La démarche d'investigation depuis la théorie anthropologique du didactique : les parcours d'étude et de recherche

*The inquiry-based method as seen from the anthropological theory of the
didactic: the study and research path*

Floriane Wozniak

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/7578>

DOI : 10.4000/ree.7578

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Référence électronique

Floriane Wozniak, « La démarche d'investigation depuis la théorie anthropologique du didactique : les parcours d'étude et de recherche », *Recherches en éducation* [En ligne], 21 | 2015, mis en ligne le 01 janvier 2015, consulté le 24 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/ree/7578> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.7578>

Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

La démarche d'investigation depuis la théorie anthropologique du didactique : les parcours d'étude et de recherche

Floriane Wozniak¹

Résumé

Nous aborderons la démarche d'investigation comme la mise en œuvre d'une praxéologie dont l'objet est de construire une réponse à une question. Il s'agit alors de transformer le milieu de la situation adidactique – regardé comme « un bout de nature » dénué d'intention didactique – en une source d'informations, un média. Ce processus didactique, appelé dialectique des médias et des milieux en théorie anthropologique du didactique, fournit les matériaux à partir desquels la réponse peut être produite. Le schéma herbartien qui décrit la pédagogie de l'enquête propre aux parcours d'étude et de recherche peut alors être regardé comme une modélisation de la démarche d'investigation. Nous montrerons comment ce modèle permet ainsi d'envisager les conditions sur le milieu – relatives à la topogenèse, la mésogenèse et la chronogenèse – comme conditions du recours effectif à une démarche d'investigation.

La théorie anthropologique du didactique se donne comme programme de recherche l'étude des conditions et des contraintes de la diffusion des savoirs et savoir-faire – regardés comme étroitement imbriqués et modélisés par les praxéologies – vers les personnes et les institutions. Pour Yves Chevallard (2007, p.12), « *L'idolâtrie, le fétichisme des œuvres et des savoirs a, en quelques décennies, créé un paysage scolaire ravagé, où l'on étudie des œuvres "privées de sens", comme on dit, qui ne seraient plus désirables qu'en elles-mêmes – en soi et pour soi – et non pour ce qu'elles permettraient de comprendre et de faire en le comprenant.* » Or ce fétichisme des œuvres, cette évanescence des questions qui les ont fait naître trouvent leur source selon Michel Meyer (2010, p.2), dans la quête de certitude des hommes. Ainsi, « *la crainte de ne rester qu'avec du problématique et la quête de certitude ont effacé le questionnement de l'ordre des résultats* » et « *le fondement réel de la démarche, le questionnement, a été ainsi expulsé de la pensée comme un moment inessentiel par rapport au résultat, aux réponses.* » Mais « *si les hommes préfèrent les certitudes, il n'empêche qu'elles aussi résultent de questions à résoudre. Comme elles disparaissent une fois résolues, cela conforte l'impression que tout commence avec les "réponses", qui dès lors ne répondent plus à rien, se soutenant d'elles-mêmes au nom de "la" vérité* ». Le phénomène didactique qu'Yves Chevallard (2004) appelle la « *monumentalisation des savoirs* », serait l'accomplissement de leur inéluctable destin. C'est alors à l'école de redonner vie aux savoirs pétrifiés en faisant renaître les questions dont ils sont issus. C'est pour répondre à ce besoin que la notion de parcours d'étude et de recherche fondée sur une pédagogie de l'enquête a été introduite (Chevallard, 2011a).

L'objet de ce texte est de présenter le schéma herbartien qui décrit l'étude d'une question par un système didactique comme un modèle potentiel de la démarche d'investigation. Ceci nous conduira à mettre en évidence comment les conditions sur le milieu peuvent être considérées comme des critères d'un recours à cette démarche.

¹ Maître de conférences, Université de Strasbourg, ESPE de l'académie de Strasbourg, Institut de Recherches Interdisciplinaires sur les Sciences et la Technologie (IRIST).

1. La démarche d'investigation

Comme le soulignent Maryline Coquidé, Corinne Fortin et Guy Rumelhard (2009, p.57) « *L'investigation, comme mise en situation de recherche de l'élève, n'est pas une nouveauté. Elle s'inscrit dans une tradition pédagogique, issue de Dewey, Bruner, Wallon, Freinet, Piaget, où l'élève est actif.* » La démarche d'investigation, telle qu'elle apparaît dans les programmes d'enseignement français des sciences au BOEN n°5 hors-série du 25 août 2005, est ainsi issue d'une double filiation. D'une part, la volonté d'un abord fonctionnel des savoirs, d'autre part le recours au modèle de la démarche scientifique comme praxéologie de référence. Dans l'introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques, le paragraphe intitulé *Les méthodes* réserve une section à la démarche d'investigation qui identifie « *sept moments essentiels* » d'« *une séquence d'investigation* » : le choix d'une situation-problème par le professeur ; l'appropriation du problème par les élèves ; la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ; l'investigation ou la résolution conduite par les élèves ; l'échange argumenté autour des propositions élaborées ; l'acquisition et la structure des connaissances ; l'opérationnalisation des connaissances. La démarche d'investigation telle qu'elle est instituée (DI^o dans la suite) recouvre ainsi plus que la seule recherche d'une réponse à un problème, elle est une démarche pédagogique, qui fait de l'investigation le moteur des apprentissages reprenant le processus de recherche tel que le décrit, par exemple, Daniel Gil Perez (1993).

Concernant les mathématiques, la démarche d'investigation est associée à la résolution de problèmes en prenant pour ligne de démarcation avec les sciences, le rapport à l'expérience et le mode de validation (Hersant & Orange-Ravachol, 2012). Or, faire du rapport à l'expérience une ligne de démarcation entre sciences et mathématiques apparaît comme contestable. Ainsi, pour le mathématicien Daniel Perrin (2007, p.10), « *les mathématiques sont aussi une science expérimentale et une science d'observation* » comme en témoigne la description qu'il donne de sa pratique de chercheur :

« [...] je propose une méthode d'investigation systématique, que je n'hésite pas à désigner sous le nom de méthode expérimentale. Elle comprend plusieurs étapes, à répéter éventuellement :

- expérience,
- observation de l'expérience,
- formulation de conjectures,
- tentative de preuve,
- contre-expérience, production éventuelle de contre-exemples,
- formulation de nouvelles conjectures,
- nouvelle tentative de preuve, etc. » (ibid.)

Ce que nous retiendrons, c'est que la DI^o est une méthode d'enseignement, une manière de faire et de penser l'enseignement des sciences, une praxéologie au sens de la théorie anthropologique du didactique, qui vise à aborder les savoirs enseignés de manière fonctionnelle comme réponse à des questions en donnant toute sa place à l'activité (scientifique) de l'élève. Elle est une incarnation pédagogique d'une vision bachelardienne des sciences : « *Avant tout il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit.* » (Bachelard, 1938, p.14).

2. Les parcours d'étude et de recherche

En septembre 2000, est introduit en classe de première de lycée – élèves entre seize et dix-sept ans –, un nouveau dispositif didactique, les travaux personnels encadrés (TPE dans la suite), dans lequel les élèves doivent travailler en autonomie « *sur un projet articulant des notions issues des programmes de deux disciplines dominantes de la série* ». Pour ce faire, ils sont conviés à tenir « *un carnet de bord* » et produire « *une réalisation concrète qui fera l'objet d'une communication orale* ». Il s'agit là d'« *une innovation pédagogique forte de la réforme du lycée et un enjeu stratégique important, symbolique de toute une évolution des pratiques pédagogiques* » (ministère de l'Éducation nationale, 2000, p.134). Sortir l'élève de l'autarcie disciplinaire dans laquelle il était jusqu'alors confiné est en effet novateur. Au point que, pour Yves Chevallard (2002, p.183), « *on peut espérer que les TPE participent à un mouvement aujourd'hui crucial de (re)motivation des connaissances et savoirs diffusés par l'École* » car ils « *apparaissent formellement très proches du schéma fondamental de l'étude, par lequel on peut définir la diffusion signifiante des connaissances.* »

C'est dans la continuité de ce mouvement que la notion de parcours d'étude et de recherche va se développer comme un moyen d'unifier et de mettre en perspective un ensemble d'activités d'étude et de recherche (AER) qui visent à refonder les savoirs et leurs raisons d'être : « *Alors que, dans une AER, on s'efforce d'étudier une question ad hoc Q_j , censée engendrer un savoir mathématique S_j déterminé, extrait d'une suite de savoirs $(S_i)_{i \in I}$ préprogrammée, dans la genèse "naturelle" des connaissances, et donc dans ce qu'on formalisera ici sous le nom de PER, les choses vont, si l'on peut dire, à l'envers : au lieu de partir d'un savoir S_i , on part – très normalement – d'une question inaugurale Q , dont l'étude conduira à étudier des questions dérivées Q_k , en fonction des besoins de connaissance engendrés par l'étude de Q et en fonction aussi des décisions prises par le collectif d'étude (la classe, l'équipe de TPE en classe de première, etc.) sous l'autorité de son ou ses "directeurs d'étude" (professeurs, etc.).* » (Chevallard, 2007. p.456). Les PER visent donc à instaurer un autre rapport aux savoirs sur la base de deux principes fondamentaux : la question génératrice de l'étude ne devrait pas se limiter aux seules questions mathématiques et les mathématiques rencontrées ne devraient être rien d'autres que les mathématiques utiles pour appréhender « *chaque grand type de situations problématiques que peut vivre le citoyen d'aujourd'hui* » (p.459). Les PER vont alors incarner le schéma fondamental de l'étude. Or, pour Yves Chevallard (2002, p.7) « *l'étude d'une question Q peut être modélisée comme un entrelacement de cycles à cinq temps : observation de réponses R^0 déposées dans les œuvres ; analyse, expérimentale et théorique, des réponses R^0 ; évaluation de ces mêmes réponses R^0 ; développement d'une réponse R ; enfin défense & illustration de la réponse R ainsi produite.* »

Nous pouvons alors reprendre les cinq premiers « *moments essentiels* » de la $DI^\diamond$ à la lumière des cinq temps d'un cycle d'études ainsi énoncés. En effet, si « *le choix d'une situation problème par le professeur* » n'est rien d'autre que la question génératrice de l'étude, « *l'appropriation du problème par les élèves* » ne se résume pas à une simple compréhension de l'énoncé de la question. Elle passe par l'*observation*, l'*analyse* et l'*évaluation* de réponses R^0 déjà existantes. Le recours à l'analogie, par exemple, illustre assez bien ce phénomène. Quant aux moments de « *formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles* » et d'« *investigation ou la résolution conduite par les élèves* », ils reposent sur un cycle de *développement* – *observation* – *analyse* – *évaluation* d'une réponse, éventuellement partielle et provisoire, produite par les élèves eux-mêmes. Enfin, « *l'échange argumenté autour des propositions élaborées* » permet tout autant d'évaluer une réponse provisoire que de *défendre et illustrer* la réponse en vue d'être validée comme la réponse de la classe.

La dynamique de l'étude d'un problème apparaît alors comme le fruit d'une mise en tension entre développement et évaluation d'une réponse *via* l'observation et l'analyse. Quelles sont alors les praxéologies didactiques qui permettent que ce cycle d'études se déploie ?

3. La dialectique des médias et des milieux

■ Le schéma herbartien

Comme le suggère la description du schéma fondamental de l'étude qu'en donne Yves Chevallard, la construction d'une réponse à une question mobilise un certain milieu fait de deux grands types de ressources. Des ressources ($R_i^\diamond$) qui sont des réponses « toutes faites » validées par une institution qui lui confère son « estampille » et des ressources (O_j) qui sont des outils d'analyse permettant d'évaluer ces réponses partielles. Au commencement d'une étude, le premier geste consiste à explorer différents médias pour identifier si la réponse, ou une partie de la réponse, à la question initiale existe déjà. Recherches documentaires, expérimentations, observations permettent alors de constituer un milieu (adidactique) adapté pour éprouver, valider, déconstruire les informations fournies par ces médias. Ce système de ressources ainsi convoquées au sein de cette dynamique didactique qui met à l'épreuve les unes par confrontation avec les autres, fournit les matériaux à partir desquels la réponse de la classe est produite, c'est la *dialectique des médias et des milieux* : « L'existence d'une dialectique vigoureuse (et rigoureuse) entre médias et milieux est une condition cruciale pour qu'un processus d'étude et de recherche ne se réduise pas au recopiage acritique d'éléments de réponse épars dans les institutions de la société. Une telle exigence est en vérité consubstantielle à l'esprit galiléen caractéristique des sciences modernes de la nature et de la société, dans lequel la soumission à l'autorité cède la place à une culture partagée du questionnement, de la mise à l'épreuve par la construction de milieux idoines, déterministes ou statistiques, combinant dispositifs matériels et immatériels (enquête, expérimentation, raisonnement, déduction). » (Chevallard, 2008, p.344-345)

Le travail d'un système didactique $S(X; Y; Q)$ formé autour d'une question Q par une classe X et le professeur $Y = \{y\}$ qui en dirige l'étude peut alors être résumé par le schéma herbartien :

$$[S(X; Y; Q) \rightarrow \{R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m\}] \rightarrow R^\heartsuit$$

La réponse de la classe $R^\heartsuit$ se construit ainsi à partir du milieu $M = \{R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m\}$ produit par le système didactique comme le bilan de la dynamique née de la mise en œuvre de la dialectique des médias et des milieux. Pour Yves Chevallard (2008, p.344), un média est un « système de mise en représentation d'une partie du monde naturel ou social à l'adresse d'un certain public » tandis qu'un milieu, perçu dans un sens proche de celui de milieu adidactique développé en théorie des situations (Brousseau, 1998), est défini comme un « système qu'on peut regarder comme dénué d'intention dans la réponse qu'il peut apporter ». Média et milieu se distinguent alors par l'intention didactique d'apporter une information qu'ils incarnent. Toute ressource peut être considérée comme une réponse ($R_i^\diamond$), même partielle, ou comme un outil d'analyse et d'évaluation (O_j) de ces réponses partielles. C'est la fonction d'une ressource dans le processus de l'étude qui est déterminante, les rôles n'étant pas figés *a priori*. Par exemple, un tableur peut être regardé comme un média qui fournit une information – comme des données statistiques par exemple – ou comme élément du milieu pour tester une conjecture telle que « le produit de trois nombres consécutifs est un multiple de 6 » en calculant $n(n+1)(n+2)/6$ pour un grand nombre de nombres entiers n . La dialectique des médias et des milieux renvoie ainsi au parti pris du questionnement du monde qui considère toute information comme devant être questionnée comme si elle était une simple conjecture à valider, tout en prenant en charge la fonction didactique d'une ressource suivant son rôle dans le processus d'étude. Regardons à présent comment une telle dialectique peut être mise en œuvre.

■ Établir une formule mathématique

Une formule mathématique est un média qui fournit une information de type procédural : elle « dit » le programme de calcul à exécuter. Supposons qu'un élève hésite entre les deux formules πr^2 et $2\pi r$ pour calculer l'aire d'un disque de rayon r . Le professeur peut donner d'emblée la réponse ou rappeler que l'unité de mesure de l'aire est le cm^2 si l'unité de longueur du rayon est le cm . Les connaissances du professeur, qui agit comme média en apportant l'information relative aux unités d'aire et de longueur, jouent alors la fonction de milieu pour construire la

réponse : c'est bien πr^2 qu'il faut utiliser car le rayon étant au carré, l'unité associée sera une unité d'aire et non de longueur. La dialectique des médias et des milieux, qui naît de la confrontation entre les informations apportées par la formule et le professeur avec les connaissances des élèves, permet alors de produire la réponse. C'est dans la différence entre ces deux possibilités – donner la réponse ou rappeler les unités d'aire – que se joue le changement de paradigme de la pédagogie de l'enquête : il ne s'agit plus d'apprendre les réponses mais d'apprendre à les construire.

Ce petit exemple emprunté à Pierre-François Burgermeister (2013) révèle comment la mise en œuvre de la dialectique des médias et des milieux permet de tirer d'une formule mathématique, une information de type sémiotique et non seulement de type procédural. Ainsi, par exemple, la formule $A = \pi r^2$ peut renvoyer comme information que l'aire d'un disque de rayon r est à peine plus grande que l'aire de trois carrés de côté r car « *elle fonctionne comme une association de signes renvoyant, pour qui sait la décoder, à un ensemble de propriétés mathématiques qui lient le rayon à l'aire du disque.* » (Burgermeister, 2013, p.58). C'est dans l'incise « *pour qui sait la décoder* » que transparaît le besoin, fonctionnel, de créer un milieu comme condition pour que l'extraction de ce type d'information soit possible. L'auteur a ainsi expérimenté une situation d'enseignement dans laquelle il s'agissait d'établir la formule de Héron qui permet de calculer l'aire A d'un triangle connaissant la longueur de ses trois côtés a, b, c :

$$A = \frac{1}{4} \sqrt{(a+b+c)(-a+b+c)(a-b+c)(a+b-c)}.$$

Pour ce faire, un élève doit « *être capable d'identifier les contraintes algébriques que doit vérifier un candidat-formule pour exprimer l'aire d'un triangle en fonction des longueurs de ses trois côtés ; savoir organiser ces différentes contraintes au sein d'un modèle algébrique à éprouver ; savoir mettre ce modèle à l'épreuve de quelques triangles particuliers.* » (p.63). C'est donc sur la base d'une argumentation fondée sur des critères heuristiques, comme des arguments de nécessité, que le travail va se déployer. Par exemple, la symétrie de la formule en a, b et c découle du fait que nommer a, b ou c la longueur de tel côté n'a aucune importance puisque le triangle est quelconque. Le dialogue avec la classe est amorcé par une première proposition de formule par le professeur. Puis un cycle se déploie fait de critères émis puis validés par le groupe ou le professeur lui-même, de conjectures formulées par les élèves puis réfutées par l'explicitation d'un nouveau critère ou l'exploration d'un cas particulier. Comme le souligne Christian Orange (2005, p.78) « *la dynamique des problèmes ne se fait pas simplement par conjectures et réfutations ; il y a développement et transformation de problématiques, par la mise en jeu des deux types de questions pointées plus haut (comment est-ce possible ? Pourrait-il en être autrement ?), dans un cadre théorique qui bouge. C'est ce travail de la pensée scientifique (toujours au sens large) qui confère des caractéristiques spécifiques aux problématisations développées : il ne s'agit pas simplement de construire un problème pour produire une solution, mais d'explorer et de "cartographier" le champ des possibles. Cette exploration a pour résultat un caractère essentiel des savoirs scientifiques : leur "nécessité" (apodicticité).* » C'est donc dans ce « dialogue » entre le professeur et les élèves que se met en œuvre la dialectique des médias et des milieux comme moteur de l'investigation par la confrontation des informations apportées par la formule en cours de construction avec les informations apportées par les membres du collectif d'étude. Le professeur en renvoyant les questions aux élèves, en rapportant la réponse d'un élève à l'ensemble de la classe pour être validée met en œuvre des praxéologies didactiques qui permettent au système didactique $S(X ; Y ; Q)$ – formé autour de la question Q par la classe X et le professeur Y – de produire et organiser un milieu M d'où émergera la réponse $R^\heartsuit$ à la question Q . Le schéma herbartien non développé : $[S(X ; Y ; Q) \rightarrow M] \rightarrow R^\heartsuit$ rend compte de cette dynamique.

Dans cet exemple, seul le média « traditionnel », qu'est le professeur est mobilisé, tandis que les connaissances antérieures des élèves – qui « sont ce qu'elles sont » donc dénuées d'intentions didactiques par rapport à la question étudiée – constituent les principaux éléments du milieu. Mais le mode de fonctionnement qui entretient le confinement d'autarcie disciplinaire qui a cours à l'école n'est pas dû au caractère strictement mathématique de la question. On

retrouve un tel phénomène, y compris dans le cas de l'étude de problème de modélisation née d'une question hors du champ *stricto sensu* disciplinaire.

■ Déterminer une longueur inaccessible

Nous avons donné à étudier dans cinq classes de CM2 – élèves entre dix et onze ans – un problème de détermination de la hauteur d'un « géant » dans un parc d'attractions à partir d'une photo² (voir figure 1) où l'on voit deux hommes à côté d'une partie de celui-ci (Wozniak, 2012).

Figure 1 - La taille du géant

Il s'agit d'un problème de distance inaccessible qui requiert le recours à des praxéologies de modélisation. Or, les hypothèses qui fondent le modèle doivent être énoncées, interrogées, légitimées, leur domaine de validité exploré, pour que le processus de modélisation se développe et qu'un modèle soit construit. Il apparaît ainsi qu'il ne peut y avoir une activité de modélisation mathématique sans la mise en œuvre d'une dialectique des médias et des milieux qui permette une explicitation de la problématisation. En effet, comme le souligne Michel Fabre (2009, p.31), « *Le sérieux de la problématisation tient pour une large part dans la nécessité d'autocontrôle du processus. Il n'y a pas de problématisation si la pensée ne peut élaborer ses propres critères ne peut se surveiller elle-même en anticipant, par exemple, les formes que pourront admettre les solutions possibles.* » Or, dans le cas du problème étudié, professeur et élèves ne savent pas dans quel parc d'attractions se trouve ce géant dont on cherche à connaître la hauteur. Une validation empirique de la solution élaborée est difficile, même si une enquête sur l'Internet est toujours envisageable. Le domaine de validité de la réponse produite passe alors nécessairement par la validation du processus de production de la réponse *via* la confrontation à un milieu « théorique ». Nous rejoignons ici le point de vue de Christian Orange (2007, p.47) qui précise que lorsqu'il n'y a pas possibilité de validation par l'élève de ses modèles et de ses argumentations grâce à un milieu objectif antagoniste, il « *Se développe ainsi un espace problématique qui permet l'exploration et la délimitation du champ des possibles, par établissement de conditions de possibilité des solutions (nécessités). Ce champ sera secondairement peuplé par des solutions validées par saturation du registre empirique ou du registre des modèles.* »

Trois constats ont été faits. En premier lieu, le mode de fonctionnement autarcique de la classe dans quatre des cinq classes observées. Enfermés dans l'univers clos de la classe, les élèves sont alors contraints, sous la direction de leur professeur, à une production endogène des savoirs dans un temps limité. Les médias restent le professeur et les connaissances antérieures, le *topos* des élèves est réduit et le milieu est entièrement construit par le professeur. Par exemple, les élèves sont encouragés à utiliser leur propre corps comme modèle de proportion d'un corps adulte sans que (quatre fois sur cinq) cette pratique soit questionnée. Or la

² Copyright Richard Phillips (2001-2009): www.problempictures.co.uk

morphologie d'un humain évolue dans le temps. En second lieu, aucun professeur observé ne reconnaît la modélisation comme enjeu didactique, ce qui conduit à la mise en œuvre de praxéologies muettes où des gestes de la modélisation peuvent être réalisés sans être identifiés comme tels. Les élèves ne rencontrent donc pas leur ignorance par rapport à la construction d'un modèle, ils produisent des données afin d'utiliser un modèle préconstruit et validé par le professeur. Enfin, les professeurs enseignent la réponse plutôt que les moyens de la produire. Alors qu'il y a plusieurs façons d'exploiter le modèle de proportionnalité pour construire une réponse, ils enseignent la technique qu'ils ont préalablement utilisée pour construire leur propre réponse et lorsqu'une autre technique apparaît dans la classe, elle n'est pas considérée par le professeur, donc par le collectif. On retrouve la figure du professeur *lector* qui enseigne la réponse qu'il aura lui-même tirée des œuvres qu'il aura consultées, par opposition au collectif d'étude *auctor* de la réponse collectivement produite³ : « Dans un état très fruste du développement didactique, dans une classe que nous noterons ici $[X, y]$ (on a évidemment $Y = \{y\}$), lorsqu'une question Q est étudiée, le professeur y apporte sa réponse, R_y , censée devenir la réponse $R^\bullet$ de la classe, en sorte qu'on aura le bilan herbartien $[S(X; Y; Q) \rightarrow \{R_1^0, O_2\}] \hookrightarrow R^\bullet$ où $R_1^0 = R_y$, $O_2 = \emptyset$ et $R^\bullet = R_y$, la praxéologie $\emptyset$ apparaissant comme ce qui permet à y d'élaborer la réponse R_y , que X devra in fine faire sienne. » (Chevallard, 2011a, p.93). C'est ainsi que pour qu'une démarche d'investigation se déploie, il est nécessaire que l'organisation didactique réalise certaines conditions relatives au milieu.

4. Paradigme du questionnement du monde et conditions sur le milieu

Le schéma herbartien explicite les types d'ingrédients du milieu et stipule qu'il n'est pas tout fait, déjà là et immuable, mais constitué par la classe au cours de l'étude. Il paraît donc essentiel à présent de nous interroger sur l'organisation didactique qui organise le milieu et en particulier les conditions relatives à la topogenèse⁴, la mésogenèse⁵ et la chronogenèse⁶.

■ Conditions sur la topogenèse

La théorie anthropologique du didactique, comme la théorie des situations didactiques, se fonde sur le postulat selon lequel l'élève apprend par adaptation en interaction avec un milieu. La solution au problème étudié émergeant alors de la confrontation autonome de l'élève avec ce milieu. C'est ainsi que le schéma herbartien $[S(X; Y; Q) \rightarrow M] \hookrightarrow R^\bullet$ présente la réponse $R^\bullet$ comme le produit d'une interaction avec le milieu M . Mais il fait aussi apparaître la production et l'organisation du milieu M par le système didactique $S(X; Y; Q)$ lui-même. Il s'agit là d'une différence essentielle avec le point de vue adopté en théorie des situations didactiques où les savoirs sont modélisés en termes de situations fondamentales : le professeur organise le milieu par le choix du problème posé, la création des conditions de sa dévolution, le choix judicieux du milieu matériel proposé, l'anticipation des connaissances que l'élève pourra mobiliser. Les changements de contraintes qui sont opérés par le professeur sur le milieu génèrent alors une dynamique des situations didactiques propre à faire évoluer les praxéologies des élèves (Margolinas & Wozniak, 2012 ; Margolinas & Wozniak, 2014).

Dans le schéma herbartien, le milieu n'est pas donné ou produit par le professeur, sa production fait partie du processus de l'étude. Cela signifie que le *topos* de l'élève s'agrandit individuellement et collectivement, tandis que le professeur doit assumer une position de directeur de l'étude qui « *décidera en dernier ressort, non sans en expliciter les attendus, si la*

³ Rappelons que dans ce formalisme, le système didactique $S(X; Y; Q)$ formé d'une classe X et d'un professeur $Y = \{y\}$ qui étudie une question Q , produit un milieu $M = \{R_1^0, O_2\}$ fait de réponses mêmes partielles R_1^0 et d'outils O_2 pour les analyser et les évaluer. La réponse $R^\bullet$ de la classe se construisant à partir de ce milieu : $[S(X; Y; Q) \rightarrow M] \hookrightarrow R^\bullet$.

⁴ La topogenèse est le procédé par lequel la place et les attributions des sujets d'une institution (professeur et élèves au sein d'une situation didactique en classe) sont fixées.

⁵ La mésogenèse est le procédé par lequel le milieu d'une situation se fabrique, se développe et s'enrichit.

⁶ La chronogenèse est le procédé par lequel la temporalité de la diffusion et de l'acquisition des savoirs est modifiée.

classe verra ou non son milieu d'étude être augmenté de telle ou telle œuvre » (Chevallard 2011a, p.94). Un tel changement de paradigme scolaire ne peut être envisageable sans que les pratiques des professeurs ne soient amenées à évoluer. C'est ainsi que pour Yves Chevallard (2011b, p.15-16), le professeur ne doit pas être un « distributeur de connaissances » et ne doit pas « valider la réponse élaborée par le groupe comme s'il était le possesseur de la vérité » mais il « doit aider les élèves à rechercher des moyens de validation variés, "internes" et "externes" » car le professeur « ne doit pas vouloir que la réponse finale du groupe à la question Q étudiée, c'est-à-dire la réponse R*, soit la réponse qu'il donnerait, lui, à cette question. » Ainsi, le professeur ne « propose pas une solution aux problèmes spécifiquement liés à l'étude de la question Q [même si, en tant que dirigeant l'étude, il peut imposer une décision pour dépasser une difficulté dans le développement de l'enquête] ». Or, la culture scolaire pourrait l'amener à adopter une position de surplomb, aussi une condition est posée, comme pour préserver le professeur de lui-même : il « n'a pas à "en savoir plus" (ou moins !) que les élèves sur les questions que le groupe rencontre ». Mais une telle attitude d'accompagnement ne l'empêche pas d'« apporter des informations qui puissent aider le développement de l'étude, pourvu que ces apports, au lieu d'être regardés a priori comme meilleurs ou plus valides que les autres, soient soumis aux mêmes processus de validation (dialectique des milieux et des médias) » ou de « prendre des décisions concernant le chemin à suivre ou à éviter, en particulier quand il pense que des difficultés peuvent surgir qu'il croit savoir évaluer ». On mesure à l'énoncé des principes directeurs de la pédagogie de l'enquête combien ces nouvelles praxéologies didactiques sont éloignées des praxéologies professorales aujourd'hui.

Il s'agit là d'un positionnement qui s'éloigne de celui proposé par John Dewey, tel que le décrivent Coquidé et al. (2009, p.59) qui considèrent que « *Le rôle de l'enseignant transparait à toutes les étapes. Il apparait dans l'aménagement de l'environnement scolaire. Il se manifeste également dans l'aide à clarifier le problème, les solutions possibles et leurs conséquences, dans l'organisation des mises à l'épreuve successives et des confrontations, dans l'incitation à réaliser différentes traces, et aussi dans la coordination de la réflexion et de la structuration.* » Il semble en revanche s'accorder avec la DI^o dont la description des sept moments explicite le *topos* du professeur et des élèves : si le « le choix d'une situation-problème » est fait par le professeur, « l'appropriation du problème », « la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles » et « l'investigation ou la résolution » devraient être conduites par les élèves.

■ Conditions sur la mésogenèse

La dialectique des médias et des milieux mobilise une diversité de praxéologies didactiques dont il est difficile de faire un inventaire exhaustif : recherche documentaire ; expérimentation ; observation ; établissement de critères heuristiques fondés sur des nécessités ; établissement d'un domaine de validité ou plus largement de limites d'acceptabilité en lien avec des pratiques sociales – comme des considérations esthétiques (Ligozat, 2012) – en sont des exemples. Toutes sont fondées sur le besoin de valider les informations apportées par un média, quel qu'il soit, comme s'il était une simple conjecture. Mais cette évaluation ne se fait pas seulement par réfutation, elle se fait aussi par confrontation avec d'autres informations regardées comme réponses possibles. On retrouve ici le point de vue de John Dewey, qui comme le souligne Michel Fabre (2009, p.29) a le « *souci de présenter les propositions logiques comme des "propositions" précisément, c'est-à-dire, non comme des affirmations définitives, mais comme des éléments de discussion.* » Par exemple, le moteur d'une enquête sur l'Internet (Ladage & Chevallard, 2011 ; Chevallard & Wozniak, 2013) repose sur l'évaluation duale du niveau de fiabilité – « est-ce exact ? » – et de la qualité de la réception – « ai-je compris ? » – de l'information fournie par un média. Et en dépit d'un ordre de découverte fortuit des documents examinés, l'accumulation et la mise à l'épreuve de ceux-ci permettent la validation de la réponse produite. Ce phénomène rejoint, nous semble-t-il, ce que Christian Orange (2007) nomme la saturation du registre empirique ou du registre des modèles suivant que les ressources sont des observations, expériences, des documents relatifs à des observations et des expériences ou portent sur les modèles eux-mêmes.

Pour donner à voir la richesse du procédé, nous prendrons l'exemple d'une enquête sur l'Internet conduite dans un atelier avec des élèves volontaires de quatrième de collège (élèves entre treize et quatorze ans). La question à l'étude, née de la lecture de la traduction d'un article américain sur la crise bancaire en 2008, était : « *Un milliard (de dollars), c'est mille millions (de dollars) ; mais qu'est-ce qu'un trillion (de dollars) ?* » À l'issue de l'enquête, un inventaire des praxéologies mises en œuvre concernant la discipline scolaire « *informatique et Internet* » est réalisé :

- « – *rechercher et utiliser un dictionnaire en ligne de la langue française (Mediadico, TLFi, Littré, etc.) ;*
- *rechercher et utiliser une calculatrice en ligne ;*
- *utiliser Google comme une calculatrice ;*
- *utiliser le service de traduction de Google ;*
- *rechercher et utiliser un dictionnaire bilingue anglais/français (Mediadico, Lexilogos, Collins, etc.) ;*
- *rechercher et utiliser le site Legifrance ;*
- *utiliser la recherche avancée de Google pour effectuer une recherche sur un site donné ;*
- *utiliser l'encyclopédie en ligne Wikipédia (en français) et l'encyclopédie Wikipedia (en anglais) et passer de l'une à l'autre à propos de deux articles qui traitent le même sujet ;*
- *rechercher et utiliser un tableur en ligne. »* (Chevallard, 2011a, p.102-103)

Cette liste qui dessine le parcours de l'étude fait des œuvres rencontrées et des techniques utilisées pour contraster les ressources, illustre comment la mésogenèse se nourrit de la validation des informations apportées par les médias consultés. Cependant, pour qu'une telle enquête se déploie, il faut du temps. C'est la troisième condition de la mise en œuvre d'une pédagogie de l'enquête.

■ **Conditions sur la chronogenèse**

L'exemple qui précède témoigne d'un temps long de l'étude : cinq séances de deux heures ont été nécessaires entre la question initiale et la rédaction de la réponse finale. Dès lors que le milieu est construit et organisé par la classe, la question de la maîtrise du temps pour qu'il se constitue devient cruciale. Cette condition est, semble-t-il, difficilement tenable par les professeurs français qui jugent le programme d'enseignement toujours trop lourd au regard du temps imparti. Cette contrainte temporelle les conduit, parfois à leur insu, à réduire le *topos* de l'élève pour que « le cours avance ». Ainsi, dans la recherche de la taille du géant (Wozniak, 2012), un seul des cinq professeurs a abordé la recherche de la solution comme un problème de modélisation (sans toutefois l'avoir identifié comme tel). Un temps a ainsi été consacré à la définition du système à étudier et un temps à la construction du modèle pour enfin que le travail du modèle puisse fournir une réponse. Ceci a conduit la classe à faire deux enquêtes, sur la taille d'un adulte et sur le rapport entre la hauteur du mollet et la taille d'un adulte. Les élèves ont mesuré sur eux-mêmes ou des adultes la longueur de certaines parties de leur corps ; fait une recherche documentaire sur l'Internet ou à la bibliothèque ; utilisé un tableur pour traiter les données ; produit collectivement une réponse acceptée par l'ensemble de la classe en explicitant son domaine de validité. Ce faisant, la classe a étudié ce problème durant près de quatre heures réparties en cinq séances. Pour parvenir à mener cette étude dans un temps long mais acceptable, le professeur a donc usé de certaines praxéologies didactiques : différer le moment de mise en commun pour effectuer un choix judicieux des productions d'élèves afin de diriger leurs recherches dans une certaine direction ; faire réaliser hors du temps de classe les collectes de données ou la recherche documentaire ; recourir à la maïeutique lors des débats en classe pour induire certaines pistes de réflexion.

Ce dernier exemple illustre, nous semble-t-il, combien ces trois conditions sur la mésogenèse, la topogenèse et la chronogenèse sont solidaires. Or ces trois conditions doivent être réunies pour qu'une pédagogie de l'enquête fondée sur le paradigme du questionnement du monde se déploie. On mesure là ce que cela nécessiterait comme changements au sein de l'institution scolaire qui vont bien au-delà d'un simple changement de programme ou l'introduction d'instructions incitatives. C'est toute l'écologie des savoirs et l'économie du système didactique

qui seraient à revoir, nécessitant la mise en place d'infrastructures didactiques nouvelles. Ainsi, dans l'exemple relatif au problème de modélisation que nous venons d'évoquer, le professeur a créé les conditions d'un usage routinier du tableau blanc interactif en le plaçant près de son bureau et du tableau de la classe. Il devient alors simple et rapide d'utiliser l'ordinateur de la classe et de projeter au tableau les productions des élèves.

5. Schéma herbartien et démarche d'investigation

■ *DI^o et PER : des réponses différentes à une même question*

Si la démarche d'investigation telle qu'elle est instituée dans le système scolaire français et les parcours d'étude et de recherche se nourrissent de la même volonté de renouveler l'enseignement, ils portent en eux des différences fondamentales. En premier lieu, la DI^o est un produit de l'institution scolaire qui intériorise donc les contraintes institutionnelles de l'École et le paradigme scolaire dominant. Elle est une méthode pédagogique pour soutenir l'apprentissage mais pas une condition de l'émergence d'un nouveau paradigme scolaire. En revanche, les PER sont un produit de la recherche, ils sont une proposition substitutive au paradigme scolaire dominant. Tels qu'ils sont conçus, les PER ne peuvent vivre dans l'institution scolaire selon son régime habituel. Pour être mis en œuvre, il est nécessaire de créer un lieu *ad hoc*, un « laboratoire » comme l'atelier « enquête sur Internet » du collège Vieux Port de Marseille où les élèves sont volontaires et qui a lieu en dehors du temps scolaire (Chevallard, 2011a).

Au-delà de cette différence d'appartenance institutionnelle, DI^o et PER se distinguent par leur enjeu et, corrélativement, par la place des disciplines scolaires. Dans un enseignement qui fait place à une DI^o, les disciplines sont à l'origine de la question qui nécessitera l'investigation. L'enquête générée par la question initiale est finalisée : elle vise à faire rencontrer, si possible de façon fonctionnelle, tel objet de savoir à enseigner. Au sein d'un PER les questions sont premières et les disciplines scolaires viennent en appui pour étudier la question génératrice de l'étude. La DI^o est au service des savoirs scolaires, tandis que les savoirs rencontrés au cours d'un PER servent ce projet.

Sans minimiser cette différence de rapport aux savoirs, il nous semble néanmoins que le modèle du schéma herbartien peut être adapté à la DI^o car il modélise non pas un PER mais le processus d'une étude conduite par un collectif et fondé sur une pédagogie de l'enquête. Or, nous l'avons souligné, la description des « moments essentiels » de la DI^o sont fortement en résonnance avec les étapes du processus de l'étude que modélise le schéma herbartien. Dans une DI^o les élèves sont appelés à défendre leurs résultats après avoir fait recherches, expérimentations, observations, c'est-à-dire après une mise à l'épreuve des médias à leur disposition. Il nous semble alors que le processus de production d'une réponse né de la mise en œuvre d'une dialectique des médias et des milieux est consubstantiel de la démarche d'investigation.

■ *Conditions pour que vive une démarche d'investigation*

Si le schéma herbartien peut être regardé comme une modélisation de la DI^o, alors il est envisageable de considérer que les conditions sur le milieu que nous avons précédemment énoncées constituent des conditions de sa mise en œuvre. Nous pouvons ainsi dresser une liste de questions qui permettent d'évaluer si l'étude d'une question a bien été conduite selon une telle démarche. Cette liste de questions pourrait être celle que nous avons établie (Chevallard & Wozniak, 2011, p.370) comme grille d'évaluation de la conception d'un parcours d'étude et de recherche⁷ et construite à partir des critères relatifs à la mise en œuvre d'un processus de l'étude fondé sur une pédagogie de l'enquête :

⁷ Dans cette citation, le lecteur pourra remplacer « œuvres » par « ressources », notées (*O*) dans le formalisme de la théorie anthropologique du didactique. Ce sont des outils d'analyse permettant d'évaluer des ressources (*R_i^o*) qui sont des réponses

« • Question génératrice Q d'un PER

Quelle est la question Q à étudier ? D'où vient-elle ? Quelle est sa raison d'être ?

Comment la dévolution de Q s'effectue-t-elle ? Avec quels résultats ?

- Questions relatives à la mésogénèse

De quoi est fait le milieu ?

Le milieu est-il « figé » ou a-t-il évolué au cours de l'étude ?

La dialectique des médias et des milieux a-t-elle été mobilisée en cours d'étude ? Comment ?

Quel est le milieu de validation de la réponse R^ ? Comment a-t-il été construit ?*

- Questions relatives à la topogénèse

Comment et par qui est constitué le milieu ?

Y a-t-il « négociation » dans la classe à propos des matériaux qui constituent le milieu ?

Comment se dessinent le topos du professeur et le topos des élèves dans l'exploitation du milieu disponible et dans la construction de R^ ?*

- Questions relatives à la chronogénèse

Y a-t-il introduction par le directeur d'étude d'œuvres outils non appelés explicitement par l'enquête ? Plus généralement, quels gestes ont visé à réduire le temps d'horloge pour l'étude, localement et globalement ?

- Réponse R^* à la question génératrice Q

Quelles organisations didactiques ont-elles été mobilisées pour constituer et exploiter le milieu M ? Pour construire R^ ? De quelle validation R^* a-t-elle fait l'objet ? Quelle a été sa diffusion ? Sa réception ? »*

Au-delà des questions qui reprennent les conditions sur le milieu, nous avons intégré des questions relatives à la question Q étudiée et à sa réponse R^* produite. Toute question est en effet une production humaine. N'étant pas un donné de la nature, elle s'élabore et s'énonce dans un contexte institutionnel particulier, offrant un système de conditions et de contraintes déterminé. S'interroger sur l'origine et la raison d'être de la question initiale permet de mieux définir le milieu où elle a pris naissance et dont certains matériaux pourront venir constituer le milieu d'où émergera la réponse recherchée. De la même façon, l'évaluation du parcours d'étude nécessite de s'interroger sur les conditions de la diffusion et de la réception de la réponse R^* produite en tant que production collective et aboutissement du processus qui porte en elle les raisons pour lesquelles elle est la réponse. Il s'agit ainsi de placer la problématisation au cœur de la dévolution de la question à étudier et de s'assurer de l'apodicticité de la réponse ainsi produite.

Conclusion

La $DI^\diamond$, les PER ou l'enquête au sens de John Dewey ont en commun de faire vivre l'aphorisme bachelardien : « *Pour un esprit scientifique toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question il ne peut pas avoir connaissance scientifique.* » (Bachelard, 1938, p.14). $DI^\diamond$ et PER sont par ailleurs fondés sur la mise à l'épreuve successive des informations fournies par les médias, c'est-à-dire, sur un processus de l'étude basé sur le paradigme de questionnement du monde que modélise le schéma herbartien. Ils apparaissent alors comme deux instanciations du schéma herbartien qui intègrent, chacun depuis sa position institutionnelle, deux types de rapports aux savoirs. C'est en ce sens que le schéma herbartien permet de décrire les PER et peut être considéré comme un modèle de la $DI^\diamond$ au-delà de leurs différences.

Nous avons présenté les parcours d'étude et de recherche dans leur acception la plus radicale, celle qui se donne comme ambition de s'extraire des contraintes scolaires actuelles comme condition pour un changement de paradigme scolaire. Néanmoins, depuis plusieurs années ont été expérimentés des parcours d'étude et de recherche « finalisés » (Chevallard, 2011a) qui sont proches de la $DI^\diamond$ par leur volonté de faire rencontrer un savoir. La conception, la mise en œuvre

« toutes faites » validées par une institution. C'est à partir du milieu fait de R_i^* et de O_i que la classe construit la réponse R^* à la question génératrice Q de l'étude.

et l'étude de parcours d'étude et de recherche finalisés ont ainsi été développées par le groupe (CD)AMPERES – conception et diffusion d'activités mathématiques et de parcours d'étude et de recherche dans l'enseignement secondaire – créé en 2005 (Matheron, 2008). Ce groupe vient d'obtenir le soutien du ministère de l'Éducation nationale et de l'Institut français de l'éducation, sous le nouvel intitulé PERMES – parcours d'étude et de recherche en mathématiques dans l'enseignement secondaire. L'expérimentation de ces PER finalisés peut être regardée comme une phénoménoteknique – au sens de Gaston Bachelard pour qui la science s'instruit de ce qu'elle construit – pour étudier les conditions et les contraintes d'un changement de paradigme scolaire et l'avènement de PER « ouverts ». Ils sont certainement aussi une condition de ce changement. Le seul fait qu'ils existent, qu'ils peuvent exister, au sein de l'institution scolaire, crée une condition de viabilité de la pédagogie de l'enquête, condition minimale de la construction d'un nouveau rapport aux savoirs selon un abord fonctionnel.

De façon symétrique, des didacticiens des sciences font les mêmes constats que ceux qui ont prévalu à la naissance des PER : *« L'introduction de l'investigation en milieu scolaire semble venir d'un constat apparemment simple : l'investigation qui instruit le scientifique ne peut-elle pas aussi instruire l'élève ? Mais les élèves et les enseignants sont en bout de chaîne, n'ayant à leur disposition qu'un savoir général, désincarné et coupé de sa base problématique. Toute l'activité du scientifique, toute la démarche y est généralement gommée. Il ne reste que des résultats, des explications à des problèmes qu'ils ne se sont jamais posés. On n'apprend donc pas aux élèves à "faire de la science", à appréhender la "nature de la science". On leur apprend, le plus souvent, les résultats de la science. Dans la démarche d'investigation et avec un curriculum fermé, c'est le savoir à enseigner qui pilote, à l'opposé de ce qu'exigerait une authentique démarche investigatrice. Dans un curriculum plus ouvert, permettre aux élèves de "vivre l'expérience" d'une démarche d'investigation, prenant appui sur des pratiques sociales de référence partagées, est possible. Faute de ressources bibliographiques adaptées, elles se développent cependant rarement à l'école. Prenons, par exemple, le problème pratique de la conservation des fleurs : "on a des fleurs coupées, on veut trouver un moyen de les faire durer plus longtemps". Il est possible d'inventorier l'ensemble des procédés proposés et de les mettre à l'épreuve : mettre de l'aspirine, mettre les plantes au frigo, mettre un peu d'eau de Javel, mettre une substance conservatrice, etc. De cette investigation, sans connaître les résultats à l'avance, on va trouver quelque chose : il y a des procédés favorables et d'autres défavorables. »* (Coquidé & al., 2009, p.63-64)

Entre PER finalisés et ouverts d'une part, et démarche d'investigation au sens institutionnel ou au sens où l'entendent Coquidé et al. avec un curriculum ouvert, d'autre part, il y a donc un continuum que tient le fil de la pédagogie de l'enquête nourrie de la dialectique des médias et des milieux. Nous avons ainsi tenté de montrer dans ce texte comment le schéma herbartien pouvait être regardé comme un modèle épistémique de la démarche d'investigation et les conditions relatives à la topogenèse, la mésogenèse et la chronogenèse ainsi dégagées comme des conditions de sa mise en œuvre effective. Notons, enfin, que Yves Chevallard (2002, p.186-187) a identifié six dialectiques dans le processus de l'étude dont la quatrième a par la suite été nommée dialectique des médias et des milieux :

« La première dialectique est celle du sujet et du hors-sujet : contre le postulat scolaire du plus court chemin, qui ne conduit jamais qu'à un but déterminé à l'avance, elle pousse, dans une recherche en principe ouverte, à risquer le hors-sujet tant en matière de recherche documentaire par exemple que dans le choix des questions engendrées dont on entamera l'étude.

La deuxième dialectique est celle du parachutiste et du truffier : contre l'habitus scolaire de la rareté documentaire, elle porte à « ratisser » de vastes zones, où l'on sait a priori qu'on ne trouvera pas grand-chose, mais où pourra advenir de l'inattendu, et où l'on apprendra à repérer les rares « pépites », souvent peu visibles, qui feront progresser la recherche.

La troisième dialectique est celle des boîtes noires et des boîtes claires : contre le primat de la connaissance disponible et la propension à clarifier les boîtes... claires enchâssées dans les savoirs enseignés, elle invite à donner le primat à la connaissance pertinente, fût-elle impertinente envers les savoirs enseignés, à limiter au nécessaire la clarification (les boîtes « claires » sont toujours des boîtes grises), à prendre le risque, donc, de clarifier des boîtes

noires ordinairement abandonnées aux ténèbres extérieures, et d'obscurcir des boîtes claires dans le curriculum familial, enfin à traquer les boîtes « invisibles » parce que « transparentes », pour déconstruire les évidences de la culture de l'institution d'accueil chaque fois que c'est utile.

La quatrième dialectique est celle de la conjecture et de la preuve : contre la mise à l'épreuve réglée à l'avance d'assertions réputées sûres en vertu surtout de l'autorité de l'institution, elle engage à soumettre les assertions obtenues à la critique des diverses dialectiques et à évaluer le degré d'incertitude d'une assertion donnée.

La cinquième dialectique est celle de l'excription et de l'inscription : contre le recopiage de réponses R^0 , corrélatif d'une écriture déterministe, contre aussi le dogme du « plan » préalable à un écrit pré-inscrit, elle convie à entrer dans la dialectique de la lecture excriptrice de réponses R^0 et de l'écriture inscriptrice d'une réponse R , en multipliant les niveaux d'écrit (carnet de bord, notes de synthèse, le glossaire, production finale).

La sixième dialectique est celle de la diffusion et de la réception : contre la tentation de ne pas défendre sa réponse R , supposée par avance connue et reconnue, contre l'opportunisme à l'endroit de R afin de complaire à qui l'on s'adresse, elle provoque à défendre R sans infidélité mais dans l'attention à ce qu'autrui en peut recevoir. »

Ces dialectiques ont moins été étudiées que la dialectique des médias et des milieux qui est au cœur de la pédagogie de l'enquête. Il s'agirait peut-être à présent d'explorer comment chacune d'elle peut rendre compte de la complexité des praxéologies mises en œuvre dans une investigation.

Bibliographie

BACHELARD G. (1938), *La Formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.

BROUSSEAU G. (1998), *Théorie des situations didactiques*, Grenoble, La pensée sauvage.

BURGERMEISTER P.-F. (2013), « La posture du héron crabier », *Petit x*, n°92, p.57-68.

CHEVALLARD Y. (2002), « Les TPE comme problème didactique », *Actes du Séminaire national de didactique des mathématiques 2001*, T. Assude. & B. Grugeon Allys (éd.), Paris, IREM de Paris 7 et ARDM, p.177-188.

CHEVALLARD Y. (2004), « La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire : transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire », *La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire*, Université d'été Animath, Saint-Flour (Cantal), 22-27 août 2004, Brochure APMEP, n°168, p.239-263.

CHEVALLARD Y. (2007), « Les mathématiques à l'école et la révolution épistémologique à venir », *Bulletin APMEP*, n°471, p.439-461.

CHEVALLARD Y. (2008), « Un concept en émergence: la dialectique des médias et des milieux », *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2007*, G. Gueudet, G. & Y. Matheron (éd.), Paris, IREM Paris 7 et ARDM, p.344-366.

CHEVALLARD Y. (2009), *Journal du séminaire TAD/IDD 2008-2009. Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement*, séance 2 du vendredi 16 janvier 2009, <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/journal-tad-idd-2008-2009-2.pdf>, consulté le 18 juillet 2014.

CHEVALLARD Y. (2011a), « La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder. Questionnement et éléments de réponse à partir de la TAD », *En amont et en aval des ingénieries didactiques*, C. Margolinas, M. Abboud-Blanchard, L. Bueno-Ravel, N. Douek, A. Fluckiger, P. Gibel, F. Vandebrouck, F. Wozniak. (éd.), Grenoble, La pensée sauvage, p.81-108.

CHEVALLARD Y. (2011b), *Journal du séminaire TAD/IDD. Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement*, séance 3 du 18 février 2011, <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/journal-tad-idd-2010-2011-3.pdf>, consulté le 18 juillet 2014.

CHEVALLARD Y. & WOZNIAC F. (2011), « Vers une ingénierie didactique des PER. L'aléatoire et la variabilité », *En amont et en aval des ingénieries didactiques*, C. Margolinas, M. Abboud-Blanchard, L. Bueno-Ravel, N. Douek, A. Fluckiger, P. Gibel, F. Vandebrouck, F. Wozniak. (éd.), Grenoble, La pensée sauvage, p.365-380.

CHEVALLARD Y. & WOZNIAC F. (2013), « Le calcul proportionnel et le symbole $\propto$: enquête sur une œuvre mathématique méconnue », *Questions vives en didactique des mathématiques : problèmes de la profession d'enseignant, rôle du langage*, A. Bronner, C. Bulf, C. Castela, J.-P. Georget, M. Larguier, B. Pedemonte, A. Pressiat, E. Roditi (éd.), Grenoble, La pensée sauvage, p.421-446.

COQUIDE M., FORTIN C. & RUMELHARD G. (2009), « L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites », *Aster*, n°49, p.51-78.

FABRE M. (2009) « Qu'est-ce que problématiser ? Genèses d'un paradigme », *Recherches en éducation*, n°6, p.22-32.

GIL-PEREZ D. (1993), « Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique », *Aster*, n°17. p.41-64.

HERSANT M. & ORANGE-RAVACHOL D. (2012), « La démarche d'investigation, les mathématiques et les SVT : des problèmes de démarcation aux raisons d'une union », *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21^e siècle. Actes du colloque EMF 2012*, J.-L. Dorier & S. Coutat (éd.), Genève, Université de Genève, p.1378-1388.

LADAGE C. & CHEVALLARD Y. (2011), « Enquêter avec l'Internet. Études pour une didactique de l'enquête », *Éducation & Didactique*, volume 5(2), p.85-115.

LIGOZAT F. (2012), « La démarche d'investigation dans les moyens d'enseignement suisse-romands pour les mathématiques ? Modéliser les conditions didactiques de l'enquête », *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21^e siècle. Actes du colloque EMF 2012*, J.-L. Dorier & S. Coutat (éd.), Genève, Université de Genève, p.1413-1422.

MARGOLINAS C. & WOZNIAC F. (2012), *Le nombre à la maternelle. Une approche didactique*, Bruxelles, De Boeck.

MARGOLINAS C. & WOZNIAC F. (2014), « Early Construction of Number as Position with young Children: a teaching experiment », *ZDM*, volume 46, issue 1, p.29-44.

MATHERON Y. (2008), « Le projet AMPERES », *Cahiers pédagogiques*, n°466, p.55-57.

MEYER M. (2010), *La problématologie*, Paris, PUF.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2000), « Rentrée 2000 dans les écoles, collèges et lycées d'enseignement général et technologique », *BOEN*, n°3 du 20 janvier 2000, p.117-142.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2005), « Programme des collèges », *BOEN hors série*, n°5 du 25 août 2005.

ORANGE C. (2005), « Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques », *Les Sciences de l'éducation, Pour l'ère nouvelle*, volume 38(3), p.69-93.

ORANGE C. (2007), « Quel Milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la Terre ? », *Éducation & didactique*, volume 1(2), p.37-56.

PERRIN D. (2007), « L'expérimentation en mathématiques », *Petit x*, n°73, p.6-34.

WOZNIAC F. (2012), « Des professeurs des écoles face à un problème de modélisation : une question d'équipement praxéologique », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, volume 32(1), p.7-55.