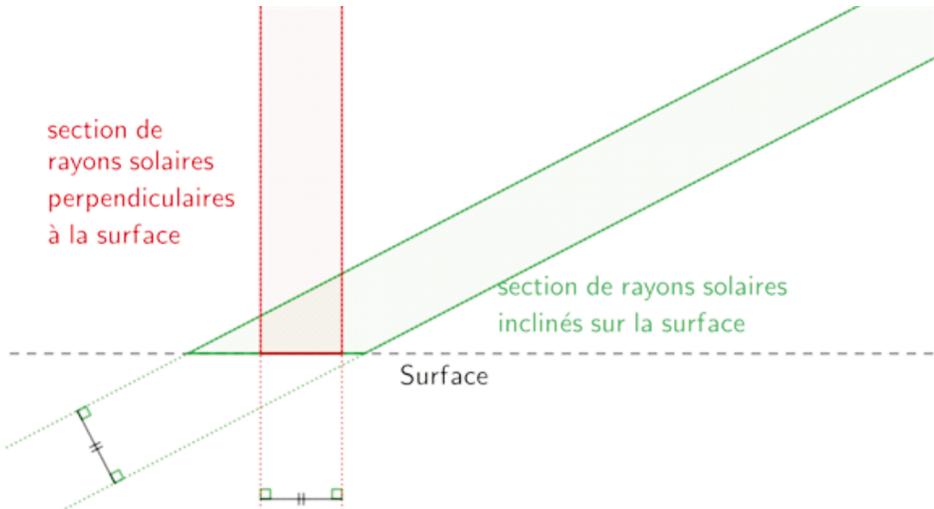


FIGURE 18 – Coupe des surfaces couvertes par les mêmes faisceaux de rayons solaires sous deux inclinaisons

perpendiculaire reçoit plus d'énergie qu'un mètre carré éclairé par la même source dont les rayons ne lui parviennent pas perpendiculairement (voir figure 18)."

L'activité mène les élèves à une modélisation/reproduction de la situation en salle de classe afin de tester différentes hypothèses et permet de sélectionner, à partir de leurs connaissances préalables et de leur conception de la situation, celle qui répond le mieux à la problématique :

"Pour quel angle d'incidence d'un faisceau lumineux sur une surface horizontale, l'énergie reçue est-elle maximale ?"

En effet, ils savent que le Soleil "projette sa lumière sur le sol", qu'il fait "plus chaud" quand le Soleil est "haut dans le ciel" et "plus froid" quand il est "bas", ils ont l'intuition que le panneau doit être "en face" du Soleil, ils savent que le Soleil n'a pas la même "place" dans le ciel au cours de la journée, il faut par contre leur rappeler (cf travail en technologie) que la course du Soleil est différente en fonction

des saisons.

Par la suite, les élèves réalisent un schéma simple de la situation en précisant le type de vue (de profil/côté) et ce qui doit apparaître sur le schéma (le panneau, le sol, le Soleil, les rayons du Soleil). Puis ils modélisent la lumière par une droite fléchée (car la lumière se propage en ligne droite dont la flèche indique son sens de propagation) et un faisceau (qui est un ensemble de rayons) par deux droites parallèles issues de la source de lumière, en

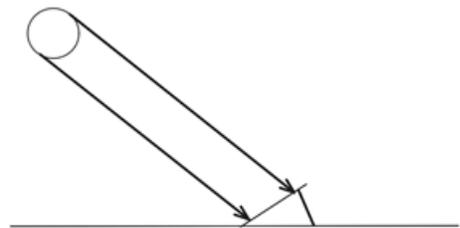


FIGURE 19 – Exemple probable schéma d'élève

accord avec ce qu'ils ont vu en cinquième. Avec leurs connaissances, les élèves pourraient proposer une modélisation du type de la figure 19.

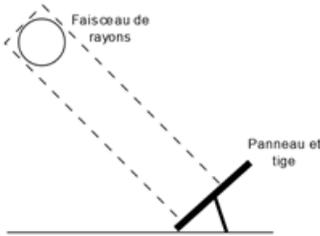


FIGURE 20 – Modélisation de travail

Ce schéma est complété pour aboutir à la modélisation de la figure 20, compatible avec la suite du raisonnement.

Pour leur permettre de s'appropriier la situation, plusieurs réglages du panneau sont

présentés pour la même position du Soleil et la même largeur de faisceau¹⁴. Remarquons qu'il n'est plus nécessaire de représenter le Soleil, car seul le faisceau entre en contact avec le panneau.

L'attention des élèves est attirée sur ce qui change entre les différentes situations montrées dans la figure 21 ; ils remarquent que la surface couverte par un même faisceau de rayons sur le panneau est différente avec une inclinaison différente.

La question suivante se pose : "Faut-il que cette surface soit plus grande ou plus petite, pour obtenir un maximum d'énergie ?".

Baucoup d'élèves pensent que plus la surface couverte par un même faisceau est grande, plus l'énergie reçue est importante. La figure 18 peut être montrée à ce moment-là pour illustrer le cas où le Soleil est à la verticale¹⁵ (donc avec un faisceau incident

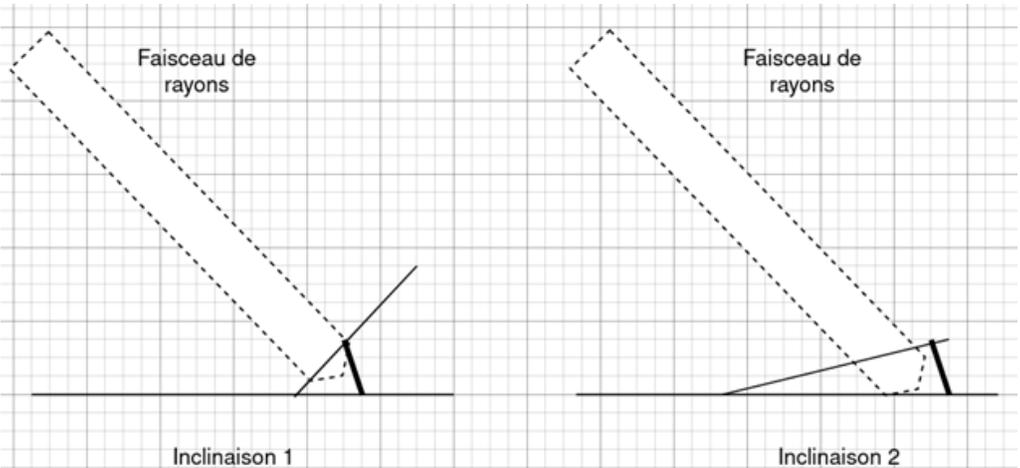


FIGURE 21 – Modélisation de plusieurs inclinaisons

14. On aurait pu également proposer de faire varier la hauteur du soleil et de garder le panneau fixe pour éviter la difficulté spécifique de représenter les différentes inclinaisons du panneau tel qu'il est. Il a été choisi de rester au plus près de la situation réelle

15. Par exemple au zénith et à l'équateur

qui forme un angle de 90° avec le sol horizontal). Sur cette figure, on voit que l'aire de la surface éclairée par un faisceau d'incidence normale est minimale. Une vérification expérimentale en est proposée, en modélisant le Soleil et le faisceau de rayons par une lampe torche avec un faisceau le plus directif possible, et le panneau par une feuille de papier millimétré posée sur le sol. Nous observons à l'œil nu que la surface éclairée est bien plus lumineuse quand le faisceau de la lampe est à la normale de la feuille que quand le faisceau est incliné, ce qui suggère que la feuille reçoit davantage d'énergie par unité de surface. Les élèves vont maintenant le vérifier expérimentalement. Dans l'activité "Mesure de la surface couverte sur un plan par un faisceau lumineux en fonction de son angle d'incidence" (cf. annexe 9.2), ils évaluent la surface de papier millimétré couverte par le faisceau de lumière pour deux incidences dont l'incidence normale. Et finalement, ils calculent l'énergie reçue par le panneau solaire en fonction de l'angle d'incidence.

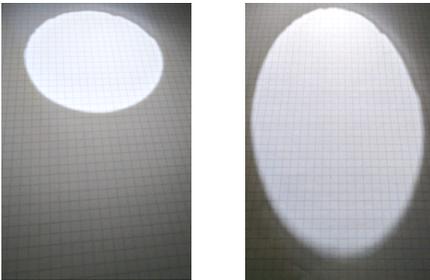


FIGURE 22 – Photos de surfaces lumineuses couvertes par des faisceaux incidents

À l'incidence normale, un maximum de lumière est donc concentré dans une surface d'aire minimale. Il y a bien plus d'énergie par unité de surface avec cette incidence. Cela veut dire que si le panneau solaire ne reçoit pas la lumière du Soleil avec une incidence normale, il recevra une lumière qui

transporte moins d'énergie par unité de surface. Les élèves concluent que pour recevoir un maximum d'énergie, le panneau solaire doit être orienté de telle façon à ce que l'incidence des rayons du Soleil soit normale à la surface du panneau. Munis de ce résultat, les élèves peuvent se rendre en mathématiques pour trouver comment incliner le panneau pour que ce soit le cas ; il est possible de passer auparavant par la technologie pour une synthèse intermédiaire (répondre à la question 10 et faire un bilan de ce qui est connu avant d'aller en mathématiques).

5. — Matériel et supports-élèves

Toutes les activités sont basées sur l'étude et l'interprétation des diagrammes solaires.

Matériel en technologie :

- Panneau photovoltaïque de camping,
- Courbes de trajectoire solaire couvrant le territoire métropolitain français,
- GEOPORTAIL,
- Logiciel de retouche d'images style PHOTOFILTRE.

Matériel en mathématiques :

- GEOGEBRA,

Il est possible de proposer une activité sur GEOGEBRA pour calculer la surface selon l'orientation du panneau en faisant glisser le pied du panneau le long du sol, de placer, dans un tableur, les différentes valeurs de la hauteur afin de calculer les surfaces qui seront éclairées.

- Tableur.

Le tableur permet aux élèves de calculer la longueur sur le côté du panneau en fonction de l'angle d'incidence du soleil afin de placer la tige au bon endroit pour que le rendement soit optimal.

- Petit matériel : bandes de papier, ruban adhésif, règle graduée, rapporteur (pour la vérification).

Matériel en physique-chimie :

- lampe de poche avec un faisceau directif,
- rapporteur,
- potence et pince,
- règle,
- papier millimétré,
- solarimètre.

6. — Eléments d'analyse a posteriori

6. 1 - Difficultés sur la modélisation

La modélisation 2D de la situation constitue la première difficulté rencontrée par les élèves. Ils sont confrontés à deux écueils : travailler avec le modèle de départ en trois dimensions et écarter des éléments d'information non utiles. En effet, ils ne sont pas familiers des représentations en perspective et ont du mal, en partie de ce fait, à se représenter l'objet. Il en découle une difficulté à faire ressortir les éléments essentiels et par prudence, ils ont tendance à tout noter. Avoir le panneau solaire dans la salle de classe peut les aider car on peut leur demander d'en faire le tour en dessinant ce qu'ils voient et ensuite de choisir la vue qui leur permet d'aboutir. Sur les figures suivantes, les élèves ont juste essayé "d'écraser" la représentation proposée dans l'énoncé.

D'autres élèves font une représentation plane d'un triangle rectangle mais ils ne l'ont pas orienté dans le même sens que celui proposé et ils ont du mal à identifier les éléments. Le panneau est schématisé par l'hypoténuse du triangle rectangle, la position des deux autres côtés ne permet pas d'identifier les autres parties du panneau (tige et rail).

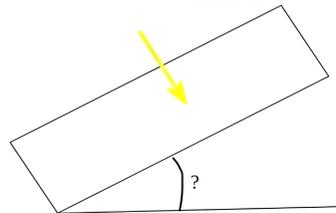
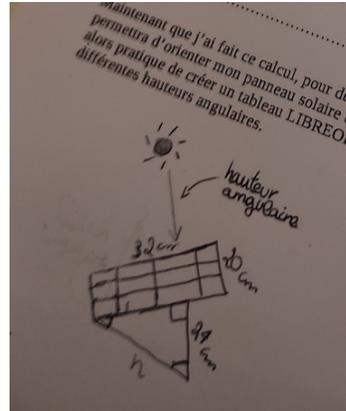


FIGURE 23 – Les élèves veulent absolument faire apparaître le panneau solaire alors que, pour le raisonnement, seule la longueur nous intéresse

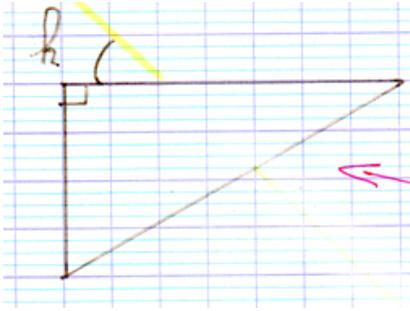


FIGURE 24 – Les élèves ont tendance à représenter un triangle rectangle toujours dans la même position : ils ne savent plus quel côté du triangle correspond au panneau.

6. 2 - Difficultés sur la graduation

Trois solutions potentielles pour la graduation ont été mises en avant et débattues par les élèves. La première idée était d'afficher les longueurs AB sur la graduation (voir la figure 14). Cependant, cette méthode a rapidement été écartée car elle nécessitait, en plus de l'utilisation de l'abaque, soit une calculatrice pour refaire les calculs déjà réalisés, soit l'accès au tableur préalablement élaboré, ce qui n'était pas jugé pratique.

La deuxième proposition consistait à inscrire des heures sur la graduation. Cette idée a rencontré un certain soutien parmi les élèves (environ un tiers d'entre eux). Les partisans de cette méthode ont souligné la facilité d'utilisation, étant donné que les heures

sont déjà marquées sur l'abaque. Cependant, le débat s'est intensifié lorsque les élèves se sont retrouvés sans argument pour contrer une question critique de l'enseignant :

"Le Soleil est-il toujours à la même hauteur angulaire à une heure donnée tout au long de l'année ?".

Suite à cette interrogation et après mûre réflexion, les élèves ont convenu de se tourner vers une troisième option : l'inscription des hauteurs angulaires du Soleil sur la graduation. Cette solution est la plus complexe des trois pour les élèves puisqu'ils n'indiquent alors ni une grandeur qui leur est naturellement accessible, ni le résultat de leurs calculs mais le point de départ de ceux-ci, dans une démarche d'inversion qui ne leur est pas familière : dans le tableur, ils entrent une hauteur angulaire a et calculent la longueur AB correspondante selon la formule $AB = BC \times \tan(a)$, puis ils doivent reporter pour chaque mesure d'angle a , la distance AB, en indiquant la valeur a correspondante¹⁶.

Par exemple, si l'angle est 50° , ils reportent $24 \text{ cm} \times \tan(50) \approx 28.6 \text{ cm}$ et indiquent une graduation de 50° (voir l'illustration de la figure 25).

Par contre, ils sont tous d'accord pour dire qu'elle permet une utilisation aisée, rapide et optimale du panneau à tout moment de la journée, tout au long de l'année et en tout lieu de même latitude. Ils comprennent aussi que pour un autre lieu, ils doivent juste sélectionner

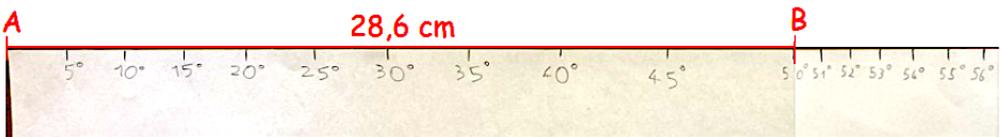


FIGURE 25 – Illustration du report de la longueur AB associée à l'angle de mesure 50°

16. En fait, $a = \text{Arctan}(AB/AC)$; ce n'est pas ce que les élèves font explicitement bien entendu

un autre abaque.

6. 3 - Création du tableur

La création de cette graduation nécessite de nombreux calculs similaires, c'est pourquoi il apparaît tout à fait judicieux d'utiliser l'outil numérique. Deux alternatives s'offrent alors à nous : l'utilisation du tableur ou de la calculatrice avec son mode tableur. Pour la calculatrice, l'avantage est de travailler avec la formule brute trouvée en classe par les élèves mais il n'y a aucune possibilité de l'étendre à toutes les cellules. Certains élèves tentent quand même de le faire par ce biais car ils sont persuadés que leur calculatrice a un écran tactile. Pour le tableur, l'avantage est de pouvoir étendre la formule et donc de faire appel au calcul littéral (ils voient tout de suite que si la formule ne contient pas le nom de la cellule contenant la valeur de l'angle, ils doivent, à chaque cellule, modifier le contenu) même si l'utilisation de la fonction TAN du tableur n'est pas très aisée pour un élève puisqu'elle fait intervenir des angles exprimés en radians (unité qu'ils ne connaissent pas) et non en degrés. Pour éviter cet écueil, nous optons alors pour une manière simple de procéder : un angle a donné en degré a pour mesure RADIANS(a) en radians.

La formule à indiquer devient ainsi :

$$= \text{TAN}(\text{RADIANS}(a))$$

Le bilan est en faveur du tableur¹⁷.

6. 4 - Difficultés/opportunités

Suite à des difficultés logistiques imprévues, les enseignants de technologie et de mathématiques se sont retrouvés à co-animer leurs

séances respectives sur l'activité avec les deux demi-groupes d'une même classe pendant 2h (l'organisation d'origine était 1h en mathématiques et 1h en technologie pour chaque demi-groupe dans deux salles différentes). Pour les deux matières, il s'agit de la première séance de l'activité (modélisation en mathématiques et questions 1 à 7 en technologie, soit M2 et T1 dans les progressions de l'annexe 9.4). Au départ, la salle était divisée en deux pour que chaque enseignant puisse aborder son activité mais très vite chacun est intervenu là où son expertise était sollicitée. Cette situation, bien qu'inédite, s'est révélée très intéressante : l'opportunité de traiter les activités respectives des deux disciplines sur le panneau solaire au même moment permet de confronter les deux visions disciplinaires et de faire le lien naturellement. L'expérience ayant été enrichissante, la décision de poursuivre en co-enseignement dans la même salle s'impose aussi bien pour achever l'activité avec cette classe que pour la deuxième classe commune aux deux enseignants. Pour cette seconde classe, la concertation préalable a permis de mieux articuler les activités disciplinaires et de clarifier le rôle de chaque enseignant.

Grâce à l'expertise de chaque enseignant à toutes les étapes de l'activité, les élèves avancent plus rapidement tant en mathématiques (grâce au concret que la technologie apporte) qu'en technologie (où les mathématiques apportent des certitudes en explicitant précisément les raisonnements suivis). Ils lèvent plus facilement leurs difficultés en s'adressant spontanément au professeur le plus expert sur le problème rencontré ; par exemple, quand il s'agit de régler concrètement les tiges dans les glissières, les élèves se tournent naturellement vers le professeur de technologie alors que pour vérifier l'exactitude du réglage, ils se tournent vers le professeur de mathématiques). Plus subtilement, ils ont identifié la question 11 (réaliser le schéma) comme une question relevant des mathématiques puisqu'ils se sont

17. La solution de convertir les degrés en radians grâce à la proportionnalité n'a pas été retenue car les radians ne sont pas au programme ; cela n'apporterait en fait rien à l'activité et ne ferait que compliquer la formule à taper

spontanément tournés vers le professeur de mathématiques.

Une élève, particulièrement en avance par rapport aux autres dans le travail mathématique, a l'envie de tester la précision de sa graduation et profite de l'opportunité de le faire sur le panneau solaire qui est à disposition dans la salle. Pour cela, elle a besoin d'un rapporteur mais elle est confrontée à un problème lié à l'outil, qui ne permet pas de mesurer un angle en le posant verticalement sur une table. Sa réflexion la mène alors à construire un gabarit de l'angle qu'elle a choisi sur la graduation mais elle se trompe et le superpose au mauvais angle sur le panneau (au lieu de le mettre au pied de la tige (angle au sommet C), elle le met au pied du panneau (angle au sommet A). Elle en conclut que son travail est faux et se dirige vers les enseignants pour comprendre. Ceux-ci lui demandent pourquoi elle pose son gabarit à cet endroit, elle comprend son erreur et le place alors au bon endroit et triomphe : la précision de son travail est confirmée par la réalisation pratique !

Comme il a été dit en introduction, l'activité a été également menée en technologie uniquement, en parallèle de celle en interdisciplinarité. Cela a été l'occasion pour le professeur de technologie de réaliser que la question 11, de schématisation de la situation, est une question délicate et qui requiert du temps, une activité en soi. La comparaison avec la séance



FIGURE 26 – Photo de la vérification effectuée par une élève

coanimée entre mathématiques et technologie renforce cette constatation.

Étant habitués aux graduations régulières, plusieurs élèves ont placé la graduation 5° puis ont reporté la longueur de cette graduation pour disposer toutes les autres. En comparant avec le travail d'autres camarades, ils ne comprennent pas la différence de résultat mais surtout pas l'erreur qu'ils ont commise. Le professeur arrive alors dans un rôle d'arbitre car chacun veut convaincre l'autre qu'il a tort. Dans un premier temps, le professeur fait le point avec chacun en demandant à tour de rôle d'expliquer la méthode de construction de la graduation puis donne la parole en premier à ceux qui ont obtenu une graduation régulière.

Les élèves détaillent bien leur raisonnement et lorsqu'ils expliquent avoir pris leur compas pour reporter la distance de 5° pour noter 10° , 15° ... une élève demande pourquoi ils ont procédé ainsi et s'il y a proportionnalité entre l'angle et la longueur AB (voir figure 14). Le professeur intervient alors en demandant comment procéder pour déterminer s'il y a proportionnalité ou non. Ils comprennent alors, un peu déçus, qu'ils vont devoir tout mesurer.

6. 5 - Développements possibles : coordonnées géographiques et repérage sur la Terre

En technologie, les élèves travaillent souvent sur les coordonnées GPS dans GEO-PORTAIL. Il pourrait être intéressant de le faire en mathématiques, en amont de l'activité.

Pour une meilleure compréhension du lien entre la latitude et la hauteur angulaire du Soleil, il peut être intéressant de travailler au préalable sur le repérage sur la sphère - qui est au programme de mathématiques de troisième - par exemple, grâce à un fichier

GEOGEBRA dans lequel ils peuvent faire varier aussi bien la latitude que la hauteur angulaire.

Les élèves constatent que, lorsque la hauteur angulaire est 65° au niveau de l'équateur, elle atteint 30° à la latitude 35°N et 15° si on se trouve à la latitude 50°N . Ce travail pourrait être mené en amont de l'activité globale ou intercalé avec les séances de technologie entre les questions 7 et 8 ou traité en même temps que ces questions en coanimation mathématiques-technologie.

7. — Conclusions : apports et exploitation en formation des enseignants

Cette activité permet de travailler et d'évaluer des compétences aussi bien transversales que purement disciplinaires. Dans le compte rendu qu'ils produisent à la fin de l'activité, les élèves — détaillent leur raisonnement (ce qui permet d'évaluer la compétence « communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en

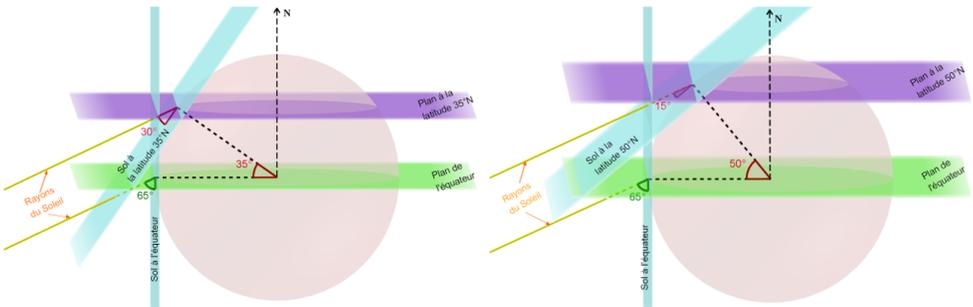


FIGURE 27 – Hauteur angulaire du Soleil à différentes latitudes, à l'équateur, à 35°N et 50°N : vues 3D

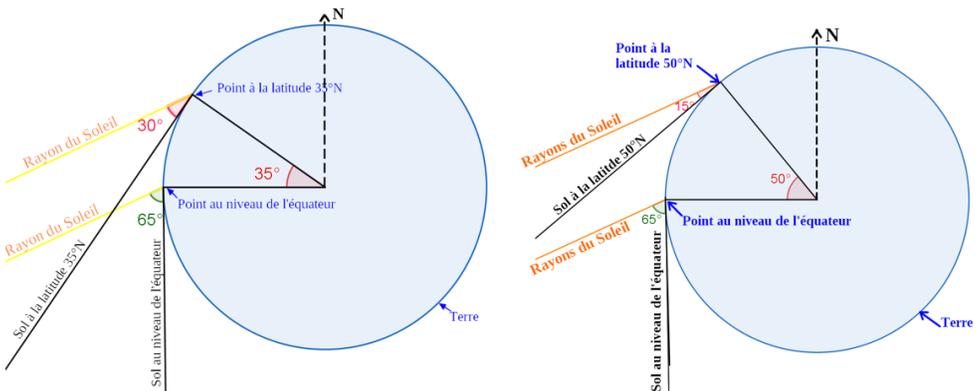


FIGURE 28 – Hauteur angulaire du Soleil à différentes latitudes à l'équateur, à 35°N et à 50°N : coupes le long du méridien du lieu

argumentant ») ;
 — détaillent leurs calculs pour exprimer la position des tiges dans les glissières en fonction de la hauteur angulaire du Soleil (ce qui permet d'évaluer la compétence « produire une expression littérale ») ;
 — fournissent le fichier LIBREOFFICE CALC qui leur a servi à réaliser la graduation (cela a permis d'évaluer la compétence « effectuer des calculs à l'aide du tableur ») ;
 — expliquent leur choix de format de la graduation et l'emplacement choisi sur le panneau.
 En plus de cela, une note est attribuée sur la précision et la clarté de la graduation, c'est-à-dire sur la qualité de la réalisation technique.

Les élèves sont confrontés à une graduation non régulière où donc, la proportionnalité ne s'applique pas, ce qui est inédit (au collège, toutes les graduations utilisées sont régulières) ; ce travail leur permet donc d'envisager que ce n'est pas forcément le cas.

Ce travail est aussi un bon moyen pour les élèves de se familiariser avec le tableur et notamment avec l'extension de formules (ce qui est parfois l'objet de questions au Brevet, qui prépare la certification PIX ...). L'activité permet aussi de travailler le calcul littéral (obtention de la formule à rentrer dans la cellule) en faisant travailler les élèves avec une lettre qui n'est pas celle que l'on utilise habituellement (ils sont parfois perturbés quand on change la lettre).

Enfin, l'activité fournit un atelier très riche pour les enseignants de mathématiques eux-mêmes, comme cela a été testé par le groupe lors du colloque de l'IREM en 2022. La schématisation de la situation, la compréhension du phénomène physique qui permet d'optimiser l'inclinaison du panneau solaire, l'utilisation des courbes de trajectoires du Soleil, et enfin la réalisation de la graduation sont des étapes peu habituelles pour un enseignant de mathématiques et donc intéressantes à traiter. De fait, les participants à l'atelier se sont parfaitement emparés de la

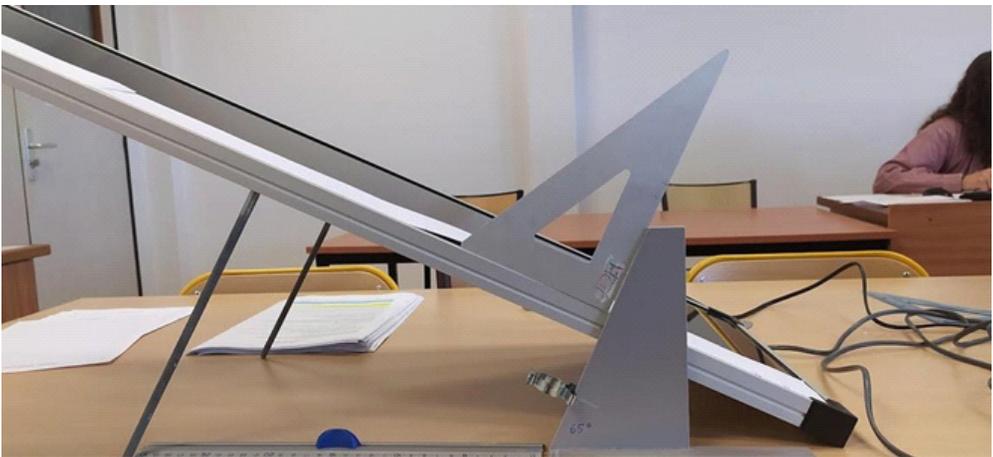


FIGURE 29 – La hauteur angulaire du Soleil, à Cahors, entre 11h et 13h, le 23 juillet est d'environ 65° . L'équerre montre que l'angle d'incidence du soleil est bien de 90° avec le panneau réglé par les participants (colloque de l'IREM 2022)

situation, certains binômes allant jusqu'à la vérification expérimentale (voir figure 29). Ils ont pu constater par la manipulation de l'objet, que toute la démarche mathématique entreprise était couronnée de succès. Comme les élèves dans les classes, ils ont exprimé leur vif plaisir devant la réussite concrète de leur travail ; pour nous, c'est un aspect très important de cette activité (et de celles que nous construisons en général).

Une fois cela fait, les discussions sur la façon de rendre toutes ces étapes réellement accessibles à des élèves de troisième ont pu prendre toute leur place. Espérons que cet article aura donné des réponses aux collègues qui voudraient se lancer dans leurs classes.

8. — Références bibliographiques

E Mouche, M. Prod'homme, J.-P. Jay, F. Plan-tevin, J. Hérisset, *Interdisciplinarité entre mathématiques et sciences physiques*, IREM de Brest, 2023

IREM de Brest-Groupe Interaction mathéma-tiques-physique-technologie ; J. Hérisset, L. Le Berre, M. Prod'Homme, F. Plantevin, *Le Ledenez de Molène : un projet interdisciplinaire concret et problématisé au collège*, Repères-IREM, N° 129, pp. 29-62.

9. — Annexes

9. 1 - Annexe 1 - Consignes données en tech-nologie



Séance pratique 3 : Le panneau solaire de camping !

Cet été, vous avez décidé de découvrir le Lot. Vous avez réservé un camping en périphérie de la ville de Cahors. <https://www.tourisme-lot.com/les-incontournables-du-lot/petites-villes/cahors> Site du Camping : <https://www.cabessut.com/> adresse : 1180 rue de la rivière 46000 Cahors

Ouvrir un document libre office text vierge et sauvegarder dans **perso/devoir/technologie2022 23/** Nom du fichier : **Panneau_PV_votrenom.odt**

1. Trouver, grâce à GEOPORTAIL, le camping de la rivière de Cabessut.
 - Faire un clic droit → adresse / coordonnées du lieu.
 - Faire une capture d'écran montrant à la fois la rivière, le camping et les coordonnées GPS du lieu.
 - Rogner l'image et la coller dans votre compte rendu informatique.

2. Quelle est la latitude du lieu où se trouve le camping ?

La situation

Vous avez décidé de réserver un canoë afin de descendre la rivière. Vous avez rendez-vous le 23 juillet à 13h00 pour le départ.

Il est 11h00 du matin et vous vous rendez compte que votre téléphone portable est presque déchargé. Pourtant, vous auriez aimé l'amener avec vous pour prendre des photos ou pour appeler les secours en cas de besoin. Vite, il est plus que temps d'utiliser votre panneau solaire photovoltaïque de camping !

Référence de votre matériel : <https://www.energie douce.com/panneaux-solaires->

polycristallins/577panneau-solaire-polycristallin-5wc-12v-3700908503104.html

3. Quel est le prix de votre panneau solaire ?
4. Quelle est la puissance électrique affichée ?
5. Quelles sont les dimensions de votre panneau solaire ?
6. Copier/coller l'image de l'installation complète nécessaire à l'utilisation qui nous intéresse ici ? (*Le branchement de votre chargeur de téléphone mobile nécessite-t-il de brancher le convertisseur 12V / 230V ? argumenter*)
7. Expliquer à quoi sert le régulateur.

Vous disposez, en annexe, d'une série de courbes intitulées : « trajectoires du soleil ».

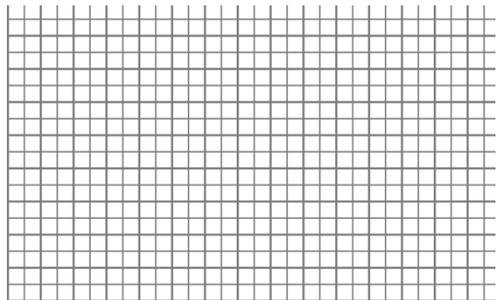
8. Parmi ces courbes, choisir celle qui correspond au lieu de vos vacances dans le Lot. Argumenter.
9. La hauteur angulaire du soleil varie entre 11h et 13h. Entre quelles valeurs extrêmes la hauteur angulaire va-t-elle varier ? (annoter la courbe et la coller dans le compte rendu) Dans le document « choix_orientation_panneau_pv.pdf », reportez-vous au chapitre intitulé : « Pertes liées à l'orientation des panneaux »
10. Faire une phrase pour expliquer comment limiter les pertes en réglant de façon optimale l'« angle d'incidence ». Nous allons donc régler notre panneau solaire pour limiter au maximum les pertes.
11. Faire un schéma (par informatique) comportant : le soleil à 11h le 23 juillet, le panneau solaire placé dans sa position optimale. Noter l'angle d'incidence et déduire l'angle d'inclinaison de notre panneau solaire.
12. Régler le panneau solaire dans la salle de classe comme si vous étiez dans la situation décrite.

9. 2 - Annexe 2 - Activité en physique

Expérience : Mesure de la surface couverte sur un plan par un faisceau lumineux en fonction de son angle d'incidence.

Protocole :

1. Fixer la lampe sur la potence pour que la distance entre l'extrémité de la lampe et la feuille soit de 20 cm de la feuille et la lumière de lampe soit à la verticale de la feuille.
2. Hachurer l'aire couverte par la lumière.
3. Fixer la lampe sur la potence pour que la distance entre l'extrémité de la lampe et la feuille soit de 20 cm de la feuille et la lumière de lampe face un angle avec la verticale compris entre 20 et 45°.
4. Hachurer l'aire couverte par la lumière.



5. Quelles différences observe-t-on entre les 2 aires ?

9. 3 - Annexe 3 - Consignes données en mathématiques

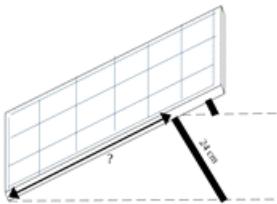
Panneau solaire

Je dispose d'un panneau solaire de dimensions 320 x 200 x 20 mm pour recharger mes appareils nomades pendant mes vacances. Je souhaite élaborer une toise me permettant de les charger en ayant toujours une charge maximale. Vous avez vu en technologie que pour que la charge soit maximale, il faut que

.....

Sachant que, pour orienter mon panneau solaire, je dispose d'une tige de 24 cm de long (voir schéma ci-contre), schématise un rayon de soleil pour une charge maximale et calcule la longueur du segment annoté ?

.....
.....
.....



Maintenant que j'ai fait ce calcul, pour des raisons pratiques, je voudrais faire une toise qui me permettra d'orienter mon panneau solaire de façon à ce que la charge soit toujours maximale. Il est alors pratique de créer un tableau LIBREOFFICE CALC de façon à calculer cette longueur pour différentes hauteurs angulaires.

Angle en degré	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Longueur sur la toise en cm														

9. 4 - Annexe 4 - Exemples de progression entre mathématiques - Physique-technologie pour cette activité

Découpages des activités par disciplines

M1 : mathématiques - Repérage sur la Terre (6.5)

T1 : technologie - Introduction : questions 1 et 2, jusqu'à 7

P : physique - Énergie et angle d'incidence

des rayons lumineux

T2 : technologie - Bilan questions 8, 9,10

M2 : mathématiques - Modélisation

T3 : technologie - questions 11 et 12 et prolongement (d'autres lieux, d'autres dates)

M3 : mathématiques - Graduation

Progressions

T1 & M2 en coanimation-M3 & T3 en coanimation (progression testée en 2022-2023)

T1-M1-P-T2-M2-T3-M3 ou

M1-T1 & M2 en coanimation-P-T2-M3-T3 ou

M1-T1-M2-P-T2-M3-T3 ou

M1-P-T1 & M2 en coanimation-T2-M3-T3 (progression proposée dans cet article)