

EFFET DE L'ANGLE D'INCIDENCE DES RAYONS SOLAIRES SUR LE RECHAUFFEMENT DU SOL

Darrel Hoff, Ph.D.
Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics
60, Garden Street, Cambridge, MA 02138, U.S.A.

INTRODUCTION

Le projet STAR est hébergé par le Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics de Cambridge, Massachusetts. Le projet STAR (Science Teaching Through its Astronomical Roots: Enseignement des Sciences à partir de l'Astronomie) est consacré à l'étude des idées fausses couramment admises par les élèves en astronomie. Le projet SPICA est un projet parallèle au projet STAR (Support Program for Instructional Competency in Astronomy: Programme Complémentaire de Formation à l'Enseignement de l'Astronomie). Ce programme fait appel à des professeurs tuteurs originaires de divers endroits du territoire américain et dont la tâche consiste à concevoir et expérimenter des activités ainsi qu'à animer des stages s'adressant aux autres professeurs, avec pour objectif un meilleur enseignement de l'Astronomie à tous les niveaux du système éducatif. Ces deux programmes sont subventionnés par la National Science Foundation (1). L'activité décrite ci-dessous s'inspire de l'expérience acquise dans le cadre de ces deux projets.

Un des premiers produits du projet STAR est la fameuse cassette video intitulée "A Private Universe" ("Un Univers bien à soi"). Cette cassette explore le problème des fausses idées astronomiques qui encombrant l'esprit des élèves et font obstacle à l'apprentissage. Les scènes du début montrent la cérémonie de remise des diplômes à Harvard et on pose à un certain nombre d'étudiants tout juste diplômés deux problèmes astronomiques élémentaires: "Quelle est la cause des phases de la Lune?" et "Quelle est la cause des saisons?". Un grand nombre d'étudiants croient que les phases de la Lune ont pour cause l'entrée de notre satellite dans l'ombre de la Terre. A la seconde question, la plupart répondent que les saisons sont dues à la variation de la distance Terre-Soleil. En fait, 21 étudiants sur les 23 interrogés donnent cette réponse, ignorant les causes réelles, c'est à dire la variation annuelle de l'angle d'incidence des rayons solaires et de la durée relative du jour par rapport à la nuit. Nos tests menés sur des élèves plus jeunes mettent en évidence des idées fausses du même genre. Cet article suggère des activités qui devraient aider les élèves de tous âges à acquérir une expérience personnelle plus directe d'un des facteurs responsables du phénomène des saisons, à savoir l'effet de l'angle d'incidence des rayons solaires sur le réchauffement du sol.

ENSEIGNER LES SAISONS

Pour enseigner les saisons, une méthode classique consiste à faire appel à des explications et à des schémas montrant comment l'angle d'incidence des rayons solaires en différents points de la Terre varie à mesure que celle-ci parcourt son orbite annuelle, du fait de la relative constance de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre. Des recherches menées dans le cadre du projet STAR ont montré que ces explications, assorties ou non de discussions, ne suffisent pas à modifier des idées fausses profondément enracinées.

(1): A peu près l'équivalent de notre Ministère de la Recherche (NdT)

Par exemple, une démonstration classique de la différence de réchauffement en fonction de la saison consiste à faire varier l'angle d'incidence d'un faisceau lumineux pour simuler la variation saisonnière et montrer qu'un même faisceau de rayons solaires éclaire une aire plus petite en été qu'en hiver. Les élèves sont alors conduits par la réflexion à l'idée que les rayons du soleil estival, plus "concentrés", produiront un échauffement plus important que les rayons obliques du soleil d'hiver. Dans une version plus raffinée de cette approche, les élèves font tomber le faisceau lumineux d'une torche sur un papier millimétré et sous diverses incidences. En traçant les aires éclairées par le faisceau les élèves peuvent estimer les surfaces relatives couvertes (voir fig.1 et 2).

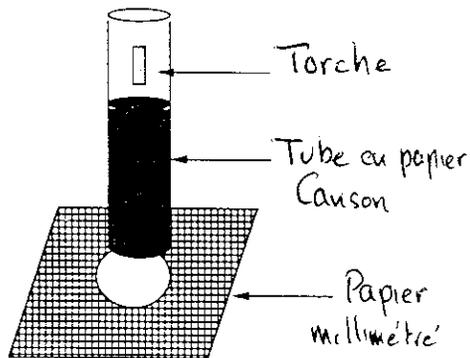


Fig.1: Torche éclairant perpendiculairement une feuille de papier

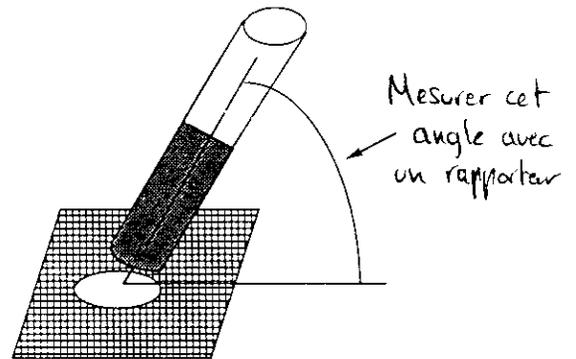


Fig.2: Torche éclairant obliquement une feuille de papier

UNE APPROCHE DIFFERENTE POUR ENSEIGNER LES SAISONS

Qu'est-ce qui ne va pas dans l'approche décrite ci-dessus? D'abord, le schéma et les démonstrations n'imposent pas à l'élève d'avoir une attitude active vis-à-vis du phénomène étudié. Le fait d'observer les rayons lumineux éclairant un globe terrestre ne se transpose pas directement en une expérience personnelle du phénomène. Ensuite, l'approche plus raffinée consistant à tracer les limites de l'aire éclairée par le faisceau lumineux sous diverses incidences oblige l'élève à raisonner à l'envers. En d'autres termes, les rayons quasi-verticaux illuminent une surface plus petite alors que les rayons obliques éclairent une surface plus grande. Les intelligences portées vers le concret peuvent en inférer que l'aire plus petite éclairée par les rayons presque verticaux correspond à une énergie reçue moindre et vice versa. Il faut donc proposer à ces élèves une expérience dans laquelle l'angle d'incidence se relie directement à l'effet de réchauffement. C'est précisément l'objet de l'expérience décrite ci-dessous.

RECHAUFFEMENT EN FONCTION DE L'ANGLE D'INCIDENCE

Cette expérience a été conçue pour un atelier SPICA et a été utilisée par de nombreux professeurs américains cherchant à impliquer leurs élèves de façon active dans une expérience mesurant directement l'échauffement en fonction de l'angle d'incidence des rayons solaires. Cette approche exploite des mesures directes avant de passer aux modèles du système Terre-Soleil.

On se procurera une sphère de polystyrène d'environ 15 cm de diamètre que l'on peindra à la gouache noire. On se procurera aussi un thermomètre de 0 à 100°C. Les thermomètres pour fours micro-ondes couvrent cette gamme de températures et sont suffisamment solides pour qu'on puisse les enfoncer dans la boule. Il vous faudra aussi un tube de papier Canson (5 x 15 cm) et une collerette de carton dans laquelle on enfilera ce tube (voir figure 3).

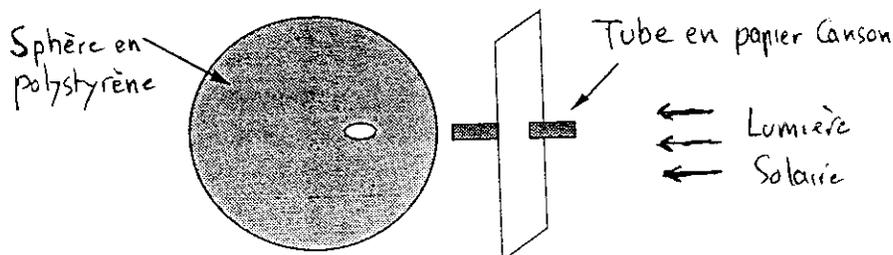


Fig.3: Les rayons du Soleil tombant sur le globe de polystyrène et échauffant une zone à la surface de la sphère.

Exposer la sphère au soleil et laisser tomber la lumière à angle droit de façon que la tache lumineuse soit bien circulaire. Exposer pendant environ deux minutes puis mesurer la température de la partie exposée.

Mettre la sphère à l'ombre et la laisser refroidir jusqu'à l'équilibre avec la température ambiante. Après quelques minutes, exposer de nouveau la sphère en laissant tomber les rayons lumineux sous une incidence oblique. Exposer pendant deux minutes et mesurer de nouveau la température de la partie exposée. On devrait noter une différence sensible entre les deux mesures. Nous avons fait cette expérience à de nombreuses reprises et il n'est pas infrequent de noter des différences de l'ordre de 10° ou plus entre les deux mesures.

L'expérience offre un modèle analogique des effets de l'éclairement direct par les rayons solaires en été et en hiver. Après avoir participé activement à cette expérience, les élèves peuvent passer au modèle classique montrant la relation entre l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre et la variation de l'angle d'incidence des rayons solaires au cours de l'année.

Le second facteur contribuant à la différence de réchauffement selon les saisons est bien entendu la variation du rapport entre la période diurne et la période nocturne pendant laquelle la Terre se refroidit. Ce phénomène est plus évident pour les élèves habitant les régions tempérées mais la construction d'un diagramme à barres montrant les périodes diurnes et nocturnes aux équinoxes et aux solstices complètera utilement l'expérience décrite ici.