

UN PETIT LABORATOIRE PEDAGOGIQUE POUR L'ETUDE DU SOLEIL

L'idée de monter un laboratoire scolaire dans lequel on pourrait proposer des activités expérimentales centrées sur l'observation et sur l'étude du Soleil est née de la convergence de trois axes de réflexion :

- 1• l'hypothèse qu'il est possible de réaliser une structure qui permettrait de construire un itinéraire culturel et scientifique se déroulant en dehors des programmes scolaires mais qui leur resterait étroitement lié ;
- 2• la nécessité de réunir en un ensemble didactique cohérent s'appuyant sur plusieurs disciplines scientifiques un certain nombre d'expériences sur le Soleil, choisies parmi les plus significatives. En effet, à cause de la rigidité de son cadre spatial et temporel, l'école ne permet pas aux professeurs d'intégrer dans leur enseignement de telles expériences qui d'autre part, étant donnée leur caractère particulier, exigent la mise en oeuvre de connaissances spécifiques ;
3. la volonté de proposer aux jeunes un contenu de connaissances à propos d'un astre facile à observer et dont le rôle est essentiel dans notre vie.

Pour toutes ces raisons, j'ai installé il y a près de 3 ans et demi, à proximité du Collège F.Ruini à Sassuolo, un laboratoire solaire équipé d'un appareillage didactique simple qui permet de mener des activités expérimentales d'astronomie, de façon organisée et systématique (fig.1).

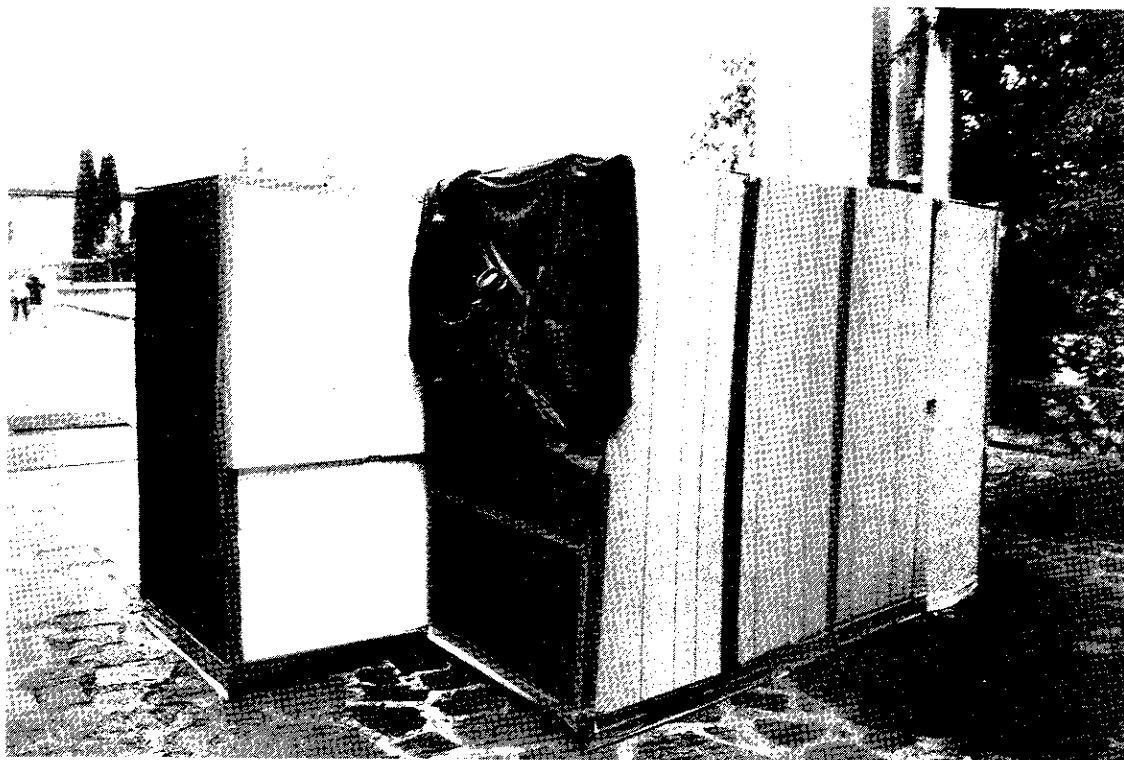


Figure 1 : Le module Solaire ("Camera Solare") avec sa lunette.

Ces activités s'intègrent dans ma progression pédagogique et sont conformes aux objectifs de l'enseignement des sciences et des mathématiques au Collège [1]. Le laboratoire solaire comprend :

A. une petit espace clos dans lequel on a représenté sur un panneau horizontal en polystyrène un modèle du système Terre-Soleil, à l'échelle $1/2 \cdot 10^{11}$. On peut ainsi expliquer aux élèves, en les visualisant, le phénomène des saisons et montrer la position journalière de la Terre sur son orbite.

B. Un espace plus petit dans lequel sont rassemblés divers instruments didactiques : un gnomon, un cadran solaire, un théodolite, un sextant, une méridienne réalisée par les élèves, deux appareils de mesure du rayonnement solaire (un pyrohéliomètre et un pyranomètre), un radiomètre de Crookes, un bolomètre à disque (pour étudier la relation couleur-absorption du rayonnement), un panneau de cellules photovoltaïques de 40 x 40 cm, un tube de carton pour la mesure du diamètre du Soleil et de sa vitesse angulaire apparente, deux spectroscopes, l'un à prisme et l'autre à réseau (600 traits/mm), une lunette d'ouverture relative $f/15$ (objectif de 80 mm, focale 1200 mm) sur monture équatoriale. Cette ouverture relative est en effet particulièrement recommandée car elle permet d'atteindre une résolution de 1,5 secondes d'arc et réduit au mieux les effets des turbulences thermiques qui se produisent dans le tube de la lunette.

Enfin, l'équipement comprend aussi un "parapluie céleste" montrant les constellations et un jeu électronique alimenté à l'énergie solaire, proposé par une firme de produits alimentaires connue et acheté grâce à la participation des élèves.

Sur les parois, quelques posters sont affichés, illustrant les travaux effectués en classe, le principe de fonctionnement des instruments et leur utilisation didactique. Un poster sur le Soleil en rappelle les principales caractéristiques et montre un modèle de sa structure interne.

Tous les instruments sont disposés de façon à constituer un parcours didactique idéal visant à réaliser les objectifs suivants:

1. susciter chez les visiteurs et les utilisateurs du Laboratoire (enseignants et élèves) un intérêt pour l'étude du Soleil et plus généralement pour des thèmes à caractère astronomique
2. faire observer les caractéristiques du mouvement apparent du Soleil (variation de l'altitude avec la saison; migration des points de lever/ coucher) ;
3. apprendre à déterminer, avec des instruments simples, les caractéristiques du Soleil (diamètre linéaire, diamètre angulaire, variation de la vitesse angulaire apparente) ;
4. mesurer, grâce au pyrohéliomètre et au pyranomètre, l'intensité de l'énergie solaire collectée à la surface de la Terre;
5. prendre en compte certains aspects du spectre solaire, aborder les spectres stellaires et donner quelques indications nécessaires à leur compréhension ;
6. offrir la possibilité d'observer à la lunette certains phénomènes de la photosphère solaire.

Toute la progression se développe sur un cycle de 3 ans mais d'autres classes peuvent aussi visiter le Laboratoire qui fonctionne alors comme une exposition classique sur le Soleil et sur les instruments utilisés pour l'observer et l'étudier.

C. Le Module Solaire ("Camera Solare") fait partie intégrante du Laboratoire ; il s'agit d'une

structure mobile en forme de L (hauteur: 1,95 m), construite sur une armature en cornières d'acier avec un revêtement de carton noir, de toile plastifiée noire, de panneaux de polystyrène et de contre-plaqué. La base de la structure est ouverte et montée sur huit roulettes. La structure se compose de deux parties: le Module d'Observation et le Module d'Accueil. Elles sont aisément transportables à l'extérieur. Le Module d'Observation contient la lunette sur sa monture équatoriale, un écran fixe, un autre écran réglable en fonction de la hauteur du Soleil, et un pied photographique. Le télescope peut être mis en station à l'extérieur du Module (seul le tube porte-oculaire reste à l'intérieur), soit complètement à l'intérieur (seul l'objectif dépasse du rideau de plastique noir qui masque la fenêtre). Dans les deux cas, il est possible de projeter une image du Soleil dont le diamètre peut aller jusqu'à 70 cm et de voir ainsi très nettement l'ombre et la pénombre des taches, les facules, l'assombrissement du bord et lorsque les conditions sont particulièrement bonnes, la granulation.

Lors de la séance, le Module d'Accueil (longueur : 3,29 m) est réuni au Module d'Observation (longueur: 2,50 m) de manière à former une configuration d'environ 6 m² de surface capable d'accueillir commodément 10 élèves.

Les élèves (475 en 23 mois d'activité effective) sont très surpris de voir à leurs pieds un énorme disque solaire qui se déplace rapidement, avec ses taches, sur l'écran.

La structure fait un peu "cabane de fortune"; elle est très rudimentaire et peu esthétique mais elle remplit parfaitement les fonctions pour lesquelles elle a été construite.

Après chaque séance, les deux modules sont remisés dans un couloir de l'école. Il suffit de 10 minutes pour transporter les deux structures métalliques dans le jardin attenant au Collège et pour les assembler .

LIMITATIONS ET PROBLEMES D'UTILISATION

Ces limitations viennent du manque de place à l'intérieur et, au mois de mai, de l'élévation de la température à l'intérieur de la structure, problème que j'ai résolu en utilisant un ventilateur électrique.

Le problème principal est peut-être l'impossibilité d'obtenir une image fixe du Soleil, dans la mesure où le télescope n'est pas vraiment orienté, ce qui empêche d'utiliser l'entraînement horaire. Il en résulte quelques difficultés chaque fois que l'on veut photographier l'image du disque pour déterminer les coordonnées des taches par superposition d'un disque de Stonyhurst sur l'image [2].

La poussière est un autre inconvénient: de petites particules peuvent venir se déposer sur l'objectif pendant l'observation. Elles apparaissent comme de petites taches grises sur l'image du disque. Il faut donc nettoyer fréquemment l'objectif. Cela contribue à réduire le problème mais non à le résoudre. Il faut alors mettre en garde les élèves de ne pas confondre d'éventuelles taches causées par des poussières avec les taches solaires.

Il y a enfin le problème de la turbulence de l'image, due à l'échauffement de l'air dans le tube de la lunette. Il est malheureusement impossible d'éliminer ce problème avec le dispositif utilisé.

ACTIVITES PROPOSEES A L'INTERIEUR DU MODULE SOLAIRE

Au cours des trois années du Premier Cycle, l'activité pédagogique a principalement consisté en :

- A** • l'observation qualitative du disque solaire (assombrissement des bords) avec ses taches et ses facules (quand elles sont présentes) et du mouvement apparent du Soleil. On a également comparé la dimension de la Terre à celles du Soleil et de quelques taches solaires;
- B** • l'observation et la mesure du diamètre des taches;
- C** • la détermination de la période de rotation du Soleil.

A • Les classes visitant la structure ont observé le disque solaire, les taches et les facules. On a créé ainsi les conditions favorables à l'étude des premières observations télescopiques par Galilée et par le Père Scheiner. On a également abordé les problèmes du mouvement apparent du Soleil, de l'assombrissement des bords du disque et de la structure de l'atmosphère solaire. Les séances d'une durée de 15 à 20 minutes ont été parfois prolongées dans le petit Module d'accueil du Laboratoire et suivies par d'autres rencontres.

B • Ces activités, de 2 heures environ, ont été proposées spécifiquement aux élèves de la dernière année du cycle mais aussi à des élèves du cycle supérieur. Elles se sont articulées de la manière suivante :

- mesure du diamètre de l'image avec une règle graduée ;
- avec la même règle, mesures répétées des dimensions d'une tache ;
- mesure du diamètre du disque solaire à l'aide du tube de carton selon le schéma suivant : collecte puis analyse des données, estimation de l'erreur puis résolution du problème ;
- détermination du facteur d'échelle de l'image ;
- détermination des dimensions linéaires des taches (seulement pour les taches proches de l'équateur solaire).

La détermination de la dimension linéaire du Soleil et de ses taches offre aux élèves l'occasion d'appliquer de façon pratique les notions de similitude et de proportionnalité. L'activité B, outre la confrontation avec les résultats de l'activité A, a également permis de traiter, au cours de leçons successives, les premiers éléments de l'optique géométrique et d'aborder le problème des instruments d'optique ainsi que le fonctionnement d'une lunette astronomique.

L'activité C est la plus complète. Comme on ne peut pas disposer d'une image fixe du Soleil sur laquelle on puisse pointer la position précise des taches, on photographie l'image projetée sur l'écran afin de comparer entre elles au moins deux photographies séparées de 12 à 13 jours.

En utilisant toujours le même oculaire (un Kellner de 22,5 mm de focale), on peut obtenir des photographies du disque solaire de diamètres identiques (20 ou 30 cm), si on opère toujours avec la même distance oculaire-écran et avec la même lunette. A partir d'un jeu de photos (6 à 10 photos) et d'un gabarit de diamètre égal à celui de la photo, les élèves repèrent grâce à un trou d'épingle les positions successives occupées par le centre d'une même tache au cours de son déplacement sur le

disque solaire. Ils obtiennent alors un ensemble de points qui représentent sur le gabarit le trajet apparent de la tache sur un intervalle d'une demi-rotation. Après avoir déterminé l'équateur solaire et en tenant compte de l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil par rapport à l'écliptique ($7^{\circ}15'$), les élèves peuvent calculer une valeur approximative de la période de rotation. Cette activité est actuellement en cours d'expérimentation.

L'activité C est proposée aux seuls élèves de l'année terminale du Collège et/ou à des élèves du second cycle ou encore à des élèves particulièrement motivés et capables.

Quelle que soit l'activité pratiquée, B ou C, les élèves reportent sur leur cahier de Sciences, lors de chacune des séances d'observation, un croquis du Soleil avec un dessin schématique de la position des taches ou des facules, avec le type d'oculaire utilisé et les renseignements techniques relatifs aux photos traitées. Les activités B et C ont pour objectif d'amener les élèves à pratiquer une démarche de type scientifique à l'occasion d'une activité d'observation astronomique et de recherche, et qui se déroule en dehors de toute problématique.

CONCLUSION

Dans cette première version, le Laboratoire Solaire a fait la preuve qu'il était possible de satisfaire les demandes des enseignants sur des thèmes de géographie astronomique et d'astronomie. Des professeurs d'Italien, de Technologie et surtout de Sciences ont trouvé dans les activités proposées par le Laboratoire Solaire l'occasion d'approfondir ou de faire maîtriser des thèmes propres à leur discipline. En presque deux ans, le Laboratoire Solaire, également ouvert à des classes de Lycée, a permis de lancer et de développer une activité de vulgarisation et d'enseignement de l'astronomie en offrant aux enseignants un matériau par ailleurs non disponible à l'école, mais aussi des indications utiles pour pouvoir répéter dans leurs classes quelques unes des expériences illustrées.

V.Mascellani

Collège F.Ruini, Sassuolo (Modène)

Planétariums de Modène et de Bedonia (Parme)

Traduction : J. Vialle

Notes

[1]. Dans le système éducatif italien, la scolarité obligatoire ("scuola dell'obbligo") va jusqu'à la huitième année d'études (vers 13-14 ans). Les trois dernières années ("scuola media") sont sanctionnées par un examen analogue à notre Brevet des Collèges. L'auteur enseigne à des élèves de 11-12-13 ans, dans un établissement correspondant à un Collège français (NdT).

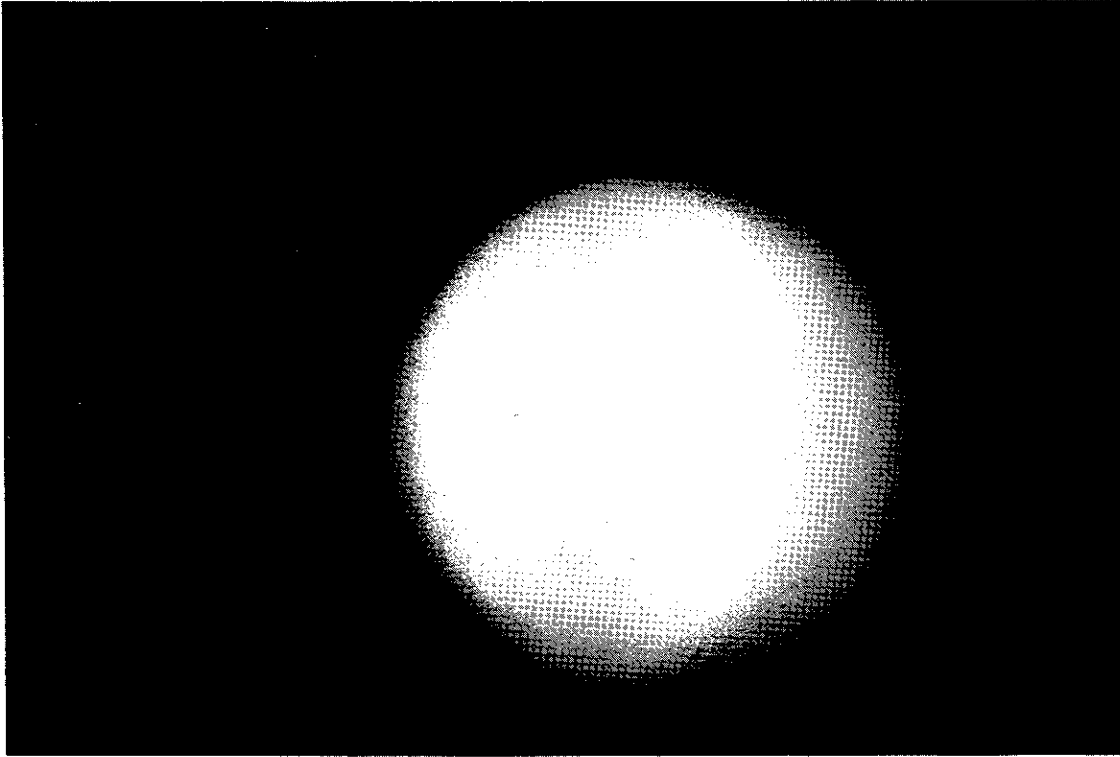
[2]. Les disques de Stonyhurst sont un jeu de gabarits portant un carroyage spécial qui permet de déterminer rapidement les coordonnées héliographiques d'une tache. Chaque disque correspond à une position particulière de l'axe de rotation du Soleil et correspond à une période donnée de l'année (NdT).

Légendes des photos :

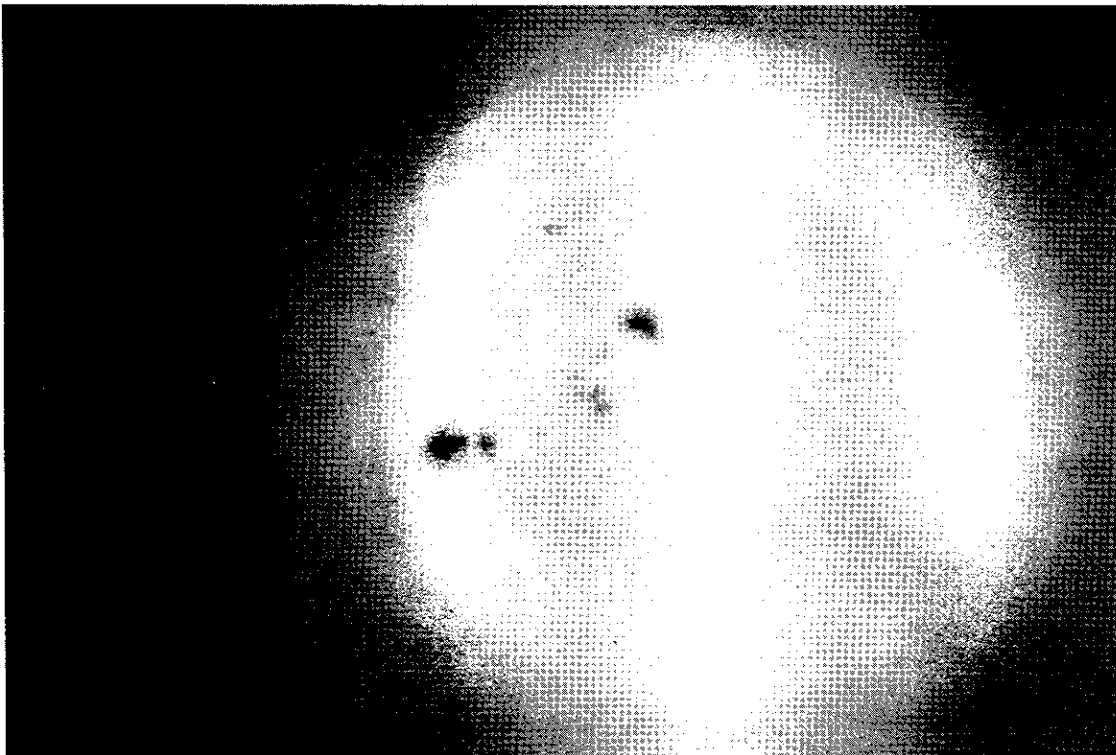
- Figure n°2 : 31-1-95 - Film Ektachrome 100 (100 ASA) - Oculaire KE 22 mm - Focale de l'objectif : 50 mm - Ouverture 5,6 - Durée de l'exposition 1/125 s - Diamètre 45 cm.

- Figure n°3 : 31-1-95 - Film Ektachrome 100 (100 ASA) - Oculaire HM 6 mm - Focale de l'objectif : 50 mm - Ouverture 3,5 - Durée de l'exposition 1/60 s.

L'image du Soleil à travers le télescope est projetée directement sur l'écran.



2



3