

dans nos classes

*le travail scientifique...
pourquoi ?
mise en situation par réalisation
d'une maquette
du système solaire
à l'échelle du lycée Michelet
(à Montauban)*

Jean Aymes

*"Croire tout découvert est une erreur profonde : c'est
prendre l'horizon pour les bornes du monde".*

Camille Flammarion

"Astronomie populaire" (1879)

[cité par G. Walusinski

dans "Ciel, passé présent")

L'article qui suit décrit un travail conduit et réalisé en 86-87 dans le cadre d'un Projet d'Action Educative par les élèves de Seconde 9, des professeurs, la documentaliste.

Point de départ : un projet en forme de réponse

La classe de Seconde dont il est question était une division au profil somme toute ordinaire : la quasi totalité des élèves a fait le choix d'une troisième langue, choix de précaution présumant d'une faible disposition pour une orientation scientifique en fin d'année. De fait les premières activités, tant en mathématiques qu'en sciences physiques, mettent en évidence des difficultés (très sérieuses pour quelques élèves). Les problèmes concernent : la maîtrise des situations de proportionnalité, le calcul (algébrique ou numérique, puissances de 10...), la légitimité de démarches de raisonnements.

De nombreuses questions surgissent : "Pourquoi des formules littérales ?", "Pourquoi élaborer un raisonnement, alors que le résultat est évident sur la figure ?", "On le voit, donc c'est vrai !" etc...

D'autres faiblesses encore, davantage liées à des questions de méthode : rechercher et utiliser une information (dans le cours par exemple), faire la synthèse d'un document...

Tout cela est assez typique : en seconde il y a beaucoup à faire pour entretenir, renforcer, réinvestir les connaissances acquises, pour continuer à aider les élèves à se doter de méthodes de travail structurées... La réussite des enjeux de ce cycle en dépend assurément... D'autres urgences sont là... par exemple dans l'utilisation de mathématiques en sciences physiques.

D'autre part la réalité de cette classe-là, c'est 33 élèves, leurs difficultés on l'a dit, leurs qualités (attention, soin, interrogations, volonté de mieux faire, d'autres on va le voir).

Au gré de diverses activités ou illustrations, le thème de l'astronomie est peu à peu entré dans la classe. C'est au moment de la correction d'un exercice inspiré par la lecture de l'ouvrage de Marco Wolf "La bosse des maths est-elle une maladie mentale ?" que l'idée a surgi : à partir du diamètre du Soleil et des planètes et de leur distance au Soleil, nous avons fait un changement d'échelle et nous avons calculé ces distances, en proportion, avec un Soleil de 30 cm de diamètre. Pourquoi ne pas poursuivre en réalisant une exposition sur le système solaire en forme de maquette à l'échelle du lycée ?

Les objectifs : un projet pour montrer un peu ce qu'est le travail scientifique

Après quelques prises de contact avec des astronomes, les objectifs du projet et la forme de sa réalisation sont précisés : la classe devra réaliser 19 panneaux pour l'exposition sur les planètes du système solaire, le planétarium du CCSTI (1) sera présenté au lycée et une conférence d'astronomie clôturera la présentation de l'exposition. Cette activité s'inscrit dans une progression voulue d'une activité de la classe présentée en exposition dans le lycée vers une sensibilisation de tous les lycéens par le planétarium et la conférence. Cette démarche a vraisemblablement été un élément essentiel de la motivation des élèves et les objectifs visés ont pu être atteints :

[1] Centre Culturel, Scientifique, Technique et Industriel.

Inciter à une prise de conscience des ordres de grandeur des distances

Pour chaque astre dans un coin du panneau sa représentation à l'échelle 12 cm de diamètre pour le Soleil, la Terre (1,1 mm de diamètre) est à 12,9 mètres, Saturne (1 cm de diamètre) est à 116,4 mètres et Pluton (0,24 mm de diamètre) est à 508,6 mètres.

Les panneaux sont disposés en respectant cette échelle du Soleil à Saturne dans l'allée de la cour d'externat aux préfabriqués, là un mètre correspond à 11,6 millions de km.

Pour Uranus, Neptune, Pluton nous avons changé l'échelle des distances en conservant cependant les diamètres ; nous avons cependant calculé leur emplacement dans la ville avec la première échelle : Uranus devrait être à 247,8 mètres, Neptune à 388,3 mètres, Pluton à 508,6 mètres.

Les trois panneaux sont donc placés dans l'allée bordant le réfectoire : un mètre pour 10^{10} km.

La Lune n'est plus qu'à 3,3 cm de la Terre... nous avons donc triché !

A cette échelle, l'étoile la plus proche, Proxima du Centaure, est une boule de 12 cm de diamètre à 3 425 km du Soleil.

Développer un peu l'histoire et la pratique de quelques connaissances scientifiques

Histoire de la description du système solaire, calcul de distances ou de diamètres.

Un panneau sur le mouvement des planètes.

Deux panneaux sur les distances : distance Terre-Lune, rayon de la Terre, distance Terre-Soleil.

Un peu d'histoire, de calcul, de raisonnement... pour arriver à découvrir une réalité que nos yeux ne voient pas : n'est-ce pas le Soleil que nous voyons tourner ?

Rassembler et présenter l'essentiel des documents récents sur ces planètes

Photos de l'astronomie spatiale, connaissances sur les astres... des plus anciennes aux plus récentes... ainsi pour la photo d'Uranus du 24 janvier 1986 en attendant d'en avoir de Neptune.

Simuler le mouvement des astres

Dans la semaine du 18 au 23 mai, le planétarium itinérant du CCSTI de Toulouse sera présenté au lycée : mouvement des planètes, mouvement de la voûte céleste, avec le concours du club d'astronomie du lycée.

Rencontrer un scientifique

Le 22 mai un professeur du CESR (2) de Toulouse présentera une conférence sur l'astronomie spatiale : la naissance d'une étoile.

La conduite de ce travail a été un peu collective : le professeur de mathématiques a collaboré avec le professeur d'histoire-géographie pour les conceptions historiques du système solaire, avec le professeur de lettres pour le panneau "la Terre" traité dans un mode littéraire, avec la documentaliste pour l'accompagnement des élèves dans les recherches... une aide utile.

Le travail : un projet qui se réalise

L'enthousiasme du début ne s'est jamais démenti. La réalisation de l'exposition a reposé sur plusieurs phases au cours de l'année, en quelques séances hors du temps de classe et beaucoup de travaux personnels ; de novembre à mai, successivement :

- une séance pour planifier le travail : constituer divers groupes rendus responsables de tel ou tel panneau de l'exposition, choix d'un contenu et d'une présentation pour ces panneaux ;
- une longue phase de recherche documentaire : chaque groupe faisant ses investigations, de brefs échanges à l'interclasse permettent de donner quelques conseils ;
- une séance pour visionner des documents photographiques, choisir vues et formats de tirage ;
- la réalisation des panneaux : mise en page des textes et des vues, frappe des textes au format désiré etc...
- la mise en place des panneaux dans le lycée selon l'échelle.

Malgré quelques difficultés administratives, le calendrier est respecté.

Les dix-neuf panneaux sont en place : Mercure, le Soleil, la distance Terre-Soleil, la distance Terre-Lune, les diamètres de la Terre et de la Lune, la Terre (deux), la Lune, Mars, le mouvement des planètes, les comètes et les astéroïdes, Jupiter, ses satellites, Saturne, ses satellites, Uranus (deux), Neptune, Pluton.. pour un mai plein d'étoiles au lycée Michelet !

[2] Centre d'Etudes Spatiale des Rayonnements.

Des comportements : un projet comme révélateur

Quelques observations permettent de saisir en quoi l'activité et les comportements des élèves lors de ce travail ont été très différents de ceux que l'on observe dans l'enseignement ordinaire d'une discipline.

La variété des compétences nécessaires a probablement favorisé l'activité de chacun : certains élèves en échec en maths se sont impliqués dans des domaines variés.

Des comportements très intéressants lors de l'activité documentaire

En peu de temps, les élèves de cette classe ont eu la capacité de rassembler de nombreux documents sur le sujet, parfois par un travail très significatif.

Les initiatives les plus diverses sont prises spontanément : outre l'intérêt porté aux publications astronomiques, on a vu par exemple un groupe correspondre avec une société d'astronomie et procéder à la traduction de plusieurs pages de documentation en anglais sur Mars.

La synthèse des documents a été bien conduite dans l'ensemble.

Des comportements très intéressants face à l'exigence de qualité que requiert l'exposition publique

Pour exposer dans le lycée, le travail devait être réalisé avec soin : cette exigence a joué un rôle d'auto-évaluation notable.

A ce propos, les qualités requises sont beaucoup plus diversifiées que celles ordinairement mises en œuvre dans la classe de mathématiques ; cela a permis de mieux connaître les élèves et d'ouvrir avec eux quelques discussions sur la qualité du travail scolaire, peut-être d'encourager leur effort en classe...

Des questionnements vis-à-vis du fait scientifique

Les recherches historiques (méthodes de détermination des diamètres, des distances, conception du système solaire, découverte des planètes lointaines) ont permis de placer plusieurs notions mathématiques (calcul, trigonométrie, produit scalaire, homothétie) dans le contexte de la résolution de problèmes scientifiques.

Le rôle métaphorique joué par ce projet dans l'activité en classe est aussi remarquable : lors du travail en classe de nombreuses comparaisons ont été possibles, on en a retiré une aide certaine pour la compréhension, fondement de certaines notions, statut de la démonstration, rapports entre l'observation et la preuve. Le thème astronomique a procuré de nombreuses occasions pour inciter les élèves à la réflexion critique.

L'éveil de la curiosité : actuellement le contexte culturel induit des évidences sur lesquelles on ne s'interroge plus. Or un amusant sondage réalisé par une classe de Première du lycée a montré que 29 % des personnes interrogées répondent "vrai" à la question : "le soleil tourne autour de la Terre, est-ce vrai ou faux ?" [sur 1009 personnes interrogées].

Il n'est donc peut-être pas vain de remettre un peu nos pas dans ceux des Anciens pour revoir comment on a pu dépasser l'évidence de ce que l'on voit pour établir une autre réalité... d'autant que la résolution du problème du mouvement des astres est au cœur d'avancées importantes en mathématiques.

De même, la découverte de Neptune par "le calcul" comme conséquence des découvertes de Newton et la fausse découverte de Vulcain sont de bons exemples.

A l'inverse, l'évidence de nos observations ne fait-elle pas taire à tort certaines questions : par exemple un grand moment fut celui de la rencontre entre la classe et le professeur du CESR (astronome) lorsqu'il entreprit de poser la question de la couleur du Soleil. D'apparence naïve la question est centrale pour qui s'intéresse à la formation des étoiles... sujet de recherche bien naturel. Efforçons-nous d'inviter les élèves à se poser des questions !

Dans le prolongement le planétarium itinérant du CCSTI a permis de simuler le mouvement apparent des astres : des étoiles et du Soleil. On a ainsi montré comment fut franchi le fossé de l'observation au modèle scientifique des mouvements. La contribution d'un autre professeur de mathématiques et d'un professeur de lettres, animant le club d'astronomie du lycée mérite d'être citée : l'exploitation littéraire du thème astronomie, notamment par l'étymologie, a bien complété ce travail.

Certaines insuffisances documentaires ont mis en relief l'actualité de la découverte : pour Uranus nous avons disposé des plus récents clichés obtenus en janvier 86 par Voyager, mais au-delà pour Neptune et Pluton (dont le diamètre reste objet de recherche) les documents photos faisaient défaut... c'est un exemple de l'actualité du sujet et des questions posées à présent.

Des interrogations provenant des comparaisons entre les caractéristiques des planètes : température, distance au Soleil, composition, champ magnétique. Tout cela rejaille sur les caractéristiques spécifiques à la Terre... et ouvre de nombreux problèmes : comment expliquer certaines corrélations entre ces caractéristiques...

Peut-on conclure ?

Au terme de cette activité plusieurs traits en montrant l'intérêt méritent d'être dégagés :

- activité plus globale que le travail scolaire de discipline, par l'appel à des démarches diversifiées pour atteindre la réalisation concrète de l'exposition, un moyen de motivation a été donné. Si les effets sur la performance scolaire n'ont rien d'éblouissant (bien entendu, le champ des causes de l'échec scolaire est autrement plus vaste !) quelques chemins différents ont été offerts pour apprendre ;
- ce ne fut qu'un moment de vie scolaire ; quelques aspects pluridisciplinaires, la mise en responsabilité des élèves, la coordination du travail collectif des équipes ont ouvert aussi une autre façon de percevoir et d'accompagner le travail des élèves de cette classe.

Bibliographie

- Gilbert Walusinski *Ciel, passé présent*, Brochure A.P.M.E.P. n° 51
Un exemple de P.A.E. : un P.A.E. en sixième, pages 429, *Bulletin* n° 354 A.P.M.E.P. juin 86.
Jean-Pierre RAYMOND, *Un thème, l'astronomie*, IREM de Toulouse.
Inter IREM n° 24 (mai 84), *Astronomie*.
Textes et documents pour la classe, CNDP.
Espace information, (revue du CNES).
Robert Tocquet, *L'univers de l'astronomie*, les éditions de l'Homme.
Philippe de la Cotardière, *Astronomie*, Larousse.
Revue : "Pour la science", "Science et Avenir", "Ciel et Espace".
Marco Wolf, "La bosse des maths est-elle une maladie mentale ?", Editions La Découverte.

Documents photographiques

- CNDP.
Société Astronomique de France.
Galaxy Contact.