

Sur l'innovation en physique dans une polyvalente. Une recherche-action

Pierre-Léon Trempe

Volume 11, Number 2, 1985

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/900494ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/900494ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)

1705-0065 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Trempe, P.-L. (1985). Sur l'innovation en physique dans une polyvalente. Une recherche-action. *Revue des sciences de l'éducation*, 11(2), 259–276.
<https://doi.org/10.7202/900494ar>

Article abstract

In this article the author describes the procedure which he and his colleagues used during the past two years to develop a project of action research. He notes the questions, the difficulties, the attainments, as well as, by inference, the deceptions they encountered. In conclusion, he attempts to reevaluate his experience and presents three types of conflict that must be overcome to effect innovation in the present school.

Sur l'innovation en physique dans une polyvalente une recherche-action

Pierre-Léon Trempe*

Résumé — Dans son article, l'auteur expose l'itinéraire qu'a emprunté au cours de ses deux premières années la recherche-action qu'il mène avec ses associés. Il fait part de leurs interrogations, de leurs difficultés, de leurs réalisations, mais également, en filigrane, de leurs déceptions. Pour conclure, il tente de resaisir l'expérience vécue et en dégage la présence de trois types de conflit à surmonter pour rendre possible l'innovation dans l'école actuelle.

Abstract — In this article the author describes the procedure which he and his colleagues used during the past two years to develop a project of action research. He notes the questions, the difficulties, the attainments, as well as, by inference, the deceptions they encountered. In conclusion, he attempts to reevaluate his experience and presents three types of conflict that must be overcome to effect innovation in the present school.

Resumen — El autor expone en su artículo el itinerario seguido dentro del estudio-acción que realiza con sus asociados durante sus dos primeros años. Presenta sus interrogaciones, sus dificultades, sus realizaciones, pero a la vez en filigrana, sus decepciones. Como conclusión trata de recuperar la experiencia vivida y desprende tres tipos de conflictos que deben ser resueltos para que la innovación en la escuela actual sea posible.

Zusammenfassung — Der Verfasser stellt in seinem Artikel den Weg dar, den er mit seinen Mitarbeitern in der "Aktionsforschung" im Lauf ihrer ersten beiden Jahre zurückgelegt hat. Er teilt ihre Fragen, ihre Schwierigkeiten, Leistungen mit, aber auch — im Hintergrund — ihre Enttäuschungen. Zum Abschluss versucht er, die gemachte Erfahrung abzugrenzen, und identifiziert drei Arten von Konflikten, die gelöst werden müssen, wenn die gewünschten Neuerungen in der Schule von heute eingeführt werden sollen.

Si l'école américaine est en crise (National Commission on Excellence in Education, 1983), certains signes laissent croire qu'un constat semblable pourrait également s'appliquer à l'école canadienne ou québécoise (Conseil des sciences du Canada, 1984).

Comme la formation et le perfectionnement de l'enseignant se greffent obligatoirement à une pratique dans une réalité scolaire, en l'occurrence une réalité aux prises avec de graves problèmes, le formateur d'enseignants, l'enseignant en

* Trempe, Pierre-Léon: professeur, Université du Québec à Trois-Rivières.

perfectionnement et l'enseignant en formation se retrouvent dès lors dans une situation fort inconfortable. À part la critique qu'il peut faire du milieu scolaire actuel, le formateur d'enseignants se voit privé d'un référentiel concret sur lequel fonder une part substantielle de son discours. L'enseignant en perfectionnement, baignant quotidiennement dans ce milieu scolaire, en vient rapidement à considérer les propos du formateur comme manquant de réalisme et de pragmatisme. Et l'enseignant en formation se voit dérouter dès qu'il tente de mettre en pratique ses stratégies pédagogiques dans une classe réelle, stratégies s'inspirant pourtant des plus belles théories. L'écart entre la théorie et la réalité est trop prononcé.

On pourrait tenter de réduire cet écart en créant des milieux artificiels (ex. des écoles universitaires modèles) pour permettre l'exercice de l'enseignement et, de là, rapprocher la pratique de la théorie. Mais à procéder ainsi, on réduirait la complexité de l'école réelle et, de ce fait, on risquerait fort de rendre inopérants en situation réelle une grande part des apprentissages réalisés.

On pourrait tenter l'inverse, rapprocher la théorie de la pratique, en misant sur l'immersion intensive et l'observation systématique de la réalité scolaire telle qu'elle se présente actuellement. Mais alors, s'il est possible, de l'extérieur, d'accéder à une certaine compréhension de sa complexité et de produire une certaine critique, l'enseignant en formation ou en perfectionnement ne sera guère plus apte à agir, à moins évidemment qu'il se conforme au statu quo, ce qui lui sera vraisemblablement rendu plus difficile à accepter vu sa conscience nouvellement élargie de la situation.

Si ces deux solutions ont pu convenir dans le passé, il est douteux qu'on puisse encore s'en satisfaire aujourd'hui. La formation et le perfectionnement actuels ne peuvent plus, nous semble-t-il, faire l'économie d'un engagement parallèle dans l'innovation en milieu scolaire. Faute d'un contexte scolaire réel (avec sa complexité, ses tensions, ses contradictions, ses jeux, ses enjeux) et approprié, c'est-à-dire compatible avec le projet éducatif d'une institution de formation et de perfectionnement, un contexte scolaire sur lequel s'appuyer et en fonction duquel œuvrer, la recherche d'un autre point d'ancrage s'impose. L'école en état de mutation pourrait bien être cette voie de rechange. La formation et le perfectionnement retrouveraient alors, dans une participation plus ou moins étroite à l'innovation dans un milieu, le raccord qui lui fait défaut présentement. L'innovation présupposant à la fois un regard historique et prospectif, l'individu en formation ou en perfectionnement, de même d'ailleurs que le formateur lui-même (comme on pourra le constater plus loin), peuvent trouver là matière à interrogation, à ressourcement et à application constructive (Trempe, 1984 a).

Mais faire de l'innovation en milieu scolaire la pierre angulaire de la formation et du perfectionnement des enseignants n'est évidemment pas une mince affaire, ne serait-ce que d'un point de vue strictement administratif. S'il y a fort à faire avant de songer à généraliser une telle formule, elle est au moins pensable

actuellement à petite échelle, ce que nous nous proposons d'illustrer dans le présent article.

L'engagement

Tout débute en juin 1982. Je viens tout juste de déposer mon rapport sur la polyvalente Lavoisier au Conseil des sciences du Canada (Trempe, 1984 b). Je me sens très mal à l'aise dans mon rôle d'universitaire, à l'écart de cette réalité scolaire à laquelle je me suis confronté au cours de la dernière année. En tant que formateur d'enseignants, je me sens comme mis hors jeu. J'ai le sentiment que jusqu'à présent j'ai travaillé dans la perspective d'une sorte d'école idéale, abstraite, désincarnée.

Je soupçonnais bien, et depuis longtemps, sa complexité, ses difficultés et l'état dans lequel se réalisait l'enseignement des sciences. Mais, je dois le reconnaître, je n'avais qu'une vue partielle et surtout j'avais tendance à sous-estimer la prégnance de son quotidien. Pour reconquérir mon droit de parole, je ne pouvais éviter de m'engager dans l'action, dans l'action sur le terrain. Et pourtant je sentais ma connaissance du milieu scolaire fort incomplète, «Lavoisier» n'avait réussi qu'à soulever partiellement le voile sur cette complexité enchevêtrée. Si certains lieux névralgiques avaient commencé à émerger (ex.: l'influence des examens), je savais qu'une grande partie de sa complexité m'échappait encore. Il fallait continuer la recherche.

Le hasard aidant, des enseignants m'offrent de participer à la mise sur pied dans leur polyvalente (de Trois-Rivières) d'un nouveau programme de physique du Ministère de l'éducation du Québec (phys. 412-532), qui marque une rupture prononcée avec les anciens programmes de physique. J'accepte l'offre. Deux années se sont écoulées. Deux années d'initiation à la recherche-action, à la recherche-action de type implication, où «c'est le chercheur qui s'implique dans l'action des participants et les participants qui s'impliquent dans la recherche du chercheur» (Gagnon, 1984, p. 43). C'est peu, mais tout de même ce sont deux années riches de révélations et de promesses.

La première année

Le projet

En août 1982, nous convenons (les deux enseignants de physique et moi) que:

1° la situation de l'enseignement des sciences dans leur polyvalente s'assimile en tous points à celle de Lavoisier (on en trouvera plus loin quelques traits caractéristiques);

2° l'esprit du nouveau programme guidera notre travail, à savoir a) que l'élève participe activement à son apprentissage par le biais de recherches empi-

riques appropriées; b) que la réalité concrète constitue la référence constante de l'apprentissage; c) que l'accent soit mis sur le développement d'habiletés heuristiques; d) que l'élève soit incité à réaliser des applications concrètes de ses apprentissages;

3° le nouveau programme sera introduit en secondaire IV seulement, conservant le statu quo en secondaire V jusqu'à l'an prochain;

4° au cours de l'année, trois thèmes seront abordés: dans l'ordre, l'optique, l'astronomie et l'énergie;

5° les examens, ou plus généralement, l'évaluation sera le plus conforme possible à l'esprit du nouveau programme;

6° l'exploitation de chaque thème suivra la structure suivante: a) courte période de sensibilisation; b) longue période de réalisation de recherches empiriques et de projets pratiques; c) courte période de consolidation; d) courte période d'exercices et de diagnostics; e) enfin, l'examen sommatif;

7° les recherches empiriques feront appel à du matériel usuel autant que possible et seront réalisées de la façon suivante: a) phase collective, propre à susciter la saisie d'un problème chez les élèves; b) phase collective de formulation d'hypothèses par les élèves; c) phase collective, ou en petits groupes, de planification expérimentale par les élèves (si elle se réalise en petits groupes, elle sera suivie d'une phase collective de confrontation élève-élèves, élève-enseignant, des planifications); d) phase d'exécution par les élèves, en petits groupes; e) phase d'analyse-critique des résultats par les élèves, en petits groupes; f) phase collective de confrontation, élève-élèves, élève-enseignant, des résultats; enfin, g) phase de synthèse et de parachèvement par l'enseignant;

8° les projets d'application (pratiques ou théoriques) seront réalisés de la façon suivante: a) présentation par l'enseignant d'un éventail ouvert de projets (ex. construction d'un théodolite, d'une lunette astronomique, d'une voûte céleste); b) exploration collective de chacun des projets; c) choix individuel d'un projet; d) planification du projet par l'élève; e) approbation de la planification par l'enseignant; f) réalisation du projet (à la maison et au cours d'activités para-scolaires); g) présentation en classe des réalisations (avec échange); h) présentation des meilleurs projets (sélectionnés par élèves et enseignant) à l'école en fin d'année;

9° je travaillerai sur place, avec eux, les mardis et jeudis (journées complètes) mais sans intervenir directement auprès des élèves, sinon marginalement;

La réalité

Comme on peut le constater, cette orientation représentait un virage marqué par rapport à la situation qui prévalait à Lavoisier: avec ses cours magistraux, ses périodes de laboratoire du style recette, ses examens qui misent sur la simple mémorisation ou l'application machinale de formules, etc. Ce virage allait aussi

nécessiter de nombreuses heures de planification, de conception d'interventions pédagogiques, de construction et de mise à l'essai de matériel nouveau, sans que les enseignants soient dégagés à cet effet de leur tâche normale! (La direction se montrait cependant très coopérante.) Il supposait en outre un changement radical au niveau des attitudes pédagogiques des enseignants: il fallait délaisser l'autoritarisme, le pavlovisme (le régime de la carotte et de la fêrule), le dogmatisme, l'individualisme et le conformisme au profit d'un partage des responsabilités, d'une valorisation de l'apprentissage en tant que tel, d'un esprit de recherche, d'un fonctionnement démocratique et d'une valorisation des initiatives. Ce virage supposait encore que les élèves, devant un tel menu, s'engagent résolument dans leur apprentissage: qu'ils abandonnent leur attitude opportuniste, attentiste, leur manque de persévérance, leur recherche de sensationnel, leur absence de réflexion, leur manque d'application.

Nous supposons en effet que la raison principale pour laquelle la situation Lavoisier était ce qu'elle était relevait essentiellement du menu offert et de la forme d'évaluation adoptée. Conséquemment, un changement substantiel à ce chapitre allait affecter grandement la dynamique quotidienne de la classe.

Eh bien non! Ce n'était pas aussi simple. En classe, les élèves ont boycotté: ils attendaient passivement que l'enseignement commence «pour vrai». Mis à part quelques-uns qui faisaient écho aux attentes du professeur, la majorité se tenait à l'écart, évitant de répondre aux questions de l'enseignant, tuant le temps à observer passivement, à faire autre chose, à créer du désordre. Ils pouvaient encore boycotter en s'appliquant à poser des questions hors programme, en manifestant un minimum de compréhension pour obliger l'enseignant à reprendre ses explications, en bâclant leurs travaux, en négociant perpétuellement les suggestions, en répondant sans enthousiasme aux consignes, en cessant de travailler à la moindre difficulté pour attendre (le plus longtemps possible) que l'enseignant leur vienne en aide.

En réaction, on s'en doute bien, l'insécurité prit de l'ampleur chez l'enseignant et ses gestes devinrent très ambivalents, oscillant entre le nouvel esprit et l'esprit Lavoisier (sans compter la pression occasionnée par le travail de préparation dans des délais toujours trop courts). Malgré tout, nous avons supposé que nos difficultés relevaient essentiellement de l'adaptation; qu'avec le temps, la situation se régulariserait.

Pour faciliter la transition, même si cela allait encore alourdir la tâche, nous avons cru nécessaire de tenter d'insuffler l'esprit nouveau à l'extérieur des cours de physique. Nous croyions que le changement provoqué en physique serait rapidement récupéré si partout ailleurs la situation restait inchangée. Nous sommes alors devenus membres très actifs du «comité d'animation de la vie étudiante» de l'école. Nous avons lancé un projet de formation de clubs d'étudiants (clubs d'astronomie, de photographie, de mini-fusées, d'échecs, de bandes dessinées)

calqué sur l'esprit que nous voulions donner à la physique. Il s'agissait précisément de profiter de ces activités pour favoriser le développement du sens de l'organisation, du sens des responsabilités, du sens de la collectivité, du sentiment d'appartenance, de savoir-faire diversifiés et d'une culture générale. Nous avons aussi participé à la réalisation de «journées-sommets» (sorte d'exposition en fin d'année où les travaux de prolongement de cours des élèves, dans quelque matière que ce soit, allaient être exposés aux yeux du grand public). Nous avons enfin construit, avec des élèves et à l'aide de matériaux rudimentaires, un grand dôme géodésique sur la place d'accueil de l'école, à l'intérieur duquel nous avons reproduit la voûte céleste (par projection de diapositives réalisées la nuit à l'extérieur).

Le bilan

Beaucoup de gens se sont engagés. Beaucoup d'énergie fut dépensée. Constatation: quelques changements, mineurs par rapport à ceux escomptés, énormément de fatigue.

1. Malgré le support de la direction, l'aide irremplaçable du technicien de laboratoire, celle des gens du secteur professionnel (pour la confection de diverses pièces), nous manquions de ressources pour transformer l'esprit Lavoisier en physique.

2. L'insécurité engendrée par le changement était trop grande, chez les élèves comme chez les enseignants. Les élèves se plaignent de ne pas suffisamment savoir ce qu'on attend d'eux; que ce serait plus simple si on leur enseignait «comme d'habitude» ce qu'ils doivent apprendre; qu'ils n'ont pas eu le temps, qu'ils ont «oublié» ou qu'ils n'ont pas trouvé le matériel nécessaire,... pour réaliser les travaux hors classe; qu'ils ne savent pas comment s'y prendre pour réaliser ces travaux,... Les enseignants se sentent gauches; sentent qu'ils n'ont pas suffisamment de contrôle sur les élèves; ne savent plus que faire avec les élèves qui «n'embarquent pas»; sont trop souvent dérangés par les élèves indisciplinés; ont trop à faire en même temps; ne savent pas toujours où tout ce bouleversement va les conduire; se plaignent que les périodes de rencontres avec les élèves sont trop courtes (50 min.); que les groupes sont trop hétérogènes,...

3. Ce fonctionnement semble par contre convenir à certains élèves, apparemment les plus autonomes, les plus assidus, les plus sérieux, les plus mûrs. Au cours de l'année scolaire, leur nombre semble d'ailleurs lentement augmenter.

4. Certaines tentatives pour raccorder les examens aux objectifs poursuivis semblent fructueuses. Nous ne seulement réussissons-nous à produire des items qui évaluent davantage les habiletés heuristiques des élèves, mais encore il semble que des élèves accordent plus d'importance à l'acquisition de ces savoir-faire. Faute de temps cependant, nous ne parvenons pas à préparer tous nos examens de façon qu'ils soient représentatifs de l'ensemble des objectifs que nous poursuivons.

5. Quelques activités de prolongement de cours mobilisent certains élèves,

ce sera même l'occasion pour quelques-uns de se révéler. Et cet intérêt semble se refléter sur leur fonctionnement quotidien en classe: ils s'engagent davantage.

6. Contrairement à nous, l'ensemble des élèves ne semblent pas apprécier particulièrement l'étude empirique des phénomènes astronomiques. Le mauvais temps aidant, ils ont toujours des raisons pour ne pas réaliser les projets d'astronomie: étude de la topographie de la lune, des phases lunaires, des constellations, du mouvement du soleil, du mouvement des satellites de Jupiter.

7. Les attitudes «scolaires» dont j'ai parlé plus haut (autoritarisme, pavlovisme, dogmatisme chez les enseignants, et opportunisme, attentisme chez les élèves) sont très difficiles à déloger, autant chez les uns que chez les autres.

8. Les interventions pédagogiques planifiées et ce qui se réalise effectivement en classe par la suite sont loin de coïncider. Toutes sortes d'imprévus surgissent: pour quelque raison les élèves n'ont pas réalisé, comme prévu, un certain travail; des élèves perturbent le fonctionnement; des instruments ou appareils ne fonctionnent pas comme prévu; des élèves doivent s'absenter; une étape a été négligée (ou omise) et son effet se répercute; des élèves arrivent en classe et ils sont agités ou amorphes.

9. Le fonctionnement traditionnel est dans ces circonstances, pour élèves comme pour enseignants, manifestement plus sécurisant et moins fatigant. Il est plus simple, plus prévisible et plus sûr (le professeur est plus en mesure de «couvrir») son programme et l'élève sait davantage comment obtenir des notes). Le nouveau fonctionnement est plus aléatoire: la recherche empirique comporte une dose importante d'impondérable et d'ambiguïté; or elle est au cœur de la nouvelle approche pédagogique. En conséquence, la fonction contrôle du professeur est beaucoup plus difficile à exercer, tant en ce qui a trait au maintien de l'ordre dans la classe qu'en ce qui concerne l'évaluation de l'apprentissage des élèves.

10. Vouloir simultanément opérer des changements d'esprit au niveau de l'enseignement de la physique et au niveau de l'école nous apparaît au-dessus de nos forces, compte tenu de nos maigres ressources. Cependant le travail accompli sur ce dernier plan semble avoir attisé quelque peu l'intérêt des élèves à l'égard des sciences, de la physique en particulier, et la sympathie des autres enseignants de l'école à l'égard des deux enseignants de physique.

Nous terminons cette première année avec quantité d'interrogations. Comment assurer l'ordre en classe tout en conservant le nouvel esprit? Nous situant relativement en marge de ce qui se fait dans l'enseignement des autres disciplines, comment rendre nos objectifs suffisamment précis et clairs aux yeux des élèves sans pour autant créer de tensions (suite à des comparaisons) avec l'enseignement des autres disciplines? Comment réduire ces demandes répétées d'explication venant des élèves qui n'ont pas suivi attentivement les explications données à toute la classe? Comment faire en sorte que les élèves s'engagent davantage dans leur

apprentissage? Comment réduire les pertes de temps inutiles sans faire réapparaître les attitudes «scolaires» chez l'enseignant? Comment augmenter l'attention chez les élèves? Que faire avec les élèves (au moins 40% selon les enseignants) qui ont des carences importantes en mathématiques et en français? Comment respecter, du moins considérer, les différents rythmes d'apprentissage? Comment réduire l'insécurité engendrée par le changement, et chez les enseignants, et chez les élèves?

La seconde année

Le projet

Juin 1983, planification de la seconde année.

1. D'abord tenter d'augmenter nos ressources: a) Un enseignant supplémentaire pour assurer l'enseignement, selon le nouvel esprit, de l'initiation aux sciences physiques (ISP, secondaire III) et l'animation du club sciences; b) Un dégagement de périodes d'enseignement pour les deux enseignants de physique, afin de faciliter leur travail au sein du projet et en retour, ils publieront leurs travaux à l'échelle de la commission scolaire; c) Un assistant de recherche (étudiant à la maîtrise) qui verra spécifiquement à la conception des tests et des examens selon le nouvel esprit. (Concernant l'enseignant supplémentaire, après un accord, en juin, entre la direction et entre l'enseignant en question, qui était en disponibilité et avait été choisi par l'équipe, nous apprendrons au tout début septembre que ce dernier a dû être affecté ailleurs. L'enseignement de l'ISP sera alors confié à un autre enseignant, qui ne fera pas partie de l'équipe, tandis que le club sciences sera animé par les deux enseignants de physique. Nous obtiendrons cependant douze périodes de dégagement, réparties entre les deux enseignants, et les services de l'assistant à raison de deux jours par semaine, pour la durée complète de l'année scolaire.)

2. En secondaire IV, l'astronomie sera répartie sur toute l'année, de façon notamment à contrer les effets du mauvais temps mais surtout à servir de fil conducteur à l'étude des deux autres thèmes. L'optique sera ainsi abordée à partir de l'étude du fonctionnement des instruments utilisés en astronomie (théodolite, sextant, appareil-photo, jumelles, télescope) et le thème de l'énergie, abordé en conjonction avec l'étude du soleil. En secondaire V, trois thèmes seront étudiés: dans l'ordre, la cinématique, la dynamique et l'acoustique.

3. Un laboratoire de développement de photos en noir et blanc sera aménagé et servira de support aux photographies réalisées lors des sorties nocturnes en astronomie et des recherches sur l'étude du mouvement, lorsque les élèves analyseront le mouvement d'un mobile par photographie stroboscopique. (Un laboratoire rudimentaire sera effectivement aménagé et utilisé.)

4. Des fiches seront conçues pour venir en aide aux élèves qui manquent

d'information. Ces fiches comprendront beaucoup d'illustrations afin de réduire les difficultés que soulève la lecture chez bon nombre d'élèves. (Plusieurs fiches seront effectivement réalisées et utilisées, mais non d'une façon systématique.)

5. Les notes disparaîtront en cours d'étape pour faire place à l'annotation seulement des travaux d'élèves (y compris les tests et examens). En vue du bulletin, le pourcentage des objectifs atteints de façon satisfaisante par l'élève servira à établir la note. Ces objectifs, présentés en termes accessibles, seront communiqués aux élèves et seront affichés en classe de façon que chacun puisse suivre son cheminement.

6. Le fonctionnement en classe, comme nous avons tenté de le faire l'année dernière, misera sur la recherche empirique. Nous voulons que les élèves *fassent* effectivement de la physique et non pas seulement qu'ils y soient exposés ou qu'ils se limitent eux-mêmes à la «regarder». Plus précisément, nous désirons a) qu'ils soient le plus directement possible en contact avec des phénomènes physiques; b) qu'un véritable questionnement s'opère chez eux à l'égard de ces phénomènes; c) qu'ils explorent empiriquement (formulation d'hypothèses, planification d'observations, exécution, analyse et interprétation) certains phénomènes de façon à répondre au questionnement apparu; d) enfin, qu'ils amorcent (ou poursuivent) le développement d'une culture scientifique authentique par l'acquisition de certaines clés d'accès à la compréhension de l'univers physique, de certaines attitudes dites scientifiques et d'une conscience de certaines des répercussions sociales et culturelles de la science. Pour faciliter le travail, un tableau simplifié de la méthode scientifique servira de repère tout au long de l'année en secondaire V (rappelons que ces élèves ont été initiés à cette approche l'an passé). En secondaire IV, où nous procéderons par le biais de différents projets à réaliser, un tableau différent mais s'inspirant quand même de la recherche empirique sera mis à la disposition des élèves pour guider leur initiation à la nouvelle approche. (Nous trouvons plus opportun en secondaire IV de parler avec les élèves de projets à réaliser plutôt que d'objectifs d'apprentissage à atteindre, comme en secondaire V. Formulés ainsi, ces buts sont susceptibles d'être plus évocateurs et plus attrayants, puisque plus concrets.)

7. Nous multiplierons les travaux et projets possibles de façon à permettre aux élèves d'effectuer certains choix en fonction de leurs intérêts.

8. Le club sciences permettra aux élèves qui le désirent de réaliser des projets portant sur l'astronomie, la photographie scientifique, la voile et la météo.

9. Un nouveau code de discipline misant sur le respect mutuel sera mis sur pied.

10. Nous tenterons de planifier nos interventions pédagogiques en fonction des examens qui, eux, devront cerner l'*ensemble* des objectifs que nous poursuivons. C'est là, croyons-nous, une stratégie propre à déjouer notre tendance à revenir à l'esprit Lavoisier (Trempe, 1983). Il avait en effet été constaté l'an passé, de même

qu'à Lavoisier, que l'ensemble des gestes quotidiens des élèves et des enseignants étaient fortement influencés par le contenu des examens. Nous avons donc supposé qu'une modification substantielle de leur contenu allait affecter profondément la dynamique quotidienne de l'enseignement. À cette fin, les nouveaux tests et examens devront: contrôler des apprentissages représentatifs de l'*ensemble* des objectifs que nous poursuivons, particulièrement les habiletés heuristiques; permettre de détecter les faiblesses de l'enseignement à l'égard de l'ensemble de ces objectifs; exposer l'élève à des situations les plus réelles possibles, par opposition aux situations «scolaires» qu'on retrouve habituellement en pareille occasion; faire l'emploi de termes et de formulations simples et évocateurs de façon à contrer les faiblesses de l'élève en français et à tenter de le mettre rapidement «dans le coup» d'une situation de résolution de problème (problem-solving); sans pour autant négliger, pour chacun des items, leur présentation soignée, leur absence d'ambiguïté, la variété de leur niveau de difficulté, la valeur de leur pouvoir discriminateur; privilégier ce que l'élève est en mesure de faire avec ses apprentissages plutôt que ce qu'il peut en redire.

11. Enfin, je travaillerai avec l'équipe, sur place, à la polyvalente, les jeudis, la journée entière. (Pour répondre à d'autres impératifs professionnels, ma contribution passera donc de deux, qu'elle était l'an passé, à une journée par semaine.)

La réalité

Une fois de plus, le projet de l'année était ambitieux. Non seulement fallait-il consolider, moyennant quand même certains changements substantiels, le travail amorcé l'année précédente en secondaire IV, mais en plus, amorcer le même changement en secondaire V.

Cette seconde année sera riche en constatations et interrogations.

Les manifestations de boycottage se poursuivent en secondaire IV mais s'estompent graduellement en secondaire V, où finalement plus de la moitié des élèves emboîtent le pas. La recherche empirique semble donc mieux adaptée à ce niveau. Est-ce le fait de la maturité, de la réduction des craintes (vu l'initiation de l'année précédente), des thèmes qui s'y prêteraient mieux, des professeurs qui sont plus à l'aise avec l'approche pédagogique? Nous ne savons pas vraiment. Nous constatons cependant, avec étonnement, que très peu d'élèves fonctionnent effectivement selon nos attentes! Chez ces élèves qui ont emboîté le pas, il s'est progressivement développé une nouvelle forme d'automatisme! La première recherche s'est effectuée assez péniblement et avec beaucoup d'aide de la part de l'enseignant, selon le modèle de fonctionnement établi; les élèves, dans l'ensemble, après de multiples corrections, en sont venus à rédiger un rapport assez intéressant. Mais lors des recherches subséquentes, nous nous sommes aperçus qu'ils s'inspiraient fortement de ce premier rapport. Mis à part quelques exceptions, ils

suivaient «la» procédure, sans vue d'ensemble et sans vraiment réfléchir: l'esprit de questionnement, d'initiative, de confrontation avec une réalité physique venait d'être récupéré! Malgré ce fait, il n'en demeure pas moins qu'environ le tiers des élèves de secondaire V semblent avoir (enfin!) découvert des vertus au travail ordonné et systématique.

Ce fonctionnement «automatique» avait été observé à Lavoisier: l'élève était à la recherche de trucs et, lorsqu'il les avait trouvés, les appliquait machinalement, sans réfléchir, sans vue d'ensemble, étape par étape, et surtout sans vouloir en comprendre le bien-fondé. Finalement le truc ne représentait qu'un moyen pour obtenir des notes. Ici, on retrouve sensiblement le même comportement. S'il est un peu plus sophistiqué, puisqu'il porte sur une procédure plutôt que sur un produit défini, et même s'il ne mène pas aussi directement à l'obtention de notes, puisque nous avons fait disparaître celles-ci en cours d'étape, il ne conduit pas moins à satisfaire des exigences de l'enseignant, des exigences qui mènent au bout du compte à des notes dans le bulletin.

À Lavoisier, je croyais que ce fonctionnement automatique provenait de la pauvreté du menu offert, de l'omniprésence des notes et de la nature des examens. Or malgré l'utilisation, du moins partielle, de nouveaux examens, malgré la disparition des notes en cours d'étape et malgré la présence d'un menu plus substantiel, on retrouve encore sensiblement le même phénomène.

Ceci m'amène à m'interroger sur l'influence du contexte institutionnel sur un fonctionnement comme celui que nous privilégions, fondé sur la recherche empirique réalisée par des élèves. Plus précisément, je me demande s'il est possible de se lancer dans une véritable recherche lorsqu'on est soumis à un régime quotidien constitué d'une succession imposée de périodes d'une heure (ou de 75 min., comme c'est le cas présentement) dans différentes matières. Concrètement, cela signifie qu'un élève pourrait, supposons, s'engager résolument dans une recherche en physique au cours d'une période, interrompre son travail au son de la cloche, vaquer pendant deux, trois ou même sept jours (s'il y a un congé ou un dérangement à l'horaire) à d'autres occupations, et revenir à sa recherche en physique, reprendre le fil, la faire avancer jusqu'au nouveau son de la cloche. Je sais que pour ma part, je serais incapable de fonctionner dans ce système, du moins en conservant un esprit de recherche. Me voyant obligé d'atteindre un certain rendement scolaire, j'ai la conviction que je développerais à mon tour des automatismes. Question de survie!

Je ne crois pas qu'il s'agisse d'abord d'une question d'âge, puisque dans certaines classes du primaire, de jeunes élèves réussissent apparemment à fonctionner dans un esprit de recherche. Je me demande donc s'il ne serait pas plus facile d'atteindre notre but, de voir les élèves fonctionner dans un véritable esprit de recherche, si leur horaire était décloisonné de telle sorte qu'ils pourraient disposer de périodes plus ou moins longues pour travailler, selon leur disposition du moment et leur analyse des contraintes à respecter.

Je me demande dans quelle mesure cet horaire fragmenté et imposé ne serait pas en partie responsable des retards académiques des élèves (il suffit d'être inattentif ou absent pendant quelques temps pour prendre du retard et de là éventuellement ne plus être en mesure de remonter dans le train), des attitudes de prudence, de réserve, de boycottage des élèves, et des problèmes de discipline. Je me demande aussi dans quelle mesure ce même horaire n'inciterait pas les enseignants, pour faciliter la gestion du temps, à adopter un fonctionnement «scolaire»: à privilégier la mémorisation de données éparées (particulièrement de termes précis au détriment bien souvent du sens), l'apprentissage de trucs permettant de résoudre rapidement des problèmes du type scolaire, à adopter ces attitudes «scolaires» que sont l'autoritarisme, le pavlovisme, ..., à privilégier un fonctionnement collectif ajusté plus ou moins à une espèce de rythme moyen des élèves,...

J'ai le sentiment qu'un horaire plus souple, doublé de moyens d'apprentissage plus individualisés (dont la nature exacte reste cependant à préciser), permettrait d'arriver à un fonctionnement des élèves fondé sur la recherche empirique. Entre temps, je suis de plus en plus enclin à croire que la scolarisation sera très difficile à déloger (Trempe, 1984 c); cette scolarisation visant essentiellement l'adaptation des élèves au système scolaire: en bref, en situation de scolarisation, il s'agit d'aller à l'école afin d'être en mesure de continuer d'aller à l'école!

Or l'orientation que nous avons choisie s'apparente non pas à la scolarisation mais à l'éducation en tant qu'elle vise à développer l'autonomie de l'élève, c'est-à-dire, le rendre en mesure d'orienter son développement; de se manifester dans son monde; de donner un sens à son monde; de saisir la portée de ses gestes et de ceux des autres; et de se reconnaître en tant que personne singulière dans son monde.

Faut-il se surprendre alors des difficultés que nous rencontrons?

Je ne suis pas en train d'affirmer que l'horaire actuel serait la source de tous nos maux. Je crois seulement qu'il s'agit là d'un obstacle de taille. Bien d'autres dimensions sont également en cause. Par exemple, il est devenu plus évident cette année que notre approche se heurtait à une certaine forme de culture scientifique, plus précisément à une forme de pensée scientifique (Trempe, 1984 d). Cette culture manifestée à l'intérieur de la classe, dans leur fonctionnement quotidien, autant par les professeurs que par les élèves, repose apparemment sur un statut épistémologique bien particulier: un statut de témoin devant la nature, de récepteur passif face aux énoncés scientifiques, d'individu subjugué par l'autorité de la science. Dans l'activité quotidienne de la classe la signification effective qu'on accorde à la vérité, au contrôle expérimental, aux études et découvertes scientifiques, à l'objectivité, à la certitude, etc. se révèle fort éloignée de celle d'une vision contemporaine de la pensée scientifique. De sorte que s'il est de plus en plus question depuis quelques années d'obstacles épistémologiques (pré-concepts, concepts pré-scientifiques, «misconceptions», conceptions spontanées, ... peu

importe) à surveiller et à surmonter en cours d'apprentissage, cette forme de pensée scientifique qui se manifeste actuellement à l'école représente certainement un obstacle de plus. Et peut-être, vu sa nature, un obstacle plus difficile à surmonter. Alors que ces préconcepts se situent au niveau des savoirs factuels, cette forme de pensée se situe davantage au niveau des savoir-faire, et encore de savoir-faire qui débordent l'unique domaine des sciences: notre culture populaire toute entière semble reposer sur les mêmes prémisses (l'argument d'autorité, la réalité en soi, l'existence de vérités absolues,...)

À part la présence de cette «pensée scientifique scolaire», il y a encore l'impondérable, l'inattendu, la spontanéité, l'ingéniosité et une sorte d'acharnement que suppose la recherche empirique, qui rendent très difficile la gestion du temps et qui requièrent une aide et un suivi pédagogique très attentifs, très délicats et très ajustés aux circonstances; particulièrement en cette époque de l'adolescence où l'attention du jeune est si souvent sollicitée par nombre de désirs contradictoires. Jusqu'à quel point peut-on attendre d'un adolescent, particulièrement à l'intérieur du cadre actuel d'une institution scolaire, qu'il adopte un fonctionnement doué de suffisamment de cohérence, de constance et de vue d'ensemble pour réaliser de véritables recherches empiriques, même si elles sont de nature rudimentaire? Et même dans un cadre approprié, combien d'adolescents pourraient disposer de la dose nécessaire de disponibilité affective et intellectuelle pour réaliser de tels projets? Quand en outre on songe à cette tendance à faire le minimum, à éviter l'effort, à s'en remettre aux autres, qui, selon une opinion fort répandue, caractériserait notre société, jusqu'à quel point est-il possible d'exiger des adolescents qu'ils se comportent autrement et qu'ils s'engagent vraiment dans une démarche d'apprentissage de cette nature? Autant de questions, à ma connaissance, sans réponse.

La transformation des moyens d'évaluation pour les raccorder davantage aux objectifs que nous poursuivons peut sans doute aider, mais jusqu'à quel point? Bien que des changements aient été opérés de ce côté au cours de l'année qui se termine, il est trop tôt pour tirer des conclusions. Même si notre assistant a pu produire une somme importante de travail et compléter plusieurs tests et examens (Poirier, 1984), tous n'ont pu être utilisés dans des conditions satisfaisantes: délais de livraison, difficultés d'administration, erreurs inévitables, délais d'analyse, sans compter leur nombre insuffisant qui a entraîné un recours à d'anciens tests et examens.

Ouvrons une courte parenthèse sur le contrôle de l'administration des tests et examens. Nous avons été étonnés de l'importance des tentatives de copiage chez les élèves, au point qu'on peut presque se demander si ce phénomène ne ferait pas d'une certaine façon partie des mœurs scolaires! Près de la moitié des élèves tentent apparemment de copier et certains manifestement réussissent, si on en juge d'après les réponses aux questionnaires. Parmi les raisons qui expliqueraient ce phénomène, nous nous demandons dans quelle mesure le fonction-

nement fréquent en petits groupes durant les périodes régulières d'enseignement n'en serait pas responsable. Comme à Lavoisier, il est rare que tous les élèves d'un même petit groupe (de 3-4 élèves) soient également actifs. Habituellement, la tâche reviendra au même élève de planifier le travail, de résoudre les problèmes rencontrés, de bien comprendre les exigences, tandis que les autres se limiteront généralement à exécuter certaines parties, sinon même à perdre tout simplement leur temps. Et ce mode de fonctionnement «partagé», bien que déploré par les enseignants, est en fait toléré, faute d'être en mesure de l'éliminer. En conséquence, lorsque le fonctionnement en petits groupes est privilégié, comme c'est notre cas, certains élèves réalisent les apprentissages souhaités alors que l'apprentissage chez les autres, la majorité finalement, comporte de nombreuses lacunes. Comme, par ailleurs, il est très rare qu'un élève veuille travailler ses matières scolaires hors des heures de classe, quand arrive le moment d'un test ou d'un examen, c'est la panique! Il ne reste pratiquement plus alors pour réussir qu'une seule issue: copier! Fermons la parenthèse.

Enfin, les thèmes à l'étude (astronomie, optique, cinématique, énergie) ne se prêtent pas tous également à la réalisation de recherches empiriques par les élèves. Lorsqu'ils sont soumis aux aléas de la météo et qu'en plus ils s'étalent dans le temps comme en astronomie, ou encore, lorsqu'ils supposent la possession de beaucoup de connaissances de base qui n'ont pas été apprises au préalable, comme c'est le cas pour l'étude de l'énergie, il devient difficile de fonder un enseignement sur la recherche empirique, surtout avec des élèves très pragmatiques au plan scolaire. Comme ces élèves recherchent avant tout à donner un visage acceptable à leur bulletin, particulièrement en vue de satisfaire les exigences du CEGEP et qu'en plus ces exigences valorisent indûment la cinématique, la dynamique et l'électricité, il devient alors difficile de justifier aux yeux de ces élèves les vertus d'une initiation aussi exigeante à la recherche empirique. Ils préféreront que l'enseignant «donne la matière» et qu'on aille droit au but, puisqu'au bout du compte, ce qui importe c'est la note et qu'on soit en mesure de poursuivre au CEGEP. Sans compter qu'au CEGEP, et les élèves le savent, la recherche empirique cède habituellement le pas à l'accumulation de connaissances.

L'horaire fragmenté et imposé n'est donc pas le seul facteur en cause, bien qu'il ne faille pas minimiser son importance.

Le bilan

Vu l'ensemble des obstacles à surmonter et surtout la surcharge de travail occasionnée, on serait en droit de demander pourquoi ne pas abandonner. Nous aurions, je songe particulièrement aux deux enseignants de physique, sans doute des raisons valables d'abandonner et de retourner au statu quo. Mais ce recul s'opérerait inévitablement au prix d'une insatisfaction professionnelle profonde: celle d'un retour à la scolarisation alors que maintenant on possède une conscience plus claire du phénomène.

La seule issue véritable consiste donc à poursuivre, à aller plus avant, dans l'espoir, peut être vain?, de réussir éventuellement à surmonter les obstacles. Quelle que soit l'issue, nous aurons au moins appris beaucoup; ce qui, en soit, n'est pas qu'une mince consolation!

Mais dans quelle direction poursuivre? Compte tenu de l'hétérogénéité des groupes, de la difficile continuité dans les travaux entraînée par l'horaire fragmenté, des limites de l'enseignement collectif et de l'impossibilité de l'enseignant à satisfaire les demandes d'explication répétées des élèves, nous songeons à mettre en place un mode d'enseignement plus individualisé. Un mode d'enseignement qui respecterait encore, malgré ses difficultés d'application, l'esprit que nous tentons d'insuffler.

Nous songeons plus précisément à concevoir des modules d'apprentissages inédits. Misant encore sur la recherche empirique, mais introduite d'une façon plus progressive, ces modules devront respecter le plus possible les critères suivants: ne pas nécessairement exiger une dose importante de lecture (vu les difficultés des élèves à cet égard); offrir certaines possibilités de choix aux élèves quant aux cheminements possibles pour réaliser les apprentissages; faire régulièrement appel à l'intuition des élèves pour soutenir leur réflexion; faire appel à des média variés d'apprentissage; s'adapter à des rythmes variés d'apprentissage; permettre, sans l'obliger, le travail occasionnel en petits groupes; et recourir fréquemment aux applications concrètes de la physique.

Le format véritable de ces modules d'apprentissage reste encore à préciser. Pour réaliser ce travail, l'adjonction de nouveaux collaborateurs nous paraît indispensable (nous songeons en particulier à de nouveaux étudiants inscrits à la formation des maîtres).

Conclusion

Comme on peut le constater, la recherche-action est riche de potentiel. Riche à la fois sur le plan de la recherche et de l'action dans le milieu, et sur le plan de la formation des divers partenaires concernés.

Sur le plan de la recherche, elle permet de jeter plus de lumière sur des lieux névralgiques du système scolaire actuel et sur le processus d'innovation en lui-même. Son objet, contrairement à la recherche classique, où l'on tente délibérément de circonscrire les variables en cause, est essentiellement dynamique et complexe, et c'est à travers cette dynamique et cette complexité que les phénomènes sont ressaisis (Bataille, 1983).

Sur le plan de la formation, sa valeur est indéniable. La recherche-action constitue en soi un processus d'apprentissage (Maheu et al., 1983): elle permet non seulement aux partenaires d'acquérir de l'information mais également d'apprendre à apprendre. L'engagement dans l'innovation qu'elle suppose oblige ceux-ci à préciser, confronter et justifier continuellement leurs conceptions, leurs gestes,

leurs projets, leurs interprétations du vécu quotidien. Elle constitue donc un moyen d'actualiser cette nouvelle éthique professionnelle dont Joyce et Clift (1984) souhaitent l'avènement:

The challenge is to build an education for teachers that changes the ethos of the profession and creates one in which:

- Teaching is connected to the emerging knowledge base. The important change is from a theoryless, totally pragmatic frame of reference to one where the quest for knowledge and the tasks of the workplace exist in a dynamic and compatible ambience.
- Teaching includes the capacity for curricular and organizational change. The change is from a mode frozen by the current norms of practice to one where the sensible incorporation of new ideas, techniques, and structures is part of the job. Teaching, in short, should become a space-age industry.
- Teaching is imbued with the continued study of academic substance and the nature of society. The change is from a workplace disconnected from the centers of inquiry in universities and industries to a worklife where academic and social renewal is naturally embedded (p. 8).

Mais si la recherche-action est riche de possibilités, on ne saurait cependant négliger l'importance de ses exigences (Morin, 1984). Elle plonge continuellement le chercheur (formateur) dans l'inconfort d'une double perspective. Elle s'enracine à la fois dans un processus historique et dans un processus prospectif. Elle vise à la fois la compréhension des phénomènes et l'action. Elle oblige à rendre des comptes à la fois au monde des chercheurs et à celui des bénéficiaires. Enfin, et c'est probablement le plus difficile, de par sa propre nature, elle est source de déséquilibre en même temps qu'elle tente d'instaurer un nouvel équilibre.

La recherche-action, même si elle est désirée, vient perturber un équilibre. Même s'il s'agit d'un équilibre critiquable (Goodlad, 1983; Trempe, 1984 b), il n'en demeure pas moins qu'il permet aux acteurs de résister à plusieurs sources de conflit qui peuvent assaillir la classe et l'école. La recherche-action ranime forcément ces sources de conflit. Qu'on songe seulement aux trois ordres de conflits possibles suivants:

Conflit entre certains objectifs éducatifs (qui sont d'ailleurs préconisés dans les nouveaux programmes du MEQ) et des exigences institutionnelles qui dépouillent littéralement l'enseignant des outils nécessaires à la poursuite de ces objectifs. Des objectifs aussi louables que le développement de l'autonomie personnelle, d'une conscience de l'environnement humain, naturel et technologique, d'aptitudes à l'investigation, de facultés d'expression, etc. Et des exigences d'organisation d'un milieu hautement institutionnalisé comme l'école, avec ses horaires

pré-établis, et uniformes pour tous, ses multiples mesures de contrôle (dont les examens), sa diffusion des responsabilités, sa fragmentation des tâches, ses clientèles hétérogènes, ses nombreux règlements, sa standardisation des services,... sans oublier ses horaires chargés, rigides et très structurés. Cet ordre de conflits provient donc d'une volonté de véritablement éduquer et de tenter d'y parvenir à l'intérieur d'un cadre comportant autant de contraintes;

Conflit entre l'adoption de ces mêmes objectifs, et cette tradition pédagogique profondément enracinée, fondée sur l'autoritarisme, le pavlovisme, le dogmatisme, l'individualisme et le conformisme, qui va précisément à l'encontre de ces objectifs. Tout compte fait, c'est un peu comme si on voulait développer la spontanéité en l'imposant! Deux orientations plutôt difficiles à concilier;

Conflit entre l'adoption de ces mêmes objectifs, toujours, et la présence de certains traits de mentalité étudiante fort répandus comme l'opportunisme, l'attentisme, la recherche de sensationnel, l'absence de réflexion, le manque de persévérance et d'application qui viennent court-circuiter en quelque sorte la bonne volonté de l'enseignant. La difficulté réside ici dans le fait de vouloir atteindre des objectifs aussi exigeants avec des jeunes qui ont été sous certains aspects aliénés par la scolarisation et notre société d'opulence et qui sont, de surcroît, souvent désabusés par l'absence de perspectives d'avenir. Il devient donc difficile de concilier les intentions avec la réalité.

On ne peut donc s'étonner qu'en pareil contexte, une recherche-action comme celle dont je viens de faire état rencontre autant de difficultés. C'est à mon sens le prix à payer pour un virage aussi prononcé. Il s'agit en fait d'opérer une véritable mutation.

Note

Cet article a fait l'objet d'une communication, Congrès de la Société canadienne pour l'étude de l'éducation, Guelph, Ontario, juin 1984.

Références

- Bataille, M., Méthodologie de la complexité, *Pour*, no 90, juin-juillet 1983, p. 32-36.
- Conseil des sciences du Canada, Olson J. et Russell T. (éd.), *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, vol. III, études de cas, Hull, Qué.: Centre d'édition du gouvernement du Canada, 1984.
- Gagnon, R., Typologie et stratégies de recherche-action, *Prospectives*, février-avril, 1984, p. 42-48.
- Goodlad, J.I., A Study of Schooling: some findings and hypothesis, *Phi Delta Kappan*, mars 1983, p. 465-470.
- Joyce, B. et R. Clift, The Phoenix Agenda: Essential Reform in Teacher Education, *Educational Researcher*, vol. 13, no 4, avril 1984, p. 5-18.
- Maheu, G., Gélinas, A. et R. Claux, La recherche-action: un instrument pour le praticien et la praticienne, *Vie pédagogique*, no 27, novembre 1983, p. 13-16.

- Morin, A., Réflexions sur la recherche-action à partir d'une expérience d'animation, *Prospectives*, février-avril, 1984, p. 49-54.
- National Commission on Excellence in Education, *A nation at risk: The imperative for educational reform*, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1983.
- Poirier, P., *Bilan de recherche 83-84 sur la réforme des tests et examens de physique au DLS*, document interne, 1984.
- Trempe, P.L., *Autopsie de l'étude québécoise*, Communication présentée au congrès annuel de l'American Educational Research Association, Montréal, Canada, 1983.
- Trempe, P.L., Implosion; Pour une nouvelle approche de la formation des maîtres et de l'enseignement des sciences au primaire, *Actes du colloque sur la formation initiale et continue des maîtres responsables de l'enseignement des sciences au primaire*, Conférence des ministres de l'éducation des pays d'expression française (CONFEMEN), Québec: ministère de l'Éducation, 1984 a, p. 49-97.
- Trempe, P.L., Lavoisier: l'enseignement des sciences dans une polyvalente, Conseil des sciences du Canada, *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes*, vol. III, études de cas, Hull, Qué.: Centre d'édition du gouvernement du Canada, 1984 b, p. 221-272.
- Trempe, P.L., *Sur la scolarisation et l'éducation*, document interne, 1984 c.
- Trempe, P.L., *Manifestations d'une pensée scientifique scolaire*, document interne, 1984 d.