

PARALLAXE et ISS

Les activités proposées (fiches élève n°1 et n°2) ont pour but de déterminer l'altitude de la Station Spatiale Internationale (ISS) à une date donnée, en se basant sur un phénomène de parallaxe.

♣ Qu'est-ce que la parallaxe ?

La **parallaxe** est l'incidence du changement de position de l'observateur sur l'observation d'un objet.

Afin de proposer aux élèves une explication simple et illustrée du phénomène de parallaxe et de la méthode du même nom, on peut faire visionner en classe le **diaporama proposé en annexe** dans lequel le phénomène est présenté, ainsi que les différents exercices de la fiche élève n°2.

♣ Dans les programmes

Voici un condensé de ce que l'on peut trouver dans les divers programmes de Physique du lycée (les programmes actuels du collège n'y font pas référence).

◆ En seconde :

Dans le programme actuel (en vigueur depuis 2000) qui devrait être modifié en 2010, la parallaxe est évoquée dans le premier paragraphe :

I- Exploration de l'univers

I- De l'atome aux galaxies

Colonne : « Exemples d'activités »

Comment évaluer la distance et les dimensions d'un immeuble ?

Méthode de la parallaxe – Technique de la visée – Utilisation du diamètre apparent.

D'après le document d'accompagnement, cette activité d'une heure trente a pour but d'*arpenter l'espace proche* et/ou d'*évaluer l'ordre de grandeur d'objets de grande taille*.

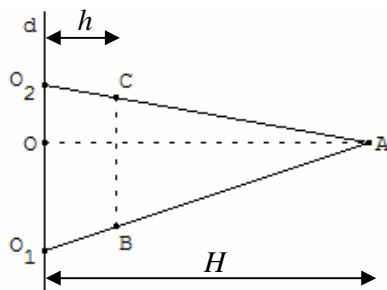
Voici un exemple d'activité proposée dans le cadre de travaux pratiques :

Un observateur se trouve derrière une vitre, une table, au sol, etc., symbolisés par une droite d .

On cherche à connaître la distance H qui sépare l'observateur d'un objet inaccessible A .

La **méthode de la parallaxe** (ou triangulation) consiste à viser un objet inaccessible (un objet céleste, le haut d'un immeuble, un objet sur une table, etc.) à partir de deux points différents et à calculer des distances non mesurables à l'aide, par exemple, du théorème de Thalès.

schéma :



Sur la droite d , on se décale sur une position O_1 et on repère le point B dans l'alignement de O_1 et A sur une autre droite parallèle à d (règle, bord d'une table) situé à une distance connue h de d .

On se décale ensuite sur une autre position O_2 de la droite d , et on repère C sur la même droite que précédemment dans l'alignement de O_2 et A .

On obtient un triangle O_1AO_2 de hauteur $[OA]$.

Alors, d'après le théorème de Thalès : $\frac{O_1O_2}{BC} = \frac{AO_2}{AC} = \frac{H}{H-h}$ et on trouve : $H = \frac{O_1O_2 \times h}{O_1O_2 - BC}$.

L'exercice peut également être résolu trigonométriquement : on mesure les angles \hat{O}_1 et \hat{O}_2 et, connaissant la distance O_1O_2 , on peut calculer la distance O_2A à l'aide de la formule des sinus, puis la distance OA par trigonométrie dans le triangle rectangle $OA O_2$.

La formule des sinus n'est pas au programme de Mathématiques de la classe de seconde, mais elle peut être donnée telle quelle ou démontrée rapidement.

◆ On retrouve la notion de parallaxe en première S dans le paragraphe :

IV- Optique

Commentaires : l'étude expérimentale des images données par un miroir ou par une lentille pourra être présentée en analogie avec le travail effectué en classe de seconde (localisation d'objets inaccessibles).

On peut lire également une remarque dans les documents d'accompagnement stipulant que la méthode de la parallaxe et celle de la visée sont à mener conjointement (alignement d'épingles par exemple) en lien avec les miroirs.

◆ En classe de terminale S, la parallaxe est simplement évoquée dans le document d'accompagnement en tant que cause éventuelle de variation des résultats de la mesure d'une grandeur physique, l'appréciation de l'opérateur pouvant changer lors de la répétition d'une expérience.

♣ La fiche élève n°1

Cette fiche, rédigée par un professeur de Physique, est née de la volonté de mettre en place une activité innovante par rapport à celles proposées par le programme (évaluation de la « distance de la paillasse du professeur » ou de « la distance à laquelle se trouve un immeuble voisin ») et en lien avec les objets astrophysiques étudiés par ailleurs.

L'exercice s'inspire d'un article paru dans la revue *l'Astronomie* (n°7, juillet/août 2008).

L'auteur de l'article, Pierre Nardon, a photographié la Station Spatiale Internationale à une certaine date, au même moment qu'un autre astronome amateur. Ayant visualisé les deux clichés sur Internet, il a constaté une différence de position de la trajectoire de la station par rapport à la position de l'étoile polaire, différence due à l'écart de latitude et donc exemple de parallaxe céleste (*voir explications dans le diaporama*).

♦ L'activité commence par une mise en place du vocabulaire.

En géographie :

Un **méridien** est un demi grand cercle imaginaire tracé sur le globe terrestre qui relie les pôles géographiques. On choisit pour méridien de référence le méridien de Greenwich.

La **longitude** d'un lieu est la différence angulaire exprimée en degrés entre la position du méridien passant par ce lieu et celle du méridien de Greenwich (celui-ci a donc pour longitude 0°).
On obtient un angle compris en 0° et 180° , les lettres E (est) et O (ouest) indiquant le sens de rotation.

La **latitude** d'un lieu est l'écart angulaire exprimé en degrés entre la position du point et celle de l'équateur sur le méridien passant par ce lieu.
On obtient un angle compris entre 0° et 90° , les lettres N (nord) et S (sud) indiquant l'hémisphère.

Tous les endroits ayant une latitude donnée sont désignés collectivement sous le nom de **parallèle**, car tous ces lieux sont placés sur une ligne parallèle à l'équateur.

A l'inverse de la longitude dont la définition requiert le choix d'un méridien de référence, la latitude n'utilise donc que des références naturelles (équateur, pôles).

Latitude et longitude s'expriment généralement en degré-minute-seconde (exemple : $45^\circ 34' 06''$ N) dans une base sexagésimale.

La conversion en valeur décimale de degrés se fait donc avec la règle : $60'' = 1'$ et $60' = 1^\circ$.

♦ Pour la réalisation d'un schéma en coupe de la Terre, les élèves auront sûrement besoin de faire plusieurs schémas à main levée pour bien appréhender cette coupe.

On peut s'appuyer un premier temps sur le type de schéma suivant représentant l'hémisphère nord :

S représente la ville de Saint-Germain-en-Laye.

C représente la ville de Champignelles.

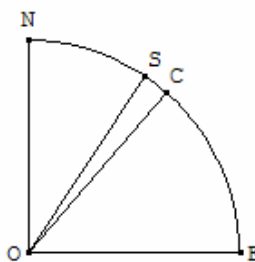
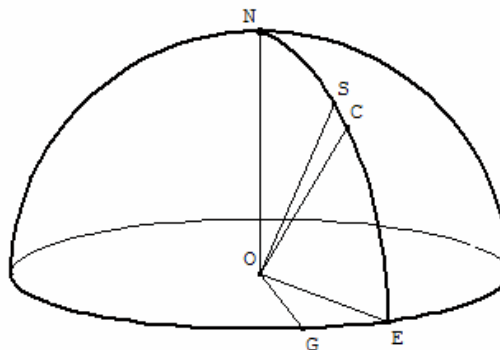
Toutes deux sont considérées à la même longitude, donc sur le même méridien.

On note *G* le lieu où le méridien de Greenwich coupe l'équateur.

Leur longitude est donc l'angle $(\overrightarrow{OG}; \overrightarrow{OE})$.

La latitude de *S* est l'angle $(\overrightarrow{OE}; \overrightarrow{OS})$.

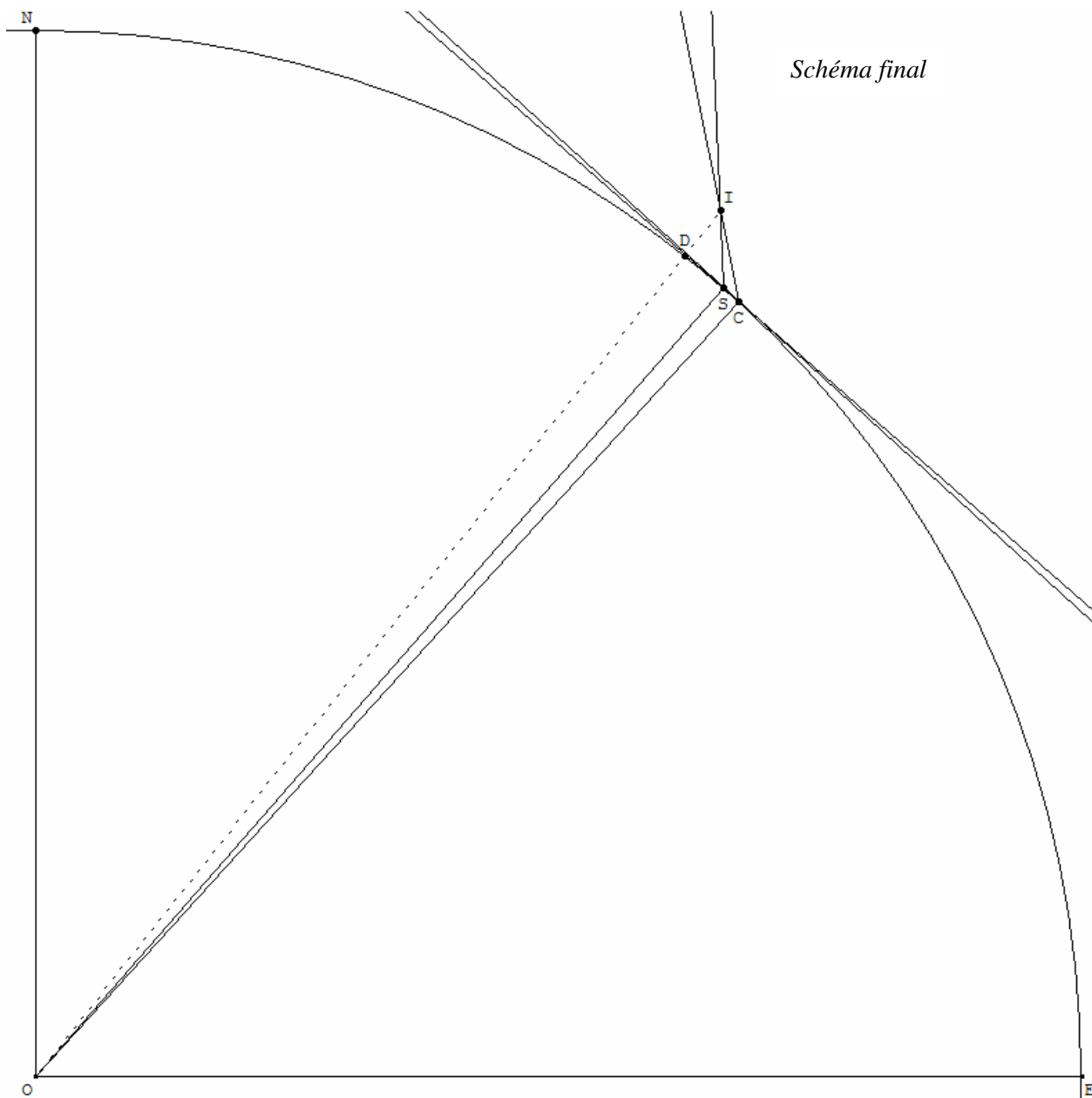
La latitude de *C* est l'angle $(\overrightarrow{OE}; \overrightarrow{OC})$.



Puis on peut se ramener à un problème plan en dessinant un quart de cercle qui représente un demi-hémisphère :

L'activité ne nécessite **aucun calcul**, les mesures étant faites approximativement sur un schéma agrandi.

Il faut prévoir à cet effet plusieurs grandes feuilles A3 accolées pour avoir une réduction raisonnable du quart de cercle représentant le demi-hémisphère.



Ici, $(\overrightarrow{OE}; \overrightarrow{OC}) = 47^{\circ}47' \approx 47,78^{\circ}$ (avec $60' = 1^{\circ}$) et $(\overrightarrow{OE}; \overrightarrow{OS}) = 48^{\circ}54' = 48,9^{\circ}$.

Les tangentes au cercle en C et S représentent les horizons des deux photographes aux lieux C et S.

Les données angulaires h_1 et h_2 sont reportées à partir de ces tangentes, dans le sens indirect car les photographes regardent vers le nord (étoile polaire dans l'objectif).

On trouve ainsi graphiquement la position de la station orbitale (point I) et on peut mesurer directement l'altitude de l'ISS (distance DI).

Un prolongement peut être proposé par la mesure de l'inclinaison (angle) de l'orbite de la station par rapport au plan de l'équateur (angle $(\overrightarrow{OE}; \overrightarrow{OI})$).

◆ Malgré le soin apporté au dessin et l'échelle suffisamment grande choisie, les distances relevées peuvent être éloignées des distances réelles.

On peut alors proposer aux élèves ou à un groupe d'élèves de poursuivre l'activité en reproduisant le schéma avec un logiciel de construction dynamique type geogebra.

Un document geogebra est proposé en annexe qui reproduit les figures réalisées avec ce logiciel. Les calculs de distances sont alors effectués par le logiciel lui-même.

♣ La fiche élève n°2

Ce phénomène de parallaxe céleste peut également être exploité du point de vue mathématique, en complément ou à la place de la fiche n°1.

◆ Pour les exercices 1 et 2, les connaissances requises sont celles des angles particuliers (alternes, complémentaires, ...) et de la trigonométrie de collège (classe de troisième), ils peuvent donc être donnés aux élèves dès le début de la seconde, tels quels ou sous une forme plus ouverte en devoir à la maison.

L'exercice 1 se fait dans le cas où l'on considère que la Terre est plate entre les deux observateurs, alors que dans l'exercice 2 la sphéricité de la Terre est prise en compte.

Dans les deux cas, on suppose que la station se trouve exactement à la verticale du premier observateur.

Ces exercices permettent déjà une bonne compréhension du phénomène de la parallaxe, ainsi qu'une interrogation sur la pertinence du modèle plat.

Une correction est fournie à la suite de la fiche élève, dans le même fichier.

◆ L'exercice 3 se place dans le cas où la station spatiale ne se trouve à la verticale d'aucun observateur (cas étudié dans la fiche élève n°1).

Sa résolution nécessite des formules plus complexes comme la formule des sinus et celle d'Al-Kashi, qui sont vues en classes de première S et première STI.

La correction est également fournie dans le même fichier.

♣ Sites et logiciel intéressants

- Revue l'Astronomie :

<http://www.saf-lastronomie.com/revue/>

- Pour trouver rapidement les coordonnées latitude/longitude d'une ville française :

<http://www.geoportail.fr/>

Il suffit de cliquer sur France continentale dans la planisphère, puis de choisir une ville.

Une photographie aérienne s'affiche, les coordonnées se trouvent sous la photographie.

- Pour suivre le déplacement de la station orbitale et connaître ses prochains passages au-dessus d'un certain lieu :

<http://www.amsat.org/>

Il faut aller dans l'onglet "Passes" du bandeau, choisir " Show predictions for " : ISS, puis rentrer les latitude et longitude (en degrés) de l'endroit choisi (et éventuellement l'altitude du lieu).

- Pour les amateurs de ciel étoilé, le logiciel **stellarium** (multiplateformes et gratuit) permet de visualiser le ciel à une date, une heure, et un lieu donnés tel un planétarium. Logiciel téléchargeable sur :

<http://stellarium.org/>

Sur la page suivante, une copie d'écran du logiciel stellarium présente le ciel tel que l'a vu l'un des photographes depuis Champignelles le 9 février 2008.



Terre, Champignelles, 184m

FOV 60°

50.4 FPS

2008-02-09 19:11:12