

Premiers bilans d'une expérience pluridisciplinaire dans deux classes de terminale C. MEAUX 72-73

1 Introduction

1.1 L'équipe pédagogique :

philosophie Me Poumèroulie (TC1 et TC2)

physique Me Tinnès TC1

Me Girard TC2

mathématique Me Jeay TC2

Mr. Rouquairol TC1

1.2 Conditions administratives

1.2.1 *Décharges* : les professeurs concernés ont eu une décharge de 3 heures (H.S.) accordée par l'I.R.E.M. de Paris au titre de recherche pédagogique.

1.2.2 *Emplois du temps* : les emplois du temps des professeurs concernés ont permis des visites mutuelles ce qui a heureusement conditionné une grande part de l'expérience.

1.3 Buts

Chaque professeur attaché à son domaine de connaissance ne le remet plus en question, n'en sent plus les limites, s'habitue à un langage : il faut décloisonner les îlots de connaissance, critiquer les systèmes, confronter les langages.

2 Présentation des résultats

Chaque membre de l'équipe présente son bilan ; les physiciennes ne présentent qu'un seul rapport.

Les quatre rapports qui suivent contiennent quelques redites qui situent chaque auteur dans l'expérience.

2.1 **Compte rendu de Me Poumèroulie (Philosophe)**

Quand l'enseignant se fait enseigné (dans les autres disciplines) ou Le Philosophe à la découverte de son unité avec les sciences.

Décidée à la fin de l'année scolaire 71-72, notre expérience pédagogique a débuté dès septembre 72. Elle concerne deux classes de terminale C, soit 2 professeurs de mathématique, 2 professeurs de physique et moi-même.

2.1.1 *Quel fut le point de départ ?*

Nous étions frappés et lassés par la disparité, le cloisonnement des matières enseignées, par la disparité encore, voire l'incompréhension des langages utilisés, chacun de nous enfermant les élèves et soi-même dans un discours insuffisamment critiqué encore. Nous avions envie aussi de sortir de notre solitude de "prof-d'une-discipline" et des difficultés que nos propres limites entraînent sur certains points, et en particulier pour le philosophe : l'épistémologie.

Sans doute, ces motivations éprouvées, notre expérience pouvait s'articuler de plusieurs façons : parmi les parties de l'ensemble formé par les cinq professeurs et les deux classes, notre expérience pouvait viser les professeurs, une classe et ses professeurs, un professeur et sa classe. Pouvions-nous tout aborder de front ? Il fallait être modeste, nos résultats nous le confirment : nous avons privilégié — et c'est une propédeutique nécessaire — le sous-ensemble "professeur" en allant, chacun selon les possibilités de son emploi du temps (notre projet ayant été pris en considération) suivre quelques cours des autres collègues, par exemple pour moi — philosophe — les maths et la physique donc, ce qui, au départ, a pu représenter un obstacle à surmonter, puisqu'il fallait vivre sa classe avec quelques collègues assistant puis participant au cours. Mais en même temps nos élèves s'accoutumèrent à voir leurs professeurs se compléter, travailler ensemble, unifier leurs recherches. Je reviendrai sur les fins plus avant.

2.1.2 *Travaux effectués du point de vue du cours de philosophie*

Le point de rencontre math-physique-philosophie s'est effectué lors du cours d'épistémologie commencé courant janvier dans les deux classes. Jusqu'alors je m'étais contentée d'aller écouter les collègues sans les accueillir chez moi. Il faut dire que j'attache une importance particulière à cette part de la réflexion philosophique qu'est l'épistémologie en tant qu'elle constitue l'origine d'une réflexion critique sur une théorie (quelquefois une pratique) en train de se faire durant cette année de terminale — le recul souvent s'avère difficile —. De plus c'est aussi une manière de définir la philosophie que d'en faire une réflexion sur les sciences.

Mes premières visites aux cours de maths et de physique m'avaient vue attentive aux méthodes employées, aux démarches, aux rôles des définitions, des expériences, à l'utilisation du langage. (C'est ainsi que je dus réfléchir de nouveau sur la notion de "signe", de "symbole", sur la formule mathématique utilisée comme définition, sur le rôle dans la démonstration de l'exemple, du contre-exemple, à l'étude d'un modèle simple, ...). Dès les premiers cours auditionnés, quelques grands points orientèrent mon cours d'épistémologie ; certains, faute de temps, n'ont pas été creusés cette année (partie remise).

Ces points sont :

- le rapport des maths et de la réalité
- le problème des axiomes et des définitions en maths
- la notion de limite (maths, physique)
- la notion de lois, de théories
- les obstacles du vocabulaire de la physique (celui de la description)

Je cite des points qui pouvaient faire l'objet d'un travail commun, avec mise au point préalable entre professeurs pendant le cours. Il y a de plus les perspectives qui se sont dessinées peu à peu — au cours des cours.

2.1.8 *Plus précisément comment cela s'est-il traduit au cours de philo ?*

Après avoir fait une mise au point des notions d'épistémologie, de logique, etc ..., après avoir vu si la notion de "Science" remplaçait légitimement celle des "Sciences", nous avons travaillé sur les caractéristiques de l'esprit scientifique. J'ai centré l'étude sur l'étude des obstacles épistémologiques selon "La formation de l'esprit scientifique" de Bachelard.

Les autres professeurs ont pu apporter des exemples et en particulier, lors d'un cours de mathématique, nous avons observé, directement sur les élèves, l'obstacle de l'expérience première et la difficulté de s'élever du concret à l'abstrait (voir détails dans le rapport mathématique), ce dont il a été possible de leur faire prendre directement conscience.

Il n'en reste pas moins que ce cheminement à travers l'épistémologie de Bachelard montrant le processus dialectique (il n'y a pas de vérités premières, il n'y a que des erreurs premières) de la connaissance scientifique, a surtout eu un rôle pour le sous-ensemble des professeurs scientifiques : c'était une manière pour le

physicien, pour le mathématicien, d'envisager sa discipline, le mode de diffusion de son enseignement (obstacle verbal, obstacle de l'expérience première, obstacle animiste).

La suite du cours d'épistémologie s'est pratiquée selon les problèmes particuliers dont l'un fut : la réalité et les maths.

L'étude a eu pour point de départ le travail sur un texte d'Einstein relatif à la géométrie (Bulletin APMEP, Déc. 72). Il fut étudié dans le détail, avec travaux d'élèves à côté des explications fournies. Les collègues purent apporter des précisions quand, à un certain passage du texte, il est affirmé, d'une part "les axiomes sont des créations libres de l'esprit humain", d'autre part "Schlick a très justement regardé les axiomes comme des définitions implicites".

La discussion avait lieu bien sûr devant les élèves avec exemples à l'appui. Nous avons été conduits par la fin du texte à souligner l'imbrication de la physique et des mathématiques ainsi que le rôle du physicien dans le développement de l'axiomatique pour ce qui concerne les géométries non-euclidiennes.

Ce texte a suggéré d'autres perspectives : le statut et le rôle des mathématiques dans notre société (le texte d'Einstein commençait sur la notion de prestige des mathématiques lié à leur rôle dans les autres sciences). Ce qui a permis de lire quelques textes de l'ouvrage "Auto-critique de la science" d'Alain Jaubert et Jean-Marc Leblond, et de discuter du rôle des maths dans l'art (musique).

Le point le plus riche a sans doute été celui concernant le rôle de la mathématique dans les sciences humaines et plus précisément l'emploi de la théorie des jeux en recherche opérationnelle. Sur ce point, nous étions, mon collègue de math et moi, à la limite de nos connaissances et chacun a essayé d'éclaircir la question, moi-même à la lumière d'un texte de L. Mehl, permettant de préciser les finalités de cette théorie (voir précisions mathématiques dans l'autre rapport).

Depuis, nous avons trouvé un article concernant le problème dans un numéro "spécial-sociologie" (déc. 72) de la revue "La Pensée" ("La théorie des jeux et le jeu de l'idéologie" par Michel Plon et Edward Preteceille).

Nous pouvons dire que sur ce dernier problème, nous avons presque réussi un cours sur le même thème pluridisciplinaire (cela se passait à une heure de philosophie).

La dernière expérience concernant la mathématique traite en fait un vaste problème : celui de la recherche scientifique et du rôle des hypothèses (loi-théories). Je me suis servie à cet effet de l'ouvrage de C. Hempel, *Eléments d'épistémologie*. Nous avons d'abord analysé le cas présenté dans l'ouvrage, à savoir le problème du médecin viennois Semmeweis au XIX^{ème} siècle, quant à la mortalité anormale des femmes en couches dans un des services de maternité d'un hôpital. Le problème est de bien voir comment on peut tester une hypothèse. J'ai fait une analyse de près du cas. Le professeur de math peut de son côté présenter la formalisation et faire retrouver aux élèves la forme de déduction dite "modus tollens".

Quant aux problèmes des théories physiques nous avons à étudier les théories de la lumière. Moi-même ayant assisté au cours sur ces problèmes, le professeur de physique a eu l'idée de choisir dans le recueil de textes philosophiques des élèves (Sophia TC) le texte sur la mécanique quantique et la mécanique ondulatoire sur lequel nous allons travailler en commun.

Voilà le bilan de quelques échanges que nous avons effectués. Je sens, en l'exposant, le cadre restreint de ces échanges, d'abord parce que nous manquons de temps, et peut-être encore d'initiatives et surtout de connaissances. Mais ce qui me semble tout de même intéressant, c'est l'alternance possible des initiatives :

- le mathématicien m'a provoquée sur ce jeu-test concernant un matériel de morceaux de cartons, dont les élèves devaient faire quelque chose et j'ai été conduite à formuler divers sens d'interprétation possible ;
- le physicien m'a demandé de travailler sur la notion de théorie ;
- moi-même j'ai appelé le mathématicien et le physicien.

2.1.4 *Qu'en tirer ? Quelles sont nos difficultés, nos fins ?*

D'abord deux difficultés : le manque d'efficacité réelle dans deux situations :

- un professeur devant ses élèves lorsqu'il veut transmettre une réalité pluridisciplinaire
- le groupe des professeurs lorsqu'ils discutent devant les élèves

Nous ne pensons pas avoir supprimé le cloisonnement des disciplines, ni le problème du langage.

Nous pensons que souvent les élèves ont considéré que l'expérience nous concernait plus qu'eux. Et c'est à cela que nous devons maintenant penser en suscitant chez eux des questions. J'ai pour ma part aussi laissé de côté des questions comme celle de "limites" (problème interdisciplinaire), le cours de philosophie pouvant alors devenir un lieu de synthèse, de confrontation pour deux ou trois types de regards.

Je voudrais aussi, en accord avec mes collègues, pouvoir donner des repères en histoire des sciences, en tenant compte bien sûr des programmes.

2.2 *Compte rendu de Me Tinnès et Me Girard (physiciennes)*

Nous avons décidé dès le départ de limiter l'expérience au niveau des professeurs, sans demander une participation effective des élèves afin d'éviter une éventuelle "perte de temps", étant donné la part d'inconnu inhérente à l'expérience.

Notre première préoccupation a été d'assister à certains cours d'autres collègues, dans les limites permises par l'emploi du temps et de nous réunir ensuite pour discuter des problèmes soulevés.

Pour chaque professeur une des premières difficultés à surmonter fut d'accepter la présence d'auditeurs adultes et "qualifiés" dans sa classe !

Or il s'est avéré que cette présence fut bénéfique au point d'aboutir à une certaine participation des intéressés, à la satisfaction, semble-t-il, des élèves.

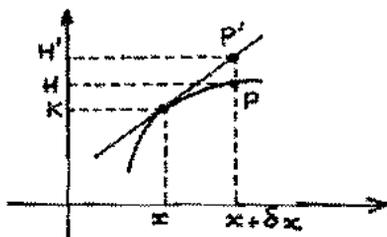
2.2.1 *Liaison math-physique*

La non-synchronisation des programmes nous a beaucoup gênés. L'expérience ayant commencé au mois d'octobre seulement, aucun professeur de mathématique n'a assisté au cours de cinématique ni à la leçon sur les petites variations et les calculs d'incertitude.

Voici quelques points abordés avec le souci d'harmoniser nos langages et certaines de nos notations.

2.2.101 *Calcul des petites variations*

— *Introduction graphique de la notion de différentielle*



$$KH = \delta y(x, \delta x)$$

$$KH' = dy = f'(x)dx$$

Le physicien utilise : si $\delta x \ll x$
 y est "du même ordre" que dy .

— Introduction du développement d'une fonction au voisinage de la valeur x_0 de la variable

$$y = f(x) - f(x_0) = \frac{x-x_0}{1!} f'(x_0) + \dots + \frac{(x-x_0)^n}{n!} f^{(n)}(x_0) + \frac{(x-x_0)^{n+1}}{(n+1)!} f^{(n+1)}(\theta x_0)$$

Ce développement permet de mettre l'accent sur l'ordre de grandeur des approximations faites en physique.

— Problème non résolu : calcul de δy quand $y = f(u, v)$

2.2.102 Les approximations en physique

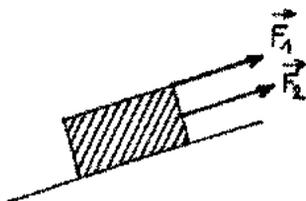
Négliger un facteur physique devant un autre est une démarche difficilement acceptable par les élèves dans la mesure où la décision est prise en fonction de la précision des expériences réalisées ou à réaliser. Exemple : un pendule constitué d'une sphère suspendue par un fil inextensible peut-il être considéré comme un pendule simple ?

2.2.103 Les forces

Si $\vec{F} = \frac{d(m\vec{V})}{dt}$, \vec{V} étant un vecteur du mathématicien,

\vec{F} est un vecteur du mathématicien.

Cette définition de \vec{F} n'en donne pas toutes les caractéristiques.

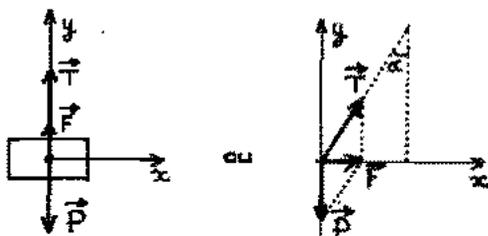


L'effet des forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 sur le solide n'est pas le même car celles-ci n'ont pas la même ligne d'action (notion de point d'application non nécessaire). Donc le vecteur du mathématicien ne suffit pas à la caractérisation de la notion de force.

2.2.104 *Calculs utilisés en dynamique*

① $\vec{P} + \vec{T} = \vec{F} = m \vec{\gamma}$

②
$$\begin{cases} \vec{P}_x + \vec{T}_x = m \vec{\gamma}_x \\ \vec{P}_y + \vec{T}_y = m \vec{\gamma}_y \end{cases}$$



③
$$\begin{cases} 0 + 0 = 0 \\ -\|\vec{P}\| + \|\vec{T}\| = m \|\vec{\gamma}\| \end{cases} \quad \text{ou} \quad ③ \begin{cases} \|\vec{T}\| \sin \alpha + 0 = m \|\vec{\gamma}\| \\ \|\vec{T}\| \cos \alpha - \|\vec{P}\| = 0 \end{cases}$$

Les élèves éprouvent des difficultés lors du passage du système ② au système ③.

Autres erreurs rencontrées :

$$\vec{U} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \Rightarrow \|\vec{U}\| = \|\vec{v}_1\| + \|\vec{v}_2\|$$

$$\vec{v}_1 = \vec{v} \cos \alpha \quad \vec{v}_2 = \vec{v} \sin \alpha$$

Pour essayer de remédier à ces difficultés, serait-il possible d'organiser au début de l'année, en commun, une ou deux heures d'exercices de calcul vectoriel selon les besoins du physicien ?

2.2.105 *Harmonisation et synchronisation de la notion de barycentre*

Il a été possible d'enchaîner en math et en physique des exercices sur la notion de barycentre.

2.2.106 *Introduction des nombres complexes*

Lors de l'étude des phénomènes vibratoires, la construction de Fresnel nous a permis d'utiliser conjointement les nombres complexes.

2.2.107 *Notion de limite*

Difficulté soulevée par les mathématiciens.

Exemple : pour un solide homogène on a $\rho = \frac{m}{v}$

$$\rho = \frac{dm}{dv} = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta v}$$

Que signifie $\Delta v \rightarrow 0$?

- c'est un non-sens pour la structure atomique
- on a un sens en macrophysique où le physicien utilise un modèle de matière continu

2.2.108 *Introduction du calcul intégral lors de la leçon sur travail-puissance (fin du 1er trimestre)*

Introduction possible au cours de math de l'espace vectoriel des fonctions étagées, de l'intégrale d'une fonction étagée ; admettre alors l'intégrale d'une fonction continue.

En cours de physique :

$$P = \frac{W}{t} \text{ quand } P \text{ constante}$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{q} \text{ quand trajectoire rectiligne, } \vec{F} \text{ constante.}$$

$$W = \mathcal{M} (\alpha - \alpha_0) \text{ quand } \mathcal{M} \text{ est constant.}$$

Premier cas : calcul du travail effectué par un couple de moment M (fonction du temps donc de l'abscisse angulaire θ) quand l'abscisse angulaire θ varie de α_0 à α — nécessité d'une partition de l'intervalle $[\alpha_0, \alpha]$: $\alpha_0, \theta_1, \dots, \theta_n = \alpha$

— travail élémentaire

$$\delta W_i = \mathcal{M}_i (\theta_{i+1} - \theta_i) \quad \text{où } \mathcal{M}_i = \mathcal{M}(\theta_i)$$

$$W = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum \delta W_i = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum \mathcal{M}_i \delta \theta_i$$

On pose
$$W = \int_{\alpha_0}^{\alpha} \mathcal{M}(\theta) d\theta \quad \text{si la limite existe.}$$

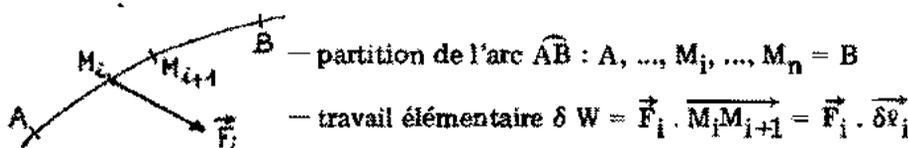
On admet $\int_{\alpha_0}^{\alpha} \mathcal{K}(\theta) d\theta = \left[\text{Prim } \mathcal{K}(\theta) \right]_{\alpha_0}^{\alpha}$

après avoir défini les primitives d'une fonction.

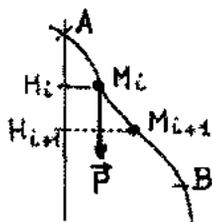
Exemple : $\mathcal{K} = -C \theta \quad \delta W_i = -C \theta_i \delta \theta_i$

$$W = -C \int_{\alpha=0}^{\alpha_0} \theta d\theta = -\frac{C \alpha_0^2}{2}$$

Deuxième cas : calcul du travail d'une force \vec{F}



Exemple : travail du poids $W = \int_{\widehat{AB}} \vec{F} \cdot d\vec{r}$



$$\delta W_i = \vec{F}_i \cdot \overrightarrow{M_i M_{i+1}}$$

$$W = P \int_{h_a}^{h_b} dh = P(h_b - h_a)$$

2.2.109 Possibilité d'exercices de mathématique en corrélation avec la physique

Translation et déphasage ; courbes de Lissajou.

2.2.110 Construction de Fresnel ; $y = \sin(\omega t + \varphi)$

Etude précise de l'application qui à M de la courbe associe un point du cercle de Fresnel ou un vecteur Fresnel.

2.2.111 Problème du tracé d'une courbe à partir de points expérimentaux

On trace la courbe qui passe le plus près possible du plus grand nombre de points. Ce procédé nécessite une extrapolation des mesures, une continuité supposée de la loi et un souci de simplification de la formalisation, démarche non spontanée de la part des élèves (courbe à points anguleux).

2.2.2 *Liaison Physique-Philosophie*

Les élèves ont des difficultés à comprendre la méthode expérimentale exploitée en cours de physique et chimie, et ce depuis la classe de seconde.

Ils sont en effet enclins, en raison de la prédominance de l'enseignement mathématique, à un raisonnement axiomatique et déductif. De plus l'enseignement traditionnel des sciences physiques ne met pas suffisamment en relief l'originalité de la démarche du physicien et du chimiste.

A ce sujet, la liaison avec la philosophie nous semble particulièrement exploitable. Elle permet d'insister sur le cheminement de la méthode expérimentale (une idée initiale — l'observation et la réalisation d'expériences — la précision de l'idée qui devient hypothèse — la reprise possible d'expériences — la formalisation — la déduction de conséquences et l'extension du domaine d'application — la vérification expérimentale qui infirmera ou confirmera la théorie mise en place).

Ce cheminement se vit sur des exemples tels que :

- interprétation et exploitation d'une expérience en chimie
- utilisation de l'accéléromètre pour vérifier le principe de la dynamique avec critique du résultat aboutissant à l'existence d'une force de frottement et à la mesure d'un coefficient de frottement.
- exposé chronologique sur les particules : mise en évidence de l'existence de "particules élémentaires" (proton-neutron-électron) ; la découverte par la physique des hautes énergies de nouvelles particules ; l'application de la théorie des groupes à l'ensemble de ces particules laisse prévoir l'existence des quarks de charge inférieure à la charge élémentaire.

La réalisation actuelle d'un accélérateur "géant" à Genève devrait conduire à leur découverte ...

Cette année la liaison avec la philosophie nous a fait prendre conscience d'un certain nombre d'obstacles épistémologiques.

Mais l'obstacle fondamental pour les élèves est la croyance suivante : les lois physiques existent dans la nature. Alors le physicien extrait ces lois au fur et à mesure de l'extension de ses connaissances et de ce fait les lois ne peuvent être que vraies et immuables.

Il semble donc nécessaire d'insister, dès le départ, sur l'aspect provisoire des énoncés fournis qui s'appuient sur des modèles pouvant être remis en question, sans être pour autant abandonnés

dans le domaine premier où ils avaient été conçus (principe dynamique et relativité ; les différents modèles atomiques ; la cinématique classique et le principe d'incertitude).

L'accent mis par le professeur de physique sur les exemples cités et qui se trouvent traités en début d'année pourrait aider le professeur de philosophie dans son cours d'épistémologie, cours auquel devrait assister le collègue physicien.

Toutes ces notions pourront être reprises à la fin de l'année en physique lors de l'étude de la nature de la lumière : après le cours de physique il a été étudié un texte de L. de Broglie en commun avec le professeur de philosophie.

D'autre part un essai d'histoire des sciences nous a paru nécessaire : il pourrait se communiquer aux élèves sous la forme d'un tableau chronologique des principales découvertes scientifiques que les élèves garderaient toujours avec eux et sur lequel s'inscrirait, le moment venu, le noms des principaux philosophes et le nom de leurs systèmes philosophiques.

2.2.3 Conclusion

Notre modeste tentative de cette année nous a engagés à poursuivre cette expérience : nous avons repensé notre cours à la limite de notre domaine familier.

Les élèves ont apprécié la mise en commun de nos idées et notre effort de décloisonnement.

Nous espérons étendre cette expérience aux classes de Seconde et de Première, accentuer la participation des élèves et nous enrichir de la présence d'un naturaliste.

Forts de notre expérience actuelle, nous espérons pouvoir définir à l'avance des thèmes précis de recherches, synchroniser certains développements afin de bâtir et animer en commun certains cours.

2.3 *Compte rendu de Madame JEAY (Professeur de Mathématique)*

La Charte de Caen a posé le principe d'une expérience interdisciplinaire dont la réalisation a été amorcée au Lycée de Meaux au cours de l'année 1972-1973.

Cette expérience a eu lieu dans deux classes de terminale C, l'équipe des professeurs intéressés groupant un philosophe, deux physiciens, deux mathématiciens.

L'importance des tâches est apparue dès les premiers contacts entre les membres de l'équipe. Il convenait de rechercher les moyens à utiliser pour ne pas apporter dans le déroulement de l'année scolaire des bouleversements tels que les élèves ne soient pas en mesure de bénéficier des premiers fruits de cette expérience.

Il fut donc décidé que, dans un premier temps, l'essai se limiterait à des visites réciproques dans les classes de chacun des membres de l'équipe.

Ces visites devaient donner lieu à des échanges de points de vue portant à la fois sur les méthodes pédagogiques appliquées par chaque professeur, sur les rapprochements de langage et de vocabulaire à effectuer entre les différentes matières traitées et sur la recherche de sujets pluridisciplinaires pouvant être traités en harmonie dans chacune des disciplines intéressées.

C'est sur ce programme, apparemment limité mais en fait très important, que l'expérience interdisciplinaire a trouvé son champ d'application au cours de l'année 1972-1973.

2.3.1 Visites chez mes collègues physiciennes

2.3.1.1 Forces : Les élèves sont soumis à un vocabulaire n'ayant pas le même sens suivant qu'il est exprimé par un mathématicien ou par un physicien et ceci à quelques heures d'intervalle. Cette situation crée des difficultés dont les seules victimes sont les élèves.

2.3.1.2 Cinématique : Les physiciens utilisent la notion de différentielle dès le début de l'année scolaire. Nous avons cette année préparé soigneusement cette question avec les élèves de première C. Le professeur de physique assistait au cours et je pense que l'an prochain il n'y aura plus aucun problème de ce côté-là.

2.3.1.3 Travail d'une force-Intégrale : Il est impossible pour le mathématicien de traiter la notion d'intégrale avant le deuxième trimestre alors que le professeur de physique doit l'utiliser bien plus tôt. La première collègue physicienne combla les lacunes mathématiques en une heure de cours : elle se donna beaucoup de

mal pour un résultat qui, à mes yeux, ne fut pas bon pour les élèves. La seconde collègue, forte de cette première expérience, demanda aux élèves d'accepter tout simplement la notation :

$$W = \int_{\ell_a}^{\ell_b} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \lim_{\Delta \ell \rightarrow 0} \sum \vec{F}_i \cdot d\vec{l}_i$$

en tant que symbole nouveau ; puis posa

$$\int_{\ell_a}^{\ell_b} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \left[\text{Prim } F \right]_{\ell_a}^{\ell_b}$$

Les élèves en tirèrent un mécanisme de calcul qui suffisait momentanément pour la poursuite du cours de physique.

A cette occasion nous avons eu de nombreux échanges de points de vue entre les membres de l'équipe et aucune solution plus satisfaisante n'a pu être trouvée.

2.3.1.4. *Notion de limite, de "tout petit", d'assez petit* : Les mathématiciens, peu satisfaits par l'emploi de ces termes aussi bien en physique qu'en philosophie, ont prévu un travail en commun pour l'an prochain.

2.3.2 *Visites entre collègues mathématiciens*

Les critiques de mon collègue de mathématiques sur mes méthodes pédagogiques : trop d'abstraction et de théorie pour démarrer un chapitre, pas assez d'esprit de découverte, trop de rigueur. Par contre mes visites chez lui m'ont permis de découvrir une toute autre façon d'enseigner la même chose dans la même classe.

Mais en conclusion je pense que les deux méthodes doivent pouvoir former un tout, l'une précédant l'autre ou vice-versa suivant le niveau où l'enseignement se fait.

Quoi qu'il en soit, la découverte d'une méthode d'enseignement différente de la mienne m'a apporté des éléments positifs susceptibles d'améliorer certains de mes futurs cours.

2.3.3 *Visites au cours de philosophie*

Les contacts établis entre les professeurs scientifiques et la philosophie ont été les plus fructueux. La connaissance philosophique initiale des collègues scientifiques constituait un handicap sérieux pour la poursuite de l'expérience, d'où nécessité pour nous-mêmes d'un travail personnel très sérieux en vue de tirer un profit maximum des sujets traités :

obstacles épistémologiques

formation de l'esprit scientifique

texte d'Einstein sur la géométrie et l'expérience.

L'équipe a exprimé le souhait que soit organisée une conférence sur le langage au début de l'année 73-74.

2.3.4 *Conséquences de l'expérience pour les élèves*

Sur le plan psychologique les élèves ont perçu l'intérêt de l'opération, à savoir la cohésion et la collaboration dans l'enseignement de leur équipe de professeurs.

Sur le plan pratique, dans les rapports physique-mathématiques les points d'amélioration ayant été cernés, à savoir la nécessité d'une chronologie adéquate dans l'enseignement des chapitres relatifs à chacune des disciplines, ce sont finalement les élèves de l'année 73-74 qui en seront les premiers bénéficiaires.

Par ailleurs, l'enseignement moderne de la philosophie faisant fréquemment appel à des notions scientifiques, la participation des professeurs scientifiques aux cours de philosophie a apporté des éléments positifs entraînant pour les élèves une meilleure compréhension de l'ensemble des problèmes traités.

2.3.5 *Perspectives d'avenir*

Il ressort de cette expérience limitée que, malgré les difficultés de mise en place, les professeurs et les élèves en ont retiré un profit certain.

Un travail en profondeur, bénéficiant d'un plan élaboré à partir de l'expérience 72-73, devrait apporter dans l'avenir des résultats concrets dépassant les buts initiaux.

Pour cela l'expérience en cours devrait trouver son champ d'application dans toutes les classes du second cycle. En effet la période des examens impose en terminale une course contre la montre pour terminer des programmes surchargés.

En outre, et ceci pour conclure, il semble opportun de souhaiter que la collaboration des élèves dans l'expérience soit effective, une révolution aussi totale dans l'enseignement ne pouvant se faire sans l'assentiment de toutes les parties en présence.

2.4

Compte rendu de M. ROUQUAIROL (Professeur de Mathématique)

2.4.1 Liaison philosophie-mathématique

2.4.1.1 Le professeur étudie

Il a fallu tout d'abord comprendre le cours d'épistémologie de notre collègue ; puis, accrochés par le sujet et un peu familiarisés avec le langage philosophique, nous avons étudié quelques ouvrages de Bachelard (La formation de l'esprit scientifique ; Le nouvel esprit scientifique ; Le rationalisme appliqué), de Blanché (L'axiomatique) et de C. Hempel (Leçons d'épistémologie).

2.4.1.2 Travail en commun

C'est seulement au début du mois de mars que nous nous sommes sentis capables de travailler en commun devant une classe. Trois situations se sont présentées : a) le professeur de philosophie fait son cours et réclame l'intervention du professeur de mathématique pour illustrer ses propos ; b) le professeur de mathématique lance une expérience à des fins mathématiques et demande un jugement philosophique ; c) les deux professeurs ont lancé un sujet en commun où ils interviennent sans un ordre d'invité ou d'invitant.

2.4.1.2-1 Texte d'Einstein relatif à la géométrie (Bulletin APM 286)

Nous avons renouvelé l'expérience de Michel de Cointet.

Après une étude de ma collègue j'ai introduit une géométrie à 9 points d'une façon qui peut se résumer ainsi : Soit un nom à 3 syllabes (si vous voulez amuser une classe prenez le nom d'un élève), par exemple ZERMELO considéré comme l'ensemble $\{ZER,ME,LO\}$. Chaque syllabe est fabriquée avec des consonnes et des voyelles.

Je peux retrouver {ZER,ME,LO} comme un choix possible de 3 éléments parmi les 9 éléments de l'ensemble suivant :

	E	O	I
Z.R	ZER	ZOR	ZIR
M	ME	MO	MI
L	LE	LO	LI

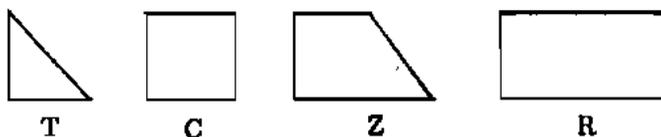
Alors {ZOR,MO,LI} et {ZIR,MI,LE} sont des mots parallèles à {ZER,ME,LO} ; ces mots peuvent s'appeler des droites ...

Après usage il s'avère que l'aspect amusant, insolite, de cet exemple introduit un obstacle épistémologique de l'expérience première, obstacle que l'on peut vérifier par des présentations moins colorées. On a ri mais le but a été masqué.

2.4.1.2-2 Définition d'une loi de composition

Des découpages en carton sont distribués aux élèves.

Ils comprennent quatre formes différentes :



Ces cartons peuvent être assemblés :



assemblages pouvant se traduire par des égalités du genre :

$$T + T = C \qquad Z + T = R$$

Les résultats de ces opérations peuvent être groupés dans une table :

	T	C	Z	R
T	C	Z	R	Z
C	Z	R	Z	R
Z	R	Z	R	Z
R	Z	R	Z	R

Cette loi peut être utilisée pour différents jeux.

Le but de l'expérience était de voir si les élèves de TC étaient capables de passer d'un stade de manipulation sur des objets concrets à un stade d'opération sur des symboles.

Certains groupes d'élèves ont seulement cherché à représenter des objets familiers (maison, fusée ...).

D'autres ont fait des compositions à recherche esthétique, d'autres enfin ont suivi la voie opératoire.

Ma collègue de philosophie a insisté sur la nécessité de ne pas valoriser uniquement l'action de ceux qui ont cherché une loi de composition : la recherche esthétique a droit de cité.

2.4.1.2-3 Recherche opérationnelle

Après une introduction relatée dans le rapport de ma collègue, je me sers du n° 201 APM "Quelques aspects théoriques et pratiques des jeux de stratégie" de J. Bouzitat.

Je développe particulièrement l'étude tactique du duel et j'explique la façon de dresser la matrice du jeu ; définition du "maximin" et du "minimax" ; existence de certaines matrices ayant un "col".

Puis l'exemple du duel final entre Sherlock Holmes et Moriarty a terminé la séance de façon attrayante.

2.4.1.2-4 La notion d'hypothèse

Après étude d'un texte de C. Hempel, on montre comment on peut formaliser les différentes hypothèses.

2.4.1.3 Conséquences, dans d'autres domaines, du travail en philosophie

Avec de tout jeunes enfants, l'obstacle de l'expérience première est encore plus fréquent qu'avec des grands.

Il m'est arrivé en cours préparatoire (enfants de 6 ans) de suivre une maîtresse classant des blocs logiques suivant deux critères :

	Rouge	Non Rouge
Carré		
Non Carré		

Sur les 4 carrés dessinés au sol j'ai posé 4 chaises pour introduire un nouveau critère : par exemple "épais" reste par terre et "mince" est posé sur les chaises ; ayant eu l'imprudance de tourner les 4 chaises dans la même direction les enfants n'ont eu aucune hésitation : j'avais fait une voiture. J'ai tourné 2 chaises, alors ce n'était plus une voiture ; il fallait commencer à réfléchir sur ce que je voulais faire comprendre.

2.4.2 *Liaison mathématique-physique*

Les professeurs de physique ont souvent besoin pour leur programme, soit de questions qui ne sont plus traitées (coniques définies par leurs deux foyers pour les interférences), soit de questions qui ne sont pas à traiter (les équations différentielles pour l'étude des circuits oscillants).

L'essentiel sera que le professeur de mathématique puisse participer aux travaux pratiques où l'on vit la phase d'expérimentation et de formalisation.

2.4.3 *Liaison mathématique-mathématique*

Ces séances communes permettent de se situer par rapport à un autre enseignant.

2.4.4 *Essai de formalisation de l'expérience*

Soit q une question à étudier.

Soit P le professeur devant étudier q devant une classe C .

La situation habituelle est représentée par le triplet

$$(q;P;C)$$

Appelons $k(q;C;t)$ la connaissance de q par C à la date t .

L'efficacité d'un cours se mesure par un accroissement de connaissances :

$$e(q;P;C) = k(q;C;t_2) - k(q;C;t_1)$$

Dans notre essai d'expérience un cours est devenu d'abord

$$(q;P;C;P')$$

P' étant un autre professeur auditeur, ou bien

$$(q;(P,P');C)$$

quand le cours est assuré par plusieurs professeurs.

Mesurer l'expérience serait pouvoir comparer les D_k , variations de connaissances dans les différentes formules de cours.

2.4.5 *Perspective d'avenir*

Pour 73-74 -- introduction d'un naturaliste

-- extension aux classes de seconde et de première

3 Conclusion

Au terme d'un an de travail en équipe peut-on oser une conclusion ?

Dans un lycée les élèves participent au travail de spécialistes qui souvent s'ignorent : ils suivent un premier cours, s'éveillent à des notions, perçoivent des passages qu'ils sont prêts à franchir et c'est alors qu'il faut changer de spécialiste sans aucune continuité.

On vit sur une succession de rémanences contrariées.

Dans ces conditions de travail le rendement est souvent déplorable. D'un cours à l'autre on efface ou on surimprime ; des élans sont brisés, qui ne demandaient qu'à s'épanouir ; pour arrêter ce gaspillage il n'y a qu'une solution :

TRAVAILLER EN EQUIPE

Si ce travail n'est pas encore la règle générale, quels sont les obstacles qui retardent sa réalisation ?

Chaque spécialiste trouve un équilibre dans ses certitudes et dans sa réussite de communication : il faut un certain courage pour tout remettre en question.

Il faut aller suivre les cours des autres collègues et avouer son ignorance devant ses élèves ; il faut accepter ses collègues dans son cours et prendre le risque d'échouer ce jour-là dans la communication avec la classe.

Mais après l'acceptation des premiers déséquilibres et une assez longue période de tâtonnements, on commence à comprendre ce que disent les autres, on situe leurs problèmes, leurs difficultés, leurs réussites claires ; on se rend compte qu'on peut se servir de leurs clartés, qu'on peut les aider à résoudre certains de leurs problèmes. Alors on peut coopérer. Les élèves au cours de leur année scolaire vivent des découvertes diverses mais cohérentes.

Leurs professeurs ont oeuvré à cette cohérence par leur cohésion.