

Etude d'un nouveau dispositif : T.P.E en série scientifique

Georges Mounier

IUFM de Lyon, formateur à l'IREM de Lyon, chercheur associé au LIRDHIST (Lyon)
Georges.mounier@ac-lyon.fr

Avec la participation de : Gilles Aldon, Professeur agrégé de mathématiques au Lycée J. Brel de Vénissieux, formateur à l'IREM de Lyon

Résumé : Les réponses d'élèves (dans nos entretiens) montrent en Terminale, une utilisation efficace des connaissances mathématiques (c'est beaucoup moins vrai en classe de Première), mais il faudrait regarder de plus près si on veut savoir à quel niveau l'outil mathématique est utilisé.

Dans les TPE, il est assez fréquent que des élèves aient besoin d'utiliser une notion avant son étude en cours, c'est une situation nouvelle pour l'enseignant, sollicité par ces élèves pour leur expliquer - rapidement - ces notions ; comment réagit-il, que fait-il exactement ?

A l'opposé de l'enseignement classique, dans lequel les définitions sont univoques, les recherches des élèves peuvent les amener, en TPE, à sélectionner des textes qui reflètent des points de vue différents (qui contiennent des définitions différentes), cette découverte peut-elle favoriser un développement de l'autonomie des élèves ?

Introduction

Les “ Travaux Personnels Encadrés ” (TPE) sont un dispositif, mis en place pour la première fois en classe de Première à la rentrée 2000, dans lequel les élèves sont amenés à réaliser en groupe un travail de recherche à partir d'un thème, encadrés par des enseignants ; jusqu'à cette année les travaux des élèves devaient faire intervenir deux matières : à choisir parmi Mathématiques, Physique et Biologie pour les élèves de série scientifique. Après avoir défini une problématique, et avoir déterminé des éléments de réponse aux questions qu'ils se sont posés (au travers de documents, d'expériences, ...) les élèves consignent l'avancement de leur travail dans un carnet de bord personnel et finalisent leur travail dans une production collective soutenue oralement et dans une fiche de synthèse individuelle. L'ensemble est évalué (la note est prise en compte au baccalauréat).

Le fonctionnement effectif des Travaux Personnels Encadrés (TPE) nécessite la réalisation de nouvelles tâches pour les enseignants et pour les élèves : de nouveaux rôles pour les enseignants se font jour, ainsi que pour les élèves . De nombreuses questions se posent. Quelle nouvelle répartition des responsabilités ces nouvelles tâches impliquent-elles ? Quelle est la place des mathématiques dans ce nouveau dispositif ? Quels effets a-t-il sur les connaissances des élèves ?

Nous essayerons ici, en nous appuyant sur les travaux du groupe de recherche "Lycée" de l'IREM

de Lyon auquel nous avons participé et sur l'article dans la revue Repères IREM¹ du même groupe, de recenser quelques unes des questions qui se posent aux enseignants de mathématiques confrontés à ce nouveau dispositif et d'y apporter des éléments de réponse.

A. Le choix du sujet

Si de nombreux élèves s'investissent profondément dans leur Travail Personnel Encadré, c'est que, le plus souvent, ils revendiquent le sujet comme leur choix : selon eux, le choix initial a été fait par eux (presque 100 %), en réalité, dans les deux lycées concernés par notre enquête, ils ont eu à choisir parmi les thèmes nationaux, précisés par les sous thèmes officiels ou par des propositions des enseignants. Mais les élèves, derrière un titre proposé ou suggéré ont pu amener leurs préoccupations, ils ont fait du thème leur objet. Dans les entretiens de Terminale, on voit des élèves dire que depuis toujours, ils avaient le désir de travailler sur le thème qu'ils ont "choisi", d'autres disent avoir choisi le diabète parce que cette maladie était présente dans leur famille. D'autres se disent passionnés :

- *Question: Le sujet que vous avez choisi, est ce que vous vous souvenez comment vous l'avez choisi ?*

- *Elève: En fait j'ai un peu mené le coup, j'ai proposé un sujet sur l'automobile parce **que l'automobile c'est un sujet qui me passionnait** et tant qu'à faire un TPE, j'ai voulu faire quelque chose qui soit vraiment intéressant.*

Ce "choix" (ou cette ré-appropriation d'une proposition) des élèves est à la fois cause et conséquence de leur investissement.

B. La place des mathématiques dans les TPE

Quelles connaissances mathématiques ?

Bien que la finalité des TPE ne soit pas l'acquisition de connaissances disciplinaires, nous avons tenté de repérer quelles connaissances mathématiques étaient mises en jeu dans les TPE et comment.

¹ Juillet 2003

Lorsqu'on leur demande quelles connaissances scientifiques ils ont utilisées, les élèves citent, en mathématiques : suites, logarithmes, exponentielle, équations différentielles, méthode d'Euler, approximations rationnelles d'un réel, système binaire, cryptographie, méthode des moindres carrés, probabilités, homothéties, ellipses.

Nos entretiens avec des élèves de Terminale en 2002/2003 font apparaître des modalités variées d'utilisation des connaissances (en mathématiques ou en physique).

- Utilisation de connaissances connues, retravaillées dans un nouveau contexte

“ En math on a fait la modélisation [...] à partir d'une formule qui paraissait relativement très compliquée : la formule de Laplace. En fait on s'est servi de ce qu'on savait déjà.

[...] nos connaissances par les cours quoi. .. Les forces d'interaction, sinus x et cosinus x

Une formule d'approximation pour calculer la force d'attraction [...] : Oui, on l'avait vue en cours de math vite fait avec la méthode d'Euler ”.

“ Des connaissances de physique de l'année dernière les forces, de la physique aussi dans le rendement et la motorisation de la transmission

Q c'est des connaissances que vous aviez déjà ou bien vous avez été obligés de les acquérir ?

Pour le couple en fait on ne savait pas ce que c'était pourtant c'était une notion de première

Le couple et la puissance en fait c'est très difficile à définir, on a été obligés d'apprendre

Q comment ? vous avez travaillé tout seuls ?

E le professeur nous a donné un bouquin de première S ”.

“ Q c'était théoriquement une connaissance que vous aviez, mais vous avez été obligés de l'approfondir, de la reprendre, au moment où vous en aviez besoin ?

F pour bien la maîtriser

Q sur demande au prof de physique ? E Oui

Q le rendement, par exemple, c'est quelque chose que vous connaissiez déjà ?

On le connaissait déjà, mais là comme il était rapporté à l'automobile, on l'a approfondi et on l'a adapté en fait ”.

- des connaissances potentielles nouvelles rejetées car présumées trop complexes

“ L'objectif premier pour ma part était de travailler sur une question d'astronomie...

[l'exemple de Leverrier], mais ce sujet s'est avéré hors de portée pour des élèves de terminales. Le prof de maths a orienté vers Cérès ”.

- des connaissances nouvelles qu'il faut souvent simplifier et relier à des connaissances déjà là.
“ Scientifique, très spécifique aux marées quoi [...] les cycles des marées, de la taille des marées, pourquoi les marées ont une taille différente suivant certaines zones. Les forces d'attraction, Le cycle lunaire, les marées, ce qui crée un retard de 50 minutes... La formule de Laplace on n'a pas encore tout compris. Il y a certaines constantes qu'on a laissées de côté. On a simplifié (avec l'aide du prof de math) ”.

Ces réponses d'élèves montrent en Terminale, une utilisation efficace des connaissances mathématiques (c'est beaucoup moins vrai en classe de Première, faute de la maîtrise, en début d'année, d'outils cruciaux : dérivées, suites), mais il faudrait regarder de plus près, ce qui n'est pas facile, si on veut savoir à quel niveau l'outil mathématique est utilisé. Donnons un exemple. Quelles mathématiques sont nécessaires pour réaliser un graphique à partir de données ? Si on a à construire le graphique, cela peut poser des problèmes mathématiques intéressants et non triviaux. Si on doit pouvoir y mettre des valeurs dont certaines sont très petites et d'autres très grandes comment faire : dessiner plusieurs graphiques (un principal et des zooms), choisir une échelle logarithmique ...

Des mathématiques évitées

En l'absence d'intervention de l'enseignant, que celle-ci soit due à une posture volontairement non-interventionniste ou au non repérage des moments d'intervention possible, les élèves peuvent négliger totalement les mathématiques comme outil d'analyse, alors même qu'elles nous sont apparues, en tant qu'observateurs extérieurs, comme centrales dans le sujet.

Donnons, parmi beaucoup d'autres, un exemple de ce type d'évolution. Le sujet final des élèves est “ les capteurs CCD ”, mais l'analyse du carnet de bord montre bien comment certaines pistes ont été abandonnées. L'étude sur le format JPEG est abandonnée du fait de la complexité mathématique des algorithmes de compression (“ nous avons cherché sur Internet...nous ne possédons pas le niveau en mathématique pour pouvoir l'étudier ”). Les élèves ont abandonné

l'étude de la compression de Hoffman, mais ils ne mentionnent pas avoir questionné un enseignant, apparemment, ils ont décidé d'eux mêmes que la question était trop complexe. Ici, peut être aurait-il été possible de leur donner une idée d'un algorithme de compression...

Boîtes noires, boîtes blanches

Dans l'enseignement classique, avant d'utiliser un concept, on le construit (en réalité, bien sûr, la construction du concept se fait en plusieurs temps et s'étend souvent sur plusieurs années), on peut parler de boîte blanche ou claire ; à l'opposé certaines fonctionnalités des outils de calcul (numérique ou formel) sont utilisées comme des boîtes noires. Dans les TPE, il est assez fréquent que des élèves de Première aient besoin d'utiliser les logarithmes en début d'année, à un moment où ils ne leur ont pas été présentés en cours de mathématiques, en Physique les élèves disent “ *[On a réalisé des] recherches assez avancées sur la trajectoire elliptique...c'était au programme de physique mais en fait on l'a traité avant de le faire en physique* ” ; c'est évidemment une situation nouvelle pour l'enseignant, sollicité par ces élèves pour leur expliquer - rapidement - ces notions ; comment réagit-il, que fait-il exactement ? C'est une question de recherche.

Bidisciplinarité

Le couplage des mathématiques avec une autre discipline scientifique, physique ou biologie, qui était la règle jusqu'ici en classes scientifiques a provoqué certaines réactions négatives.

L'association des enseignants de Mathématiques affirme : “ Il est plus facile d'avoir des mathématiques intéressantes et abordables pour les élèves avec des matières non scientifiques telles que l'histoire géographique, le français ou la philosophie”.

Est ce que ces déclarations reflètent seulement la crainte des professeurs de maths de voir leur discipline instrumentalisée comme le signale Chevallard : “ Cette discipline [les mathématiques] ayant, depuis des décennies, oblitéré ses liens organiques avec les autres disciplines, ses servants ont eu à cœur de ne pas la voir retomber dans une dépendance épistémologique dont elle avait pu se croire entièrement libérée ” ? Ceci reste pour nous une interrogation.

Chez les élèves, les réponses à nos questionnaires en 2003, confirmée par les entretiens, montrent une insatisfaction d'une minorité d'élèves qui préféreraient un autre couplage des matières, ou approfondir un sujet avec une seule discipline.

C Contribuer à la formation scientifique des élèves

Maîtriser son sujet

En première, on a constaté parfois une superficialité du propos que la soutenance orale fait ressortir cruellement, mais en Terminale les élèves ont mieux compris la nécessité d'une meilleure maîtrise de leur sujet : “ (l'an dernier), le jour du TPE, il y a des choses que je savais, mais si on me posait vraiment une question dessus, je pouvais pas répondre, cette année ça va mieux ”. La prise de conscience de cet écueil peut alors amener les élèves à simplifier à des fins d'appropriation et de communication :

- “ *il faut simplifier un peu pour que ce soit facile à expliquer, il faut bien comprendre et assimiler* ”

- *Question : aujourd'hui, par rapport à votre sujet, est ce que vous pensez que vous le maîtrisez ?
A quoi vous avez vu que vous le maîtrisiez ?*

F on a pu l'expliquer aux camarades, expliquer sa partie aux camarades pour qu'ils comprennent

Q le jour de la soutenance ?

F pas que le jour de la présentation, mais même avant, on a vu qu'on maîtrisait sa partie.

E on a appris à appliquer la démarche scientifique.

Au niveau des documents on n'a pas fait du copier coller on a cherché à chaque fois à comprendre et à montrer qu'on comprenait, par exemple pour le moteur, on a réalisé une maquette

Q il y en a qui font du copier coller ?

F ils prennent certains morceaux, et ils changent 2, 3 petits morceaux, et ils remettent

Nous on a tout retapé, on a employé nos propres mots

et après on l'a fait lire aux copains pour vérifier qu'ils comprenaient bien tout.

Découverte de la complexité : des définitions différentes

A l'opposé de l'enseignement classique, dans lequel les définitions sont univoques et donc non problématiques, les recherches des élèves peuvent les amener à sélectionner des documents contradictoires ou au moins des textes qui reflètent des points de vue ou des choix différents.

Dans notre dernier questionnaire, nous posons la question : *“Pour une même notion, as-tu rencontré des présentations différentes, des informations contradictoires ?”* 23 élèves répondent OUI et 34 NON.

Et ils citent de nombreux exemples précis : *pour la DHEA par exemple (car c'est une notion trop récente), le vieillissement naturel de la peau (200 thèses différentes), selon si l'on tombait sur un document en faveur des OGM ou contre, pas la même définition de la maille (organisation des atomes dans les métaux), formules différentes pour l'électro-négativité.*

Donnons un exemple plus précis de ces définitions différentes :

“ E On a été confrontés à un problème : je me chargeais de réaliser un diagramme de transmission, C'est pas tout à fait des informations contradictoires mais les rapports de boîte en physique c'est l'inverse du rapport de boîte utilisé en mécanique dans les documentations techniques, il fallait le savoir [en physique le rapport de boîte c'est Vitesse de rotation à la sortie sur vitesse de rotation à l'entrée alors qu'en mécanique c'est Vitesse de rotation à la rentrée sur vitesse de rotation à la sortie]

Q et vous l'avez découvert vite, facilement ça ?

F en regardant les chiffres, on avait calculé, on avait un tableau et à côté c'était plus du tout la même chose ”.

Q vous avez pointé un problème et après ?

E on s'est rendu compte que en physique le rapport de boîte c'est Vitesse de rotation à la sortie sur vitesse de rotation à l'entrée alors qu'en mécanique c'est Vitesse de rotation à la rentrée sur vitesse de rotation à la sortie Q ça vous l'avez trouvé tout seuls ? E oui¹².

Dans cet exemple le TPE permet un développement de l'autonomie des élèves : il lui faut oser imaginer que ce qui est présenté dans un document puisse être contesté, oser recalculer ce qui est écrit ou vu à l'écran.

Bibliographie

Aldon, G.(1995) Une voiture à la DERIVE, Repères IREM n°21.

Balacheff N. (1995) Conception, connaissance et concept, *Séminaire Didactique et Technologies*

cognitives en mathématiques, pp.219-244, Grenoble : IMAG.

B. Calmettes et al. Analyse didactique de pratiques dans un dispositif scolaire innovant, le cas des TPE en physique, document pour la recherche INRP.

Chevallard Y. (2001).Les TPE comme problème didactique *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques* année 2001 IREM de Paris 7.

Conne F.(1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol.12 n°2-3, 221-270.

Gardes D. (1998), Effets à long terme d'une formation à la résolution de problèmes en mathématiques, mémoire de DEA, LIRDHIST, Université de Lyon 1.

Vinck D. (2000) *Pratiques de l'interdisciplinarité*, Presses Universitaires de Grenoble.