

CONSTRUCTIVISTES AU TRAVAIL : PROPOS D'ÉTUDIANTS ET D'ÉTUDIANTES SUR LEUR IDÉE DE SCIENCE

Jacques Désautels
Marie Larochelle

Dans la foulée des travaux que nous menons depuis plusieurs années et qui s'intéressent aux problèmes épistémologiques qui jalonnent l'apprentissage des sciences, nous avons conçu et réalisé une expérimentation qui visait à amener trente-cinq étudiants et étudiantes du collège (au Québec, ordre d'enseignement situé entre le secondaire et l'université) à s'interroger sur la production du savoir scientifique, et ce, suivant une stratégie pédagogique dite de dérangement épistémologique. L'étude des propos recueillis tend à montrer que le développement et la complexification de l'idée de science des étudiants sont favorisés par ce que l'on pourrait appeler, à la suite de Giddens (1987), la "réhabilitation de la subjectivité", entendue comme la reconnaissance du caractère actif, réflexif et orienté de la pensée humaine, ce qui est le projet même du constructivisme-en-action.

Le point de vue constructiviste sur la production du savoir scientifique et sur son appropriation en milieu scolaire implique, entre autres choses, la transformation du rapport habituel que les acteurs et actrices de la situation éducative entretiennent à l'égard de ce savoir et des personnes qui le produisent et le diffusent. En effet, comme nous l'enseignent les travaux contemporains en histoire, en sociologie et en anthropologie des sciences (Shapin et Schaffer, 1989 ; Callon et Latour, 1990), il n'est plus possible de soutenir que le savoir scientifique constitue le reflet spéculaire d'une réalité ontologique ou encore la description fidèle des lois d'une nature préorganisée. En fait, comme le souligne Lawson (1989), ce qui a été mis en pièces par ces travaux, c'est l'idée même de *vérité* en sciences et, du même coup, celle d'une hiérarchie objective des savoirs. On peut imaginer les conséquences de cette déconstruction de l'idéologie conventionnelle des sciences sur le plan de l'éducation à celles-ci, qu'il s'agisse de la conception des curricula ou encore des pratiques pédagogiques quotidiennes. Mais, pour l'instant, contentons-nous de signaler que cette redéfinition du savoir scientifique permet de problématiser, de mettre en question la science en milieu scolaire, et de fournir ainsi l'occasion aux uns et aux autres de développer un point de vue critique vis-à-vis du discours scientifique et, éventuellement, un rapport émancipatoire au savoir en cause.

l'idéologie
conventionnelle
des sciences en
question

Constructivisme et apprentissage des sciences

appropriation
des savoirs et
construction des
connaissances

Du point de vue de l'appropriation du savoir scientifique par les élèves, le constructivisme nous paraît proposer un éclairage tout aussi prometteur quant au renouvellement épistémologique des modèles et pratiques d'enseignement des sciences. Rappelons que le constructivisme s'articule autour de deux propositions principales, comme le formule Ruel (1992) à la suite de Glasersfeld (1983) :

"La première consiste en ce que le savoir ne peut pas être transmis passivement, mais qu'il doit être construit activement par le sujet-en-quête-de-connaissance. La seconde, c'est que la cognition doit être vue comme une fonction adaptative qui sert à l'organisation du monde de l'expérience plutôt qu'à la découverte d'une réalité ontologique." (pp.26-27)

S'il est relativement trivial de concevoir, à la suite de Piaget, que l'élève construit ses connaissances, il l'est beaucoup moins de soutenir que la cognition ne fournit pas un accès à la réalité en soi et pour cause. Cela implique notamment que l'enseignant ou l'enseignante ne peut qu'inférer les significations que les élèves élaborent en tentant de donner un sens à leurs expériences de cognition, et agir suivant cette représentation qu'il se construit de leurs activités cognitives. Ce sera d'ailleurs cette représentation qui orientera la conception des activités pédagogiques, sa viabilité étant estimée selon le succès plus ou moins grand de l'action qu'elle inspire. Cependant, en aucun cas l'enseignant ne pourra prétendre à *transmettre* des connaissances, celles-ci ne pouvant être que co-produites lors des interactions entre les acteurs de la situation éducative, lors de leurs conversations sur des matières problématiques, selon l'expression heureuse de Bateson (1977).

pratiques
d'enseignement
et rapport au
savoir

Adopter le point de vue constructiviste suppose donc des réaménagements importants sur le plan des pratiques pédagogiques et cela n'est possible que si l'enseignant n'est plus le porteur de vérités toutes faites et finies, et l'enseigné le récepteur passif et a-social de celles-ci. En bref, l'enjeu ne concerne pas la seule conception de la science qu'ont les uns et les autres, mais aussi leur conception plus particulière de ce que signifie l'établissement d'un rapport au savoir, en l'occurrence scientifique. C'est du moins l'une des conclusions que nous pouvons tirer d'une recherche* en

* La recherche dont il est question dans cet article, et qui a été rendue possible grâce à une subvention du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, a fait l'objet d'un livre (Larochelle & Désautels, 1992). Par ailleurs, nous avons déjà traité du thème que nous privilégions ici lors d'un colloque dont les actes ont été publiés en anglais sous la direction de Reinders Duit, Fred Goldberg et Hans Niedderer (*Research in physics learning. Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: Institute for Science Education, 1991) qui nous ont permis de ré-utiliser cette publication pour les fins du présent article. Nous tenons à remercier Wilfrid Bilodeau, professeur à l'Université Laval, et Vasco Moretto, étudiant au doctorat à

milieu scolaire que nous avons menée dans cette perspective. Dans les pages qui suivent, nous relatons quelques éléments du contexte de cette recherche, puis nous présentons quelques-uns des points de vue des étudiants et étudiantes à propos des objets de réflexion privilégiés au cours de cette recherche, par le biais de la mise en oeuvre d'une stratégie pédagogique dite de dérangement épistémologique. Nous verrons comment l'étude du point de vue des étudiants sur leur rapport au savoir scientifique enseigné est instructive, voire troublante, quant aux représentations habituelles que l'on entretient à l'égard de leurs compétences de cognition. En fait, ils nous ont beaucoup appris et nous ont conduits à réviser la teneur des modèles de cognition les plus courants en didactique des sciences. En effet, le plus souvent, ces modèles, qui se réclament du constructivisme et postulent donc le caractère *actif* de la cognition, sont toutefois peu loquaces sur le statut épistémologique des agents de cette cognition, que ceux-ci soient en situation d'apprentissage (les étudiants) ou de production de connaissances officielles (les scientifiques).

1. QUELQUES ÉLÉMENTS DE LA PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

À première vue, les problèmes que pose l'apprentissage des sciences peuvent être compris comme des problèmes de contenu. C'est du moins l'un des enseignements que l'on peut tirer du vaste programme de recherche (1) qui a pignon sur rue dans le domaine de la didactique des sciences depuis les années soixante-dix et qui a permis de renverser la prépondérance des interprétations à saveur empiriste de ces problèmes. En effet, par la mise au jour et l'étude du contenu des conceptions que se sont fabriquées les étudiants à l'égard des phénomènes de leur quotidien (qu'il s'agisse de la chute d'un corps ou de la trajectoire d'un mobile), ce programme a conduit à re-découvrir la pertinence de l'une des propositions du constructivisme, à savoir que toute pratique éducative ne peut faire l'économie du savoir des apprenants : il faut composer avec !

on ne peut faire fi
du savoir des
apprenants et
apprenantes

la même université, qui ont participé au déroulement de l'expérimentation en milieu scolaire. Nous aimerions aussi souligner l'apport des discussions que nous avons eues notamment avec différents chercheurs en didactique des sciences (G. Aikenhead, K. Khun et I. Mitchell) et des mathématiques (G. Arsac, P. Cobb et T. Wood).

La finalité de l'enseignement des sciences en question

Toutefois, malgré le regain pour la considération du savoir des apprenants, force nous est de constater que la finalité de l'enseignement des sciences n'est guère changée. C'est toujours la promotion des conceptions scientifiques qui prime *au détriment* de celles que se sont construites les apprenants. Les premières auraient pour elles les vertus que leur ont attribuées les philosophes et que les scientifiques ont repris à leur compte, à savoir la cohérence, l'objectivité, l'universalité et, surtout, une valeur prédictive. Quant aux secondes, qui ne jouiraient pas de la même immunité épistémologique, elles seraient incomplètes, voire erronées, superficielles, locales et inaptées à toute modélisation féconde, étant donné leur contamination par le savoir commun. Qui plus est, pour quelques auteurs, leur déploiement récapitulerait, en raccourci, l'évolution présumée de la pensée depuis les débuts de l'humanité. Certains étudiants auraient ainsi une conception du mouvement analogue à celle d'Aristote ou encore une théorisation des caractères acquis qui s'apparenterait aux propos de Lamarck. Au-delà des objections que peuvent soulever ces parallèles entre les contenus de pensée (Piaget et Garcia, 1983 ; Lythott, 1983) (on peut en effet se demander comment Aristote-enfant pensait !), on retrouve en filigrane dans cette comparaison, tout comme dans l'interprétation courante des conceptions dites spontanées des étudiants, le même idéal de sanction du savoir des apprenants qui n'est pas sans rappeler la normativité du projet positiviste. En d'autres termes, "composer avec" le savoir des apprenants ne modifie guère le protocole de l'enseignement proposé par les empiristes : ce sont toujours les mêmes "schémas de docilité" (2) au savoir établi qui sont véhiculés, les mêmes dépréciations du savoir commun qui sont affirmées au profit de l'orthodoxie scientifique dont on sait, par ailleurs, quel enjeu social représente la reconnaissance de son autorité (3).

Pourtant, si l'on met en suspens un tant soit peu la valorisation induite dont font l'objet les conceptions scientifiques, on peut se demander en quoi leur inculcation peut légitimement prétendre à modifier les conceptions des apprenants, puisque les unes et les autres relèvent de croyances et de postulats différents et ne poursuivent pas les mêmes finalités (Tiberghien, 1989). Par ailleurs, compte tenu de la forme d'inculcation qui existe en contexte scolaire et qui, le plus souvent, relève de la réification du savoir en cause (en le présentant, entre autres, comme un savoir achevé), n'est-il pas illusoire de penser que ce savoir pourra être approprié par les étudiants ? Comment peut-on négocier un savoir réifié ? Comment donner relief et sens à un savoir décontextualisé (Brown, Collins et Duguid, 1989), c'est-à-dire un savoir dont les conditions et contingences de production sont gommées ?

mais cela change-t-il la finalité de l'enseignement des sciences ?

savoir savant et savoir commun ou d'expérience ne sont pas interchangeables

le rapport au
savoir dans les
classes de
sciences :
inhibant ou
émancipatoire ?

En somme, ne peut-on pas penser que la non-appropriation patente du savoir scientifique par les étudiants témoigne en quelque sorte de leurs compétences réflexives : pourquoi s'approprieraient-ils un savoir qui, dans leur cadre de référence, leur paraît dénué de signification et, partant, d'intérêt ? Pourquoi s'approprieraient-ils ce savoir alors qu'ils sont dans une situation qui ne leur permet guère l'accès aux ressources qui sont nécessaires pour le comprendre, n'étant confrontés qu'à des résultats, qu'à un savoir constitué et justifié, où est occulté le fait qu'au départ ce savoir était un problème et que celui-ci pour être tel dépendait, entre autres, d'une théorie, d'un langage et d'un sujet qui le structurent (Meyer, 1979) ? D'autre part, pourquoi devraient-ils faire un effort de conceptualisation, alors que, la plupart du temps, c'est à un engagement cognitif passif (Balacheff, 1986) qu'on les convie, puisqu'ils doivent retrouver une solution déjà trouvée, comme l'illustrent éloquentement les études portant sur les activités en laboratoire (Delamont, Beynon et Atkinson, 1988 ; Lessard, 1989) ? En deux mots, n'est-ce précisément pas parce qu'ils en savent long sur l'école et sur le type de rapport au savoir qui y est privilégié, qu'ils agissent comme ils le font ?

Certes, pour d'aucuns, l'orientation de nos interrogations semblera pour le moins optimiste : les étudiants ne partagent pas tous une même vigilance et conscience critiques, du moins sur le plan discursif. Toutefois, comme nous avons pu l'observer au cours d'une recherche récente, ils font montre d'une théorisation de l'enseignement des sciences dont la perspicacité est souvent bien plus élevée que celle d'intervenants dans le domaine. En effet, par le biais de la mise en œuvre de la stratégie dite de dérangement épistémologique, nous avons ainsi pu recueillir auprès d'étudiants nombre d'informations liées aux interrogations précitées, dont l'étude tend à montrer que le développement et la complexification de leurs compétences de cognition à l'égard du savoir scientifique sont favorisés par ce qu'on pourrait appeler à la suite de Giddens (1987), la "réhabilitation de la subjectivité", entendue comme la reconnaissance du caractère actif, réflexif et orienté de la pensée humaine. En d'autres termes, il semble que pour comprendre les enjeux et la signification de la production du savoir scientifique et de ses produits, il soit nécessaire que les étudiants se conçoivent et se structurent comme acteurs de leur cognition plutôt que de se confiner au rôle de récitant exemplaire du savoir des autres. Avant d'examiner leurs propos sur cet aspect de la transformation de leur rapport au savoir scientifique, quelques mots sur les circonstances de leur production (Vignaux, 1976), soit la stratégie pédagogique en cause et le traitement analytique des discours recueillis.

réhabiliter une
subjectivité
réflexive

2. QUELQUES ÉLÉMENTS DU CONTEXTE DE LA RECHERCHE

s'exercer à la
démocratie
épistémologique

Dans la foulée des préoccupations précitées, nous avons pensé une stratégie pédagogique qui donne un statut épistémologique plus actif aux élèves et à l'enseignant, intègre le caractère réflexif, conflictuel, inachevé et contingent de toute prise et production de connaissance et permet aux uns et aux autres de se familiariser avec le jeu très sérieux de la production du savoir scientifique. Cette stratégie dite de dérangement épistémologique vise ainsi à faciliter chez les étudiants le questionnement de leurs représentations en vue de les dépasser, et ce, grâce au développement d'une capacité de réfléchir et d'interroger, de manière critique, les postulats et finalités qui orientent leurs stratégies de construction de connaissance et celles des autres, nommément les scientifiques. En d'autres termes, il s'agit de favoriser l'occasion d'exercer une "démocratie épistémologique", en prenant conscience qu'il y a des points de vue, une diversité d'argumentations, etc.

l'illusion de la
re-découverte

En ce sens, cette stratégie s'intéresse aux activités de construction et de négociation qui permettent d'imputer au savoir ainsi produit un statut de scientificité plutôt qu'à un contenu conceptuel et disciplinaire particulier. Ce choix tient à plusieurs raisons dont les suivantes. D'une part, il nous importait de rompre avec le pattern habituel de sollicitation (Voigt, 1985) qui, malgré quelques variations de parcours, conduit inévitablement à la ré-institutionnalisation du savoir déjà établi, ce dont les étudiants ne sont pas dupes sachant bien que "la réponse est déjà trouvée" et qu'à plus ou moins brève échéance elle leur sera divulguée, voire imposée. D'autre part, il est pour nous illusoire de penser que les étudiants réinventeront en quelques heures le contenu des concepts et théories qui sont le produit et l'enjeu de débats et de controverses, parfois séculaires, au sein de la communauté scientifique. La pédagogie de la re-découverte serait d'ailleurs l'une des quasi malhonnêtetés de l'enseignement des sciences, comme le souligne Driver (1983), les concepts et théories étant toujours imposés à l'expérience et non pas déduits de celle-ci. Enfin, il nous importait également de rejoindre une population d'étudiants ayant des intérêts divergents sur le plan des études. Nous estimons en effet que la compréhension des divers enjeux qui traversent la production du savoir scientifique est importante pour ceux et celles qui s'orientent aussi bien vers les sciences humaines que vers les sciences dites naturelles. Cela dit, examinons brièvement quelques composantes de cette stratégie.

2.1. La stratégie du dérangement épistémologique

La stratégie de dérangement épistémologique consiste, au sein d'une classe, à simuler deux conditions du jeu de la production du savoir scientifique que l'on peut résumer comme suit :

- *le savoir scientifique est un savoir construit, inventé* (les scientifiques élaborent des concepts, lois et théories afin de donner une signification aux phénomènes qu'ils modélisent et ainsi répondre aux questions qu'ils se posent relativement à ces modèles) ;
- *le savoir scientifique est un savoir négocié et argumenté* (la production du savoir scientifique est une entreprise essentiellement collective : il n'y a pas de science idiosyncratique. Les modèles et les solutions proposés sont soumis à l'évaluation des pairs qui en apprécient la pertinence logique et expérimentale par rapport au savoir établi. Par ailleurs, ces critères explicites s'appuient également sur des critères tacites, tels que les croyances métaphysiques, le prestige des chercheurs, etc.).

le savoir scientifique est un savoir construit et négocié

L'actualisation de ces conditions dans le contexte de la simulation repose notamment sur l'usage du logiciel *L'énigmatique* (Désautels, Lauzon et Larochelle, 1987) et prend la forme suivante : chaque groupe de trois étudiants forme une équipe de recherche qui dispose d'un laboratoire (microordinateurs), et a pour travail d'imaginer des solutions aux problèmes suscités par les diverses situations énigmatiques. L'énigme qui se pose aux chercheurs est reliée au comportement inattendu "d'entités" inconnues émises par l'un ou l'autre des quatre émetteurs disposés autour d'un carré opaque, et dont on peut repérer les traces à l'écran. Ainsi, comme l'illustre la figure 1, on constate que la trace laissée par une entité a changé d'orientation à la suite d'une possible interaction qui a eu lieu sous le carré opaque, alors qu'on aurait pu s'attendre qu'elle demeure rectiligne.

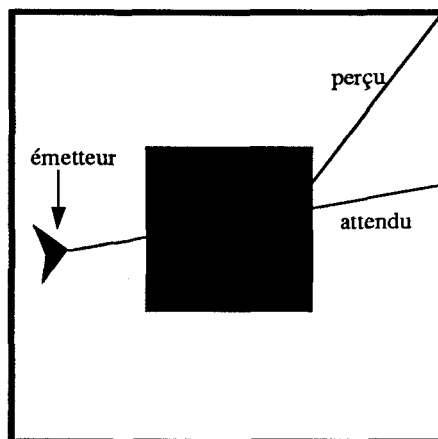


Figure 1

Ce sont éventuellement les différences entre les attentes des chercheurs et ce qu'ils perçoivent à l'écran, qui peuvent donner lieu à l'élaboration d'un problème à résoudre. Que signifie l'apparente déviation observée ? Y aurait-il un "objet" caché derrière le carré opaque qui permettrait de rendre compte du comportement des entités ? Est-il possible d'en construire un modèle explicatif ? Comment élucider cette situation énigmatique ?

rompre avec
l'habitude de
«la» réponse

Il nous faut tout d'abord souligner le fait que le logiciel permet de créer d'intéressantes situations de recherche. En effet, en aucun moment les chercheurs ne pourront "voir" derrière le carré opaque, tout comme les chercheurs scientifiques ne "voient" pas, par exemple, les forces gravitationnelles, les forces électro-magnétiques ou les électrons. Les chercheurs ne pourront par ailleurs jamais consulter une instance extérieure, que ce soit un manuel ou l'animateur, pour savoir s'ils ont fourni la bonne réponse, pas plus que les scientifiques ne peuvent (explicitement du moins) en appeler à une instance occulte pour vérifier la plausibilité des explications qu'ils élaborent afin de résoudre les problèmes qu'ils se posent. À l'instar de la communauté scientifique officielle, le groupe d'étudiants doit donc se donner des règles qui lui permettent d'opérer une discrimination et une sélection entre les diverses explications qui seront proposées. Et c'est par les discussions qui auront lieu et la qualité des arguments déployés que se développera un ou des consensus autour d'une ou plusieurs explications plausibles. En cas de litige, les protagonistes devront retourner à leurs laboratoires respectifs afin de mettre à l'épreuve les modèles proposés et développer une nouvelle argumentation. Mais, comme toute situation de recherche, il est des cas où deux modèles seront également plausibles et alors la petite communauté scientifique aura à vivre comme la grande, dans le doute, l'indécision... et la compétition !

2.2. La stratégie-en-action : une illustration

À titre d'illustration, examinons l'un des raisonnements possibles qui permet de fournir une explication aux comportements des entités tel que le propose la figure 1. La figure 2 offre un exemple des données recueillies, à la suite de plusieurs émissions.

On peut, de prime abord, penser que les entités sont déviées à la suite d'une collision avec un obstacle. En prolongeant les traces incidentes et déviées (indiquées respectivement par les majuscules et minuscule), on détermine leurs points de rencontre. Ces points de rencontre correspondent aux endroits où les entités sont déviées. Les points paraissant alignés, on n'a qu'à les relier par une droite pour obtenir la forme de l'obstacle présumé et expliquer ainsi le comportement des entités. Mais... s'agit-il vraiment de la "réalité" cachée par le carré ? Comment juger s'il en est bien ainsi ?

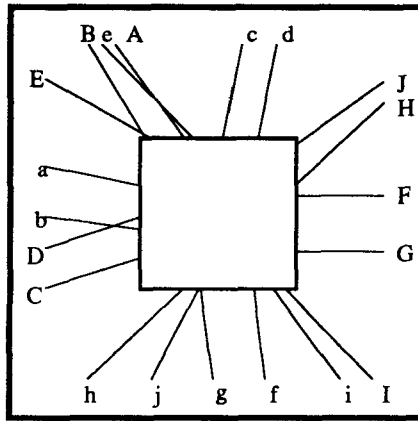


Figure 2

C'est au cours de la modélisation de ces explications qu'intervient la stratégie dite de dérangement épistémologique, en invitant les chercheurs à préciser les fondements de leurs explications, à réfléchir sur les limites de ces fondements et leur validité et à se construire collectivement, à l'instar des communautés scientifiques, des critères et des règles d'acceptation des modèles. Illustrons succinctement l'un des aspects de ce questionnement épistémologique dans le contexte de l'exploration que nous venons d'évoquer.

Le raisonnement qui supporte cette exploration — en apparence élémentaire — s'appuie sur une série de suppositions implicites dont les étudiants, en général, ne prennent pas conscience spontanément. Pour amorcer cette prise de conscience, il faut questionner les différentes étapes du raisonnement. En effet, d'entrée de jeu, ce raisonnement ne suppose-t-il pas que les chercheurs ont postulé l'existence d'un obstacle masqué par le carré ? Qu'ils ont aussi fait l'hypothèse que les entités se comportent comme des balles miniatures qui rebondissent après une collision avec un objet matériel solide ou encore comme des rayons lumineux qui sont réfléchis par un miroir ? Or, ces suppositions ne constituent-elles pas une première modélisation (implicite) des événements observés ?

Poursuivons l'analyse du raisonnement qui aurait permis de construire la présumée "forme" de l'obstacle. Les points ont été reliés par une droite — en fait, un segment ; comment peut-on être certain qu'il en est bien ainsi et qu'il n'y a pas de vides entre les points de rencontres retenus, par exemple ? Il est certes possible d'émettre une entité qui suivra une trajectoire appropriée, ce qui permettra d'obtenir éventuellement un point médian entre deux points, mais, de nouveau la question se pose : entre ce nouveau point et les autres, qu'en est-il ? Combien d'entités faudrait-il émettre

l'incontournable
nécessité de
supposer
pour produire
un savoir

pour obtenir une "certitude" ? Une infinité ? N'est-il pas nécessaire d'extrapoler et de supposer la continuité de "l'objet" caché ? Et, d'ailleurs, comment savoir s'il n'existe pas des "trous" qui seraient plus petits que les entités et qui ne pourraient pas, par conséquent, être détectés ? Par ailleurs, que doit-on supposer au sujet des trajectoires des entités qui disparaissent derrière le carré ? Si l'on prolonge les traces pour obtenir les points de rencontre, ne faut-il pas supposer que les entités continuent en ligne droite ?

Résumons-nous : parmi les suppositions implicites qui sous-tendent la construction de "l'image" de l'obstacle imaginé, on trouve celles-ci : l'existence d'un obstacle qui fait dévier les entités ; la nature "matérielle" ou "lumineuse" des entités ; le caractère rectiligne des trajectoires ; la continuité de l'obstacle. Mais ces suppositions sont elles-mêmes tributaires d'autres suppositions telles les suivantes : c'est la même entité qui ressort du carré ; si l'entité est une sphère matérielle, celle-ci n'est pas en rotation sur elle-même ; l'entité ne glisse pas sur la surface de l'obstacle ; il n'y a pas de force à distance (gravitationnelle, électrique ou autre) qui s'exerce entre l'entité et l'obstacle ; l'obstacle ne se déforme pas sous "l'impact" de l'entité.

Cette liste n'épuise certes pas toutes les suppositions implicites dans la construction de l'image de la forme de l'obstacle. Mais elle nous permet d'illustrer que cette image de l'obstacle est en fait un *modèle* — en l'occurrence, un modèle iconique. Ce modèle construit est fonctionnel, puisqu'il permet d'expliquer les expériences de cognition des chercheurs. Mais il est impossible d'affirmer ou de *prouver* que le modèle est une copie de la "réalité".

En somme, ce type de questionnement permet de poser le problème des limites de validité de la connaissance, en encourageant le repérage des suppositions nécessaires à la construction de cette connaissance. Toutefois, il est important de noter que les divers questionnements que nous avons menés diffèrent quelque peu de celui-ci. En effet, il était important de ne pas court-circuiter, comme nous l'avons fait ici à des fins de clarification théorique, le processus de repérage des présupposés qui guident l'élaboration des explications ; c'est une compétence intellectuelle que les étudiants devaient apprendre à développer ou à maîtriser, selon le cas, aidés en cela par le questionnement que nous mettions en œuvre selon notre compréhension de leur réflexion discursive et en action. Par ailleurs, nous considérons que la mise en branle de ce processus de repérage importait davantage que le nombre de présupposés inventoriés. D'autre part, la compétence intellectuelle associée à cette métaréflexion, bien que nécessaire au développement de toute réflexion critique, ne suffit pas, selon nous, à saisir la variété des conditions de production d'une connaissance. C'est pourquoi des questions similaires, au sens où elles encouragent l'investigation plutôt que la récitation d'une

un modèle
témoigne des
itinéraires
cognitifs de sa
construction et
non pas d'une
réalité en soi

réfléchir sur les
tenants et
aboutissants de
sa propre
réflexion

réponse, ont également porté sur la reconnaissance de la plausibilité de cette connaissance et sur les négociations (de sens et, dans certains cas, de pouvoir) qu'elle suppose à la suite des discussions "publiques" qu'ont tenues les équipes (les colloques) ou encore lors des discussions "privées" que nous pouvions entretenir avec chaque étudiant dans le cadre de la production écrite (les journaux) de leurs réflexions sur leurs façons de réfléchir. En effet, en plus de permettre aux étudiants de conduire un procès effectif de production de connaissance, la stratégie intègre des occasions de réflexions pouvant les aider à éclairer et à rendre compte de ce procès. Divers outils et formes d'interaction leur ont été ainsi proposés (4) depuis la tenue d'un cahier de laboratoire d'équipe, la production d'un journal "épistémologique" personnel, jusqu'à la réalisation d'affiches permettant aux équipes de confronter leurs modélisations lors de colloques scientifiques dont ils avaient la responsabilité de gestion. Plus précisément, ces colloques se déroulaient sous la supervision d'un jury de trois membres (élus à même le groupe classe) dont le mandat consistait à évaluer les travaux présentés et à désigner les équipes susceptibles de recevoir des subventions de recherche, compte tenu de la qualité de leurs travaux.

Cette stratégie a été mise en œuvre à l'intérieur d'un cours régulier de philosophie de la formation des étudiants au collégial, à raison de trois heures par semaine durant douze semaines. Trente-cinq étudiants, dont la moyenne d'âge était de 17 ans et cinq mois, composaient le groupe-classe. Ils avaient en moyenne suivi six cours de science au secondaire et trois au collégial.

2.3. Le traitement analytique

De nature essentiellement qualitative, l'étude des matériaux recueillis a donné lieu à plusieurs opérations analytiques. En effet, comme le principal outil de cueillette, c'est-à-dire le journal, favorisait l'expression d'un processus de production, plutôt que la seule mention des produits de cette production (comme c'est le cas pour les entrevues structurées ou les questionnaires à développement restreint), nous ne pouvions nous contenter d'effectuer un découpage des matériaux selon les seuls objets de réflexion qui caractérisaient ces discours (Glaser et Strauss, 1967, 1970 ; Strauss, 1990). Cela ne nous permettait pas d'intégrer au sein de notre analyse la continuité des discours ou, en d'autres termes, leur inévitable temporalité.

Aussi, à la suite de l'examen de la distribution temporelle des objets de discours, nous avons opté pour l'angle d'analyse suivant, c'est-à-dire : aborder les objets de discours en tant qu'amorce ou résultante de processus de cognition qui les sous-tendent et, éventuellement, les relient, afin de cerner la fonction de ces objets, inaccessible par la seule étude de leur contenu. Outre l'intérêt indiscutable de cet angle

les processus de
cognition
priviliégiés par les
étudiants et
étudiantes : une
reconstruction

analytique, nous rejoignons ainsi l'un des objets de discours des étudiants. En effet, en se penchant sur leurs façons de connaître et sur celles des scientifiques, les étudiants ont évoqué diverses démarches de connaissance ou en ont fait usage, démarches qu'il nous a semblé utile de ré-utiliser, à notre tour, pour rendre compte de leurs discours.

Nous avons ainsi effectué le découpage final des matériaux selon les processus de cognition qui semblent régir leur expression :

- a) la *clarification scolaire*, qui recouvre les énoncés qui ne font que confirmer ou nier une proposition plutôt que de témoigner de la position de leur auteur ;
- b) la *clarification épistémologique*, qui renvoie essentiellement à une sorte d'intériorisation discursive que font les étudiants de concepts qui sont couramment associés à l'entreprise scientifique ou à leur propre entreprise de production ;
- c) la *structuration*, qui caractérise les énoncés qui sont plutôt axés sur l'examen critique d'objets ou d'activités de connaissance ;
- d) et, enfin, la *dialectisation* qui, tout en procédant d'une structuration, va dans le sens d'une théorisation des objets et activités de connaissance, et tient compte de la pluralité des significations que peuvent comporter ces objets et ces activités selon le contexte. En ce sens, ce processus pourrait aussi être qualifié d'"*envol épistémologique*".

À titre d'information, notons que sur les trente-cinq étudiants, six ont fait un usage accusé du processus de clarification scolaire, alors que cinq autres y ont eu recours à quelques occasions, sans pour autant en faire un registre de réflexion usuel. De manière générale, ce sont les processus de clarification épistémologique et de structuration qui marquent le discours de plus des deux tiers des étudiants, étant entendu que, dans plusieurs cas, la frontière entre ces processus est délicate à tracer. En effet, le processus de structuration prend souvent forme à partir d'un processus de clarification, comme si le fait de s'expliquer un concept, par exemple, en favorisait la re-théorisation. Enfin, si le processus de dialectisation est contenu en germe dans certains cas de structuration, il n'est présent explicitement que dans le discours de deux sujets. Dans les pages qui suivent, les matériaux que nous présentons procèdent essentiellement des processus de clarification épistémologique et de structuration (un seul développement tenant de l'envol épistémologique). Bien que nous ayons opté pour une présentation qui traduit le développement temporel effectif des discours, ceux-ci prenant d'abord forme en une clarification puis en une structuration, le lecteur averti sera à même de constater le fréquent enchevêtrement de ces processus au sein d'un même énoncé.

3. QUELQUES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS*

Un examen de l'ensemble des discours révèle qu'un bon nombre d'étudiants ne s'étaient jamais arrêtés à réfléchir aux matières problématiques proposées dans le cours. Cela s'est exprimé de diverses façons, comme on peut l'observer dans l'extrait qui suit, à propos de leur façon de connaître :

C'est incroyable le nombre de choses que j'ai remises en question depuis le début de ce cours à la suite de vos commentaires sur mes journaux et de la recherche comme telle. Je dois avouer que je ne m'attendais pas du tout à changer quoi que ce soit après ce cours et que je suis très surprise de tout ce que j'ai découvert depuis le début de la session. Je croyais tout savoir sur la production de connaissances scientifiques et plus le cours avance, moins j'ai l'impression que j'en connais, plus je découvre de choses dont je n'imaginai même pas qu'elles puissent exister. (S-12 : 10)

Ces témoignages répétés nous amènent à penser que la plupart des étudiants n'avaient pas auparavant problématisé la connaissance et sa production, ni la leur, ni celle dite scientifique. Or, tant et aussi longtemps qu'un sujet ne peut pas envisager que la connaissance et sa production font problème, il lui sera très difficile d'imaginer d'autres possibles, d'autres jeux de la connaissance que celui qu'il tient pour évident, comme l'exprime si bien l'énoncé qui suit :

C'est très difficile de prendre conscience que je fais des relations. Je tire des hypothèses à propos de L'énigmatique et ces hypothèses reposent sur des conceptions profondément ancrées en moi qui font que je n'ai aucune espèce d'idée du pourquoi c'est comme cela [...]. J'ai remarqué qu'il est très difficile de prendre conscience que ce que nous avançons repose souvent sur des postulats que l'on prend comme certitudes. C'est tellement difficile qu'il faut nous faire prendre conscience que ce sont des postulats sinon on ne s'en serait même pas aperçu. (S-9 : 5)

Ainsi, la problématisation d'un thème, qu'il s'agisse d'un contenu particulier dans un champ du savoir ou de la production du savoir scientifique, constitue une condition nécessaire à la complexification conceptuelle. Or, selon les matériaux recueillis, il semble que la stratégie pédagogique qui a été mise en œuvre a contribué au développement de ce processus de problématisation et a constitué pour la majorité des étudiants une source assez importante de perturbations, qu'ils et elles ont reconnues comme telles, ce qui les a amenés à fabriquer des problèmes et à tenter d'y apporter des solutions. Parmi les objets de réflexion abordés par les étudiants, le statut épistémologique qui leur est générale-

la
problématisation
du savoir : un
préalable à la
complexification
conceptuelle

* Les symboles qui suivent les énoncés cités renvoient à l'auteur du discours (S-1 signifie sujet 1 et ainsi de suite jusqu'à 35) et à la page de son journal d'où est extraite la citation.

ment accordé en contexte scolaire est sans contredit le plus prégnant. En plus de comporter de précieuses informations pour quiconque s'intéresse aux compétences de cognition des étudiants et à leur pouvoir de les développer, l'étude des considérations épistémologiques des étudiants nous confronte de plein fouet au paradoxe des modèles de cognition active qui ont cours en didactique des sciences, et qui tient au fait que ces modèles d'action sont, la plupart du temps, conçus en l'absence de tout acteur et actrice ! Examinons d'abord les considérations des étudiants puis, dans une dernière section, la re-problématisation du développement conceptuel qu'elles nous suggèrent.

3.1. Le retour de l'acteur et de l'actrice

Cet intitulé que nous empruntons en partie à Touraine (1984) illustre bien l'orientation des réflexions effectuées par les étudiants sur leur propre statut de sujet apprenant. Que ce soit par une lecture de plus en plus critique de leur statut usuel d'apprenant en contexte scolaire ou encore par des développements relatifs à leur nouveau statut dans ce cours, la notion de sujet apprenant constitue ainsi une des idées clés du rapport qu'ont établi les étudiants avec l'objet de la stratégie du dérangement épistémologique.

3.2. Autour de l'idée de sujet apprenant

• La clarification : le sujet récitant

L'examen du statut d'apprenant prend d'abord forme dans la *clarification* que font les étudiants des diverses déterminations qui marquent leur marge de manœuvre en milieu scolaire. De manière générale, c'est l'asymétrie de la relation didactique qu'ils remettent en cause et, plus particulièrement, l'autorité non pas rationnelle mais bien traditionnelle qui la sous-tend et qui ne contribue guère à l'exercice de leur sens critique.

Un de mes professeurs de science nous a expliqué un "principe" en nous disant pour commencer : "Je ne sais pas pourquoi c'est ainsi, je ne peux pas vous l'expliquer mais croyez-moi." Était-ce prudent de le suivre les yeux fermés sans poser de questions sur la nature ou les raisons de l'existence de ce principe ? Je ne crois pas. Pourtant personne n'osa répliquer et tout le monde le crut... Personne ne savait pourquoi [...] Il s'est servi de son autorité, sa "supériorité" pour nous faire valoir la validité de ce qu'il disait. (S-15 : 7)

La majorité des cours au collégial sont des cours dits "magistraux". Le professeur donne sa théorie et nous devons tout "gober", sans nous poser de questions. Je crois que nous avons tellement confiance en nos professeurs, en leurs théories, que ceux-ci pourraient nous berner sans que nous nous en rendions compte. Ce n'est pas de notre faute, ce n'est pas parce que nous sommes stupides, on ne nous laisse pas le temps de réfléchir ni de critiquer les notions ou les théories proposées. (S-7 : 1)

autorité
traditionnelle
versus autorité
rationnelle

Cette situation contribuerait à confiner les étudiants à un rôle exemplaire de récitant et d'exécutant, qu'ils intériorisent, voire s'approprient, malgré le peu d'intérêt cognitif qu'il comporte... et qu'ils dénoncent.

Tous les cours que j'ai suivis sont basés sur l'apprentissage de matières scientifiques qu'il faut absorber sans demander le bien-fondé de ces recherches. Notre sens critique est mis à "0", on prend ces informations comme la vérité absolue. Une fois embarqué dans ce système, je crois que l'on y prend goût parce qu'on s'habitue à cette méthode qui ne demande en fait qu'une certaine compréhension et un petit effort de mémorisation ; notre curiosité s'efface peu à peu et j'irais même jusqu'à dire qu'on développe une paresse intellectuelle et donc une baisse d'intérêt qui peut nuire pour l'avenir. (S-32 : 1)

les cours de sciences : un scénario déjà écrit...

Certains noteront même, de façon explicite, l'effet constitutif de ce rôle dans leur représentation de l'activité de production de connaissances scientifiques jusqu'à ce jour :

Personnellement, je ne pensais pas qu'il pouvait exister une différence entre la réalisation de la recherche et sa présentation au public. Je pensais que ce qu'on nous présentait [à l'école] était vraiment la recherche elle-même. Ma perception est sûrement due au fait qu'aujourd'hui les cours de sciences sont tout programmés et dessinés d'avance. C'est-à-dire que, lorsqu'on fait une expérience quelconque dans n'importe laquelle des sphères de sciences, nous sommes toujours en face d'une recette ou d'un plan d'expérience que nous devons suivre à la lettre si nous voulons arriver aux résultats escomptés. Cette pratique fait de nous de parfaits petits robots qui sont récompensés par des points sur un bulletin. Je ne pense pas que l'on puisse vraiment appeler cela de la "science". (S-21 : 11)

Pour la plupart des étudiants, la re-lecture de leur statut habituel et de ses effets dépréciatifs donne lieu, à un moment ou l'autre de leurs parcours, à une autre forme de dépréciation. En effet, l'examen de leur participation à l'accomplissement d'une relation pédagogique qui leur semble fort discutabile, conjugué à l'expérience du statut de producteur et de productrice à laquelle nous les invitions, les conduisent à repérer des écarts entre leurs actions habituelles de cognition en contexte scolaire et le discours critique qu'ils tiennent sur celui-ci. Dans certains cas, cette prise de conscience n'est que momentanément éprouvante, et semble rapidement jugulée par la satisfaction de mettre à l'épreuve leur capacité d'élaborer leurs propres explications :

...ou un scénario à écrire ?

Cela peut paraître ridicule à première vue, mais bien que je sois en sciences je n'ai jamais eu vraiment l'occasion de donner mon opinion. J'ai appris à appliquer des "théories scientifiques" sans jamais me demander s'il pouvait exister autre chose de plus sensé. Par l'intermédiaire de ce cours, les rôles ont changé ; c'est à mon tour d'expliquer certains phénomènes [...] de pouvoir enfin exploiter toutes [mes] ressources afin d'accomplir un projet personnel et non arriver à une réponse toute trouvée et écrite à la fin du manuel. (S-1 : 2)

les plaisirs et les
angoisses de la
conquête d'un
nouveau statut
épistémologique

On observe également, de manière générale, que l'enthousiasme de gérer les tenants et aboutissants d'un projet de recherche n'oblitére pas pour autant les heurts et grincements conceptuels qui sont inévitablement associés à cette responsabilité, et avec lesquels les étudiants ne sont guère familiers. Théoriser, imaginer, argumenter, négocier, sont certes des activités qui évitent l'engourdissement cognitif et dont ils semblent se réjouir. Toutefois, elles supposent l'abandon parfois malaisé d'habitudes scolaires bien ancrées.

En effet, qu'il s'agisse de contenus ou d'habitudes de connaissance ou encore de traits de caractère que s'attribuent les étudiants, la "conquête du carré noir", comme dit l'une (S-31 : 13), n'est pas toujours des plus conviviales ! De fait, on remarque à plusieurs reprises des bouleversements cognitifs parfois locaux, d'autres fois généralisés, sur lesquels la majorité des étudiants se sont attardés avec une intensité encore là variable. Pour certains, ces bouleversements font l'objet de développements, alors que d'autres les évoquent brièvement, comme l'illustre cet énoncé : "[Votre] recherche est bien organisée, même si elle nous pose des problèmes sur la manière d'être (on peut se sentir drôle et même se remettre en question)" (S-27 : 2).

On observe ainsi chez quelques étudiants une sorte de mise en pièces de leurs compétences personnelles, et qui semble, selon certains, particulièrement pénible. En effet, non seulement elle accuserait, selon leurs dires, une certaine ignorance, mais, de notre point de vue, déborderait rapidement leur seule représentation d'eux-mêmes pour aboutir à une remise en cause troublante des idées et pratiques de connaissance établies, dont celles dites scientifiques :

Ce que j'ai appris depuis le début du cours et le début des journaux personnels, c'est que je ne sais rien. Du moins, pas grand-chose. Je ne sais rien des choses que je croyais connaître. Je croyais que la science était reliée à la connaissance. Je me rends compte maintenant qu'elle est beaucoup plus reliée à l'ignorance. Qu'est-ce qu'on sait dans le fond ? Tout ce que j'appelais "le savoir" est maintenant bien relatif. Ce ne sont que des hypothèses plausibles qui n'ont pas encore été démenties.

Je ne sais plus pourquoi on "doit" savoir puisqu'on ne sait rien. [...]. Je me pose souvent cette question. J'étudie pour avoir les meilleurs résultats possibles et je ne sais pas où tout ça va me mener. On nous "bourre" le crâne à l'école de connaissances sans pour autant nous familiariser avec ce qu'on apprend. Ce qu'on apprend, deux jours après l'examen, n'est plus très précis dans notre esprit. C'est encourageant de penser que demain, ça sera nous qui occuperons les postes de scientifiques, médecins, administrateurs et éducateurs. Belle perspective ! (S-15 : 7, 11)

• **La structuration : le sujet producteur**

Toutefois, on peut aussi observer que les processus réflexifs de clarification des étudiants de même que les effets cognitifs parfois "difficiles à prendre" qui en émergent et même persistent, semblent, a posteriori, annonciateurs de transformations, voire d'objectivations. En effet, le repérage des diverses déterminations du statut d'apprenant n'épuise pas toutes les opérations effectuées simultanément ou postérieurement par les étudiants sur le sujet. Comme plusieurs de leurs opérations de clarification à l'égard d'autres concepts, celle-ci se transforme graduellement en une nouvelle *structuration* de leur représentation de leur statut et de leur participation à leur propre processus de formation, qui s'accompagne fréquemment d'une idée de connaissance moins figée. L'extrait qui suit illustre bien l'émergence de ce type de structuration. En effet, on y remarque une sorte de décentration du "sujet psychologique", ou, à tout le moins, une émancipation qui pointe vers une double structuration, à savoir : celle de soi en tant que sujet connaissant et celle de l'objet de connaissance qui n'est plus conçu comme un simple élément de mémorisation :

J'ai réalisé que ma façon de connaître était "classique" ; on m'explique quelque chose, on me dit "c'est ça", avec bien sûr des preuves. J'assimile sans trop me poser de questions et je remets tout identique sur le papier. Avec cette expérience, on apprend à fonctionner autrement. J'avoue qu'au début j'aurais donné n'importe quoi pour avoir un cours classique ! J'ai appris que la connaissance c'est beaucoup plus un questionnement que du bourrage de crâne. (S-9 : 14)

Dans d'autres cas, et il faut voir là encore une fois l'illustration de l'hétérogénéité des parcours, la transformation dont témoigne cette nouvelle structuration se situe à l'opposé de cette décentration. En fait, elle consiste justement en une centration sur le "sujet psychologique", opération qui, jusqu'à ce jour, aurait été évitée, notamment par crainte d'une dévalorisation :

Il faut bien le dire en partant, c'est bien la première fois de ma vie que je réfléchis et que j'essaie d'explorer en profondeur une énigme qui finalement n'a pas de réponse. C'est une chose qui est très difficile car depuis que je suis toute petite, j'ai toujours réfléchi et j'en suis toujours arrivée à une conclusion, à une réponse sûre. Il m'est arrivée à plusieurs reprises de me demander si j'étais vraiment dans la bonne piste lors de ma première démarche de recherche. Je devenais tellement mêlée que j'oubliais par volonté mes nouvelles idées qui généralement venaient détruire les autres et je continuais où j'étais rendue. Plus je réfléchissais, plus je devenais perdue. Je crois que le fait d'avoir plein d'idées et de n'en arriver à aucune conclusion logique me rendait insécure et c'est la raison pour laquelle je m'en tenais seulement à ma piste de recherche initiale. Il y a plein de questions dans nos vies,

où la clarification
cède le pas à la
structuration

tous les jours, que personne ne peut résoudre avec certitude, et auxquelles je ne prête pas attention. Je pense que cela est dû à mon incertitude, ma peur envers ce type de réflexion. Ce cours m'a apporté jusqu'à maintenant un peu plus de volonté à dépouiller ce qui m'entoure et me fait plus réfléchir avant de tirer des conclusions sur des choses, malgré la confusion que j'ai eue en cours de route sur ma façon de penser et de voir les choses. (S-29 : 8)

D'autres évoqueront leur sensibilisation nouvelle à une attitude de vigilance cognitive et l'importance de son maintien :

La plus importante découverte fût pour moi lorsque je me suis rendu compte que j'avais une grande facilité à accepter ce que les autres me disaient. Surtout lorsque j'entendais mes professeurs de chimie et de physique qui expliquaient des phénomènes. C'est rare que l'on peut les voir nous expliquer d'où cela vient et pourquoi c'est ainsi. Ils répètent ce qui est écrit dans les volumes et c'est tout. Avant je ne me préoccupais pas de cela. Et maintenant je le fais. (S-23 : 10)

Pour la majorité des étudiants, cette nouvelle structuration procède de leurs propres activités de recherche et de la prise de conscience graduelle du caractère construit des connaissances, que la réflexion sur ces activités suscite. Les éléments clés de cette réflexion constituent les principaux points d'aiguillage de notre analyse dont on trouvera le détail ailleurs (Larochelle et Désautels, 1992). Mais, à titre indicatif, il n'est sans doute pas inutile d'en inclure quelques illustrations, notamment parce qu'ils traduisent de manière intéressante le rapport d'appartenance que les étudiants, au titre de sujet connaissant, ont établi avec l'objet du cours.

Ainsi, la compréhension de "l'importance de postuler et de supposer" (S-2) semble être à l'origine de cette structuration pour quelques-uns. Le long extrait qui suit, et que l'on peut qualifier d'envol épistémologique, illustre bien cet aspect, de même que le "ludisme" cognitif qu'il a entraîné, aux dires mêmes de son auteure qui souligne que "les différents concepts et leurs relations et interactions devenaient complexes mais amusants" (S-3 : 10).

Au cours de la recherche, plein d'idées nous sont venues en tête. Pour chaque idée, il fallait avoir de la suite dans les idées, et de la logique. Si l'on décidait que les entités émises se comportaient comme des rayons lumineux, il fallait, du même coup, supposer que ce qu'il y avait derrière le rectangle opaque devait être fait de matière réfléchissant la lumière. Par contre, si l'on supposait que ce qu'il y avait derrière le rectangle opaque n'était pas nécessairement fait de matière réfléchissant la lumière, il fallait alors trouver une autre nature aux entités. Il fallait toujours faire le lien entre la nature des entités et celle de ce que l'on supposait y avoir derrière le rectangle opaque. Mais il devenait encore plus difficile de s'entendre et de s'arrêter à une conclusion finale si

supposer et
postuler : une
activité ludique

l'on extrapolait. On pouvait aussi s'arrêter sur les entités seules. On pouvait supposer qu'il n'y avait rien derrière le rectangle opaque, alors la nature des entités devenait particulière. On pouvait, pour ce cas, donner la vie aux entités et supposer qu'elles se comportaient de façon régulière, de manière à créer l'impression d'un quelconque objet derrière le rectangle opaque, en lui donnant une allure, une forme. Mais toujours en complétant les entrées et les sorties des entités. En allant plus loin, si on leur donnait de la vie, on pouvait discuter d'instinct, ou de réelle intelligence, qui sait ? (S-3 : 9)

où la notion
d'erreur retrouve
son sens
étymologique

Pour d'autres étudiants, plus nombreux, la structuration aurait été favorisée par la prise de connaissance réflexive (plutôt que normative) de ce qu'ils appellent "leurs erreurs". De fait, pour la plupart, ces "erreurs", d'abord conçues comme la manifestation de failles personnelles, en viennent à être comprises comme des détours, voire des changements de cap inévitables qu'il y a d'ailleurs avantage à ne pas sous-estimer : ils permettent, entre autres, d'éviter l'enfermement dans une seule avenue de recherche et, même s'ils conduisent à des impasses, ils n'en sont pas moins porteurs d'informations qui ajoutent à l'expertise d'une équipe de recherche :

Les erreurs et les détours, ce sont ces éléments qui nous conduisent à des résultats. Il est clair que lorsque les travaux privés sont une recherche, celle-ci doit contenir des erreurs et des détours de la part des chercheurs. S'il n'y avait pas d'erreurs, de détours, il n'y aurait pas de recherche car l'on connaîtrait le résultat et si une réponse, un résultat nous étaient donnés, les détours et les erreurs seraient automatiquement éliminés [...] Mais si une équipe se compare avec une autre (pour vérifier les résultats, c'est la seule façon car personne ne connaît les réponses) et qu'ils obtiennent les mêmes résultats, ils risquent fort bien d'avoir emprunté les mêmes étapes. On peut alors vérifier s'il y a eu des détours, des cheminements inutiles réalisés par une équipe. Mais, encore là, on peut prendre cela dans un autre sens. On pourrait dire aussi que l'équipe qui a pris le plus grand nombre d'étapes (détours) pour parvenir à un résultat final, est mieux placée que l'autre. Ces détours ou erreurs peuvent être considérés comme des données supplémentaires à la recherche, des preuves, des vérifications. (S-2 : 25)

Enfin, pour quelques étudiants, ce sont plutôt les débats entre équipes qui les ont incités à réviser leurs comportements de cognition et à y déceler une "erreur" d'économie cognitive, si l'on peut dire. En effet, selon leurs dires, c'est la généralisation de leurs habitudes de connaissance à une situation-problème qui dépasse celles-ci, qui les a conduits à sous-estimer les termes mêmes du problème :

Je crois que les conclusions que nous avons amenées étaient trop basées sur les observations. C'est sûr que c'est important de ne pas être en conflit avec les observations mais je

pense que nous y avons consacré tout de même trop de temps. Nous aurions dû analyser plutôt le comportement des "lignes" qui sortaient des diffuseurs. Une autre chose oubliée, c'est l'étude de la "ligne diagonale trouée". Cette "diagonale" aurait pu être beaucoup de choses, mais nous nous sommes simplifié la tâche en la définissant comme quelque chose qu'on voit régulièrement. Nous avons restreint nos possibilités en évitant d'aller au-delà des réalités habituelles. (S-34 : 9)

En somme, si l'on revient aux préoccupations initiales de notre recherche, soit initier les étudiants aux jeux et enjeux du savoir scientifique et de sa production, quels enseignements peut-on tirer de ce "retour du sujet" quant à la pertinence et la faisabilité de la stratégie ?

Pour plusieurs raisons, cette stratégie nous semble pertinente et faisable. Elle est pertinente notamment puisque les étudiants transforment effectivement leur idée de science. Désormais, pour la majorité d'entre eux, la science résulte de l'activité concrète d'acteurs et d'actrices sociaux et de normes que ceux-ci se donnent pour en reconnaître la valeur. Il en découle un modèle de science qui se distingue de leurs modèles antérieurs par le pouvoir créateur et, surtout, le pouvoir de théoriser qu'il comporte : postuler, supposer, jauger collectivement de la plausibilité des résultats plutôt qu'en appeler à une censure occulte, autant de conquêtes théoriques importantes qui témoignent de l'appropriation effectuée par les étudiants tout au long du déroulement de la stratégie.

Par ailleurs, en ce qui concerne la problématique du développement et de la complexification de l'idée de science des étudiants, nous pouvons observer que ceux-ci reposent sur le développement et la complexification de l'univers de sens duquel cette idée participe, comme l'illustrent les propos que nous venons de présenter : avant de parler de la science, les étudiants parlent d'eux, examinent leurs conditions de sujet connaissant et, finalement, transforment la portée de celui-ci : ils ne sont pas que des re-producteurs mais aussi des producteurs de connaissance. L'énoncé qui suit tend d'ailleurs à montrer que la parenté des processus que les étudiants établissent entre la production de connaissances scientifiques et leur propre production contribue au développement d'une représentation plus avvertie et beaucoup moins fataliste de l'une et de l'autre :

J'avoue que je n'ai jamais vraiment pensé au processus de production du moins jusqu'à maintenant. Mais je crois que c'était plutôt genre "inspiration du ciel" ! J'ai vite perdu cette version simpliste du processus de production [...] Mon idée de la science a vraiment évolué depuis le début des cours. Pour moi, j'ai toujours cru que les chercheurs scientifiques étaient des génies à l'intelligence deux ou trois fois plus grande que la nôtre. Mon idée était qu'ils se levaient un bon matin en disant aujourd'hui : "Aujourd'hui, j'ai à résoudre ce problème". Ils s'installaient devant leur feuille de papier et là

les étudiants et étudiantes recouvrent leur statut de théoricien...

... et de producteur

leur intelligence fonctionnait toute seule. Ils produisaient alors des connaissances scientifiques. Mais, d'après mes propres expériences, j'ai réalisé que ce n'était pas du tout comme ça. Il faut travailler et faire des essais et des erreurs, c'est en travaillant très fort que l'on arrive à quelque chose. (S-9 : 13)

De plus, en donnant forme aux préoccupations qu'ils ont sélectionnées, en agissant donc réflexivement sur un objet, les étudiants expérimentent l'effet de cette action, soit une certaine maîtrise sur leurs actions de cognition. À la fin du cours, ils se reconnaissent, avec étonnement pour certains, avec satisfaction pour la plupart, la possibilité de nouveaux comportements de cognition qui infléchissent en quelque sorte leurs représentations antérieures d'eux-mêmes.

Je pense que ce cours m'a permis d'aller plus en profondeur dans mes questionnements. Avant, lorsque j'affirmais quelque chose, je ne regardais pas s'il y avait d'autres possibilités, je pensais que c'était évident. Lors du premier cours à la salle d'ordinateurs, nous avons découvert qu'il y avait une diagonale dans le carré. J'étais absolument certaine que c'était la solution, que c'était évident, qu'on avait des preuves ! Je pense que je réagissais comme cela dans d'autres domaines également. Tout était évident. Maintenant, je prends le temps de réfléchir, de bien réfléchir. (S-33)

En bref, les étudiants se transforment en construisant leur rapport à l'objet du cours, et ils s'y transforment parce que ce dernier permet, par la mise en relief de perspectives conformes à leurs préoccupations, d'agir sur ces préoccupations. En effet, tout semble indiquer qu'en permettant l'émergence et le développement d'un pouvoir réflexif à l'égard de la production du savoir scientifique, ce contexte facilite aussi chez les étudiants la prise de conscience de leurs propres processus de formation. En conclusion, examinons brièvement les questions que suscitent ces résultats au regard du caractère actif de la cognition.

3.3. Le caractère actif de la cognition ... revu et corrigé par les acteurs et les actrices

La reconnaissance du caractère actif de la cognition n'est pas chose récente dans le domaine de l'éducation ni dans celui plus particulier de la didactique des sciences. Les travaux de Plaget ne sont certes pas étrangers à cette situation, bien que l'interprétation qui en est généralement proposée ne leur rende guère justice. En effet, le plus souvent, le concept d'action ne prend son sens qu'en opposition avec celui de réception qui caractérise les perspectives empiristes de la cognition. De ce fait, il signifie tout simplement que les personnes n'acquiescent pas passivement les informations, mais les reconstruisent de manière active selon des opérations intellectuelles qui vont se complexifiant. Mais si, comme le soutient le constructivisme, la cognition est

l'enrichissement
des possibles :
une finalité
éducative
prometteuse

“*agie*” et non pas “*subie*”, elle procède donc d'un agent, d'un acteur. Or, quelles sont les caractéristiques de cet acteur ? Quels enseignements pouvons-nous tirer de l'élucidation de son statut pour le renouvellement des pratiques pédagogiques quotidiennes ?

des modèles
d'action sans
acteur !

Les modèles de cognition active que propose la didactique des sciences sont peu loquaces sur le statut de l'acteur de cette cognition (5). On reconnaît certes que ses structures de cognition présentent plus d'un lien de parenté avec celles de ses condisciples ; on met également en exergue la similitude de ses contenus de pensée avec ceux des autres de son groupe d'âge, de même que les métaphores implicites dont il fait usage et qui renvoient à une symbolique culturelle commune à plusieurs personnes. Toutefois, lorsqu'on examine les attentes entretenues à l'égard de cet acteur, il semble doté d'un pouvoir de cognition considérablement restreint. En effet, en règle générale, ses compétences de cognition seront surtout sollicitées en vue d'une transformation des conceptions qu'il s'est construites, selon les tenants et aboutissants des conceptions scientifiques sur le sujet (6). Autrement dit, ce qu'on attend de cet acteur, c'est qu'il puisse jouer un scénario déjà écrit sur une scène déjà prête. Le caractère actif de la cognition est alors confiné au déploiement que cet acteur peut faire d'une batterie d'opérations intellectuelles dont, en outre, le contrôle et l'appréciation lui échappent (7). En effet, ce sont les personnes extérieures à son jeu (celles qui ont écrit la pièce ou aménagé la scène) qui évalueront cette cognition en procédant souventes fois par le relevé de ce qu'il n'a pas fait. C'est ainsi que l'on dira que les adolescents et adolescentes ont des difficultés de compréhension à l'égard du savoir scientifique, *parce qu'ils n'ont pas atteint le stade formel ou encore parce qu'ils n'ont pas des représentations préalables appropriées des concepts en cause*. Utile dans certains cas, ce traitement par la négative ne nous informe toutefois pas sur les compétences d'action des adolescents, sur ce qu'ils font ou peuvent faire.

l'acteur est
l'auteur de son
changement
conceptuel

Compte tenu des matériaux que nous avons pu recueillir, le concept d'acteur qui sous-tend la théorie du social développée par Giddens nous semble particulièrement pertinent pour rendre compte du procès intellectuel qu'ont effectué les étudiants à l'égard de leur double statut de producteur et d'apprenant. En effet, prenant son sens à partir d'un réseau de concepts qui met l'accent sur les caractères actif et réflexif des conduites humaines, le concept d'acteur permet non seulement d'envisager une interprétation dynamique des conceptions dites spontanées, mais aussi de nuancer grandement les modèles de changement conceptuel qui se fondent sur une perspective à tendance mécaniste dudit changement (8) :

“Cette croyance néglige, entre autres, le fait que la compréhension ou la connaissance qu'ont les êtres humains de leur

propre histoire est en partie constitutive de ce qu'est cette histoire et de ce qui contribue à son changement. [...]

[Car] les êtres humains font leur propre histoire en ayant connaissance de cette histoire, c'est-à-dire en tant qu'êtres réflexifs qui ne se contentent pas de "vivre" le temps mais qui, en même temps, se l'approprient de façon cognitive." (Giddens, 1987 : 39, 297)

En somme, le degré de "compréhension" qu'a l'acteur d'une situation dont il fait partie contribue à orienter ses conduites dans cette situation. Il ne s'agit donc pas d'une sorte de "marionnette" cognitive qui performe au gré des contraintes et mouvances institutionnelles (9). C'est plutôt un acteur compétent qui a la capacité d'un contrôle réflexif sur ses conduites et celles des autres, et la capacité de rationaliser son action (10), selon la connaissance (ou les croyances) qu'il a des circonstances de celle-ci (1987, p. 43). À cet égard, les matériaux que nous avons recueillis sont éloquentes : les étudiants savent ce qu'ils peuvent faire et ne pas faire dans les classes de science. La citation qui suit illustre d'ailleurs le fait que son auteure est consciente que les contraintes institutionnelles, le plus souvent, ne permettent qu'un seul type d'action : "Si... je m'opposais..., je me verrais arrêtée dans mon cheminement scolaire. Je ne passerais pas, donc je recommencerais" (S-2 : 1). Par ailleurs, même si l'idée de science que les étudiants tiennent au début du cours est discutable, elle est néanmoins conforme au statut de spectateur de la connaissance qu'ils s'attribuent, ce qui une fois de plus illustre leur compétence d'acteur.

Mais qu'observe-t-on lorsque l'on change les contraintes ou, plutôt, lorsque celles-ci offrent non pas une seule possibilité d'action (la soumission) mais plusieurs ? Encore là, les matériaux recueillis sont instructifs : certains sujets continueront à jouer le jeu de la routine scolaire habituelle ; d'autres développeront des conduites qu'ils disent nouvelles mais d'application régionale au sens où elles ne sont déployées qu'à l'intérieur du contexte qui les autorise (soit le cours) ; d'autres enfin feront montre d'une structuration à tendance plus globalisante qui non seulement porte sur les objets et les processus de connaissance, mais aussi, dans certains cas, laisse transparaître, chez l'auteur, une estime accrue de son pouvoir d'estimation (11). Mais, en tout état de cause, on ne peut s'empêcher d'observer que la plupart des étudiants ont pu, au sein d'un tel contexte, prendre conscience de leur pouvoir de construction, de leur capacité "à créer une différence". En effet, que l'on pense à la mise en pièces qu'ils font de leur statut d'apprenant et à la redéfinition qui s'ensuit de la portée de ce statut ; ou encore à l'émergence de leurs capacités de "problématiser" la connaissance et sa production et à la transformation de leur idée de science qui en découle ; voilà quelques aspects qui témoignent, selon nous, de cette capacité tout comme de la

lorsque les
contraintes sont
aussi des
ressources

réflexivité qui la sous-tend. Ce faisant, les étudiants ont pu accroître leur compétence de contrôle sur les contextes auxquels ils participent, tout comme leur capacité de rationalisation, c'est-à-dire de compréhension continue (tacite ou discursive) du fondement de leurs activités.

En l'occurrence, il nous semble que les conceptualisations habituelles du caractère actif de la cognition doivent être reconceptualisées pour intégrer "une théorie de l'acteur" (ou suivant les termes de la cybernétique non-triviale, "une théorie de l'observateur"), qui tient compte des théorisations des étudiants, que celles-ci portent sur la science, sur leur cognition ou sur leurs processus de formation. Cela suppose certes que nous ré-examinions sérieusement les pratiques d'enseignement des sciences et les mises entre parenthèses plus ou moins élégantes, plus ou moins subtiles, qu'on y fait de leur compétence d'acteur, tout comme de celle des scientifiques d'ailleurs. Mais, somme toute, l'envol épistémologique constructiviste n'est pas réservé aux seuls étudiants...

Jacques DÉSAUTELS
 Marie LAROCHELLE
 Départements de didactique
 et de psychopédagogie
 Université Laval (Québec),
 CIRADE
 Université du Québec à Montréal

NOTES

- (1) La bibliographie réalisée par Pfundt et Duit (1991) illustre bien l'extension de ce programme dans divers domaines, alors que l'article de Gilbert et Watts (1983) en retrace de façon intéressante les postulats et les finalités poursuivies. Voir aussi Désautels et Laroche (1989) en ce qui a trait aux modèles épistémologiques "spontanés" d'adolescents et adolescentes.
- (2) Cette idée est de Foucault (1975).
- (3) Voir notamment le développement fort intéressant que propose Leclerc (1989) du concept de discipline scientifique et de ses enjeux sociaux.
- (4) On trouvera le détail de ces composantes dans Laroche et Désautels (1992).
- (5) Cette affirmation appelle quelques nuances. En effet, les travaux de Pope (1982) et de Wheatley (1989), notamment, présentent un traitement du sujet apprenant qui rejoint certaines de nos préoccupations. Les premiers toutefois procèdent d'une perspective plutôt psychologique alors que les seconds, qui vont plus loin dans la considération du caractère social du savoir scientifique, tendent à ne considérer cette socialité que sous le seul angle de sa reconnaissance par un groupe d'individus. En fait, comme on l'entend couramment, tout semble se passer comme si l'on opposait individu et social, plutôt qu'individu et collectif. Or, comme le rappelle Giddens (1987), l'individu n'est pas moins social... Enfin, les travaux de Hodson (1988) sur l'usage du micro-ordinateur en classe de sciences reposent sur une conception du sujet apprenant qui va dans le sens d'une reconnaissance de son statut de *producteur*.

- (6) Parmi les travaux qui ne visent pas cette substitution, ceux de Hills (1983, 1989) sont particulièrement intéressants. Par ailleurs, Gilbert, Osborne et Fensham (1982) soulignent, également l'utilité de rendre explicite, en classe de science, le point de vue des enfants et le point de vue des scientifiques afin de développer non pas "la science des scientifiques" mais bien le point de vue des enfants. Toutefois, leur désignation de ce point de vue par le vocable "children' science" nous semble discutable. En effet, bien que ce ne soit pas le but visé par ces chercheurs, ce vocable peut laisser croire que ce qui est intéressant doit nécessairement porter l'étiquette "scientifique".
- (7) Du moins, l'interprétation courante en didactique des sciences n'en fait pas mention, même si les travaux de Piaget, desquels elle s'inspire, montrent qu'à tous les stades du développement intellectuel, l'action du sujet est nécessairement récursive.
- (8) Ainsi, on peut penser au statut qu'accordent les stratégies du conflit cognitif à la contradiction, comme si la résolution de celle-ci ne pouvait être pensée qu'en termes de changement. Or, comme d'autres avant nous l'ont déjà remarqué, une situation conflictuelle peut être aussi bien source de dynamisme que source de stabilisation d'un état de choses ou encore, dans les cas extrêmes, de régression. (Pour ce dernier aspect, voir notamment l'analyse que fait Giddens des travaux de Bettelheim portant sur les expériences qu'il a vécues avec ses compagnons dans les camps de concentration, 1987, pp. 109-112.) Nous avons pu observer d'ailleurs tout au long de cette recherche comment le questionnement épistémologique n'était pas d'emblée émancipatoire. Pour certains étudiants, il semble même avoir constitué à certains moments de leurs parcours une menace à ce que nous pourrions appeler, à la suite de Giddens (1987, p. 110) "la 'certitude' des routines institutionnalisées", quelques-uns allant même jusqu'à remettre en cause leurs compétences de cognition.
- (9) Giddens souligne que, lorsque les contraintes réduisent à un seul type d'action le nombre de possibilités d'action, le plus souvent l'acteur conclura qu'il vaut mieux se soumettre, ce choix négatif procédant du désir de l'acteur d'éviter les conséquences de sa non-subordination :
- "L'agent "ne pouvait pas agir autrement" dans la situation parce qu'une seule option était possible, compte tenu de ce que voulait l'agent. ... il ne faut pas confondre ce qui précède avec le "ne pouvait pas faire autrement" qui marque la frontière conceptuelle de l'action ; ... Quand une seule option est faisable, la conscience [awareness] d'une telle limitation, conjuguée à ce que veut l'agent, constitue la raison de sa conduite."* (1987, p. 374)
- (10) Ceci ne signifie pas qu'il puisse en rendre compte aisément sur le plan discursif, l'explication orale étant aussi affaire de socialisation. Voir à ce sujet la réflexion de Giddens (1987)
- (11) Telle cette étudiante qui, lors de l'une des premières séances de travail à l'ordinateur, nous a fait part de son angoisse à "chercher ainsi" car, disait-elle, depuis son enfance elle n'aurait appris qu'à répéter et non pas à imaginer. Or, les propos qu'elle tient dans ses derniers journaux traduisent le développement d'une estime de soi qui semble contribuer à ses nouvelles conduites de ténacité à l'égard des problèmes qui, antérieurement, suscitaient un désarroi cognitif... et affectif.

OUVRAGES CITÉS

BALACHEFF, N. Cognitive versus situational analysis of problem-solving behaviors. *For the Learning of Mathematics*, 6 (3) : 10-12, 1986.

BATESON, G. *Vers une écologie de l'esprit*. Tome 1. Paris : Éd. du Seuil, 1977.

BROWN, J.S., COLLINS, A. & DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1) : 32-42, 1989.

CALLON, M. & LATOUR, B. (dir.) *La science telle qu'elle se fait*. Paris : Éd. La Découverte, 1991.

DELAMONT, S., BEYNON, J. & ATKINSON, P. In the beginning was the bunsen : the foundation of secondary school science. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 1 (4) : 315-329, 1988.

DÉSAUTELS, J. & LAROCHELLE, M. *Qu'est-ce que le savoir scientifique ? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Québec : Presses de l'Université Laval, 1989.

DÉSAUTELS, J., LAUZON, B. & LAROCHELLE, M. *L'énigmatique, un logiciel pour l'enseignement des sciences*. Québec : Centre d'enseignement et de recherche en informatique Clément Lockquell, 1987.

DRIVER, R. *The pupil as Scientist ?* Milton Keynes, ENG. : Open University Press, 1983.

FOUCAULT, N. *Surveiller et punir. Naissance de la prison*. Paris : Gallimard, 1975.

GIDDENS, A. *La constitution de la société*. Paris : Presses Universitaires de France, 1987.

GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. & FENSHAM, P.J. Children' science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66 (4) : 623-633, 1982.

GILBERT, J.K. & WATTS, M. Concepts, misconceptions and alternative conceptions : changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10 : 61-98, 1983.

GLASER, B.G. & STRAUSS, A.L. *The discovery of grounded-theory. Strategies for qualitative research*. Chicago : Aldine, 1967.

GLASER, B.G. & STRAUSS, A.L. "Discovery of substantive theory : a basic strategy underlying qualitative research", pp. 288-304, dans : Filstead, W.J. (ed.) *Qualitative Methodology. Firsthand involvement with the social world*. Chicago : Rand McNally College, 1970.

GLASERSFELD, E. von. "L'apprentissage en tant qu'activité constructive", pp.70-101, dans : Bergeron, J. & Herscovics, N. (dir.) *Actes de la cinquième rencontre annuelle PME-NA*. Tome 1. Montréal : North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 1983.

HILLS, G. *Misconceptions misconceived ? Using conceptual change to understand some of the problems pupils change to understand some of the problems pupils have in learning science*. Ithaca, N.Y. : Cornell University, Proceedings of the International Seminar "Misconceptions in Science and Mathematics", pp. 264-275, 1983.

HILLS, G. Students' "untutored" beliefs about natural phenomena : primitive science or commonsense ? *Science Education*, 73 (2) : 155-186, 1989.

HODSON, D. Computer assisted learning : an alternative to lab work ? *New Zealand Science Teacher*, 56 : 40-44, 1988.

LAROCHELLE, M. & DÉSAUTELS, J. *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Québec/Bruxelles : Presses de l'Université Laval et De Boeck Wesmael, 1992.

LAWSON, H. "Stories about stories", pp. xi-xxviii dans : Lawson, H. & Appignanesi, L. (eds.) *Dismantling truth. Reality in the post-modern world*. New York : St. Martin's Press, 1989.

LECLERC, M. La notion de discipline scientifique et ses enjeux sociaux. *Politique*, 15 : 23-51, 1989.

LESSARD, N. *Une étude ethnographique d'un laboratoire de chimie en contexte scolaire : activités expérimentales ou activités rituelles ?* Québec : Université Laval, Thèse de maîtrise non publiée, 1989.

LYTHOTT, J. "Aristotelian" was given as the answer, but what was the question ? Ithaca, N.Y. : Cornell University, Proceedings of the International Seminar "Misconceptions in Science and Mathematics", pp. 276-284, 1983.

MEYER, M. *Découverte et justification en science. Kantisme, néopositivisme et problématique*. Paris : Klincksieck, 1979.

PFUNDT, H. & DUIT, R. *Bibliography : Students' alternative frameworks and science education* (3rd edition). Germany : Institute for science education, 1991.

PIAGET, J. & GARCIA, R. *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Éd. Flammarion, 1983.

POPE, M. Personal construction of formal knowledge. *Interchange*, 13 (4) : 3-14, 1982.

RUEL, F. "À propos du constructivisme", pp. 18-32, dans : Larochelle, M. & Désautels, J. *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Québec/Bruxelles : Presses de l'Université Laval et De Boeck Wesmael, 1992.

SHAPIN, S. SCHAFFER, S. *Leviathan and the air pump. Hobbes, Boyle, and the experimental life*. New-Jersey : Princeton University Press, 1985.

STRAUSS, A.L. *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge : Cambridge University Press, 1990.

TIBERGHIEN, A. "Phénomènes et situations matérielles : quelles interprétations pour l'élève et le physicien ?", pp. 93-102, dans : Bednarz, N. & Garnier, C. (dir.) *Construction des savoirs. Obstacles et conflits*. Montréal : CIRADE et Agence d'Arc, 1989.

TOURAINÉ, A. *Le retour de l'acteur*. Paris : Éd. Fayard, 1984.

VIGNAUX, G. *L'argumentation. Essai d'une logique discursive*. Genève : Librairie Droz, 1976.

VOIGT, J. Patterns and routines in classroom interaction. *Recherches en Didactique des mathématiques*, 6(1) : 69-118, 1985.

WHEATLEY, G.H. *Constructivist perspectives on mathematics and science learning*. A paper presented at the First International Conference of the History and Philosophy of Science in Science Teaching, Tallahassee : Florida State University, November, 23 pages, 1989.