



Thème V

Mission spatiale vers Mars

Egg drop

Aller sur Mars

Le solaire:
une source
d'énergie
durable
Mars-Terre



L'atterrissage : un moment crucial

1. Introduction & Pb

La phase d'atterrissage d'une sonde est une des phases les plus critiques d'une mission. C'est pour cela que les scientifiques modélisent ces phases en laboratoire avant un lancement. Nous allons prendre le cas de la mission Insight qui s'est posé sur Mars il y a quelques mois.

Pour survivre aux forces de friction intenses qui caractérise l'entrée dans l'atmosphère, la sonde InSight est protégée par un bouclier thermique de grand diamètre. Ce dernier est recouvert de tuiles fabriquées dans un matériau spécial, qui va permettre d'absorber l'impressionnante quantité d'énergie due à la résistance de l'atmosphère au passage d'InSight.

Après l'entrée atmosphérique, la seconde étape de l'atterrissage d'InSight consiste en une descente sous parachute. Ce dernier, se déploiera à environ 9 kilomètres d'altitude.

Enfin, à une altitude d'environ 1,3 kilomètre, alors qu'elle évolue encore à une vitesse de 224 kilomètres/heure, InSight se sépare de son parachute, pour se retrouver en vol libre, chutant comme une pierre vers la surface rouillée de Mars et s'éloignant rapidement du bouclier arrière qu'elle a laissé derrière elle (et auquel est resté accroché le parachute).

Mais très rapidement, une demi-seconde après cet événement, l'atterrisseur allume ses rétrofusées, pour freiner et se stabiliser.



Représentation montrant la sonde InSight durant l'étape finale (propulsée) lors de l'atterrissage sur la plaine équatoriale d'Elysium.

(© IPGP/Manchu/Bureau 21).

Les scientifiques responsables de la mission Insight ont modélisé l'atterrissage du Lander. L'activité que nous vous proposons permettra aux élèves de réfléchir concrètement aux problèmes que les scientifiques de la mission se sont posés. Mais aussi de travailler avec des outils et du matériel intéressants et engageants, et enfin d'apprendre à travailler en équipe.

Quand on laisse tomber quelque chose, il tombe par terre. C'est parce qu'elle est tirée par la gravité de la Terre. Vous remarquerez que certains objets tombent plus vite que d'autres, c'est à cause de la résistance de l'air. Essayez de faire tomber un morceau de papier et une brique Lego. Observez celui qui tombe le plus vite ?

A vous de jouer pour concevoir un modèle qui permette à un œuf lâché d'un mètre de hauteur d'atterrir intact sur le sol.

2. Age des étudiants 11-17 ans

3. Objectifs

- Décrire et définir les propriétés des matériaux.
- Identifier les forces de gravité, la traînée et le terme résistance à l'air.
- Concevoir et construire un système qui protégera un objet lâché à une hauteur d'un mètre.

4. Disciplines principales

Physique – Sciences de la Terre

5. Temps requis : 1 h

6. Mots clés

Processus de conception, atterrissage, un défi : garder un œuf intact après lancement

7. Matériel

Œufs

Grands sacs zippés de congélation

Coton

Crayons/papier ou ordinateur

Différents matériaux récupérés

8. Connaissance requise

Quand on laisse tomber un objet, il tombe par terre. C'est parce qu'il est attiré par la gravité de la Terre. Vous remarquerez que certains objets tombent plus vite que d'autres, c'est à cause de la résistance de l'air. Essayez de faire tomber un morceau de papier et un élément en Lego. Quel est celui qui tombe le plus vite ?

Si vous avez essayé de faire tomber du papier et un élément en Lego ou un objet similaire, le papier aurait dû tomber sur le sol plus lentement que le légo, parce que le papier a une plus grande surface, ce qui signifie que la résistance à l'air est plus grande et qu'il tombe plus lentement, car il doit lutter contre plus d'air en tombant.

Vous devez concevoir une « protection » qui puisse absorber l'énergie emmagasinée par l'œuf lors de sa chute. Une surface dure fend l'œuf et vous devez donc réfléchir soigneusement à la façon de le protéger. Quelque chose qui amortira l'œuf à la fin de sa chute est un bon point de départ, vous voulez que l'œuf décélère lentement pour qu'il ne se brise pas. Vous allez devoir faire de nombreux essais alors prévoyez beaucoup d'œufs.

9. Protocole

L'idée est d'envelopper l'œuf dans une couche de coton qui le protégera de l'atterrissage. Mettez l'œuf enveloppé dans un sac fermé bourré de coton et laissez-le tomber d'environ 1 m de haut. Si la couche de coton est fine, l'œuf va craquer.

10. Echange autour des résultats et conclusion

Après l'expérience, analysez vos résultats. Vous pourrez apprécier la qualité du modèle que vous avez réalisé. Si l'œuf casse après le premier, vous savez qu'il faut faire des améliorations.

Toutefois, cela ne signifie pas que l'expérience a été mauvaise. En science, tous les résultats sont de bons résultats, parce que tous les résultats offrent une occasion d'apprendre. Lorsque quelque chose ne va pas bien ou ne fonctionne pas comme prévu, cela permet de savoir pourquoi et de le corriger. Si un œuf casse, examinez les données, évaluez la performance de votre modèle et utilisez-la pour l'améliorer.

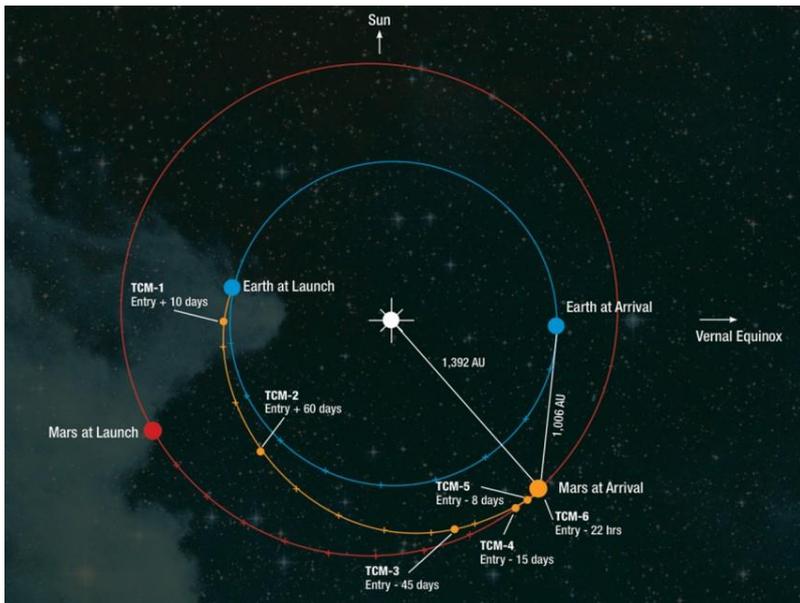
11. Pour en savoir plus (Ressources pour les enseignants)

- Découvrez comment atterrir sur Mars avec la version française des vidéos "Mars en une minute" du Jet Propulsion Laboratory (© JPL-Caltech/IPGP).
- <https://www.seis-insight.eu/fr/public/la-mission-insight/atterrissage>

Aller sur Mars

1. Introduction & Pb

Après son lancement, InSight va effectuer un voyage de six mois et demi dans l'espace interplanétaire avant d'atteindre son objectif, la planète rouge. La trajectoire que va suivre la sonde est un arc de cercle, dont l'une des extrémités touche la Terre, tandis que l'autre atteint Mars. Cette orbite de transfert décrit autour du soleil un parcours qui est calculé précisément par les scientifiques impliqués dans la mission.



Orbite suivie par la sonde InSight entre la Terre et Mars (© NASA)

Nous vous proposons dans cette activité de **déterminer comme l'on fait les scientifiques la fenêtre de lancement d'une sonde vers Mars.**

2. Age des étudiants

15-17 ans

3. Objectif

L'objectif est de déterminer la prochaine fenêtre de lancement vers Mars à partir de la position relative de la Terre et de Mars qui correspond à la trajectoire optimale du vaisseau spatial en termes de consommation d'énergie et en utilisant les données de position planétaire ainsi que le concept d'algèbre avancée.

4. Disciplines principales

Mathématiques - Physique – Sciences de la Terre

5. Temps requis

30 min – 1 h

6. Mots-clés

Orbite, Terre, Mars, missions spatiales, fenêtre de décollage, graphique

7. Matériel

Calculatrice, punaises, papier graphique, quadrille ligné, fiche technique des longitudes héliocentriques planétaires

8. Connaissance requise

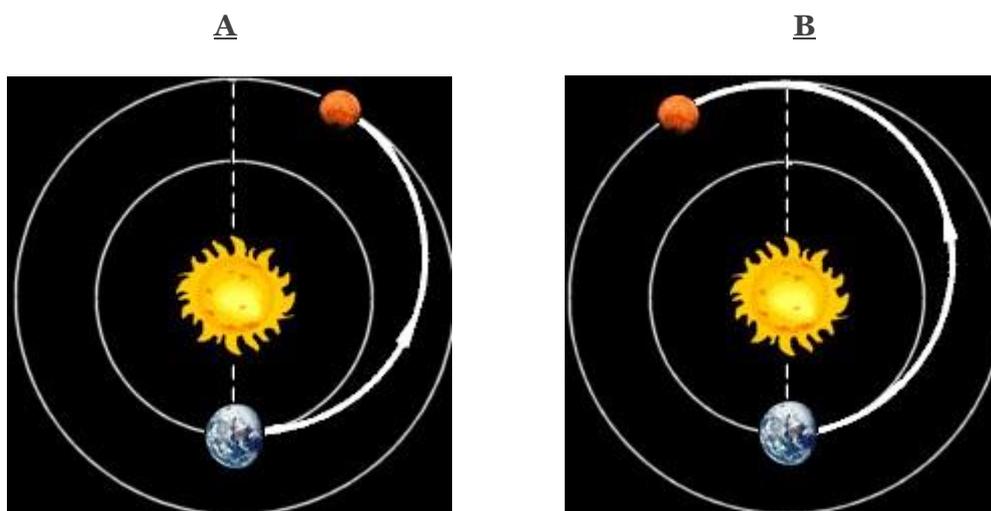
Pour envoyer un vaisseau spatial de la Terre vers n'importe quelle planète, il faut tenir compte de la courbe de la trajectoire résultante de la combinaison de la vitesse du vaisseau spatial et de la force gravitationnelle de la planète. Pour cela les scientifiques doivent "travailler" sur la notion de force et réfléchir à un voyage dans la mesure du possible sans moteur, ce qui réduit le coût de la mission.

Comme dans beaucoup de scénarios similaires (par exemple : passer un ballon à un coéquipier de football en course à pied), ce dont il faut tenir compte c'est l'impulsion initiale donnée au vaisseau spatial (le lancement équivalent au lancement du ballon), la position de la planète visée (décrite par son orbite) et enfin la force gravitationnelle.

Pour quitter la Terre et partir en direction de Mars, un vaisseau spatial doit suivre une trajectoire elliptique dont l'une des extrémités touche la Terre et l'autre Mars. En d'autres termes, le vaisseau est placé sur une orbite solaire dont le périhélie (le point de l'orbite le plus proche du Soleil) est occupé par la Terre et dont l'aphélie (le point de l'orbite le plus éloigné du Soleil) est occupé par Mars.

Ce type de trajectoire permet de transférer un objet entre deux planètes avec une dépense énergétique minimale. Elle a été découverte par un ingénieur allemand en 1925 (Walter Hohmann). C'est pourquoi on l'appelle souvent trajectoire de transfert de Hohmann.

C'est une explication simple pour un scénario beaucoup plus complexe où les scientifiques doivent tenir compte d'une variété de paramètres qui sont plus ou moins constants. Ce qu'il faut bien comprendre, c'est qu'une fenêtre de temps de tir spécifique doit être calculée et validée par de multiples simulations bien avant le lancement. Cela permettra de disposer d'une fenêtre de tir adéquate, de sorte que le vaisseau spatial arrivera sur l'orbite de la planète.



En A, position respective de Mars et de la Terre au moment du lancement. En B, la position respective de Mars et de la Terre lors de l'atterrissage (Crédit photo : © Philippe Labrot).

9. Protocole

On expliquera aux élèves qu'un vaisseau spatial doit avoir une trajectoire elliptique autour du Soleil pour atteindre le même point en même temps que la planète Mars. Ce qu'ils doivent faire ensuite, c'est de déterminer l'heure du lancement pour que cette intersection ait lieu.

La trajectoire que l'on imprime à un vaisseau spatial pointe dans une direction qui est totalement inoccupée au moment du départ. Ce n'est qu'au terme du voyage que le point d'arrivée sera occupé par la planète que l'on désire atteindre. C'est cette mobilité de la cible à atteindre et la ronde perpétuelle des planètes autour du soleil qui explique que les lancements ne peuvent avoir lieu qu'à l'intérieur de périodes bien déterminées dans le temps. On désigne ces périodes propices aux lancements sous le nom de fenêtre de tir.

Une sonde lancée sur une orbite de transfert de Hohmann mettrait 520 jours pour en faire le tour. Comme la Terre est située au périhélie et Mars à l'aphélie, une sonde ne doit parcourir que la moitié de cette orbite pour arriver à destination soit 260 jours. Pendant ce laps de temps, la planète Mars aura parcouru une certaine distance, que l'on peut calculer aisément. Mars boucle un tour en 687 jours (c'est la durée d'une année martienne).

Depuis sa position au moment du lancement, la planète aura donc parcouru un angle de $260/687 \times 360^\circ$, soit 136° autour du soleil. On peut alors calculer la position relative de la Terre et de Mars au rapport au soleil pour que le lancement soit réussi et que le vaisseau arrive à atteindre sa destination : $180^\circ - 136^\circ = 44^\circ$. Ainsi, les lancements ne sont possibles que lorsque la terre est située 44° en arrière de la planète Mars. Cette condition n'apparaît que tous les 26 mois, 50 jours en moyenne avant les oppositions (en période d'opposition, Mars est au plus proche de la Terre et l'angle Mars - Soleil - Terre vaut alors 0°).

La deuxième loi de Kepler nous dit aussi que les planètes voyagent à des vitesses différentes dans leurs orbites elliptiques, se déplaçant plus rapidement quand elles sont plus proches du Soleil et plus lentement quand elles sont plus éloignées du Soleil.

Pour rendre possible la tâche mathématique complexe de lancer un engin spatial tout en considérant la dynamique orbitale des planètes, on proposera aux élèves d'émettre des hypothèses sur la fenêtre de lancement.

Hypothèse 1 : Les orbites de la Terre et de Mars sont circulaires et centrées sur le soleil. (L'orbite de la Terre est circulaire de Mars, mais les deux sont légèrement elliptiques.)

Hypothèse 2 : La Terre et Mars voyagent à vitesse constante. (Ils ne le font pas. Voir la deuxième loi de Kepler).

Hypothèse 3 : Les orbites de la Terre et de Mars sont dans le même plan. (Ils sont proches mais légèrement décalés l'un par rapport à l'autre).

Expliquer aux élèves le concept de longitude héliocentrique. Tout comme les longitudes sur Terre mesurent la position par rapport à un point fixe (le méridien origine), les longitudes héliocentriques mesurent la position dans l'espace le long de l'écliptique par rapport à l'équinoxe vernal.

Sachant que la Terre est, en moyenne, à 1 unité astronomique (UA) du Soleil et Mars est, en moyenne, à 1,52 UA du Soleil, les élèves trouvent la longueur du demi-grand axe de l'orbite de transfert en unités astronomiques (UA).

À l'aide de la ficelle et des punaises, demandez aux élèves de dessiner les orbites supposées circulaires de la Terre et de Mars autour du soleil et l'approximation de l'orbite de transfert de Hohmann sur du papier graphique.

Déterminer la période de l'orbite de transfert de Hohmann, puis le temps de parcours vers Mars le long de cette orbite à l'aide de la troisième loi de Kepler (loi de l'harmonie).

La troisième loi de Kepler stipule que le carré de la période de toute planète est proportionnel au cube du demi-grand axe de son orbite. Une équation peut représenter cette relation :

$P^2 = ka^3$ avec k étant la constante de proportionnalité

En utilisant la Terre comme exemple, nous pouvons mesurer P en années et a en unités astronomiques donc $P = 1$ an et $a = 1$ UA. Ainsi, $P^2 = ka^3 \rightarrow k=1 \Rightarrow P^2 = a^3$

$P^2 = (1,26 \text{ AU})^3 \Rightarrow P \sim 1,41 \text{ ans} \sim 517 \text{ jours}$

La période complète de cette orbite de transfert de Hohmann est de 517 jours. Le voyage vers Mars comprend la moitié d'une orbite, soit environ 259 jours.

Compte tenu des mouvements quotidiens de la Terre et de Mars, calculez la position relative idéale des deux planètes pendant le lancement.

1 révolution de Mars = 687 jours \Rightarrow 0,524 degrés/jour \Rightarrow 136 degrés/259 jours

Pour calculer la position de Mars au moment du lancement, soustrayez de son point d'arrivée (180 degrés) l'amplitude de son mouvement pendant le temps de déplacement du vaisseau spatial (136 degrés). 180 degrés - 136 degrés = 44 degrés.

En utilisant les longitudes héliocentriques planétaires, approximativement quand est la prochaine opportunité pour un lancement vers Mars ?

10. Echange autour des résultats et conclusion

Une fois ces calculs réalisés, il serait intéressant de demander aux élèves ce qui se passerait si l'estimation de la fenêtre de lancement est plus courte ou plus longue qu'elle ne devrait l'être ?

Mais aussi de réaliser des recherches sur les modalités de calcul utilisés par les scientifiques lors des premières missions spatiales.

11. Pour aller plus loin

Réalisez un court programme en Python qui vous permettra de soustraire les longitudes héliocentriques de la Terre et de Mars pour simplifier le calcul des fenêtres de lancement.

12. Pour en savoir plus (ressources pour les enseignants)

- Stomp Rockets Activity : <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/stomp-rockets/>
- When Computers Were Human <https://www.jpl.nasa.gov/edu/news/2016/10/31/when-computers-were-human/>
- Mars in a Minute Video Series <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/mars-in-a-minute/>

[- https://www.seis-insight.eu/fr/public/l-instrument-seis/exomars/54-public/la-mission-insight](https://www.seis-insight.eu/fr/public/l-instrument-seis/exomars/54-public/la-mission-insight)

Cette activité s'inspire du programme d'éducation du JPL.

Le solaire : une source d'énergie durable

Mars - Terre

1. Introduction et Pb

La NASA utilise diverses technologies pour produire l'énergie nécessaire à l'envoi de sondes dans l'espace. Chaque type de technologie est compatible avec le type d'exploration auquel elle est destinée. Pour les missions spatiales à destination des planètes proches du Soleil, l'énergie solaire est la principale forme d'énergie utilisée, mais il existe également des batteries qui fournissent une énergie de secours, ce qui est généralement la meilleure solution.

Cette activité explorera l'utilisation de panneaux solaires en tant que source d'énergie et, à travers ce processus, les étudiants apprendront les concepts de base de l'énergie, de la transformation de l'énergie, de l'électricité et des circuits.

Les cellules solaires utilisées sur la station spatiale internationale (SSI) ont un rendement élevé. Les étudiants devront faire des recherches pour déterminer cette efficacité. Lorsque les ingénieurs de la NASA planifient une mission, ils doivent connaître toutes les spécifications de chaque composant, et les composants doivent être testés avant d'être envoyés dans l'espace.

Leur taille, leurs spécificités, leurs masses ... doivent être connues au début de la planification d'une mission. Dans la mesure où l'élaboration d'une mission peut prendre une dizaine d'années pour les phases de planification et de construction, l'équipement doit être constamment vérifié afin de ne pas devenir "obsolète" au moment du lancement. Les étudiants devront travailler avec les mêmes restrictions. Ils devront utiliser les cellules solaires actuellement disponibles. Vous aurez besoin de rechercher la technologie actuelle.

La sonde spatiale InSight, qui a atterri le 26 novembre et déployé ses panneaux solaires quelques heures plus tard. Au cours de la première journée sur la planète rouge, l'atterrisseur à énergie solaire a généré plus d'électricité que tout autre véhicule arrivé sur Mars, ont déclaré les membres de l'équipe de la mission. "C'est formidable d'obtenir le premier cliché de la surface de Mars dès le premier jour", a déclaré Tom Hoffman, chef de projet au Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA en Californie.

2. Age des étudiants 15-17 ans

3. Objectif

1. En étudiant les cellules ou les panneaux solaires, les élèves étudieront les paramètres susceptibles de gêner le fonctionnement des panneaux solaires et expliqueront en quoi ces éléments peuvent abaisser le rendement énergétique des panneaux solaires.
2. Au moyen de simulations informatiques et d'investigations en laboratoire, les élèves pourront modéliser des circuits parallèles et en série, calculer la consommation de courant et mettre en œuvre une démarche scientifique.
3. A partir de l'analyse des besoins en énergie de leur propre maison, les élèves pourront concevoir un système de panneaux solaires pouvant fournir de l'énergie à leur maison.
4. À l'aide de leurs propres modèles, les élèves proposeront et défendront leur conception qui alimentera un habitat de recherche mensuel ou martien pour six explorateurs.

4. Disciplines principales

Mathématiques – Physique – Sciences de la Terre

5. Discipline complémentaire

Informatique

6. Temps requis

30 min – 1 h

7. Mots clés

Panneaux solaires, énergie solaire, Terre, Mars, missions spatiales.

8. Matériel

Panneau solaire. Voltmètre. Ordinateur. Filtre de couleur rouge, vert et bleu. Câbles électriques pour connecter des cellules photovoltaïques et des appareils électroniques

9. Connaissance requise

Un certain nombre d'éléments peuvent perturber le fonctionnement des panneaux solaires. Les élèves tenteront de comprendre ce problème complexe, de prévoir et de tester les paramètres qui peuvent affecter les performances des cellules solaires.

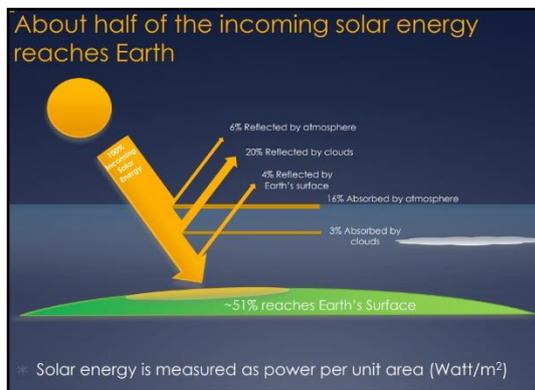


Cette maquette vous permettra de tester chaque facteur et de voir comment le fonctionnement des panneaux est-il perturbé.

Il y a plusieurs facteurs qui peuvent jouer sur l'intensité:

- Blocage / obstruction - Les conditions naturelles (poussière dans l'atmosphère) peuvent empêcher le rayonnement solaire d'atteindre les cellules solaires. L'atmosphère de la Terre peut partiellement bloquer le rayonnement solaire entrant. La quantité de lumière qui atteint la Terre au-dessus de l'atmosphère est d'environ 1366 Watts par mètre carré. Lorsque le soleil est directement au-dessus de l'équateur, l'intensité du rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre est comprise entre 800 et 1 000 watts par mètre carré. Sur la Lune et sur Mars, les panneaux solaires peuvent être bloqués par la poussière. On s'attendait à ce que les panneaux solaires de la NASA Mars Rover soient recouverts de poussière et cessent de fournir de l'énergie aux systèmes. Une des chances serait que les tempêtes de poussière balayent les panneaux. Des tempêtes de poussière apparaissent assez souvent sur Mars pour que les panneaux de la Rover restent relativement propres.

- L'angle -

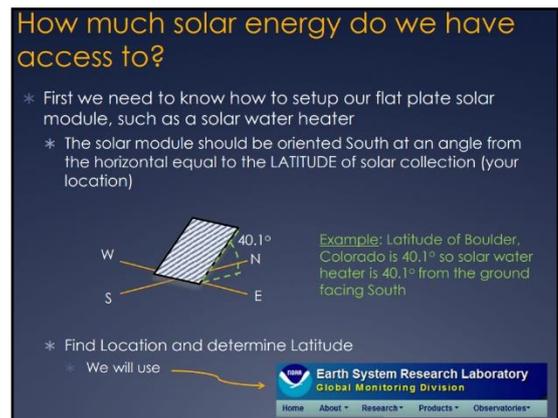


L'angle entre le soleil et le panneau solaire est essentiel. L'intensité lumineuse est mesurée en watts (puissance) par mètre carré. Vous pouvez expérimentalement quantifier la manière dont l'angle change d'intensité.

Tenez une lampe de poche directement au-dessus d'une feuille de papier millimétrique. La source de lumière est à 90 ° du papier. Comptez le nombre de carrés illuminés.

Gardez la lampe de poche à la même distance du papier, mais inclinez-la de manière à ce qu'elle soit inclinée par rapport au papier. Cela représente un angle plus petit avec le soleil. Comptez à nouveau les carrés allumés.

Plusieurs carrés seront illuminés dans le coin inférieur. La puissance de la lumière reste la même, mais la zone éclairée augmente à mesure que l'angle diminue. Lorsque la même quantité d'énergie est distribuée sur une surface plus grande, l'intensité diminue. L'inclinaison à 23,5 ° de l'axe de la Terre détermine l'angle de la lumière solaire.



How much solar energy do we have access to?

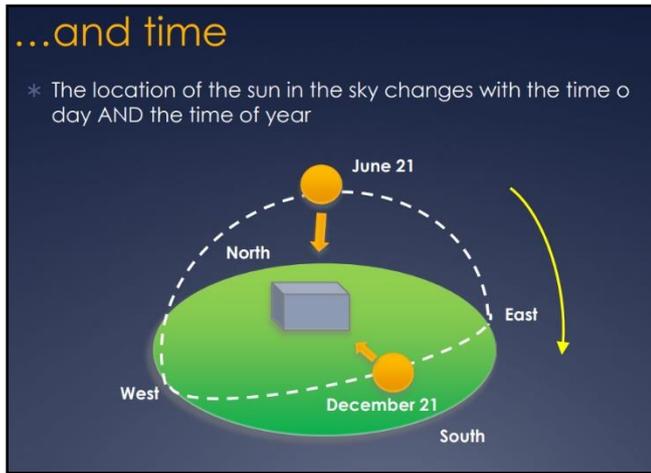
- * First we need to know how to setup our flat plate solar module, such as a solar water heater
- * The solar module should be oriented South at an angle from the horizontal equal to the LATITUDE of solar collection (your location)

Example: Latitude of Boulder, Colorado is 40.1° so solar water heater is 40.1° from the ground facing South

* Find Location and determine Latitude

We will use 

Home About Research Products Observatories



En juin, le soleil entoure l'hémisphère nord sous le tropique du Cancer à 23,5 ° de latitude nord. Le soleil éclaire l'hémisphère sud en janvier, sous le tropique du Capricorne, à 23,5 ° S.

Il faut expliquer aux élèves comment l'inclinaison de l'axe de la Terre peut jouer sur l'intensité de la lumière et les saisons. L'axe de Mars étant incliné de 25 °, des conditions similaires prévalent sur Mars, à l'exception de l'année qui est plus longue et de chaque saison plus longue que la Terre, respectivement. Pendant l'hiver sur Mars, les Routiers sont garés sur le flanc d'une colline pour orienter les panneaux solaires plus directement vers le Soleil. Alors que la Station spatiale internationale tourne autour de la Terre, les panneaux solaires peuvent être orientés plus directement vers le Soleil. Parfois, toute la station spatiale est orientée dans une direction différente pour améliorer l'angle des panneaux et du soleil.

Pour plus d'informations, voir : http://spaceflight.nasa.gov/station/flash/iss_attitude.html

- Distance du soleil - Comme vous le savez, plus vous êtes éloigné d'une source de lumière, plus la lumière est faible (moins intense). Les étudiants peuvent confirmer cette expérience et découvrir que l'intensité (I) de la lumière est inversement proportionnelle au carré de la distance (r) à la source lumineuse ($I \propto 1 / r^2$). Vous aurez besoin d'une ampoule, d'une bande graduée et d'une sonde / capteur pour déterminer l'intensité lumineuse.

Dans une pièce sombre, mesurez l'intensité lumineuse à 10 cm, 20 cm, 40 cm et 80 cm de la source. Graphique l'intensité en fonction de la distance. Si vous tracez graphiquement cette courbe sur un ordinateur, vous pouvez également obtenir l'équation de la courbe.

L'intensité diminue à mesure que la lumière se propage plus loin de la source. Le soleil émet de l'énergie lumineuse dans toutes les directions. La lumière du soleil est répartie sur la surface d'une sphère imaginaire (vide) dont le centre est le soleil.

Plus la sphère est éloignée du Soleil, plus la sphère est grande et plus la surface (surface d'une sphère = $4\pi r^2$) est grande. Ainsi, la puissance (énergie par seconde) émise par le Soleil lorsque la lumière se propage à la surface de cette sphère imaginaire. Près du soleil, la sphère est petite. Il y a beaucoup de puissance par mètre carré (intensité). De plus, la sphère est grande. Il y a moins de puissance par mètre carré. Il existe une équation qui nous permet de calculer l'intensité lumineuse à une distance d'une source lumineuse.

L'équation est la suivante :

$$\text{Intensité} = \text{Puissance} / (4\pi r^2)$$

Mais comment mesurer la puissance du Soleil à sa source ?

On ne peut pas. Cependant, les scientifiques ont mesuré l'intensité de la lumière de la Terre et nous connaissons la distance entre le Soleil et la Terre. L'intensité de la lumière solaire en dehors de l'atmosphère terrestre est de 1366 W / m^2 (varie légèrement avec les émissions solaires). La distance (r) du Soleil à la Terre est de $150\,000\,000 \text{ km}$ (km). La valeur de la puissance de la lumière solaire est de $384,6 \times 10^{24}$ watts (joules / seconde). Nous pouvons maintenant utiliser ces données dans l'équation ci-dessus et calculer l'intensité de la lumière sur Mars. La distance moyenne du Soleil à Mars est de $227\,900\,000 \text{ km}$. Vous pouvez calculer que l'intensité de la lumière sur Mars est de $589,2 \text{ W / m}^2$. C'est moins de la moitié de l'intensité sur Terre !

Mais attendez ! L'orbite de Mars est moins circulaire que l'orbite de la Terre. C'est plus elliptique. Au périhélie (le plus proche du Soleil), Mars se situe à $206\,600\,000 \text{ km}$ du Soleil et son intensité est calculée à $717,1 \text{ W / m}^2$. A l'Aphélie (le plus éloigné du Soleil), Mars se situe à $249\,200\,000 \text{ km}$ du Soleil et son intensité diminue à $492,9 \text{ W / m}^2$.

Ces différences pourraient être significatives pour la conception d'un système d'énergie solaire.



Crédit : Lockheed Martin

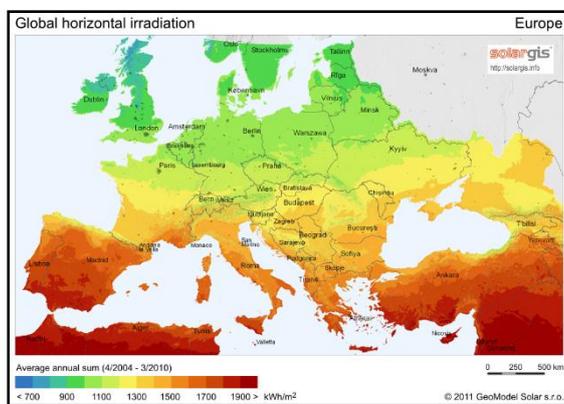


NASA/JPL-Caltech/Lockheed Martin

10. Protocole

Fonctionnement des panneaux solaires sur Terre

L'énergie solaire est disponible gratuitement partout sur la Terre. Le plus souvent, cette énergie est réfléchiée et n'est pas utilisée. Il est maintenant possible de profiter de l'énergie solaire, grâce aux **panneaux solaires photovoltaïques**.



Transformer l'énergie lumineuse en électricité est possible grâce aux cellules photovoltaïques

Le **panneau solaire photovoltaïque** génère de l'électricité grâce aux cellules photovoltaïques qui le composent. La lumière du soleil va créer une tension électrique entre les deux couches positives (P) et négatives (N) de la cellule. Cette énergie sera transportée vers le réseau électrique.

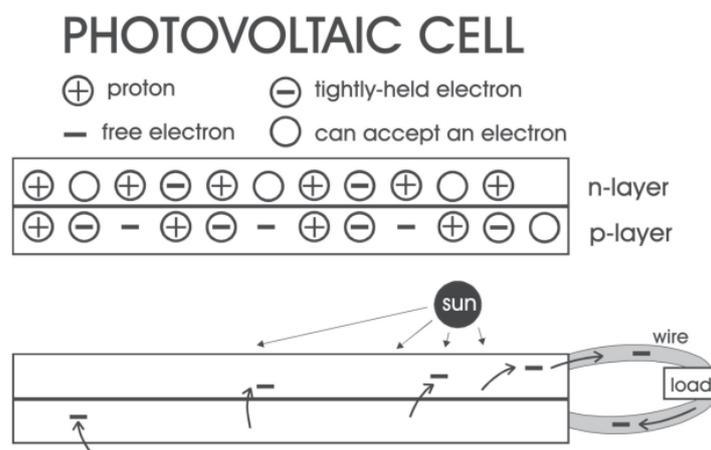
Le fonctionnement du photovoltaïque repose d'abord sur le matériau utilisé : le silicium, extrait de la silice, contenue dans le sable. Le silicium est semi-conducteur. De plus comme tout matériau, il est constitué d'atomes. Face à la lumière, les électrons du silicium s'excitent, et passent d'atome en atome. C'est un bon début, mais pour qu'il y ait courant électrique, il faut que les électrons circulent dans un sens bien précis...

On sait lorsque l'électron est libre, il se déplace toujours exactement comme dans le principe d'une pile, d'une borne négative à une borne positive. Pour obtenir cela, le silicium est dopé, non pas comme un sportif, mais grâce à des « éléments perturbateurs ». Ces derniers créent d'un côté un surplus d'électron (borne négative) et de l'autre un déficit d'électron (borne positive) : les électrons circulent alors de l'un à l'autre. Et la tension électrique se produit !

Les panneaux solaires sont constitués par plusieurs couches de silicium : sur celle exposée à la lumière, on ajoute du phosphore, qui contient plus d'électrons que le silicium. La couche inférieure, elle, est dopée en bore, qui contient moins d'électrons que le silicium. On obtient alors une sorte de pile avec une borne négative et une borne positive. Un fil conducteur pour relier les deux : dès que le soleil frappe les panneaux, les électrons circulent et alimentent le circuit électrique !

Comparés à d'autres modes de production d'électricité, les systèmes photovoltaïques sont coûteux. La production d'électricité à partir de cellules solaires coûte 10 à 20 centimes le kilowattheure.

En moyenne, les gens paient environ huit cents le kilowattheure pour l'électricité d'une société d'électricité utilisant des combustibles tels que le charbon, l'uranium ou l'hydroélectricité. Aujourd'hui, les systèmes photovoltaïques sont principalement utilisés pour générer de l'électricité dans des zones éloignées des lignes électriques.



Enquête sur les cellules photovoltaïques

1. Que se passe-t-il lorsque vous couvrez une partie de la cellule photovoltaïque avec du papier noir ? Pourquoi
2. Quel est le lien entre la quantité d'énergie solaire d'une cellule couverte et le fonctionnement des appareils électroniques ? Expliquez.

3. Comment des filtres transparents de différentes couleurs ont affecté la capacité de fonctionnement des cellules solaires ?

Activité : Panneaux solaires sur Terre.

Trouvez votre position sur la carte et déterminez la couleur de cette zone. Utilisez la légende pour calculer la plage de valeurs énergétiques exprimée en "kWh / m² / jour" à partir des valeurs annuelles moyennes, en kWh / m² de la légende. Une fois que vous avez la plage, vous pourrez faire la moyenne entre les valeurs les plus hautes et les plus basses de la plage pour obtenir une estimation de l'énergie. Par exemple, en France, cette plage est comprise entre 2,7 et 4,4 kWh / m² / jour et la valeur moyenne est de 3,55 kWh / m² / jour.

La gamme de valeurs d'énergie solaire pour votre emplacement : _____ kWh/m²/Day

Énergie solaire moyenne : _____ kWh/m²/Day

En outre, recherchez la quantité d'énergie solaire disponible par unité de surface pour le module solaire (par exemple, pour un système solaire), valeur qui dépend du temps d'exposition au soleil du mode. Si vous testez le système solaire thermique pendant une heure, le temps d'exposition solaire est de "1 heure" (la valeur peut être inférieure à 1 pendant moins d'une heure. 45 minutes = 0,75 heure). Si vous ne disposez pas déjà de ces valeurs pour un module solaire, utilisez les valeurs indiquées.

Durée d'exposition solaire : _____ heure (exemple: 1 h)

Vous devrez calculer l'énergie solaire exprimée en unités de Watt-heure / m², appelée "rayonnement":

$(\text{kWh/m}^2/\text{j}) \times (1 \text{ j}/24 \text{ h}) \times (\text{la durée d'exposition solaire [h]}) \times (1000 \text{ Wh}/1 \text{ kWh}) =$

$(\text{___ kWh/m}^2/\text{j}) \times (1 \text{ zi}/24 \text{ h}) \times (\text{___ h}) \times (1000 \text{ Wh}/1 \text{ kWh}) =$

_____ Watt-h/m²

Pour connaître l'énergie solaire utilisée par le module solaire, vous aurez besoin de l'unité de surface (m²). Supposons que vous disposiez d'un système solaire thermique de 1 mètre sur 1,5 mètre et que sa surface soit de 1,5 m²

La surface du module solaire : _____ m² (par exemple: 1.5 m²)

Ensuite, vous devez utiliser votre surface et votre valeur d'insolation pour savoir combien d'énergie entre dans votre module solaire. Cette énergie entrante est appelée énergie thermique (Q_{in}) et est exprimée en unités de Watt-heure

Ensuite, vous devrez utiliser la surface et la quantité de rayonnement pour savoir combien d'énergie

$$Q_{in} = [\text{Radiation (Watt-h /m}^2)] \times [\text{Surface(m}^2)]$$

$$Q_{in} = (\text{_____ Watt-h/m}^2) \times (\text{_____ m}^2)$$

$$Q_{in} = \text{_____ Watt-h}$$

Quel serait l'angle d'inclinaison de votre module solaire ? Pourquoi voulez-vous que votre module solaire fasse face au sud ?

Quel serait "l'angle de critique" du module solaire ? De ce point de vue modulaire solaire face au sud ?

Comment pouvez-vous comparer la quantité de rayonnement solaire disponible en Arizona avec la quantité de rayonnement à votre emplacement au cours du même mois ? (Indice : vérifiez les cartes, aucune énergie ne doit être calculée)

https://www.nrel.gov/gis/images/solar/solar_ghi_2018_usa_scale_01.jpg)

Qu'en est-il du rayonnement solaire de l'Alaska ? Dans lequel de ces sites (Arizona ou Alaska) serait-il plus facile pour les ingénieurs d'utiliser l'énergie solaire pour le chauffage ou l'électricité ?

12. Pour aller plus loin

Défi : Energie solaire pour la Lune et Mars. En petits groupes, les étudiants choisiront la Lune ou Mars comme lieu d'habitat de recherche de la NASA. Chaque groupe évaluera les besoins de l'habitat de recherche en utilisant ce que l'on sait des besoins en énergie domestique et des besoins en énergie de l'ISS. Ensuite, chaque groupe proposera un projet de système d'énergie solaire répondant aux besoins énergétiques. Cette activité pourrait être utilisée comme une évaluation.

13. Ressources pour les enseignants

Cartes solaires - Ces cartes de rayonnement solaire indiquant les valeurs de rayonnement solaire total sur ces cartes solaires fournissent des informations quotidiennes moyennes sur les ressources solaires totales sur des cellules de grille.

- <https://www.nrel.gov/gis/solar.html>

- <https://earsportal.eu/pages/viewpage.action?pageId=16548947>

TeachEngineering est une bibliothèque numérique composée de programmes d'ingénierie fondés sur des normes permettant aux enseignants de la maternelle à la 12e année de donner vie aux sciences appliquées et aux mathématiques grâce à la conception technique. Ce livre contient des informations sur les programmes, les soins de santé, les soins de la peau et les problèmes de santé qui se présentent à vous.

- <https://www.teachengineering.org/>

- <https://www.nasa.gov/>

Cette activité est inspirée du programme de formation JPL et de TeachEngineering.