

# ASTRONOMIE ET TRAVAIL PERSONNEL ENCADRÉ AU LYCÉE

Michèle Sagot  
Daniel Fossaert

*Une recherche collective soutenue par l'IUFM du Nord-Pas de Calais a permis d'accompagner dans deux lycées voisins le démarrage en classe de Première des Travaux Personnels Encadrés (TPE) des élèves puis la première année de mise en place en classe de Terminale. La lecture et l'analyse thématique des premières fiches de synthèse rédigées, pour l'évaluation, par des élèves qui avaient choisi un sujet d'astronomie permet de s'interroger à la fois sur l'intérêt qu'environ un cinquième des élèves de ces classes ont montré pour un tel sujet, et sur quelques-uns des premiers effets du nouveau dispositif pédagogique TPE.*

environ un  
cinquième des  
élèves dans nos  
établissements  
présente un sujet  
d'astronomie en  
TPE

Dans le cadre d'un travail collectif de recherche soutenu par l'IUFM Nord-Pas-de-Calais depuis juin 2000 (1), et en collaboration avec le département INRP Didactique des disciplines (2), nous avons eu la possibilité d'accompagner de manière réflexive la mise en place du nouveau dispositif pédagogique des "Travaux Personnels Encadrés" des élèves de lycée (TPE) dans deux établissements du Pas-de-Calais, chacun de nous étant par ailleurs directement responsable du fonctionnement du dispositif dans une classe de Première scientifique (pour Michèle Sagot, depuis septembre 2000) et dans une classe de Terminale scientifique (pour Daniel Fossaert, en 2001-2002). Avec le recul de deux années en classe de Première et d'une première évaluation au baccalauréat (juin 2002), nous avons pu constater que beaucoup d'élèves désiraient traiter un sujet d'astronomie, puis y renonçaient. En revanche la participation de certains d'entre nous aux évaluations a permis de constater qu'un cinquième environ des élèves de nos établissements ont finalement choisi et mené à terme un sujet d'astronomie, proportion suffisamment importante, selon nous, pour motiver une enquête complémentaire. Ignorant tout ou presque des conditions dans lesquelles ils s'étaient préparés à l'examen, nous avons décidé d'étudier le seul écrit standardisé à notre disposition – deux pages personnelles dactylographiées – exigé pour l'épreuve d'évaluation, en faisant l'hypothèse qu'il nous renseignerait sur les motivations et les conditions de travail des élèves.

- (1) Groupe de recherche IUFM : "Enjeux et limites de la responsabilisation des élèves en TPE", responsable J. Delattre, UFR des Sciences de l'éducation de Lille 3, membre associé à l'équipe d'accueil PROFEOR.
- (2) Programme de recherche INRP 2000-2003, Axe 6 : "Structuration des savoirs dans les nouveaux dispositifs pédagogiques (TPE, PPCP, ID)", responsables C. Larcher et A. Crindal, département de didactique des disciplines.

les fiches de synthèses rédigées par les élèves seront le support de cette étude

L'analyse qui va suivre prend en effet essentiellement appui sur la lecture collective que nous avons faite de "fiches de synthèse" rédigées en vue de l'évaluation de leur travail personnel par vingt élèves de Terminale S, et par quatre élèves de Première S. Les élèves de Terminale appartenaient à six groupes de TPE différents, dont deux ont travaillé sur "le système solaire", un sur "espace et mouvement", un sur "le big bang", un sur "les comètes", et le dernier sur "les trous noirs". Quant aux élèves de Première, ils constituaient un seul et même groupe dont le sujet a progressivement évolué à partir d'une question sur le devenir des étoiles : "Comment naissent, vivent et meurent les étoiles ?", limitée ensuite au seul Soleil, et finalement reformulée en : "Comment a-t-on réussi à prévoir quand et comment finira le Soleil ?".

Nous proposons d'étudier d'abord des extraits des quatre fiches de synthèse du groupe des élèves de Première, qui seront désignés par les lettres A, B, C et D, puis de dégager quelques thèmes récurrents dans les vingt fiches de synthèse des élèves de Terminale, regroupées en fonction des thèmes choisis dans les six catégories G1, G2, G3, G4, G5 et G6. Nous essayerons de mettre en lumière les paradoxes et les contradictions inattendues que nous croyons avoir découverts, en lisant collectivement ces brefs écrits d'élèves, néanmoins fort éloquents.

## **1. PRÉVOIR QUAND ET COMMENT FINIRA LE SOLEIL : LE TRAVAIL D'UN GROUPE D'ÉLÈVES DE PREMIÈRE**

l'apport original des fiches d'un même groupe d'élèves de première

Le groupe des quatre élèves de Première que nous avons nommés A, B, C et D s'est constitué autour de l'élève A, membre d'un club d'astronomie et en situation de réussite scolaire évidente. Les deux professeurs de mathématiques et de physique ont pu suivre régulièrement le travail de ce groupe qui les a sollicités l'une et l'autre ; pourtant, c'est la participation à l'évaluation de leur production et de leur soutenance orale qui a vraiment permis d'apprécier l'acquisition de nouvelles connaissances par les élèves. En effet, ce sont cinq autres thèmes distincts qui se sont dégagés de l'analyse des quatre fiches de synthèse rédigées par les élèves, donnant ainsi un aperçu du travail qu'ils disent avoir effectué dans le cadre de "leur TPE".

### **1.1. Les raisons du choix des élèves pour l'astronomie**

Les élèves parlent tous d'intérêt, de passion, voire d'attirance et de curiosité, mais en même temps ils évoquent leur ignorance, d'où leur désir d'en savoir plus, de manière plus

approfondie, et de ne pas en rester à un niveau superficiel. L'élève A possédait déjà des connaissances, étant donné sa participation à un club d'astronomie depuis plusieurs années. C'est cet élève qui a réellement choisi le sujet, puis contribué à le redéfinir, mais les autres l'ont suivi car ils s'intéressaient simplement à l'astronomie. Voyons ce qu'ils en disent exactement.

une opportunité  
d'approfondir ce  
qu'on sait déjà

Élève A : *"L'astronomie est quelque chose qui m'intéresse et me passionne depuis de très nombreuses années ; j'ai toujours voulu essayer de comprendre pourquoi le Soleil bouge dans le ciel et ce qu'étaient ces petits points lumineux dans la nuit que l'on nomme étoiles. Entre temps, j'ai appris beaucoup de choses dont : que le Soleil est une étoile ! Ainsi lorsque j'ai entendu parler pour la première fois des Travaux Personnels Encadrés (T.P.E.), j'ai tout de suite pensé que ce serait une bonne opportunité d'approfondir mes connaissances en matière d'astronomie."*

Le choix du sujet est bien présenté par l'élève leader par rapport à son histoire personnelle : une passion, un intérêt de longue date, et puis une volonté de comprendre et d'approfondir ce qu'on a déjà appris ailleurs, type assez répandu de motivation pour le choix des sujets en TPE.

Élève B : *"L'astronomie est une science qui m'a toujours attiré. Mais je n'ai jamais cherché à comprendre les phénomènes qui expliquaient la provenance des astres. En effet, les étoiles et plus particulièrement le Soleil sont très difficiles à comprendre. C'est dans cette optique que j'ai choisi ce thème ; j'ai voulu approfondir les quelques connaissances que j'avais à propos de ce sujet, comme par exemple pourquoi et surtout comment le Soleil et les étoiles ont-ils pu se créer et se développer."*

une  
démystification  
des croyances  
quotidiennement  
véhiculées

L'attirance spontanée pour l'astronomie est contrebalancée, dans ce cas, par l'aveu d'une ignorance ou même d'une absence de curiosité, liée clairement à la difficulté de comprendre. Peut-être aussi, y a-t-il en filigrane la référence à la dimension mythique et plus ou moins sacrée des êtres célestes : s'interroger sur leur création et leur développement, n'est-ce pas une manière de démystifier des croyances ancestrales qui quotidiennement ne sont que très rarement remises en cause ?

Élève C : *"Si j'ai choisi ce sujet qu'est le Soleil, c'est d'abord parce que pour moi tout ce qui touche l'astronomie me plaît énormément car je trouve qu'il y a encore beaucoup de questions à ce propos, auxquelles nous ne sommes pas prêts à trouver des réponses. Mais aussi parce que tout le monde sait ce qu'est le Soleil superficiellement, c'est-à-dire une grosse boule de feu, et j'ai donc pensé que c'était l'occasion d'expliquer ce qu'est réellement le Soleil, c'est-à-dire un astre très complexe."*

Le plaisir lié à l'astronomie est explicité à deux niveaux différents : tout d'abord, il correspond à la perception que la science astronomique comporte bien plus de questions que

un lieu authentique  
de  
questionnement  
scientifique

de réponses, ce qui nous renvoie en creux une image des autres domaines scientifiques comme apportant davantage... des réponses. La remarque est intéressante du point de vue épistémologique autant que du point de vue didactique : l'assimilation courante des sciences de la nature (matière, vie) à des sciences de "pure" observation, classification et vérification par les faits observés (ou phénomènes), entretient une certaine tendance à amalgamer les composantes empiriques et rationalistes de la démarche scientifique, au lieu de les "dialectiser", selon les célèbres analyses de G. Bachelard, d'où une dérive toute "naturelle" vers le dogmatisme et un *enseignement de la réponse vraie* plutôt que de la question pertinente. Est-ce du fait de sa résistance complexe à "l'observation immédiate" (c'est plutôt une observation différée et répétée sur de longues périodes de temps qui permet, en astronomie, de concevoir et construire des modèles explicatifs) que le domaine astronomique échapperait davantage à cette dérive ? Ou bien n'est-ce pas parce qu'il est un objet de croyance socialement admise et avouée (et fort répandue), et qu'il est en même temps objet de recherche scientifique, nécessairement *paradoxe* (c'est-à-dire impliquant, de fait, la remise en cause fondamentale des opinions communes par un questionnement pertinent) ?

Ensuite, une deuxième source du plaisir procuré par l'astronomie viendrait de ce que l'explication scientifique complexe (de ce qu'est réellement le Soleil) vient remplacer le savoir superficiel partagé par tout le monde, c'est-à-dire vécu sur le mode de la croyance et pas du tout maîtrisé rationnellement. Croire que la Terre tourne autour du Soleil ou que c'est le Soleil qui tourne autour d'elle, comme l'a écrit Alain, c'est toujours *croire*, et ce n'est donc pas du tout le *savoir scientifique*.

Élève D : *"Je me suis d'abord orienté sur les étoiles. Le fait d'employer ce mot, de les voir chaque soir et de ne rien connaître à leur sujet, même pas leur création, ne pouvait que favoriser ce choix. Ce TPE était pour moi une occasion de m'enrichir intellectuellement..."*

une occasion de  
s'enrichir  
intellectuellement

Outre l'effet cocasse de "l'orientation" rapprochée des étoiles, pendant longtemps guides très précieux des voyageurs du monde entier, l'aveu d'ignorance est cette fois criant ! L'enrichissement intellectuel évoqué peut donc s'interpréter sans équivoque comme une conséquence de la "démystification" des croyances, plus ou moins partagées par tout le monde, et jamais interrogées au cours de la scolarité. Ce qui interpelle aussi le pédagogue, et plus seulement l'épistémologue et le didacticien. Encore une fois, la signification en creux d'une telle proposition nous oblige, en effet, à réfléchir sérieusement à la perception éventuelle par les élèves des sections scientifiques d'une absence "d'enrichissement intellectuel" par l'enseignement scolaire ordinaire ; peut-être par comparaison avec les activités de leurs camarades des autres

sections : littéraires, artistiques, économiques ou technologiques, peut-être aussi simplement, par rapport aux exigences très instrumentales et techniques du bachotage ?

## **1.2. De l'ampleur de la documentation à la décision de limiter la question du sujet**

Au départ, même si une problématique a été définie, les élèves ne font qu'empiler des documents sans chercher à répondre à des questions précises. Ils s'aperçoivent vite que le domaine de recherche est trop vaste et certains élèves expriment alors leur désarroi devant la tâche à accomplir.

des documents  
trop nombreux et  
trop vagues

Élève A : *"L'étude de ces documents nous a permis de nous rendre compte de l'ampleur des informations et de la difficulté de traiter un sujet aussi vaste que le devenir de toutes les étoiles."*

Élève B : *"Mais, étant donné le nombre de documents que je trouvais au CDI, nous nous sommes rendus compte que notre thème était beaucoup trop vague et qu'il serait difficile de tout étudier en détail."*

Élève C : *"Au bout d'un certain temps de recherche nous nous sommes aperçus que notre première problématique ne convenait pas, car les informations trouvées étaient trop vagues et trop longues..."*

Élève D : *"J'ai cherché de mon côté, tout ce qui se rattachait au mot 'étoile'. Pour cela, j'ai utilisé un programme au CDI (BCDI), ainsi qu'Internet. Nous avons relevé avec ces données de nombreuses revues et des cassettes vidéo."*

A (nom de l'élève du groupe) nous a proposé de tout arrêter, d'abandonner en fait tout ce que l'on avait fait, car pour lui, le travail restant serait trop conséquent. C'est donc par faute de temps que nous avons changé notre sujet : les étoiles.

une réduction  
spontanée du sujet

Il choisit : le Soleil. Nous avons accepté."

Les quatre témoignages convergent, mais seul le quatrième mentionne explicitement le fonctionnement du groupe et le rôle joué par l'élève *leader*, lequel pourtant s'identifie complètement, dans son écrit personnel, au fonctionnement collectif, comme l'élève C, à la différence des deux autres, qui mettent en avant les recherches faites personnellement, peut-être parce que le deuil de toute la documentation accumulée a été pour eux plus difficile.

## **1.3. L'utilisation des connaissances déjà acquises et le recours aux compétences des enseignants**

Le sujet étant clairement défini et restreint (les professeurs sont intervenus, en effet, pour les aider à mieux cerner le sujet et à mieux formuler leurs questions), les élèves peuvent commencer alors réellement à "approfondir" leurs connaissances, comme ils le souhaitaient au départ. Mais ils rencontrent alors de grosses difficultés, surtout lorsqu'il s'agit de

l'appel aux professeurs

phénomènes qui n'ont pas encore été abordés dans leurs études antérieures. Ils font à nouveau appel aux professeurs ; cependant les explications prennent du temps et il s'avère difficile de satisfaire en même temps aux demandes de tous les élèves. Il arrive que les professeurs les guident alors vers une recherche dans certains manuels scolaires, et lorsqu'ils rencontrent des phénomènes qui ont été étudiés en cours, les élèves ont la satisfaction de pouvoir utiliser leurs connaissances pour mieux comprendre ; ils s'en aperçoivent avec plaisir.

"j'ai recherché, j'ai découvert, j'ai compris"

Élève A : *"J'ai recherché ce qui se passe dans les nuages gazeux spatiaux. J'y ai découvert des structures mathématiques (fractales) que j'ai comprises grâce au professeur, et de nombreux phénomènes physiques que m'ont aidé à comprendre les cours de première S sur les différentes forces (gravitationnelle, électrique...) ou les énergies (cinétiques, potentielles, thermiques...) sans oublier les explications du professeur."*

"J'ai recherché, j'ai découvert, j'ai compris", belle formule stratégique, idéale pour caractériser la démarche de cet élève remarquable, qui réussit à montrer comment se découvrent les structures mathématiques, au cours d'une enquête qui ne les cherchait justement pas, et qui montre aussi comment les notions abstraites du cours de physique "prennent sens" quand elles sont découvertes "en situation", dans un système complexe dès lors qu'on l'interroge et qu'on l'étudie pour lui-même.

l'accès à une culture scientifique authentique

Élève D : *"Nous avons bien entendu parlé des différentes étapes de la fusion. Ce passage était pour nous assez complexe, et c'est pour cela que nous avons fait appel au professeur. Elle nous a expliqué la relation d'Einstein, je n'aurais jamais pensé l'utiliser. Tout cela est si loin pour moi, je croyais la voir après mes études au lycée."*

L'accès à une culture scientifique authentique, au-delà d'un savoir étroitement scolaire, est clairement ressenti par cet élève, comme un effet immédiat et bénéfique de l'intervention du professeur, quand on a réussi à la solliciter au bon moment de la recherche.

#### **1.4. La dynamique du groupe de travail et l'acquisition d'une attitude scientifique**

Les quatre élèves dressent un bilan positif de leur recherche. Deux d'entre eux reconnaissent plus particulièrement l'intérêt d'avoir travaillé avec un camarade déjà formé en astronomie.

la médiation efficace d'un élève "instruit" dans le groupe

Élève B : *"Ce travail m'a permis d'apprendre plus de détails concernant l'astronomie et plus particulièrement sur l'étoile qui permet notre existence... Le travail de groupe fut très enrichissant, et A (nom de l'élève du groupe), qui connaissait déjà quelques éléments sur l'astronomie, a pu m'aider lorsque je ne comprenais pas tout."*

Élève C : *“Ces TPE ont été pour ma part très intéressants du point de vue des informations que j’ai pu apprendre sur le Soleil grâce à ces travaux, mais aussi car c’était enthousiasmant de faire équipe avec une personne qui connaît très bien l’astronomie, c’était, je pense, notre coup de pouce.”*

Si l’élève B emploie pour désigner le Soleil la périphrase : “l’étoile qui permet notre existence”, rappelant au passage non seulement la dimension scientifique plus large (pas simplement physique et mathématique) de son sujet, mais aussi sa dimension humaine et en même temps métaphysique, l’élève D le formule de manière encore plus claire et plus directe.

Élève D : *“Je vais donc traiter les phénomènes de fusion. Je pense bien avoir tout cerné et suis content d’avoir comme sujet : ‘le Soleil’. C’est vrai que les étoiles sont intéressantes, mais sans le Soleil, il n’y aurait pas de vie sur la Terre.”*

Ainsi, grâce à l’encadrement régulier par les deux enseignants, ces quatre élèves ont su orienter leurs recherches. Dans les différents entretiens que nous avons réalisés avec d’autres groupes d’élèves (Delattre, 2001), les expressions : “orienter notre recherche” ou “nous orienter dans la documentation” sont fréquemment utilisées par les élèves pour caractériser l’intervention appréciée des professeurs, dont certains disent en cours d’expérience de Première qu’ils *n’hésiteront pas, en Terminale, à la solliciter plus vite !*

Mais c’est le travail de groupe qui leur a permis, en confrontant leurs idées et leurs informations, de développer leur esprit critique, de corriger des idées reçues, puis de venir poser aux enseignants de vraies questions. La discussion engagée entre les professeurs et l’élève A a même réussi à lui faire prendre conscience, devant les équations mathématiques sur lesquelles il demandait des explications, de l’importance de ces équations et de l’utilisation qui en était faite, la “bidisciplinarité” physique-mathématique prenant dans ce cas tout son intérêt. Cela nous a amenés à mieux faire appréhender la différence entre le rôle du physicien et le rôle du mathématicien. Sans doute est-ce dans une telle situation de réflexion que l’élève s’approche de l’attitude du scientifique, étape qui est à l’origine, d’ailleurs, pour ce groupe de quatre élèves de Première, de la dernière formulation de leur problématique.

Par ailleurs, on peut dire aussi que les élèves de ce groupe ont tiré grand profit du travail collectif, chacun à sa manière, grâce en particulier à l’enthousiasme de l’élève A et à sa culture préalable en astronomie. Ce qui relance la querelle entre partisans de groupes homogènes ou de groupes hétérogènes. Nous avons pu observer justement comment les élèves avaient des stratégies intéressantes d’efficacité, en ce domaine, les amenant à corriger en cours de travail un premier regroupement par affinité.

la “bidisciplinarité”  
physique  
mathématique

### 1.5. La structuration des savoirs

C'est, en effet, seulement à partir de leur production écrite et de leur soutenance orale que nous avons pu essayer de savoir quelles connaissances nouvelles les élèves avaient acquises, en dehors de la réponse qu'ils avaient trouvée concernant l'évolution du Soleil. Pour décrire cette évolution, ils ont eu à utiliser les notions de température, de pression, de force, d'énergie... Les premières (température, pression, force), avaient fait l'objet de cours traditionnels dans les classes précédentes ; il se trouve qu'elles ont été évoquées et réinvesties correctement. En revanche, nous avons constaté de grandes difficultés dans l'utilisation du concept d'énergie ; en particulier la notion d'énergie de cohésion n'a pas été bien comprise, tandis que les différentes étapes des réactions nucléaires, découvertes à partir des documents, ont été bien exposées. Aussi restons-nous convaincus que certaines notions difficiles de physique ne peuvent s'acquérir ainsi : elles nécessitent un enseignement construit, comme il se donne actuellement dans la classe de Terminale S. Il nous paraît en effet important que des notions non acquises, mais néanmoins utilisées au cours du travail personnel, puissent être ensuite reprises avec rigueur par un professeur. D'ailleurs, ces quatre élèves de Première, maintenant en Terminale S, reconnaissent avec satisfaction les parties de cours relatives au sujet de "leur TPE" ; ils nous ont dit, lors d'un entretien récent, profiter immédiatement de l'enseignement, parce qu'ils avaient déjà à leur disposition des exemples concrets pour lui donner du sens.

les notions difficiles de physique nécessitent une reprise rigoureuse en cours

La recherche personnelle préalable telle qu'elle peut se mener dans le cadre des TPE, en classe de Première, tout en étant essentielle pour la mise en situation complexe de notions abstraites difficiles, pour leur appréhension critique aussi, et éventuellement multi-disciplinaire, s'avère donc seulement propédeutique à une authentique maîtrise structurée des savoirs scientifiques ; il convient en effet d'en favoriser ensuite l'acquisition par d'autres apports ou interventions didactiques.

leur mise en situation complexe en TPE est surtout propédeutique

Examinons à présent le cas des élèves de classe Terminale.

## 2. DU BIG BANG AUX COMÈTES ET AUX TROUS NOIRS : LES TRAVAUX DE SIX GROUPES DE TERMINALE

Les extraits de fiches de synthèse des vingt élèves de Terminale du second établissement ont été regroupés en six catégories, correspondant chacune à un même groupe de TPE, ayant choisi un sujet d'astronomie (G1 et G5 ont travaillé sur le système solaire, G2 sur les trous noirs, G3 sur le big bang,

d'autres apports dans les fiches des élèves de terminale



G4 sur les comètes). La plupart des remarques font écho à celles des élèves de Première, mais d'autres, formulées différemment, méritent une lecture attentive que nous allons proposer maintenant.

## 2.1. La fascination pour l'astronomie

l'aveu  
d'ignorance en  
astronomie

Le sujet, visiblement, intéresse pour ne pas dire passionne les élèves. Ils sont conscients, pour la plupart, de leur ignorance, reconnaissent la difficulté qui les attend et déplorent en général que l'astronomie ne soit pas étudiée en tant que telle au lycée. L'aveu d'ignorance apparaît comme lié à une caractéristique "intrinsèque" des sujets d'astronomie :

G1 : *"Sujet intéressant car mal connu, et pas étudié en cours. Nous l'observons de manière contemplative, nous nous y intéressons d'une manière assez ignorante."*

"Nous avons choisi l'étude du système solaire car il nous paraissait le plus intéressant, mais étudier le système solaire dans sa totalité reste quasiment impossible."

Comme si, plus que les autres domaines scientifiques, celui-là s'avérait "mal connu" et de ce fait, plus intéressant ! Les élèves semblent interpréter le fait qu'on n'enseigne pas ces questions en cours, comme s'il était dû à ce que le savoir astronomique ne serait pas encore assez bien maîtrisé, avec l'idée en creux que les savoirs transmis en classe seraient donc mieux établis et assurés, idée probablement reçue au travers d'un type d'enseignement scientifique à tendance systématique ou dogmatique, et à prétention absolue et éternelle (Fourez, 1985 ; Mathy, 1997).

une curiosité  
scientifique  
authentique

Ainsi le choix d'un sujet d'astronomie, comme nous l'avons déjà vu avec notre groupe d'élèves de Première S, correspondrait bien à une curiosité scientifique authentique, une exigence de comprendre, de découvrir ce que l'on a conscience d'avoir trop longtemps ignoré :

G2 : *"On étudie les trous noirs car il s'agit pour nous d'une réelle énigme, nous voudrions enfin comprendre ce phénomène."*

"Ce sujet nous offre la possibilité de découvrir de nombreuses choses pour l'instant inconnues de nous à notre niveau d'étude."

G5 : *"Je n'avais que très peu de connaissances concernant le vaste sujet du système solaire ; les planètes et les étoiles restaient pour moi une intrigue (sic). Je voulais profiter de cette occasion pour enfin comprendre (ou essayer de comprendre) l'univers qui nous entoure."*

intérêt d'un cadre  
pluridisciplinaire  
élargi en  
astronomie

"Intrigue", "énigme", "inconnu", l'appel "cosmique" correspond aussi, c'est évident, à un questionnement de nature philosophique et métaphysique, qu'il est vraiment dommage de ne pas pouvoir travailler dans un cadre pluridisciplinaire élargi. Néanmoins, dans les établissements où

nous travaillons, il n'est pas prévu d'intervention des enseignants de lettres, d'arts plastiques et/ou de philosophie dans les TPE des classes scientifiques, alors que pourtant nous avons pu relever plusieurs cas où leur intervention aurait été bienvenue voire déterminante, tout particulièrement en astronomie.

G3 : *"Ce TPE m'a permis de découvrir un domaine qui m'a toujours fasciné."*

G4 : *"L'astronomie est pour moi une science très passionnante."*

"On s'est rendu compte que l'on ne connaissait pas grand chose sur les comètes et que c'était l'occasion d'en savoir plus. De là vient notre sujet : la fascination pour un objet que tout le monde connaît mais dont on ne sait presque rien."

G6 : *"J'ai toujours été passionnée d'astronomie. Depuis que j'ai douze ans, j'adore admirer les étoiles, mais les planètes je n'y connaissais rien."*

l'astronomie n'est pas ce qu'on croit

La passion, la fascination sont clairement situées au niveau de "ce que tout le monde connaît", autrement dit "rien" ou "presque rien", tandis que le travail mené collectivement dans le cadre des TPE s'avère être l'occasion de la prise de conscience ("on s'est rendu compte...") de son ignorance, et en même temps de la découverte ou de l'expérience d'un savoir d'un autre niveau. L'astronomie n'est précisément pas ce qu'on croit : les savoirs astronomiques scientifiques sont en "rupture" avec les savoirs d'opinion ; on parlera même avec G. Bachelard de "rupture épistémologique", dès lors que les élèves prennent clairement conscience du caractère irrecevable des superstitions et des discours d'imposteurs sur les phénomènes célestes.

## 2.2. Les difficultés propres aux sujets d'astronomie

Le sujet est difficile, ardu, mais passionnant ; les élèves ont conscience de la difficulté (qui n'est pas seulement la leur) et cela peut les stimuler ou au contraire les arrêter :

G1 : *"L'univers est trop compliqué pour produire un énoncé suffisamment complet sans entrer dans des détails trop scientifiques et difficilement compréhensibles."*

une difficulté inhérente aux sujets astronomiques

G3 : *"Nous avons dû faire un changement de choix. Pour le big-bang les documents étaient plus riches, le big-bang fait l'objet de nombreux articles et débats. (...) Certains documents étaient trop complexes pour un élève de terminale."*

G5 : *"Nous avons manqué de temps à la bibliothèque municipale car il fallait être de retour au lycée à une heure précise. (...) Certaines pistes furent abandonnées, entre autres de nombreuses définitions pour différencier comètes, astéroïdes, météorites, météores, bolides, etc. De plus nous avons rencontré des difficultés d'organisation ainsi que pour délimiter le sujet."*

Certains se sont aperçus que nous étions bel et bien dans le domaine de théories qui demandaient confirmation par observations, calculs, confrontation de simulations informatiques aux faits observables.

G2 : *“La majeure partie des théories sur les trous noirs sont purement hypothétiques. Les sources d’informations se contredisaient parfois, les explications avancées étaient trop vagues.”*

des modélisations complexes et des désaccords théoriques

G6 : *“C’est un sujet trop vaste, pour lequel même les scientifiques ne sont pas d’accord, la plupart des informations ne sont qu’à l’état d’hypothèses.”*

G6 : *“Nous avons aussi pensé à parler de la théorie de la Relativité d’Einstein, mais cette idée a été très vite abandonnée, ce thème se révélant trop long et trop complexe.”*

La plupart des élèves, néanmoins, semblent incapables de “voir”, comprendre et donc montrer la complexité de la modélisation mathématique. Ils n’ont probablement pas réussi à faire la démarche nécessaire pour obtenir l’intervention précieuse des professeurs, ou peut-être ne l’ont-ils pas voulu et ont-ils préféré s’abstenir ?

La volonté de travailler seuls s’exprime (se déguise ?) parfois en une difficulté de trouver un contenu susceptible de justifier le recours à l’enseignant responsable, et donc de solliciter une intervention de celui-ci en tant qu’expert d’une discipline d’enseignement dont on pense qu’il faut l’“introduire” dans le TPE, conformément à la consigne (et non pas la “découvrir” au cœur même de la question étudiée).

G6 : *“Au départ les idées étaient troubles et les documents trop complexes.”*

*“Pour y introduire de la physique, le programme nous permettait de l’utiliser, mais pour les mathématiques, ce fut beaucoup plus difficile.”*

*“Introduire des mathématiques dans ce sujet n’était pas évident et notre problématique n’était pas assez claire.”*

le plaisir et le défi de travailler seuls

Mais le plaisir de travailler seuls peut prendre aussi la forme du défi : par exemple, chez un groupe d’élèves filles qui avaient d’abord voulu travailler sur les planètes, puis avaient ensuite recentré leur sujet sur les problèmes liés à la retombée d’objets dans l’atmosphère, il s’agissait surtout, comme elle nous l’ont elles-mêmes précisé lors d’un entretien, de “montrer” de quoi elles étaient capables ! Et ce, autant aux enseignants (messieurs uniquement) de leur spécialité “sciences de l’ingénieur”, qu’à leurs camarades garçons. D’autres groupes formulent le défi du travail personnel, en termes d’autonomie et de liberté de choix :

G2 : *“Ayant déjà réalisé les TPE en classe de 1<sup>re</sup>, nous avons quelques notions d’organisation et de répartition du travail, cependant cette première expérience avait été très décevante car le sujet nous avait été imposé.”*

ou encore d'exigence, pleinement assumée, de compréhension de ce que l'on écrit :

G4 : *"Il fallait surtout comprendre ce que l'on écrivait ; nous avons reformulé les documents de façon à ce que ce soit compréhensif pour nous, mais aussi pour vous."*

L'intérêt d'être lu par d'éventuels "jurys extérieurs" prend une importance inattendue : il apparaît comme une source de motivation pour expliciter davantage des arguments ou des informations retenues, alors que peut-être avec les enseignants habituels (que l'on connaît et qui vous connaissent trop bien), on aurait plutôt tendance à fonctionner de manière implicite ou approximative, parce qu'ils comprendront bien ce qu'on veut dire.

### **2.3. L'expérience paradoxale du Travail Personnel Encadré**

la découverte de  
l'organisation  
collective du  
travail en groupe

De manière quasiment unanime, ce que nous apprennent presque toutes les fiches de synthèse que nous avons dépouillées, c'est que les TPE signifient pour les élèves la découverte de l'autonomie, du travail en groupe, de l'organisation collective, du sens de la recherche et de l'esprit critique. Ce sont les avantages principaux que les élèves signalent, et qui semblent être finalement plus importants, du moins en place accordée dans la rédaction de leur fiche de synthèse, que l'acquisition d'un nouveau savoir (3). Pourtant, au départ, c'était surtout l'ignorance ou la superficialité des connaissances qui était avancée comme motif du choix d'un sujet d'astronomie.

G2 : *"Les TPE se sont révélés être une expérience très bénéfique sur de nombreux plans : tout d'abord, l'apprentissage du travail en groupe, nous avons pu apprendre à écouter et tirer avantage des discussions communes, cela représente un réel intérêt du point de vue culturel, ce projet nous permettant de comprendre et de maîtriser un thème qui, à l'origine, nous intéressait réellement mais nous était parfaitement inconnu."*

G4 : *"Les TPE sont selon moi un travail d'équipe plutôt qu'un travail personnel. Cependant ils nous permettent d'être plus autonomes. Ils nous apportent de nouvelles connaissances, nous permettent d'acquérir de nouvelles méthodes de recherche. Ils nous permettent de prendre des responsabilités non seulement envers soi mais aussi envers les autres de développer un esprit critique."*

---

(3) Cela confirme ce que nous avons découvert par ailleurs au travers des entretiens avec les enseignants que nous avons rencontrés : cf. DELATTRE, J., Exercice de la liberté et de la créativité en milieu scolaire ordinaire, dans le cadre du dispositif des "travaux personnels encadrés (TPE) au lycée", communication au Colloque international *Utopies et pédagogies* de mai 2002 à Walderbach (Actes à paraître).

être plus  
autonomes et  
développer l'esprit  
critique

G5 : *"D'effectuer ce travail a développé ma curiosité et m'a donné plus de confiance en moi dans le sens où je me sens désormais plus autonome."*

La conviction d'avoir investi un champ de connaissance non scolaire est très forte.

G2 : *"Cette étude m'a appris de nombreuses choses (vie des étoiles, processus de formation, d'autosurvie, d'extinction) que peut-être je n'aurais jamais découvert durant mes études."*

G4 : *"Les TPE ont été pour moi très instructifs car ils m'ont permis de découvrir en mathématiques et en physique des informations non étudiées en cours, et même en physique, d'approfondir le cours sur le mouvement des satellites."*

Le changement des relations avec les professeurs est signalé comme il l'avait déjà été dans les entretiens que nous avons réalisés avec les groupes d'élèves de classes de Première (Boulet et Delattre, 2001):

une relation  
différente avec les  
professeurs

G3 : *"Les TPE nous ont apporté des points positifs : le sens de l'organisation et de la répartition, l'esprit d'équipe mais aussi une relation différente avec les professeurs."*

*"J'ai pu approfondir mes connaissances ; j'ai appris à travailler en groupe ; j'ai acquis une certaine autonomie bien que les professeurs fussent là pour nous guider, nous aider en cas de problème."*

*"Il nous a fallu faire un tri car certains documents étaient trop complexes, mais l'aide des professeurs nous a été précieuse."*

Il est probable que l'écriture des fiches de synthèse, quoique étant la partie la plus personnelle du travail exigé en TPE, puisqu'il arrive que les carnets de bord soient collectifs, ait néanmoins été supervisée par un relecteur enseignant ou même parent, mais cela ne peut suffire, selon nous, à invalider le caractère extrêmement intéressant de ces brefs écrits personnels, sources d'information irremplaçable sur la manière dont les élèves perçoivent et vivent le nouveau dispositif, et tout particulièrement dans le cas des sujets d'astronomie.

### **3. SECULTIVER EN ASTRONOMIE GRÂCE AU TRAVAIL PERSONNEL ENCADRÉ : ÉLARGISSEMENT DU DÉBAT**

un effet TPE  
inattendu...

Le nombre de fiches que nous avons lues est trop réduit (24) pour oser tenter la moindre généralisation. Pourtant, il nous a semblé important de faire connaître, d'une part, la proportion non négligeable de sujets d'astronomie parmi les sujets choisis par nos élèves, d'autre part, un "effet TPE" inattendu : l'envie d'apprendre et de savoir autrement ou différemment, telle qu'elle s'était fortement exprimée dans les réponses des lycéens à la grande enquête sur *"Quels savoirs enseigner au lycée ?"* en 1998, aurait trouvé semble-t-il une certaine satisfaction dans ce nouveau dispositif, en tout cas s'agissant d'astronomie. Mais paradoxalement, cela se solderait moins

... amplifié par le  
choix des sujets  
d'astronomie

en termes d'acquisition de contenus (rarement identifiables comme "scolaires") qu'en termes d'acquisition de savoir-faire, de compétences plus générales ou transversales, celles-là mêmes qu'il est dit si difficile d'acquérir à travers les apprentissages scolaires disciplinaires quotidiens.

Il nous reste à nous demander si précisément le choix de sujets d'astronomie n'amplifierait pas un tel "effet TPE" et pour quelles raisons. Il est vrai que, sans avoir disparu complètement des programmes d'enseignement, l'astronomie n'y figure pas à titre de rubrique spécifique, qu'elle s'enseigne assez rarement en tant que telle, et en tout cas toujours dans le cadre d'une autre discipline (mathématiques (4), sciences de la Vie et de la Terre, sciences physiques et chimie, ou encore géographie). La marginalisation de cette "*discipline scientifique plus culturelle que scolaire*" (Laisne, 2000) semble résister aux efforts redoublés d'astronomes et d'enseignants militants (5). Pourtant beaucoup d'idées d'activités – un trésor en termes d'apprentissages possibles – sont proposées, beaucoup d'outils aussi, dans des écoles d'été organisées pour les enseignants volontaires et intéressés qui s'y inscrivent. Des documents nombreux, faciles à consulter et à utiliser sont diffusés, pour un prix assez modique (6). Alors comment expliquer la réticence à enseigner l'astronomie, si ce n'est par "*des raisons profondément liées à l'astronomie elle-même, à ce qu'elle est et représente pour ceux qui s'y adonnent*" (Laisne, 2000) ?

une pratique  
culturelle comme  
le théâtre, la  
musique ou la  
danse

À l'instar de cet auteur, nous aurions tendance à penser que l'astronomie se partage entre professionnels et amateurs "*d'une manière beaucoup plus évidente et privilégiée que la plupart des autres sciences*", un peu comme le théâtre, la musique et la danse. La passion des amateurs, une fois qu'ils se sont approprié un certain nombre de techniques, peut alors les amener, en astronomie, jusqu'à découvrir eux-mêmes de nouveaux objets célestes, restés inaperçus ou négligés par les professionnels. En tant que pratique culturelle scientifique et technique, l'astronomie ne se transmet pas simplement "*comme un corpus de savoirs théoriques*". Elle est surtout

- 
- (4) On remarquera, par exemple, que le programme de mathématiques de certaines sections comportait autrefois une rubrique "cosmographique" qui a néanmoins disparu.
- (5) Comme ceux du CLEA (Comité de Liaison Enseignants Astronomes), par exemple (voir l'article de L. Gouguenheim dans ce numéro). "*Association déclarée (loi de 1901), le CLEA réunit des enseignants et des astronomes professionnels qui veulent ensemble promouvoir l'enseignement de l'astronomie à tous les niveaux de l'enseignement et dans les organismes de culture populaire. En particulier, ils agissent dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants... aussi bien au cours de ces stages que dans ses diverses publications, le CLEA favorise les échanges directs entre enseignants et astronomes, hors de toute contrainte hiérarchique.*" : présentation de l'Association empruntée à la page 2 de sa revue : *Les cahiers clairaut*.
- (6) Notons que la commission inter IREM astronomie, constituée essentiellement d'enseignants de mathématiques et de physique, s'est aussi parfois associée aux initiatives du CLEA pour diffuser des brochures d'activités astronomiques pour les enfants d'école élémentaire, de collège et de lycée (voir les publications de l'IREM de Limoges, mais aussi des IREM de Strasbourg, Besançon et Bordeaux).

désir, *“joie de comprendre un peu mieux les ressorts secrets de notre monde, pour le faire mieux aimer et respecter”*, elle est aussi un *“style de rapport au monde et à la vie”* (Laisne, 2000).

une discipline  
essentiellement  
“non scolaire”  
source de plaisir

En réalité, si l'école semble négliger une discipline et une pratique scientifiques, pourtant cruciales dans l'histoire de l'humanité, ce n'est peut-être pas du seul fait des praticiens et responsables de l'enseignement qui en reconnaissent volontiers la portée culturelle et les richesses poétiques, métaphysiques et épistémologiques ; c'est peut-être aussi qu'une pratique passionnée et discrète “hors l'école” constitue finalement la meilleure garantie de vitalité et de puissance pour cette discipline essentiellement “non scolaire”, telle que justement les élèves et les enseignants (qui les ont “orientés” ou “suivis”), avec lesquels nous avons pu nous entretenir, nous ont paru la percevoir ou la redécouvrir dans le cadre des “Travaux Personnels Encadrés”, avec beaucoup de plaisir.

Dans le travail présenté par un autre groupe de classe de Première qui avait traité de “La couleur des étoiles”, on pouvait lire en conclusion que “tout n'est pas un mystère et qu'il est possible de comprendre ces phénomènes”... La formule est loin d'être banale.

Elle signifie, de manière plus large, que le choix d'un sujet d'astronomie correspond certes au projet plus ou moins flou “d'en savoir plus” sur des objets qui ont échappé à l'enseignement scientifique antérieur. Ils sont alors perçus comme “mystérieux”, du fait de leur double connotation, religieuse d'une part, et d'autre part astrologique (en recrudescence dans nos sociétés mercantiles et soi-disant “mécraentes”). Aussi, paradoxalement, la volonté exprimée par environ 20 % de nos élèves des classes scientifiques de traiter de tels sujets doit-elle, selon nous, être prise très sérieusement en considération comme la manifestation d'une attitude scientifique authentique qu'il conviendrait donc de reconnaître comme telle et de cultiver avec rigueur.

un levier puissant  
pour approfondir  
l'étude de  
questions  
scientifiques

Si pour un grand nombre des élèves que nous avons rencontrés ou observés, la motivation pour les questions d'astronomie s'apparente probablement d'abord à un effet de “mode”, elle ne résiste alors pas longtemps à la difficulté de cerner une problématique “raisonnable”. Cependant, l'analyse du travail mené par les différents groupes d'élèves dont nous venons de lire les fiches de synthèse montre bien que lorsque la première difficulté de redéfinition du sujet a pu être surmontée, l'intérêt pour l'astronomie constitue de fait un levier puissant qui leur permet d'illustrer, approfondir et valider un enseignement scolaire déjà reçu, mais aussi de se mettre en appétit pour l'étude de questions scientifiques à venir.

Michèle SAGOT  
Daniel FOSSAERT  
IUFM du Nord-Pas-de-Calais

**BIBLIOGRAPHIE**

BOULET, M.-H. et DELATTRE, J. (2003) Les TPE une autre manière d'apprendre pour les élèves, et pour les enseignants ? Communication à l'Université inter-IREM d'été d'épistémologie et d'histoire des mathématiques de Poitiers (juillet 2001). *Repères IREM*, 52.

DELATTRE, J. Actualité de la recherche en éducation et en formation. Contribution au Congrès international de l'AECSE de Lille (septembre 2001). Publication des Actes sur CDRom. <http://aecse2001.univ-lille1.fr>

DELATTRE, J. (à paraître) Exercice de la liberté et de la créativité en milieu scolaire ordinaire, dans le cadre du dispositif des "travaux personnels encadrés (TPE) au lycée". Communication au Colloque international Utopies et pédagogies de mai 2002 à Walderbach (novembre 2003).

FOUREZ, G. (1985). Pour une éthique de l'enseignement des sciences. Bruxelles : éd. Chronique sociale, Lyon et Vie Ouvrière.

FOUREZ, G. (1988). La construction des sciences. Bruxelles/Paris : éd. De Boeck U.

LAISNE M. (2000). Initier à l'astronomie les enfants de 8 à 13 ans. *Spirale*, 26, *Culture scientifique et culture technique à l'école*.

MATHY, P. (1997). Donner du sens aux cours de sciences. Des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants. Bruxelles/Paris : éd. De Boeck U.