

15^e École d'Été de Didactique des Mathématiques

Clermont-Ferrand, 16-23 août 2009

<http://www.ardm.eu/book/export/html/676>

La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder

Questionnement et éléments de réponse à partir de la TAD

Yves Chevallard

UMR ADEF

<http://yves.chevallard.free.fr/>

La notion d'ingénierie didactique a été introduite en didactique des mathématiques dans un contexte historique où le didacticien analysait et « l'ingénieur didacticien » organisait ce qui leur apparaissait (parfois de façon limite) comme des conditions possiblement modifiables par l'enseignant (qui était donc supposé pouvoir reprendre à son compte, *in fine*, les propositions et les produits de l'ingénierie didactique), et cela sans s'arrêter sur les contraintes de tous niveaux, d'apparence non modifiables, sous lesquelles lesdits produits pourraient être amenés à fonctionner. On s'efforcera de montrer que cette prudente cécité « stoïcienne » est en fait intenable tant dans le paradigme scolaire aujourd'hui en voie de dépassement que dans le paradigme épistémologique et didactique qui se dessine autour de l'idée de PER. Des études de cas illustreront ce questionnement ainsi que les éléments de réponse émergents dans diverses configurations où du didactique tente de vivre.

1. Une tension bipolaire, un flottement praxéologique

Beaucoup a été écrit sur la question de l'ingénierie didactique depuis le début des années quatre-vingt. Une bibliographie minimale du sujet, aujourd'hui, comporterait au moins, outre bien sûr les travaux de Guy Brousseau réunis dans sa *Théorie des situations didactiques* (1998), l'article de Michèle Artigue paru dans *RDM* en 1990 (et repris dans Brun, 1996), l'article de Régine Douady paru dans *Repères IREM* en 1994, une nouvelle étude due à Michèle Artigue parue en 2002 dans *Les dossiers des sciences de l'éducation*, sans oublier les travaux, anciens ou récents mais tous précieux, dus à divers auteurs (par exemple Perrin-Glorian, 1992, ou Robert, 2003). Je ne m'attarderai pas davantage sur cet aspect des choses,

car cela aura été fait, je suppose, plus à loisir dans d'autres cadres que ce cours, au sein même de cette 15^e école d'été de didactique des mathématiques. Je voudrais, ici, partir d'un texte de Guy Brousseau assez récent – il est daté du 26 avril 2008 –, intitulé *Premières notes sur l'observation des pratiques de classes*. Présenté par ailleurs¹ comme un fragment de texte non publié (mais heureusement disponible en ligne), on y lit ceci :

5. L'ingénierie didactique

L'ingénierie didactique consiste à déterminer des dispositifs d'enseignement communicables et reproductibles. Elle évoque l'existence d'une description, d'une étude et de justifications aussi précises et consistantes que possibles des conditions d'utilisation de ce dispositif. Il existe une ingénierie didactique très active, qui est le fruit d'une expertise respectable, mais elle s'abstient le plus souvent de fournir des analyses précises et les justifications qui pourraient éclairer les utilisateurs.

L'ingénierie didactique proprement dite accompagne les dispositifs produits d'un ensemble d'études et d'analyses qui donnent les caractéristiques du produit en référence avec les connaissances scientifiques théoriques et expérimentales du moment. Ces études peuvent ne pas être communiquées aux enseignants, mais elles sont indispensables pour l'analyse des observations des activités d'enseignement effectivement réalisées.

Dans le cadre des recherches scientifiques, l'ingénierie à visée phénoménoteknikue a pour objet de concilier les obligations normales de tout enseignement à des élèves avec la reproduction et l'étude de phénomènes didactiques bien déterminés. (Ce genre de recherche ne peut être entrepris que dans des organisations spécifiques complexes et précises).

En particulier elle est indispensable pour étudier systématiquement et expérimentalement des modèles théoriques de dispositifs d'apprentissage et d'enseignement (les situations).

On pourrait distinguer ici, d'emblée, une ingénierie didactique *de recherche* d'une ingénierie didactique *de développement*. On saisit en tout cas l'existence d'une tension entre deux pôles, que je désignerai, provisoirement, comme l'ingénierie didactique *pour l'usage* et l'ingénierie didactique *pour la connaissance*, tension bipolaire qui existerait donc, à suivre Guy Brousseau, à l'intérieur même de ce qu'il nomme « l'ingénierie à visée phénoménoteknikue ». Si l'on supprime la visée de connaissance, on tombe sur l'ingénierie didactique à visée « pratique », qui n'a parfois d'ingénierie que le nom, et pas même l'intention.

¹ Voir http://visa.inrp.fr/visa/presentation/Seminaires/Journees_inaugurales/programme_et_resumes.pdf.

Lorsqu'on passe en revue – je suppose que plusieurs ici l'ont fait – les résultats affichés par Google en réponse à la requête "**ingénierie didactique**" (il y avait, le 24 juillet 2009, 6290 réponses annoncées mais seulement 447 affichées), on voit deux orientations se dessiner : d'un côté, une orientation de recherche en didactique (des mathématiques, de l'EPS, du français, de la physique, etc.) où l'on parle volontiers de la *méthodologie* de l'ingénierie didactique ; de l'autre, une orientation de développement, qui *semble* relativement étrangère – tout en en dérivant – à la tradition établie en didactique des mathématiques. De la première, qui nous est familière, je donne d'abord un exemple apparemment mineur, que j'emprunte à Pascale Blouin (1999), dont le mérite est de suggérer que, en matière de recherche, la « méthode » de l'ingénierie didactique n'équivaut pas aux techniques d'investigation plus anciennement popularisées :

La nécessité des expérimentations didactiques

Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, les résultats sur la construction de la structure multiplicative de la fraction que nous avons obtenus lors de la première étude et que semble appuyer notre seconde étude, remettent en question l'hypothèse que les situations d'enseignement devraient favoriser une construction indépendante des structures additives et multiplicatives des fractions. Cette dernière hypothèse, que nos résultats questionnent fortement, est toutefois conforme aux conclusions pouvant être tirées d'études cognitives et didactiques de type *évaluation de connaissances*, c'est-à-dire, davantage de l'ordre de l'état de connaissances à un moment déterminé en fonction d'un nombre restreint de situations que de la transformation de connaissances. Ce type de recherches ne permet qu'une vision partielle du processus de construction n'ayant pas placé les élèves dans ce type de situation. En cela, les résultats obtenus dans la seconde étude montrent bien que la possibilité que nous avons eue de recourir à un modèle de construction des connaissances des fractions en situations didactiques est nécessaire pour apprécier ces conduites. Ils montrent également la pertinence de réaliser, dans les études intéressées par la construction d'un objet d'enseignement, des expérimentations didactiques s'appuyant sur la méthodologie de l'ingénierie didactique. (p. 211)

J'emprunte mon second exemple à un travail présenté comme relevant de l'« inter-didactique des mathématiques et de la physique », signé de Didier Malafosse, Alain Lerouge et Jean-Michel Dusseau (2000) :

Pour aller au-delà de ce constat et tester la pertinence de notre modèle associant la notion d'espace de réalité à celles de cadre et de registre, nous avons monté une séquence d'électricité en classe de troisième d'un collège classé en ZEP. La méthodologie retenue a été celle de l'ingénierie didactique que Artigue définit comme « *un schéma expérimental basé sur des réalisations didactiques en classe, c'est-à-dire sur la conception, la réalisation et l'analyse de séquences d'enseignement.* » (Artigue, 1988 [sic], pp. 285-286).

Je n'entrerai pas plus avant, ici, dans l'examen de ce que ces auteurs ont fait au juste, dans leur recherche, en matière d'ingénierie didactique. Ce que je soulignerai simplement, parce que ce sera en un sens au cœur de mon propos, c'est le fait absolument général du *flottement praxéologique* associé à toute transposition institutionnelle, phénomène lié notamment à ce fait que les acteurs des systèmes de recherche et des systèmes didactiques avec lesquels ils interagissent sont eux-mêmes porteurs de contraintes, fruit de leurs assujettissements (parfois anciens) à diverses institutions, ou soumis à des contraintes actuelles qui s'imposent à eux. C'est ainsi que des didacticiens de l'EPS, Jean-Paul Sauvegrain, Marie-France Carnus et André Terrisse (2002) écrivent :

Un regard critique porté sur l'utilisation de la méthode expérimentale de type « recherche en laboratoire » pour l'étude des faits éducatifs nous a conduit à opter pour une méthodologie d'ingénierie didactique, en référence à Artigue (1988). L'utilisation d'une méthode expérimentale au sens strict ne peut pas prendre en compte le contexte dans lequel se déroulent les apprentissages (la situation de classe avec ses aléas), alors que les interactions entre environnement et sujet étudié apparaissent déterminantes dans la réalité de l'enseignement. Cette nécessité de prise en compte des interactions avec le milieu didactique a été déjà soulevée avant nous dans les recherches en didactique de l'EPS (Amade Escot, Marsenach, 1995 ; Loquet, 1996 ; Camus, 2001).

Ces auteurs évoquent alors « des difficultés dues à la spécificité des décisions de lutte » pour procéder à des « adaptations de la méthodologie d'ingénierie didactique en combat » :

Une première adaptation concerne la « commande » passée à l'enseignant de la classe que nous avons observée. Classiquement, dans les ingénieries en mathématiques, l'enseignant propose aux élèves un contenu bien délimité, les phases didactiques sont définies au préalable, et les réponses attendues (y compris les « erreurs » prévisibles) sont décrites avant que la leçon n'ait lieu. Une notion mathématique est abordée, des situations de recherche, de mise en

commun, d'institutionnalisation, sont clairement organisées, repérables dans le déroulement des séquences (Brousseau, 1998). Pour notre recherche, il ne nous a pas été possible d'être aussi précis (car, nous l'avons dit, le milieu, ouvert, interagit fortement), ce qui nous a conduit à laisser une grande part de liberté à l'enseignant, faisant confiance à son expertise, pour interpréter et mettre en œuvre le contenu dont nous avons défini ensemble la trame (aborder le combat en termes de stratégie, d'adaptation à l'adversaire). Plutôt que d'imposer une planification rigide de ses interventions, nous avons choisi d'observer l'interprétation qu'il pouvait produire à partir de la trame que nous lui avons fournie. Cette façon de procéder conservait à la situation d'enseignement sa vitalité, et nous pouvions en observer une interprétation singulière (comment fait concrètement cet enseignant pour faire accéder les élèves aux savoirs stratégiques ?). Finalement, nous avons été en mesure de décrire avec une précision acceptable (puisque le projet est de rendre compte de l'utilisation qu'en fait l'élève), le savoir réellement transmis pendant le cycle. Nous avons pu repérer, parmi les choix effectués par cet enseignant, des options explicitées, et d'autres qui le sont moins.

D'aucuns peut-être se demanderont vertueusement s'il s'agit toujours d'ingénierie didactique ; et ce passage d'un travail en didactique de l'EPS dû à Christiane Roustan (2003) pourra venir renforcer leur interrogation :

La méthode d'ingénierie didactique (Artigue, 1990) a orienté, au départ, l'organisation de notre recherche. Mais nous nous en sommes partiellement distingués. Il ne s'agissait pas, en effet, de concevoir et de valider des contenus d'enseignement en proposant des solutions à un problème didactique identifié, mais davantage de créer un contexte d'observation propice à l'étude et à la compréhension du fonctionnement didactique. Ce travail a donc une connotation phénoménoteknique à but de recherche, où l'analyse interne a prédominé, et où l'observation, la vérification, la discussion de la logique contrainte des choix ont été éprouvés essentiellement en termes de milieu pour l'étude. Ce travail est donc à appréhender comme une étude de cas.

Je ne retiens quant à moi, en tout cela, que le phénomène de flottement praxéologique annoncé. Ce flottement, on le voit, tient d'abord aux chercheurs (qui ne semblent pas, par exemple, avoir été tentés de reprendre *au plus près* la technique qui prévaudrait « en mathématiques », ce qui aurait peut-être détonné dans la culture « didactique » de l'EPS). Mais il tient aussi, on l'imagine, aux acteurs du système didactique observé, élèves compris. J'emprunterai ici un exemple aux travaux en didactique *du français* de Claudine Garcia-

Debanc et de ses collègues. Dans un texte qu'elle signe avec Jacques Lordat (2007), on trouve cette note de bas de page :

La méthodologie d'ingénierie didactique, qui a émergé en didactique des mathématiques au début des années 1980 (Artigue, 1990) se caractérise par « la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement » (Loquet, 1996 cité par Carnus, 2001). (p. 48)

Étrangement, la référence à l'ingénierie didactique se fait ici à travers son usage en didactique *de l'EPS*, laquelle semble jouer un rôle transitionnel, voire transactionnel, et cela encore à travers une mise en abyme qui renvoie à la thèse de Marie-France Carnus (2001) comme renvoyant elle-même à la thèse de Monique Loquet (1996). On aura noté que ces sources, également mentionnées dans l'article précédemment cité (Sauvegrain, Carnus & Terrisse, 2002), y étaient accompagnées d'une référence non reprise ici à un travail signé de Chantal Amade-Escot et Jacqueline Marsenach (1995), dont la seconde partie est intitulée « Recherche d'ingénierie didactique ». On entraperçoit ainsi les cheminements institutionnels parfois tortueux (en apparence) qui marquent la diffusion (et la transposition) d'une création méthodologique apparue d'abord « en mathématiques ». Tout cela noté, c'est dans un autre texte, signé avec Véronique Paolacci (2008), que l'on trouvera l'illustration annoncée (j'en rapproche ici deux passages pour faciliter la compréhension du propos) :

Nous avons élaboré le scénario de formation selon la méthodologie de l'ingénierie didactique. (Artigues, 2002). (p. 208)

.....
Ainsi, dans l'exemple analysé, une des enseignantes ajoute aux critères syntaxiques de reconnaissance du sujet, proposés dans l'ingénierie didactique (variation concomitante du sujet et du verbe, substitution pronominale, encadrement par *c'est... qui*), un critère sémantique (le sujet c'est celui qui fait l'action) proposé par un élève. (p. 210)

Bien entendu, observeront certains, que doit-on penser d'une « ingénierie didactique » qui, en l'espèce, n'aurait ni anticipé la « proposition » (éventuelle, mais fortement probable) prêtée ici à un élève, ni envisagé sa gestion en temps réel par l'enseignant ?

Je note ici en passant que les évocations qui précèdent ne doivent pas donner à croire que la « méthodologie de l'ingénierie didactique » (ou la « d'ingénierie didactique », comme on lit aussi), aurait migré dans tout le champ « éducatif » ou même seulement « didactique ».

Ainsi, dans un compendium paru en 2004 sous le titre *Les méthodes de recherche en science de l'éducation* (notez le singulier de « science de l'éducation »), un auteur bien connu, Gaston Mialaret (né en 1918), qui n'est étranger ni à l'enseignement des mathématiques ni à la « pédagogie expérimentale » (Mialaret, 1964), ignore-t-il entièrement la « méthode de l'ingénierie didactique » (ou « méthode d'ingénierie didactique »). Cela, il est vrai, n'a pas empêché l'expression *ingénierie didactique* de diffuser bien au-delà du petit monde évoqué jusqu'ici. Dans un écrit – il s'agit semble-t-il d'un mémoire de DESS – que l'examen des résultats affichés par Google conduit à rencontrer (Gauthier, 2001), on lit ceci :

Nous suivrons ici l'approche de Philippe Carré sur les quatre types d'ingénierie, en les précisant :

- L'ingénierie de formation, la plus globale, qui détermine la position de la formation dans son contexte, conçoit ses objectifs généraux, maîtrise la logistique, l'évaluation et l'amélioration globale du dispositif, sur les bases d'un contrat de formation (niveau global) ;
- L'ingénierie pédagogique, qui affine la conception, la conduite, l'évaluation et l'amélioration des processus pédagogiques, sur les bases d'un contrat pédagogique (niveau des méthodes) ;
- L'ingénierie didactique, qui affine la conception, la conduite, l'évaluation et l'amélioration des situations d'apprentissage, sur les bases d'un contrat didactique (niveau des outils) ;
- L'ingénierie des technologies pédagogiques, qui affine la conception, la mise en œuvre spécifique, l'optimisation, l'évaluation, l'amélioration des moyens technologiques utilisés, au service des trois autres ingénieries, et de façon transverse.

Dans un autre des documents proposés (Ahaji, El Hajjami, Chikhaoui & Jarrad, 2005), on lit semblablement :

Devant la diversité et la quantité des produits des enseignants innovants que nous avons pu recevoir, nous avons choisi de travailler en équipes d'experts pluridisciplinaires allant de cinq à huit experts et dont les profils portent sur les quatre ingénieries : didactique, pédagogique, de formation et des technologies pédagogiques, en plus des inspecteurs et des enseignants des disciplines sur lesquelles porte la conception du produit.

Le lecteur intéressé pourra trouver de nombreux éclaircissements sur la notion d'*ingénierie de formation* dans des ouvrages qui ont déjà quelques années d'âge (Carré & Caspar, 2004 ; Leguy, Brémaud, Morin & Pineau, 2005). Notons à cet égard que l'expression « ingénierie de

formation » est aujourd'hui présente dans l'intitulé d'un nombre important de masters de formation d'adultes (Leguy et al., 2005, pp. 16-19). Pour situer rapidement les notions mentionnées les unes par rapport aux autres, je reproduis d'abord un peu longuement un propos signé de Philippe Carré et Gérard Jean-Montcler (2004) :

La notion d'ingénierie, rappelons-le, recouvre « l'étude globale d'un projet industriel sous tous ses aspects (techniques, économiques, financiers, sociaux), coordonnant les études particulières de plusieurs équipes de spécialistes » [1. Dictionnaire Robert, 1992]. De plus, la démarche d'ingénierie est ciblée sur la recherche de l'efficacité : pour l'Afnor, dans le domaine de la formation, cet « ensemble de démarches méthodologiques articulées » s'applique à « la conception de systèmes d'action, ou de dispositifs de formation, pour atteindre efficacement l'objectif fixé » [2. Afnor, Norme X50-75014.92.]

Si, selon A. Ponchelet [3. A. Ponchelet (1990). « Ingénierie ou ingénieries ? », *Actualité de la formation permanente*, n° 107, juillet-août], l'ingénierie *de formation* recouvre « un ensemble d'activités de conception, d'étude et de coordination de diverses disciplines pour réaliser et piloter un processus visant à optimiser l'investissement formation », en revanche l'ingénierie *pédagogique* concerne les *pratiques pédagogiques* elles-mêmes. La notion d'ingénierie devient nécessaire quand la pédagogie se fait... « autre » : quand elle s'ouvre sur le monde environnant (visites, stages, alternance), quand elle utilise des équipements et des outils variés (technologies de l'information et de la communication), quand elle intègre de multiples intervenants, voire une équipe pédagogique qu'il faut coordonner, quand elle exploite des situations différentes du face-à-face classique entre le formateur et le participant (travaux de groupe ou individualisation des parcours)... On observera ainsi que la notion d'ingénierie pédagogique est strictement contemporaine de la montée des « nouveaux dispositifs de formation », qu'ils soient dits « à distance », « flexibles », « ouverts », « individualisés », « médiatisés », etc. (pp. 423-424)

J'ajoute à cela quelques précisions encore, empruntées à la contribution au même ouvrage signée de Pierre Pastré (2004). Celui-ci écrit d'abord :

La formation continue a derrière elle une tradition d'ingénierie de la formation qui est pratiquement aussi longue que sa propre histoire. Analyser une demande, analyser des besoins, construire un dispositif de formation, procéder à son évaluation : autant d'activités d'ingénierie qui sont un peu les lettres de noblesse de la formation professionnelle continue. Car si celle-ci s'est constituée historiquement comme un champ de pratiques, il s'agit de

pratiques analysées et raisonnées, qu'elle a elle-même inventées et codifiées. Mais l'institution de cette ingénierie de formation, qui est peut-être l'invention spécifique de la formation professionnelle continue dans ses trente ans d'existence instituée, a laissé sur le bord de la route un autre projet, tout aussi important, mais sans doute moins urgent: la constitution d'une ingénierie didactique professionnelle, dont l'objectif est d'utiliser l'analyse du travail pour construire des contenus et des méthodes, visant à la formation des compétences professionnelles. Ainsi jusque vers les années quatre-vingt, on a renvoyé à plus tard le soin de repenser l'acte didactique, s'adressant à des adultes au travail, en référence au développement des compétences et de l'expérience professionnelle. On peut penser – c'est le cas de l'auteur de ce chapitre – que cette question de l'ingénierie didactique professionnelle est devenue l'urgence d'aujourd'hui. (p. 465)

L'auteur poursuit en précisant les termes employés :

On propose d'appeler ingénierie de formation tout ce qui relève de la construction de dispositifs de formation, avec la nécessité d'articuler des objectifs, des méthodes et des contenus ; et ingénierie didactique professionnelle tout ce qui relève de la production de ressources éducatives, utilisant ou non des nouvelles technologies, mais s'appuyant sur des situations de travail qui servent de supports à la formation et au développement des compétences professionnelles. (pp. 465-466)

Il ajoute ensuite :

Comme l'ingénierie de la formation, l'ingénierie didactique professionnelle se donne comme objectif de dépasser le stade d'une simple accumulation de pratiques sans principes, pour chercher à fonder rationnellement les pratiques qu'elle entend développer. Elle s'appuie sur des références théoriques, qu'on peut situer à l'interface, et dans le prolongement historique, de l'ergonomie cognitive d'un côté, de la didactique des disciplines scientifiques de l'autre. (p. 466)

Je retiendrai enfin cette précision :

Dans ce chapitre, il sera beaucoup question de simulation. Il ne faudrait pas perdre de vue que ce n'est qu'un exemple parmi d'autres des ressources qu'on peut trouver en ingénierie

didactique professionnelle. Mais c'est un outil particulièrement intéressant, parce qu'il oblige à penser apprentissage de situations, et non pas apprentissage de savoirs. (p. 466)

Pastré (2004, p. 466) écrit aussi : « La didactique professionnelle cherche à analyser l'acquisition et la transmission des compétences professionnelles en vue de les améliorer. » Nous nous trouvons ici plus franchement confrontés à une notion d'ingénierie didactique qui semble vouloir renvoyer *d'abord* à des pratiques d'ingénierie, mot dont voici la notice que lui consacre le *Dictionnaire culturel en langue française* (Rey, 2005) :

INGÉNIERIE [ɛ̃ʒeniri] n. f. (v. 1964 ; dér. de *ingénieur*, pour traduire l'anglais *engineering* → *génie*)

1 Techn., didact. Étude globale d'un projet industriel sous tous ses aspects (techniques, économiques, financiers, sociaux), coordonnant les études particulières des spécialistes. *Un directeur de recherche et d'ingénierie*. – Recomm. Offic. Pour remplacer l'anglicisme *engineering*.

2 Inform. Conception et réalisation de systèmes informatiques répondant à des besoins spécifiques.

3 Par ext., sc. Discipline d'applications scientifiques correspondant à un domaine de connaissance en science pure. *L'ingénierie immunologique*. (p. 1985)

Dans la perspective où se situent ces définitions, les « systèmes » et produits qu'il s'agit de « concevoir et réaliser » le sont normalement, non au bénéfice de la recherche fondamentale (contrairement à ce qui s'entend lorsqu'on parle de « méthodologie de l'ingénierie didactique »), mais à l'intention d'utilisateurs extérieurs – sinon étrangers – au petit monde de la recherche. Dans un cas, l'ingénierie didactique est au service de la recherche en didactique, dont les besoins en impulsent le développement ; dans l'autre, la recherche en didactique se met au service de l'ingénierie didactique, elle-même au service d'une volonté diversifiée de développement institutionnel. Telle est, me semble-t-il, la « tension bipolaire » qui traverse la notion d'ingénierie didactique telle qu'elle s'est inscrite depuis presque trente ans dans l'espace social.

2. Le problème méthodologique

Jusqu'à quel point peut-on subsumer ce qui précède sous un même schéma théorique ? Un point de départ pourrait consister à regarder la « méthode de l'ingénierie didactique » comme un cas particulier – offrant au chercheur des possibilités uniques – de la « méthodologie » de

la recherche en didactique. À cet égard, j'emprunte au vieux dictionnaire de psychologie d'Arthur S. Reber (1985) la définition que voici :

methodology 1. Broadly, the formulation of systematic and logically coherent methods for the search for knowledge. It is, strictly speaking, not concerned directly with the accumulation of knowledge or understanding but rather with the methods and procedures by which such knowledge and understanding are achieved. Most are prone to use the term as equivalent to *scientific method*, with the implication that the only acceptable methodology is the scientific. The legitimacy of this equivalence depends on just how one characterizes the *scientific method* – in the treatment given below, which is representative of the contemporary “received view,” this synonymity is defensible. **2.** Specifically, the actual procedures used in a particular investigation.

La « méthodologie » concerne donc ce que je nommerai *les praxéologies de recherche* mises en jeu dans un domaine donné (ou dans une recherche particulière donnée). Je profite de cette remarque pour souligner que le travail collectif sur les praxéologies de recherche en didactique, c'est-à-dire sur “the methods and procedures by which such knowledge and understanding are achieved” et sur “the formulation of systematic and logically coherent methods for the search for knowledge”, me semble aujourd'hui plus nécessaire que jamais pour combattre les effets de la routinisation, voire de la quasi-naturalisation des méthodes usitées. Cela dit, je complète les informations qui précèdent par une remarque sur le vocabulaire utilisé en reproduisant les deux entrées que voici du *Dictionnaire culturel en langue française* déjà consulté (Rey, 2005) :

MÉTHODOLOGIE [metɔdɔlɔʒi] n. f. (1842 ; de *méthode* et *-logie*)

Didact. **1** Étude systématique des méthodes scientifiques (son étude fait traditionnellement partie de la logique)

→ **épistémologie**.

2 Étude des méthodes pédagogiques.

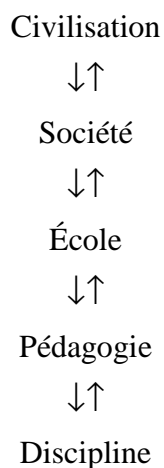
3 Abusif. Anglic. Méthode, moyen de procéder. Le mot tend à se répandre indûment pour *méthode* comme *technologie* pour *technique*.

MÉTHODOLOGIQUE [metɔdɔlɔʒik] adj. (1877, Littré, Suppl. ; de *méthodologie*)

Didact. Qui concerne l'étude des méthodes et (abusif) les méthodes. → **méthodique**. (p. 592)

Je partirai de la définition suivante de *la* didactique : la didactique est la science des conditions et contraintes de la diffusion sociale – auprès des personnes et des institutions – des praxéologies. Cette définition appellerait de multiples commentaires et précisions, mais je me limiterai d’abord à éclaircir la distinction faite entre « conditions » et « contraintes ». En principe, tout est condition ; mais on dira qu’une condition est une contrainte pour une certaine instance *U* – une personne ou une institution – lorsque *U* ne peut, vu l’ensemble des autres conditions régnantes, espérer raisonnablement, pour une certaine période de temps, pouvoir *modifier* cette condition. Pour le dire autrement, une contrainte pour *U* est une condition non modifiable par *U*. Les conditions qui n’apparaissent pas comme des contraintes seront appelées des conditions, tout court, ou, pour écarter toute ambiguïté, des conditions modifiables (par *U*).

Les conditions qui sont l’objet d’étude de la didactique ne peuvent être énumérées *a priori* : leur découverte progressive et la compréhension de leur rôle dans la diffusion de telle ou telle entité praxéologique \wp sont l’objectif permanent de la recherche en didactique. Mais il est apparu utile d’en ébaucher une classification, qui prend la forme d’une échelle de niveaux dits *de co-détermination didactique*. Je reproduis ici cette échelle dans sa version la plus compacte :



Là encore, des commentaires nombreux seraient de mise. Chaque niveau de cette échelle est le lieu d’origine de certaines conditions qui apparaissent souvent comme des contraintes aux autres niveaux. Ainsi existe-t-il des conditions de civilisation, qui prévalent donc dans tout un ensemble de sociétés et que, en un temps donné, d’aucuns peuvent certes analyser, voire contester, mais non modifier. La double flèche (↕) doit être lue dans cette perspective : la création (ou la modification) d’une condition en un niveau donné – par exemple au niveau scolaire – peut changer la donne aux niveaux inférieurs – ici, par exemple, au niveau

pédagogique – mais aussi aux niveaux supérieurs – au niveau « sociétal » et même au niveau « civilisationnel ».

Il y a là une amplification notable de l'univers des conditions que prennent en compte certains travaux de didactique où l'on tend à ignorer les conditions regardées comme des contraintes *pour le professeur*, ou du moins *pour le chercheur*, en particulier parce que ces conditions se sont depuis longtemps figées, ce qui peut laisser croire – indûment – à leur intangibilité. En sens inverse, la hiérarchie des « ingénieries » associée plus haut au nom de Philippe Carré (ingénierie de la formation, ingénierie pédagogique, ingénierie didactique) témoigne d'une redécouverte des conditions ayant leur siège en deçà de la classe, où le professeur exerce son art. Il est significatif, à cet égard, que cette redécouverte soit présentée comme « strictement contemporaine de la montée des “nouveaux dispositifs de formation”, qu'ils soient dits “à distance”, “flexibles”, “ouverts”, “individualisés”, “médiatisés”, etc. ». Bien entendu, il appartient aux chercheurs en didactique de prendre en compte autant qu'il est possible à un moment donné l'ensemble des conditions dont ils soupçonnent qu'elles pèsent sur la diffusion praxéologique étudiée, quand bien même ils n'auraient pas la capacité d'obtenir que ces conditions soient modifiées d'une manière éventuellement souhaitée. On tient là, au reste, un trait qui distingue recherche fondamentale et ingénierie.

L'exigence énoncée ici n'est pas acceptée par tout le monde. Dans un texte déjà cité, Guy Brousseau (2008) écrit ainsi dans une note de bas de page :

Les phénomènes d'acculturation sont d'une complexité incomparable avec ce qui a fait jusqu'à aujourd'hui l'objet de recherches scientifiques. Nourrie par des succès incontestables dans toutes sortes de sciences classiques, l'ambition de contrôler toutes sortes de phénomènes s'est étendue au domaine de l'éducation, bien au-delà de ce que la science didactique peut permettre avant longtemps.

Le même auteur écrit, cette fois dans le corps du texte :

La science didactique consiste essentiellement à étudier

- la consistance générale des modèles utilisés dans les observations de pratiques de classe
- et leur accord avec le corpus des observations effectives.

Elle repose donc sur l'observation des pratiques de classe, sur la capacité à déterminer les conditions dans lesquelles elles se déroulent et sur la détermination des rapports entre les conditions et les faits observés.

Et il poursuit en se référant explicitement à la théorie des situations didactiques (TSD) :

Certains modèles de contingence se limitent à un inventaire de variables à observer, sans préjuger de leurs relations supposées, de sorte que la nécessité d'observer tel ou tel fait relève de n'importe quelle problématique ou idéologie ou science. Au contraire, les *modèles de situations* envisagent a priori des ensembles de variables didactiques liées à l'action didactique en cours. En prenant en compte les résultats déjà connus, ces modèles a priori permettent de soumettre à l'expérience des dispositifs plus complexes et des hypothèses plus profondes. L'étude purement empirique des pratiques de classe peut être très utilement accélérée par des expérimentations et des expériences dont l'instrument principal est l'ingénierie didactique.

Il s'agit là, en vérité, d'un tableau qui, pour l'essentiel, sera repris dans ce qui suit, ainsi qu'on le verra. Mais le confinement dans l'espace de la classe, qui peut être la tentation du didacticien, ne saurait lui faire oublier que des conditions apparemment étrangères à l'ordre usuel de la classe pèsent clandestinement, si l'on peut dire, sur l'écologie didactique qui y prévaut. Je citerai à cet égard un exemple dû à une psychologue, Anne Gombert (2003), qui ne saurait avoir, ici, de valeur qu'illustrative. On présente à des élèves de CM2 (au nombre de 112) ainsi qu'à 63 adultes « un carnet de récit constitué de 14 images racontant une histoire simple ». Les images de ce carnet ne contiennent pas de couleurs, mais elles sont imprimées sur des feuilles qui sont soit de couleur grise (« couleur triste »), soit jaune (« couleur gaie »), soit blanche (« couleur neutre »). Chacun des participants – enfant ou adulte – consulte pendant 5 minutes un carnet de l'une des trois « couleurs ». Il est ensuite invité à raconter par écrit (pendant 20 minutes) cette histoire en images, en s'efforçant de « traduire verbalement les états émotionnels des personnages ». Voici alors ce qu'écrivait l'auteure :

D'une façon très générale, les résultats montrent que : (a) les jeunes rédacteurs produisent plus de mots lorsque le support est jaune (couleur « gaie »). En revanche, pour les adultes, aucun effet de la couleur n'est mis en évidence sur la productivité ; (b) pour les enfants, comme pour les adultes, la couleur « gaie » n'a pas provoqué un surcroît d'utilisation de lexique traduisant l'émotion dans les textes (adjectifs subjectifs et modalisateurs d'intensité).

Ces résultats reçoivent l'interprétation suivante :

Une interprétation en terme de niveau d'activation général est retenue. L'état émotionnel « gai », induit par la couleur, favoriserait la productivité (en général) mais n'agirait pas sur la

récupération lexicale plus fine et plus spécifique. Par ailleurs, l'état émotionnel « positif » ne jouerait plus son rôle « d'activation » dès lors que l'expertise rédactionnelle est assurée.

Si l'on suit ces conclusions, on devra admettre que la couleur du papier sur lequel écrit l'élève constitue, en un cas au moins (celui de « rédacteurs novices » aux prises avec l'expression écrite de certains « états émotionnels », etc.), une condition didactiquement *sensible*, même si ce n'est là vraisemblablement qu'une condition « secondaire », car « dominée » par une foule d'autres conditions, fût-ce dans l'optique de l'ingénierie didactique pour le développement. Je glisserai à ce propos une remarque en passant : on trouve sans doute l'*une* des raisons du rétrécissement volontaire de l'univers des conditions considéré par certains didacticiens dans le fait que, avant la naissance de la didactique, les « pédagogues » ont souvent accordé trop d'influence à des conditions fortement génériques, à partir desquelles il a pu sembler qu'ils voulaient tout expliquer ou presque (parce qu'elles semblaient pouvoir s'appliquer à tout), en ignorant avec superbe le problème de la spécification de leurs effets didactiques. La chose est plus frappante peut-être dans les « modes pédagogiques » qui se succèdent et mettent en avant chacune *une* condition principale, déclarée bénéfique à tout, à l'instar d'une panacée. Il n'est pas sûr que cet habitus unifactoriel ne soit pas actif encore dans les travaux qui bornent leur champ aux conditions dont le lien avec l'enjeu de l'étude est quasiment immédiat.

Pour avancer, je donne maintenant une définition *du* didactique : on dira que, dans une situation institutionnelle donnée, il y a *du didactique* lorsqu'une instance *U* (personne ou institution) de la situation envisage de faire (ou fait) quelque chose – un « geste didactique » – afin que quelque instance *V* (personne ou institution) voit se modifier d'une façon souhaitée son rapport à une certaine *œuvre* ♥. J'ai proposé de noter ainsi une telle situation « à visée didactique » :

$$\#(U ; V ; ♥).$$

Bien entendu, on peut avoir $U = V$. Un geste didactique, qui crée une condition (et donc une contrainte) « didactique », peut être plus ou moins *spécifique* : l'enjeu didactique ♥ peut être plus ou moins « gros ». Ce peut être par exemple un ensemble de disciplines, une discipline toute entière, un domaine de celle-ci, ou un secteur, un thème, un sujet... C'est ainsi que, si une société décide de créer un certain type d'écoles pour l'instruction de base de ses membres, elle accomplit un geste didactique *faiblement spécifique*, en cela qu'elle crée une condition qui concernera *un grand nombre d'œuvres*. La création d'une école municipale de musique, elle, créera des conditions plus spécifiques de l'enjeu didactique annoncé, « la

musique » ; et il en ira plus encore ainsi avec la création, en cette école, d'un cours de contrepoint, etc. On arrive ainsi au plan de ces entités « moléculaires » que sont, non pas les classes (lesquelles participent des conditions scolaires ou des conditions pédagogiques), mais les *systèmes didactiques* que l'on écrira

$$S(X ; Y ; \heartsuit)$$

où X est l'instance étudiante, Y l'instance d'aide à l'étude, et l'œuvre \heartsuit l'enjeu de l'étude (on a souvent $Y = \{ y \}$ ou $Y = \emptyset$). Le fonctionnement de $S(X ; Y ; \heartsuit)$ suppose qu'on ait notamment $\#(U ; V ; \heartsuit)$ avec $U = Y$ et $V = X$ et aussi avec $U = V = X$. D'une manière plus générale, tout geste didactique vise, directement ou indirectement, à travers la ou les conditions qu'il s'efforce de créer ou de modifier, l'existence et le fonctionnement d'un système didactique (ou d'une catégorie de systèmes didactiques).

La théorisation ébauchée jusqu'ici suppose que la société que l'on considère participe d'une civilisation où existent certaines notions, constitutives d'un noyau de théorie didactique commun aux institutions de cette civilisation. Tout d'abord doit exister la notion d'*œuvre*. Ce mot est dépourvu ici de charge axiologique : il désigne un « objet » quelconque regardé comme le fruit d'une activité anthropique visant un but déterminé (qui peut être inconnu), c'est-à-dire le produit d'une action humaine *finalisée*. J'indique tout de suite que deux types d'œuvres seulement seront évoqués dans ce qui suit : d'une part, les *entités praxéologiques*, dont la notation générique est ici \wp , type d'œuvres qui admet comme cas particuliers les « savoirs » et « savoir-faire » de la culture commune ; d'autre part, les *questions*, notées de façon générique Q . (Les réponses R aux questions Q , elles, seront regardées comme des entités praxéologiques.) Cela étant, on suppose ensuite qu'existe la notion d'*étude* d'une œuvre, l'unicité supposée de ce concept allant de pair avec la variété des définitions, dans le temps et l'espace institutionnels, de ce que c'est qu'étudier. Cela noté, étudier une question Q , ce sera ici, formellement et de façon générale, travailler à lui apporter une réponse R . Étudier un savoir ou, plus justement une entité praxéologique \wp , ce sera, en fait, étudier certaines *questions* relatives à \wp , à sa structure et à ses fonctions, à sa genèse, etc. (Notons en passant le lien de la notion d'étude avec les mathématiques : *étude*, en grec, se disait *mathêsis*.) À l'idée d'*œuvre* à *étudier* est liée ensuite – tel est le postulat – l'idée d'*aide à l'étude*, et donc de *système didactique* : c'est la troisième notion supposée. Un tel système se forme au sein d'une institution nécessaire, une *école*, la *skholê* des anciens Grecs : quoiqu'une école puisse se présenter dans les formes les plus diverses, c'est une institution offrant de façon déclarée un habitat à certains types de systèmes didactiques. Telle est la quatrième notion du noyau

théorique qui gouverne le didactique. À cela, j'ajoute un dernier réquisit : l'existence du concept de *discipline d'une œuvre*, ensemble de règles selon lesquelles une œuvre vit, est consommée, reproduite, « mise en œuvre », etc. Là encore, à l'unicité du concept correspond une pluralité changeante de disciplines « concrètes ». C'est à cette discipline de l'œuvre étudiée, telle qu'elle se révèle à travers son étude, que renvoie le niveau le plus profond de l'échelle des conditions et contraintes de co-détermination didactique présentée plus haut : le niveau de la discipline. Bien entendu, ce qui est regardé comme une *œuvre* et ce en quoi est supposée consister l'*étude* de l'œuvre selon la discipline de l'œuvre sont des fonctions de l'*ensemble* des conditions et contraintes exerçant leurs effets du haut en bas de l'échelle de co-détermination didactique. Mais le fait qu'existent, dans la société qu'étudie le didacticien, les notions précédemment invoquées crée des conditions et des contraintes décisives par leurs effets dans la diffusion praxéologique.

Le problème « méthodologique » en didactique se pose par rapport à l'échelle complète des conditions et contraintes évoquée dans ce qui précède et, bien sûr, par rapport aux conditions et contraintes « portées » ou « créées », au sein d'un système didactique $S(X; Y; \heartsuit)$, par X ou par Y . Comment se pose-t-il ? Je ne retiendrai d'abord que deux des problématiques en didactique, que je regarde comme duales l'une et de l'autre et que je nomme respectivement problématique *de base* et problématique *possibiliste*. La problématique de base en didactique peut être énoncée ainsi :

Étant donné certaines contraintes pesant sur telle institution ou telle personne, sous quels ensembles de conditions cette institution ou cette personne pourrait-elle intégrer à son équipement praxéologique telle entité praxéologique désignée ?

Notons alors

$$\partial(K_0, C, \wp_0, U_0)$$

le fait que, sous les contraintes K_0 (que l'on n'envisage pas de modifier), l'instance U_0 « apprenne » (c'est-à-dire intègre à son équipement praxéologique) l'entité praxéologique \wp_0 dès lors que seront satisfaites les conditions C (que l'on estime pouvoir créer). La problématique de base (appliquée à \wp_0 et U_0 sous les contraintes K_0) revient donc à s'interroger sur l'ensemble

$$\{ C / \partial(K_0, C, \wp_0, U_0) \}.$$

La problématique *possibiliste*, de son côté, peut s'exprimer ainsi :

Étant donné un certain ensemble de conditions et de contraintes auxquelles telle institution ou telle personne est soumise, à quel systèmes praxéologiques est-il possible que cette institution ou cette personne accède ?

Cette fois, on s'interroge sur l'ensemble

$$\{ \wp / \partial(K_0, C_0, \wp, U_0) \}.$$

Se demander si un certain ensemble de conditions C_0 est tel que

$$C_0 \in \{ C / \partial(K_0, C, \wp_0, U_0) \}$$

revient à se demander si

$$\wp_0 \in \{ \wp / \partial(K_0, C_0, \wp, U_0) \}.$$

Inversement, se demander si

$$\wp_0 \in \{ \wp / \partial(K_0, C_0, \wp, U_0) \}$$

revient à se demander si

$$C_0 \in \{ C / \partial(K_0, C, \wp_0, U_0) \}.$$

De façon générale, si une première problématique revient à étudier un ensemble du type

$$\{ Y / f(X_0, Y, Z_0, T_0, \dots) \}$$

et une seconde problématique conduit à examiner un ensemble du type

$$\{ Z / f(X_0, Y_0, Z, T_0, \dots) \},$$

on dira de ces deux problématiques qu'elles sont *duales* l'une de l'autre. Ainsi, relativement à un même ensemble de contraintes K_0 et à une même instance U_0 , la problématique de base et la problématique *possibiliste* *sont-elles bien duales l'une de l'autre*.

La mise en œuvre des problématiques de base et *possibiliste* ne posent pas les mêmes problèmes. La problématique *possibiliste*, où l'on étudie, pour un ensemble C_0 de conditions *donné*, un ensemble du type

$$\{ \wp / \partial(K_0, C_0, \wp, U_0) \}$$

dont les éléments sont des praxéologies \wp , suppose que l'on examine l'équipement praxéologique de l'instance U_0 , ce qui ne va pas de soi, certes, et soulève même des problèmes méthodologiques cruciaux, mais ne suppose nullement que l'on *crée* les conditions C_0 , du moins si l'on s'en tient aux ensembles C_0 que l'on peut observer « dans la nature ». Dans le cas de la problématique *de base*, en revanche, où, pour une entité praxéologique \wp_0 *donné*, on doit examiner un ensemble du type

$$\{ C / \partial(K_0, C, \wp_0, U_0) \},$$

dont les éléments sont des systèmes C de conditions, il convient généralement de *créer* les conditions C pour pouvoir en observer les effets : si l'on note \hat{C} l'ensemble de conditions effectivement créées, on examinera alors si l'on a bien

$$\wp_0 \in \{ \wp / \partial(K_0, \hat{C}, \wp, U_0) \}.$$

C'est alors que le chercheur devra observer, non plus des systèmes didactiques « libres » (par rapport à lui), mais des systèmes didactiques qu'il aura délibérément « perturbés », voire largement « créés », même si cette perturbation ou cette création passe généralement par l'intermédiaire de Y (lorsque celui-ci dispose de suffisamment de pouvoir). Or il s'agit là d'un tout autre jeu ! Et l'on comprend que, en certains cantons de la recherche en éducation, on se tienne prudemment à distance de ce redoutable exercice, en invoquant quelquefois des scrupules de pureté « expérimentale » qui cachent mal une dérobade devant l'engagement tout à la fois scientifique, institutionnel et humain que l'intervention franche sur un système didactique requiert. Je voudrais maintenant aborder ce problème, précisément.

3. Analyse et ingénierie didactiques : vers les PER

Pour savoir si l'on a bien

$$\hat{C} \in \{ C / \partial(K_0, C, \wp_0, U_0) \}$$

c'est-à-dire si l'ensemble \hat{C} de conditions considéré vérifie la relation

$$\partial(K_0, \hat{C}, \wp_0, U_0),$$

comme une analyse *a priori* aura pu le laisser penser, il convient de savoir, par le moyen d'une analyse *a posteriori*, si l'on aura comme espéré

$$\wp_0 \in \{ \wp / \partial(K_0, \hat{C}, \wp, U_0) \}.$$

Avant d'aller plus loin là-dessus, toutefois, il est bon de remplacer la notion (informelle) d'*apprentissage*, désignée ici par le symbole ∂ , par une notion plus large, celle de *rencontre*, à laquelle on peut attribuer tout une gamme de modalités : rencontrer une praxéologie \wp , ce peut être simplement *croiser* \wp , sans plus, ou bien *manipuler* \wp un tant soit peu, ou encore *travailler* \wp quelque peu, voire l'*étudier* d'une façon plus approfondie (quoique, nous le verrons, *finalisée*), enfin l'*intégrer* plus ou moins pleinement (et durablement) à son équipement praxéologique, en ce sens qu'on en aura un certain temps au moins "a working knowledge". Je noterai

$$\mathfrak{R}(K, C, \wp, U)$$

la relation quaternaire correspondante, que je substituerai désormais à la relation employée jusqu'ici, $\partial(K, C, \wp, U)$. Affirmer qu'on a $\mathfrak{R}(K, C, \wp, U)$ signifie donc que, sous les contraintes K , les conditions C provoquent la rencontre par U de l'entité praxéologique \wp , sans préciser, si je puis dire, le « degré » de cette rencontre.

Je reviens maintenant sur une distinction présentée plus haut, entre les systèmes didactiques de la forme

$$S(X; Y; \wp)$$

et les systèmes didactiques de la forme

$$S(X; Y; Q).$$

Dans le premier cas, on étudie une praxéologie « donnée » ; dans le second une question « donnée ». Le premier cas est classique : \wp est regardé comme ce que X (et/ou chacun de ses membres $x \in X$) doit intégrer à son équipement praxéologique. L'ensemble de conditions C qui est au fond l'inconnue de l'équation didactique à résoudre, doit donc être tel que

$$\mathfrak{R}(K, C, \wp, X),$$

où la création des conditions C est à la charge de Y . Je suppose ici, très classiquement, que ces conditions C sont précisées dans un « document » – ou plutôt une *documentation* – présentant un *scénario d'étude de* \wp , c'est-à-dire une certaine *organisation didactique* et son

déploiement temporel. Je me restreindrai en outre au cas où la rencontre de X (ou, plus largement, de la « classe » $[X, Y]$) avec \wp est engendrée – sous les contraintes K « en vigueur » – par des conditions C dans lesquelles :

- 1) la classe $[X, Y]$ est amenée à envisager de concevoir et de réaliser un certain projet Π ;
- 2) la conception ou la réalisation de Π impose à $[X, Y]$ l'étude d'une certaine question Q_{\wp} ;
- 3) l'étude de Q_{\wp} provoque la rencontre de $[X, Y]$ avec \wp .

La recherche de conditions C appropriées, et notamment la recherche d'une question Q_{\wp} ayant la propriété requise sous les contraintes données, constitue un travail essentiel, sur certains aspects desquels je vais revenir. Mais je voudrais souligner maintenant que, lorsque le schéma précédent se réalise – sur le papier ou dans la réalité –, nous sommes ramenés à un système didactique du second type, à savoir

$$S(X ; Y ; Q).$$

C'est alors que je ferai intervenir ce que j'ai nommé le *schéma herbartien* – le qualificatif utilisé ici renvoyant au philosophe et pédagogue allemand Johann Friedrich Herbart (1776-1841), cela pour des motifs dans lesquels je n'entrerai pas. Dans sa forme réduite, ce schéma s'écrit simplement ainsi :

$$S(X ; Y ; Q) \mapsto R^{\heartsuit}.$$

L'exposant \heartsuit mis au symbole de réponse R indique que la réponse à Q a été produite sous des contraintes déterminées et pour « fonctionner » comme réponse sous des contraintes déterminées – il n'existe pas de réponse universelle, universellement opérante. Ce schéma réduit marque une exigence essentielle : une question Q est étudiée et une réponse R doit être produite (ce qu'indique la flèche \mapsto). C'est à cela – entre autres choses – que devra répondre un *scénario didactique* du fonctionnement d'une classe $[X, Y]$, en précisant de quelle question Q ce scénario prend en charge l'étude au sein de $[X, Y]$ pour conduire dans quelles conditions à la production d'une réponse R^{\heartsuit} répondant à quelles contraintes. Bien entendu, ce schéma réduit est aussi un premier outil d'observation, qui conduit symétriquement à attendre d'un *compte rendu didactique* du fonctionnement d'une classe $[X, Y]$ qu'on y repère Q et R^{\heartsuit} , etc.

L'élaboration de R^{\heartsuit} à partir de Q suppose un outillage d'étude qu'on nomme le *milieu didactique*, M , un fait exprimé comme suit dans le *schéma herbartien semi-développé* :

$$[S(X ; Y ; Q) \mapsto M] \mapsto R^{\heartsuit}.$$

Le système didactique $S(X ; Y ; Q)$ élabore le milieu M qui servira à élaborer la réponse R^\heartsuit . Je souligne que ce schéma doit être regardé, à l’instar du précédent, comme le schéma d’un « bilan » (*a priori* dans un scénario didactique, *a posteriori* dans un compte rendu didactique), qui ne décrit pas l’organisation didactique et son déploiement temporel attendu ou observé. Tout, en effet, y est contemporain, et même si les relations formelles qui y figurent semblent renvoyer à un temps logique, elles ne sauraient déterminer le détail de la chronique du fonctionnement du système didactique considéré : on doit s’attendre par exemple à ce que l’élaboration du milieu M s’articule de façon complexe avec l’élaboration de la réponse R^\heartsuit . Cette remarque s’applique semblablement au schéma herbartien *développé*, qui s’écrit ainsi :

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

où, bien entendu, on a $M = \{ R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m \}$. Les entités notées ici R_i^\diamond , pour $i = 1, \dots, n$, sont des réponses « toutes faites » supposées à la question Q ; les entités O_j , pour $j = n+1, \dots, m$, sont des œuvres autres, qui permettront par exemple d’élaborer R^\heartsuit à partir notamment des réponses R_i^\diamond , dont l’exposant \diamond rappelle que chacune a reçu l’« estampille » de quelque institution (non nécessairement « savante »). Si, sous les contraintes K , les conditions C déterminent une histoire du système didactique $S(X ; Y ; Q)$ telle que l’on ait finalement

$$\mathfrak{R}(K, C, \wp, X),$$

on aura donc :

$$\wp \subset \{ R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m \} \cup \{ R^\heartsuit \}.$$

Mais c’est en ce point que je peux commencer à préciser ce qui peut être regardé comme un *parcours d’étude et de recherche*, un PER.

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^\heartsuit de la classe, en sorte qu’on aura le bilan herbartien

$$[S(X ; Y ; Q) \Rightarrow \{ R_1^\diamond, O_2 \}] \Rightarrow R^\heartsuit$$

où $R_1^\diamond = R_y$, $O_2 = \wp$ et $R^\heartsuit = R_y$, la praxéologie \wp apparaissant comme ce qui permet à y d’élaborer la réponse R_y , que X devra *in fine* faire sienne. La notion de PER contraste avec ce type d’histoires didactiques en plusieurs façons, ce que je voudrais maintenant expliciter un peu plus précisément. Je ne saurais prétendre, bien évidemment, fournir une définition aux

contours nets de ce qui est par nécessité un concept flottant ; mais il est possible toutefois d'avancer quelques traits définitoires. Pour qu'il y ait PER en un sens raisonnable, il faut en effet que l'organisation didactique conçue ou observée apparaissent viser (dans le premier cas) ou manifester (dans le second cas) un certain nombre de conditions touchant tout à la fois la *mésogenèse*, la *topogenèse* et la *chronogenèse*. J'aborderai ici ces propriétés de façon volontairement formelle, en commençant par la mésogenèse, « fabrication » du milieu M . Première condition à satisfaire : M n'est pas « tout fait » ; il est constitué par la classe à partir de productions diverses, *externes* à la classe comme *internes* à celles-ci. Ces dernières incluent notamment les réponses R_x éventuellement proposées par des élèves x à partir de leur activité propre, la réponse R_x étant regardée, en référence au schéma herbartien, comme « estampillée » *ipso facto* par son proposant, x lui-même, de la même façon que R^\heartsuit sera estampillée par la classe $[X, y]$. Notons à cet égard que le milieu

$$M = \{ R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m \}$$

doit permettre au moins (a) de soumettre chacune des réponses R_i^\diamond qui le composent ainsi que la réponse R^\heartsuit en cours d'élaboration à l'épreuve d'une dialectique des médias et des milieux adéquate, et (b) d'offrir des matériaux idoines pour construire une réponse R^\heartsuit validée et satisfaisant les contraintes imposées.

Par rapport aux usages scolaires traditionnels, un fait doit être clairement souligné : plusieurs types d'œuvres qui peuvent, *en principe*, venir constituer le milieu M d'un PER sont exclues *par principe* de l'enseignement traditionnel, même s'il arrive qu'elles y soient présentes clandestinement (comme il en va des corrigés d'exercices tout faits utilisés discrètement par les élèves). À cet égard, on verra plus loin que le « travail » sur le milieu change en même temps que change ainsi la *nature* du milieu. La condition mésogénétique rappelée va de pair avec une condition relative à la *topogenèse* : la constitution du milieu M est le fait *de la classe* $[X, y]$, non de y seul. Le *topos* des élèves doit recevoir à cet égard une extension importante : non seulement un élève pourra apporter *sa* réponse personnelle R_x (comme il en va classiquement quand il produit *sa* solution de tel problème donné à chercher par y), mais encore il pourra proposer d'introduire dans M toute œuvre qu'il souhaitera, par le truchement d'une documentation qu'il apportera ou suggèrera. À ce changement dans le *topos* des élèves correspond un changement important dans le *topos* de celui qu'on nommera ici le *directeur d'étude* – il dirige l'étude de Q – ou le *directeur d'enquête* – il dirige l'enquête sur Q . C'est ainsi y (ou Y , plus généralement) qui décidera *en dernier ressort*, non sans en expliciter les attendus, si la classe verra ou non son milieu d'étude être augmenté de telle ou

telle œuvre, documentée de telle ou telle façon (et cela y compris s'agissant de réponses de la forme R_x). De la même façon, y pourra verser au milieu M telle pièce documentant une certaine réponse R^\diamond qui ne sera pas nécessairement « sa » réponse personnelle (s'il en a une). Dans tous les cas, la réponse notée plus haut R_y ne sera pas traitée autrement que les autres réponses R_i^\diamond : ainsi sera-t-elle soumise à la dialectique des médias et des milieux, nul média n'ayant ici le privilège d'être « cru sur parole ».

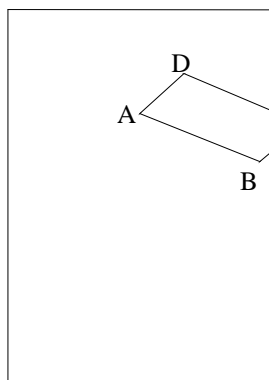
La *chronogenèse* est ce par quoi un PER se distingue en principe de la façon la plus facilement repérable des épisodes didactiques usuels à l'école (si l'on excepte IDD et TPE notamment) : la constitution et le « travail » du milieu M sont en effet à l'origine d'une *dilatation du temps didactique* et donc, corrélativement, d'une *extension du temps d'horloge* requis. C'est ainsi que le travail de M en vue de produire R^\heartsuit comportera *notamment* une étude finalisée *plus ou moins poussée* (elle peut être très sommaire en certains cas) des œuvres O_j , exigence fonctionnelle qui conduit le système didactique $S(X; Y; Q)$ à se transformer momentanément en un système didactique de type « classique », $S(X; Y; O_j)$. Cette étude de l'œuvre O_j – qui est, je le répète, finalisée par l'élaboration de R^\heartsuit : comment se servir de O_j pour déconstruire R_i^\diamond , ou pour tirer profit de telle autre œuvre O_k , ou pour « fabriquer » R^\heartsuit ? – peut supposer *pour cela même* une étude plus large de O_j – quelles en sont les raisons d'être et comment « fonctionne »-t-elle, etc. ? En tout cela, la direction de l'étude confiée à y suppose que y ne se laisse pas déborder par l'habitus professoral consistant à « pousser l'étude » de façon artificielle pour y inclure des outils non appelés par l'enquête en cours mais ayant par exemple la vertu d'être usuellement associés, dans l'organisation disciplinaire dominante, aux outils dont l'emploi semble effectivement requis. Cette observation conduit tout près d'une notion d'étude plus encore en rupture avec la tradition scolaire que ne l'est la notion de PER évoquée jusqu'ici, on va le voir.

4. Des PER finalisés aux PER ouverts

Dans la gestion traditionnelle du temps didactique, une œuvre entrant dans le milieu M relève de l'une des trois catégories suivantes : il s'agit soit d'une œuvre *antérieurement étudiée* par la classe $[X, Y]$, soit d'une œuvre réputée utilisable *sans véritable étude préalable* (en ce cas, elle ne relève souvent d'aucune des disciplines étudiées par X dans l'école où est établie la classe $[X, Y]$), soit d'une œuvre réputée avoir été étudiée par X antérieurement mais dans une classe $[X, \tilde{Y}]$ relevant d'un autre champ disciplinaire, soit enfin parce qu'il s'agit précisément de l'entité praxéologique \wp que le PER doit conduire X à rencontrer. Dans le schéma herbartien développé, de telles restrictions n'apparaissent pas ; mais il appartient à Y – cela

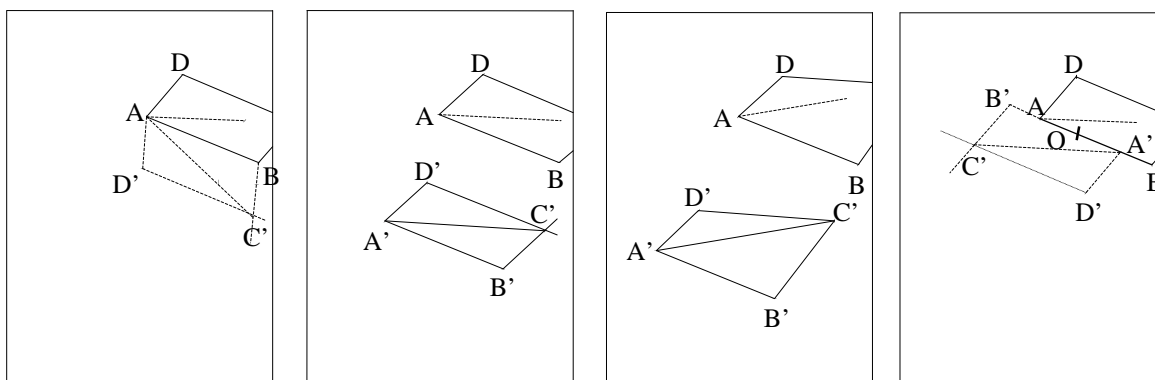
relève de son *topos*, de ses prérogatives et de ses obligations – de gérer ce qu’on peut appeler *l’économie praxéologique* de l’étude (ou de l’enquête) : à lui de décider, après un dialogue avec X , de l’inclusion ou de l’exclusion de telle œuvre, de son étude particulière et du degré d’approfondissement donné à celle-ci, etc. Dans le cas évoqué implicitement plus haut, où $[X, Y]$ est définie comme une classe d’une discipline déterminée, les contraintes institutionnellement imposées, confortées par une tradition d’isolationnisme disciplinaire, pousseront y à minorer la place donnée à des œuvres ne relevant pas substantiellement de cette discipline, au risque de conduire à une réponse R^\heartsuit relativement incomplète. En outre, y visera, classiquement, à réduire la « dépense praxéologique », si l’on peut dire, au strict nécessaire : le travail de constitution du milieu M et ce milieu lui-même en seront d’autant diminués.

La théorie des PER que nous avons développé depuis quelques années part de cet état de choses, que symbolise le nom d’AER, d’*activité d’étude et de recherche*. Je voudrais en donner ici un exemple rapide, déjà mentionné ailleurs (Chevallard, 2007). Dans une classe de 5^e, la professeure propose l’étude de la question Q suivante, qui fait référence à la figure reproduite ci-après : « Le sommet C du parallélogramme ABCD est sorti des limites de la feuille. Tracer la partie visible de la droite (AC). »



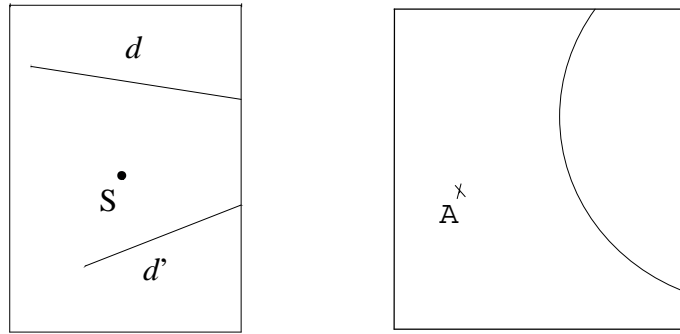
La rencontre visée est celle d’une des propriétés du parallélogramme figurant explicitement (et classiquement) dans le programme de 5^e : le fait que les diagonales s’y coupent en leur milieu. Au cours de la séance observée, les élèves vont proposer des réponses R_x^\diamond dont certaines seront écartées parce qu’elles ne résistent pas à l’épreuve de la confrontation avec la réalisation graphique, mais dont d’autres recourront de manière pertinente à diverses œuvres, connues ou supposées exister. De la première sous-catégorie relève par exemple des réponses s’appuyant sur la symétrie axiale étudiée en 6^e (1^{re} figure à partir de la gauche, ci-dessous) ou sur la symétrie centrale fraîchement étudiée en 5^e (4^e figure à partir de la gauche, ci-dessous). La réponse aurait pu aussi bien s’appuyer sur la théorie de la translation (2^e figure à partir de

la gauche), œuvre qui, elle, ne sera étudiée qu'en 4^e et qui permettra de s'affranchir du fait que le quadrilatère évoqué est un parallélogramme (3^e figure à partir de la gauche).



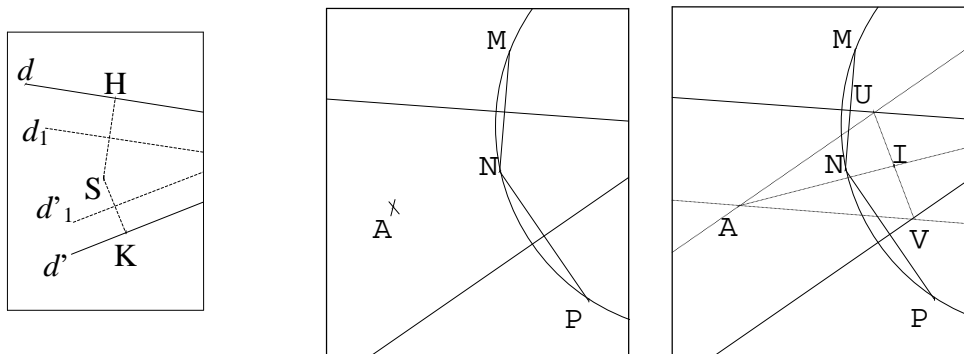
L'usage de la translation aurait relevé de la seconde sous-catégorie indiquée : celle des œuvres supposées. En fait, la seule réponse de cette catégorie qui apparaisse dans la classe, à titre de proposition d'élèves, est celle attendue. Bien entendu, toutes ces réponses sont en fait des *ébauches* de réponses, qu'il reste à travailler. Dans le cas de la réponse prenant appui sur la propriété des diagonales d'un parallélogramme, on peut dire qu'elle a au départ l'allure suivante : « S'il est vrai que les diagonales se coupent en leur milieu, alors... ». Pour donner sa validité à l'idée technique avancée, il faut tenter de valider l'assertion technologique sur laquelle elle repose. Pour cela, y va introduire une œuvre que les élèves, apparemment, découvrent : le logiciel Cabri-géomètre, qui leur permet de vérifier la propriété clé en construisant des parallélogrammes et en faisant afficher les mesures des demi-diagonales.

Je passe sur le détail de ce « PER » (qui s'est étendu en partie sur deux séances successives de classe) pour souligner surtout ceci : le travail à accomplir en ce cas repose sur une œuvre dont une connaissance adéquate conditionne la réception de la question *Q* à étudier ; cette œuvre est un *genre de tâches*, qui peut s'énoncer naïvement ainsi : « Réaliser une construction graphique exacte définie par des éléments dont certains sont extérieurs à la feuille de dessin. » Ce genre de tâches se décline en divers *types de tâches* tel celui du « parallélogramme tronqué », ou ceux que les figures ci-après illustrent. Sur la figure de gauche, il s'agit de tracer la droite (SP), où P est le point en lequel les droites *d* et *d'* se coupent ; sur la figure de droite, il s'agit de tracer la droite (AO), où O est le centre du cercle dont seulement une partie apparaît sur la feuille. Les types de tâches peuvent être ainsi multipliés. Les types de tâches peuvent être ainsi multipliés.



Le point important est alors le suivant : alors que la réalisation observée de l'AER du parallélogramme tronqué a été en partie occupée par la rencontre avec le *genre* de tâches auquel renvoie la question Q , une fois cette première rencontre faite, la *connaissance de ce genre de tâches* acquise en cette circonstance devrait être suffisante pour que la classe puisse s'y appuyer : la dévolution à X de questions *de même genre* relatives à des types de configurations *nouveaux* en sera dès lors grandement facilitée.

C'est en ce point que naît l'idée de PER dans la classe de mathématiques : au lieu de faire rencontrer à X les œuvres mathématiques du programme à travers une multiplicité d'AER dont chacune repose sur une question Q différente et mobilise des œuvres « auxiliaires » différentes, ce qui accroît grandement le coût didactique de l'entreprise (au point de mettre sérieusement en danger sa viabilité à long terme), on recherche un fort degré d'intégration en faisant découler tout un ensemble de questions Q d'une question « génératrice » unique, \tilde{Q} , telle celle évoquée ci-dessus : « Comment réaliser une construction graphique exacte définie par des éléments dont certains sont extérieurs à la feuille de dessin ? » Cela étant, il est clair en même temps qu'une telle question \tilde{Q} « indéterminée » permettra à y d'engendrer des questions « déterminées » Q dont l'étude fera rencontrer une part substantielle des œuvres *géométriques* du curriculum du collège, ainsi que le suggèrent les constructions graphiques ci-après.



L'idée d'un tel PER modifie le schéma de l'AER présenté plus haut : au lieu de rechercher, pour une entité praxéologique \wp fixée à l'avance, une question Q_\wp dont l'étude – sous certaines contraintes et dans certaines conditions – provoque la rencontre de $[X, Y]$ avec \wp et avec le moins possibles d'autres œuvres (même relevant de la discipline enseignée), on voit poindre l'idée d'un *petit* nombre de PER, engendrés par des questions indéterminées $\tilde{Q}_1, \tilde{Q}_2, \tilde{Q}_3, \dots$, dont Y (par exemple) tire des questions « déterminées » $Q_{11}, Q_{12}, Q_{13}, \dots, Q_{21}, Q_{22}, Q_{23}, \dots, Q_{31}, Q_{32}, Q_{33}, \dots$, qui fassent rencontrer *ensemble* l'essentiel des œuvres du programme dans un certain domaine. Une précision terminologique doit être apportée en ce point : une question Q appelle une *enquête*, laquelle se concrétise en un certain *parcours d'étude et de recherche*. Une *même* question Q peut ainsi conduire une classe à rencontrer un complexe d'œuvres qui peut varier selon le parcours emprunté (lequel dépend de l'activité de X , des décisions de y , mais aussi des ressources praxéologiques R_i^\diamond et O_j actuellement accessibles) ; ce qui importe alors, c'est que le « ciblage praxéologique » qui devait s'opérer au niveau de chaque AER se produise maintenant au niveau du *système* des PER réalisés, *principe qui représente un changement d'envergure par rapport au schéma classique*. De cette observation, je ferai découler maintenant, au-delà des PER précédents, qu'on nommera *praxéologiquement finalisés*, des PER *praxéologiquement ouverts*.

J'ai souligné que, dans un PER engendré par une question Q , l'étude d'une œuvre rencontrée est finalisée par l'étude de la question Q . En ce sens, et plus largement, on peut dire que tout PER est finalisé par la question à laquelle il doit permettre de répondre. Mais tous les PER évoqués jusqu'ici sont aussi finalisés autrement, de façon, si je puis dire, *adventice* : ils doivent conduire X à rencontrer un complexe d'entités praxéologiques fixé à l'avance. Je dirai alors qu'ils sont *praxéologiquement finalisés* ou, lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté, qu'ils sont des PER *finalisés*, tout court. La raison de cette contrainte imposée aux AER comme aux PER peut sembler claire : le contrat de y avec l'école, et au-delà avec la société, est de faire rencontrer à X tout un ensemble d'entités praxéologiques déclarées – de façon plus ou moins explicite – dans le « programme de la classe ». Dans une telle vision des choses, les AER et PER ne sont qu'un moyen au service d'une fin, laquelle fonde le contrat unissant y à la société : provoquer les « bonnes rencontres », auxquelles on reconnaîtra que y « a fait son travail ». Il y a en tout cela l'effet de ce que je nomme un *paradigme de l'étude scolaire*, qui est aujourd'hui ce que j'appellerai le *paradigme de la visite des savoirs* (je parle de savoirs pour simplifier un peu), dans lequel on demandera : « Ont-ils fait la division des entiers ? Les rationnels ? Le produit scalaire ? », comme on demande à des voyageurs s'ils ont fait la Grèce, la Croatie, le Frioul. Je voudrais un instant opposer à ce paradigme de l'étude scolaire un autre, qui ne parvient pas à naître, tandis que l'autre n'en finit pas de mourir, et

que je nommerai avec un peu d'emphase le *paradigme de questionnement du monde*. Dans ce paradigme, y aura rempli son contrat avec la société lorsqu'il aura fait enquêter X – de façon raisonnablement aboutie sous les contraintes existantes – sur une suite de questions Q_1, Q_2, \dots, Q_n jugées importantes, voire vitales, et non lorsque X aura rencontré *in abstracto* certaines entités praxéologiques $\wp_1, \wp_2, \dots, \wp_m$. Un système didactique scolaire aura ainsi à rendre des comptes *sur les questions qu'on y aura étudiées* plutôt que sur les praxéologies que cette étude aura conduit à rencontrer.

Avant d'aller plus loin à cet égard, je voudrais souligner sans m'attarder qu'il n'existe pas d'étude « standard » d'une œuvre donnée, qu'il n'en existe que des visites finalisées, même quand cette finalité a été oblitérée par le temps et la fausse conscience. Considérons les fractions. Avez-vous étudié les fractions ? Oui ? Alors vous avez dû rencontrer ceci : prenons deux fractions telles que la première soit plus petite que la seconde, comme il en va de $\frac{3}{4} = 0,75$ et $\frac{4}{5} = 0,8$; alors la fraction $\frac{3+4}{4+5} = \frac{7}{9}$ est comprise entre les deux fractions de départ : $\frac{3}{4} < \frac{7}{9} < \frac{4}{5}$; si bien qu'on a aussi $\frac{3}{4} < \frac{10}{13} < \frac{7}{9} < \frac{11}{14} < \frac{4}{5}$, et ainsi de suite. Vous l'ignoriez ? Vous n'avez donc pas « fait » les fractions ? Bien entendu, la réalité est autre ; mais vous n'avez peut-être pas visité cette œuvre splendide avec, en tête, une certaine question à laquelle la propriété illustrée ci-dessus aide à apporter réponse. Cette remarque peut être mise en relation avec une troisième problématique de la recherche en didactique, que je nomme la problématique *primordiale* et qu'on peut énoncer ainsi :

Étant donné un projet d'activité dans lequel telle institution ou telle personne envisage de s'engager, quel est, pour cette institution ou cette personne, l'équipement praxéologique qui peut être jugé indispensable ou simplement utile dans la conception et l'accomplissement de ce projet ?

J'introduis ici encore un peu de formalisme : je note

$$\mathfrak{S}(\wp, \Pi, U)$$

le fait que l'entité praxéologique \wp « est utile voire indispensable » à l'instance U pour lui permettre de concevoir ou de mener à bien le projet Π . La problématique primordiale conduit ainsi à étudier un ensemble du type

$$\{ \wp / \mathfrak{S}(\wp, \Pi, U) \}.$$

Mais cette problématique peut recevoir une formulation équivalente, en termes, non de praxéologies, mais de questions : je note

$$\aleph(Q, \Pi, U)$$

le fait que, pour concevoir et mener à bien le projet d'activité Π , l'instance U gagne à disposer d'une réponse (à déterminer) à la question Q . (Le symbole \aleph , *aleph*, est la première lettre de l'alphabet hébreu.) L'expression

$$\{ Q / \aleph(Q, \Pi, U) \}$$

désigne donc l'ensemble des questions Q auxquelles il est utile ou indispensable que U dispose d'une réponse « adéquate » pour concevoir et mener à bien le projet d'activité Π . Dans la perspective où nous allons nous placer maintenant, explorer l'ensemble

$$\{ \wp / \aleph(\wp, \Pi, U) \}$$

revient à explorer l'ensemble

$$\{ Q / \aleph(Q, \Pi, U) \}.$$

On voit que le paradigme de questionnement du monde suppose une *redéfinition curriculaire* symbolisée par l'enchaînement

$$\Pi \rightsquigarrow Q \rightsquigarrow \wp.$$

La mise en œuvre de la problématique primordiale – dont les professeurs sont, en tant que tels, écartés (ils reçoivent tout faits les programmes d'études) – ne peut se fonder purement sur des « analyses *a priori* » au sens classique de l'expression en didactique : on n'explore pas une *terra incognita* avant d'y mettre le pied. Le moyen le plus sûr pour cette exploration reste aujourd'hui la pratique – par les chercheurs en tout premier lieu – de *l'enquête* : pour déterminer l'outillage praxéologique utile à l'étude d'une question, il convient... d'étudier cette question, ce qui engendrera un ou des PER *ouverts praxéologiquement*, en ce sens que l'outillage utilisé n'aura pas été fixé à l'avance. On voit en outre que, une question Q étant donnée, cet outillage sera en général *pluridisciplinaire* ; je nomme pour cela *enquête codisciplinaire ouverte* une telle enquête : on crée des conditions C – celles notamment qu'implique la situation d'enquête sur la question Q –, dont on va observer et gérer les besoins praxéologiques qu'elles vont faire apparaître. Si l'on désigne par Π_Q le projet de répondre à la question Q (ce projet découlant lui-même, en principe, d'un projet Π réel ou

évoqué, qui peut donc être celui d'une instance réelle ou imaginaire ($\tilde{U} \neq U$), on va aller à la découverte de l'ensemble

$$\{ \wp / \mathfrak{S}(p, \Pi_Q, U) \}.$$

L'outillage praxéologique *effectivement rencontré* dépendra du PER suivi, lequel est déterminé en partie par les décisions adoptées dans le cadre de l'enquête sur Q . Dans un tel cas, répétons-le, il n'existe pas véritablement d'analyse *a priori* antérieure au fonctionnement du système didactique $S(X; Y; Q)$ où l'enquête prend place. L'analyse *a priori* qui, dans la problématique classique de l'ingénierie didactique, est l'apanage de « l'ingénieur didacticien » ou, au mieux, de l'instance enseignante Y , est ici intégrée au travail même du système didactique $S(X; Y; Q)$ et devient en cela « analyse *in vivo* », partie intégrante du travail appelé par l'enquête, dont elle détermine pour une part importante le parcours d'étude et de recherche en lequel celle-ci se réalise. À nouveau, on doit insister sur le changement considérable que cela ne peut manquer d'induire, de façon solidaire, dans l'activité du chercheur comme dans l'activité des classes $[X, x]$.

Je voudrais maintenant illustrer le tableau brossé jusqu'ici à l'aide d'un exemple dont je parlerai sans doute trop brièvement. J'ai pu, au cours de l'année écoulée, faire le y dans une petite classe $[X, Y]$, constituée d'un groupe X d'élèves de 4^e volontaires pour participer à une « action » qui leur était proposée au titre du plan « Ambition réussite » dont leur collège était partie prenante (il y avait en France, en 2008-2009, 254 collèges publics et 12 collèges privés concernés par ce plan, dont 24, soit 9 %, se trouvaient à Marseille). Pour aller vite dans la présentation de ce qui s'est appelé l'Atelier « *Enquêtes sur Internet* », je reproduis ici les réponses que j'ai dû apporter – dans un langage nécessairement naïf – à deux questions d'une fiche d'auto-évaluation à remplir en fin d'année.

4. Objectifs

- permettre aux élèves de devenir les acteurs d'une « pédagogie de l'enquête » : *atteint*
- familiariser les élèves avec les principes et les savoir-faire d'un usage raisonné d'Internet : *atteint*
- initier des professeurs à la conception et à la réalisation d'actions pédagogiques de ce type : *non atteint*

5. Ce qui a favorisé et/ou ce qui a entravé l'action

+ Accueil bienveillant de la direction de l'établissement et moyens dévolus à l'action (salle multimédia, créneau horaire adapté), bonne volonté des élèves, concours sans faille d'une

petite équipe dont les membres (« extérieurs » et « intérieurs ») ont vite appris à travailler ensemble.

– Ergonomie de la salle multimédia utilisée qui, conçue pour le travail individuel des élèves, a pu freiner le travail collectif visé.

L'atelier a fonctionné durant 9 séances de deux heures, le vendredi de 13 h 30 à 15 h 30, créneau normalement dévolu à la préparation du B2i (le brevet « Informatique et internet »). J'étais à la fois, ici, le chercheur et « l'ingénieur didacticien », aidé par deux collègues pour l'observation des séances, et le y, aidé par un professeur de l'établissement, cheville ouvrière de l'action en son sein. Les enquêtes conduites avec ces élèves étaient conçues comme codisciplinaires (et non pas mathématiques). Je prendrai comme exemple l'enquête sur la première question étudiée. Apportée par y, cette question s'ancre dans la réalité du moment, la crise financière mondiale. Dans le quotidien *Le Monde* daté vendredi 10 octobre 2008, on trouve, page 20, la traduction en français, sous le titre *La chute d'America, Inc.*, d'un article de Francis Fukuyama, « professeur d'économie politique internationale à la Johns-Hopkins School of Advanced International Studies » ; cette traduction commence ainsi :

Implosion des plus anciennes banques d'investissement américaines, volatilité de plus d'un trillion de dollars de valeurs boursières en un seul jour, addition de 700 milliards de dollars pour les contribuables américains : l'ampleur de la débâcle de Wall Street pourrait difficilement être pire.

La question à laquelle la classe va s'attacher est alors celle-ci :

Question. Un *milliard* (de dollars), c'est *mille* millions (de dollars) ; mais qu'est-ce qu'un *trillion* (de dollars) ?

Les élèves, qui ont déjà une certaine formation en matière d'utilisation de l'Internet, se mettent à y chercher des éléments de réponse. Ils rapportent des réponses R^\diamond , que y appelle le groupe à examiner ensemble au fur et à mesure. En l'espèce, un premier dictionnaire en ligne propose cette réponse R_1^\diamond :

trillion, nom masculin

Sens Un milliard de milliards [Mathématiques]. Anglais trillion

Tout au long de l'atelier, deux interrogations simples quoique non indépendantes seront récurrentes et constitueront le moteur principal des enquêtes : (a) ce qu'affirme telle source – tel média –, est-ce vrai ? (b) ce qu'affirme tel média, le comprenons-nous correctement ? Ici, comprenons-nous ce que signifie « un milliard de milliards » par exemple ? Est-il vrai que le mot *trillion* désigne « un milliard de milliards » ? Est-il vrai que ce nombre soit également désigné en anglais par le mot *trillion* ? La réponse R_2^\diamond suivante, proposée par un autre dictionnaire en ligne, est alors examinée :

trillion

(nom masculin)

Un million de billions

Cette définition, formellement différente de la première, soulève une question évidente : qu'est-ce qu'un *billion*, au moins selon ce dictionnaire ? Voici la réponse :

billion

(nom masculin)

Un million de millions.

Les deux dictionnaires examinés jusqu'ici disent-ils la même chose ? Il faut pour cela comparer « un milliard de milliards » et « Un million de million de millions ». En ce point, l'enquête met aux prises les enquêteurs avec une œuvre qu'on peut nommer « les puissances de 10 » et dont il serait facile de montrer qu'elle met en déroute beaucoup d'adultes « cultivés » (par exemple des journalistes ou des traducteurs...). Mais ce que je voudrais surtout souligner est ceci : selon la problématique de base et sa concrétisation classique dans la classe de mathématiques, on pourrait voir dans la question Q le point de départ d'une AER (finalisée) visant à provoquer la rencontre de X avec « les puissances de 10 ». Or il n'en est rien ici : il s'agit seulement d'explorer ce que l'enquête sur Q nous fait rencontrer ; et s'il est vrai que le parcours suivi fournit à cet égard une première réponse, celle-ci pourrait se révéler dépendante du parcours emprunté. De fait, la classe-atelier élaborera, autour du type de tâches consistant à déterminer si deux produits de nombres s'écrivant sous la forme $10\dots0$ désignent le même nombre, une praxéologie rudimentaire proposant pour technique de « compter [additivement] les zéros » : un milliard de milliards, c'est 9 zéros et 9 zéros, soit 18 zéros ; un million de million de millions, c'est 6 zéros, plus 6 zéros, plus 6 zéros, soit 18 ; un trillion, cela s'écrirait donc avec un 1 suivi de 18 zéros. Par ailleurs, plusieurs élèves avaient rencontré

indépendamment ce passage de l'article « Trillion » de l'encyclopédie *Wikipédia* : « ... un **trillion** représente le nombre 10^{18} , c'est-à-dire 1 000 000 000 000 000 000, soit un milliard de milliards... ». (La notation exponentielle des puissances, rencontrée ici, sera regardée dans la suite comme une simple sténographie du nombre : 10^{12} , c'est 1 suivi de 12 zéros, etc.)

Les réponses R^\diamond rencontrées, qui pointent dans une même direction, ne sauraient pourtant achever l'enquête. D'autant qu'une élève est arrivée à une réponse qu'elle fait connaître et qui paraît en contradiction avec ce qui précède. Il s'agit d'une courte note trouvée sur le site du quotidien *Les Échos* :

62 trillions de créances douteuses

Grâce à l'article intitulé "The end of prosperity?", il est possible d'estimer le montant des créances douteuses, 62 trillions de dollars. Pour mémoire, le montant total des contrats relatifs aux dérivés atteignait 540 trillions de dollars.

À cette aune, le plan de sauvetage américain est de 0,7 trillion. Autrement dit, une goutte d'eau dans un océan de créances douteuses.

N.B. : Un trillion = mille milliards de dollars

Ce qui tire l'œil, ici, c'est évidemment le *nota bene* : un trillion, ce serait *mille* milliards, et non pas un *milliard* de milliards ! À l'instigation de y, on recherche le PIB des États-Unis, qui se révèle être d'environ 15 000 milliards : ce constat fait pencher la balance vers la seconde « définition » rencontrée : un trillion, ne serait-ce pas *mille* milliards plutôt qu'un milliard de milliards ? Comment rendre compte de l'apparente contradiction mise au jour ?

La classe a développé à ce stade une clinique du mot *trillion* sur Internet : l'idée circule alors que le sens de ce mot dépendrait « du pays ». Une hypothèse se fait donc jour : en anglais, l'auteur de l'article aurait employé le mot *trillion*, qui signifierait dans sa langue (ou dans son pays) *mille milliards* ; et le traducteur aurait traduit ce mot par... *trillion*, qui, en français, signifie (semble-t-il) *milliard de milliards* (soit un million de fois plus). Cette hypothèse sera vérifiée – ce qui suppose un parcours d'étude et de recherche non trivial dont je tairai ici le détail. Mais une autre question sera soulevée pour s'assurer que l'on a bien vu, qu'il n'y a pas là pure confusion sémantique : d'où vient que, aux États-Unis, *trillion* désignerait le nombre 10^{12} alors que, en France, ou du moins en français de France, il désignerait le nombre 10^{18} ? Dans l'enquête pour répondre à cette question, la classe aura à résoudre une énigme inattendue : nous avons découvert que le *Littré* donnait de trillion la définition « américaine » (10^{12}) ; il y avait donc eu – semble-t-il – un moment où, en français, un changement s'était produit – de 10^{12} vers 10^{18} – qu'il fallait déterminer. D'une source en

ligne au moins découlait que cela aurait eu à voir avec la 9^e conférence générale des poids et mesures, tenue en 1948. Mais les « résolutions » de cette conférence, consultables sur Internet, ne mentionnaient en rien la question du trillion ! La clé de l'énigme apparut en examinant l'article de *Wikipedia* intitulé "Long and short scales". (Pour les connaisseurs, je précise que ce titre reprend en anglais les expressions « échelle longue » et « échelle courte » dues à Geneviève Guittel, à laquelle la même encyclopédie consacre d'ailleurs – en anglais – un bref article.) Alors qu'une lecture collective de l'article est en cours dans l'atelier (le texte de l'article étant projeté sur un écran), une élève s'exclame, anticipant la lecture collective : « considéré mais pas adopté !... ». Telle était bien en fait l'explication d'une partie du mystère :

The 9th General Conference on Weights and Measures proposed the universal use of the long scale, inviting the short scale countries to return or convert. The proposal was considered but not adopted.

La recherche devait continuer pour clarifier complètement les choses. Bien que la proposition d'utiliser l'échelle longue (puissances de $10^6 : 10^{6n}$) et, pour cela, d'abandonner l'échelle courte (puissances de $10^3 : 10^{3(n+1)}$) n'ait pas été adoptée par la conférence de 1948, la France s'y ralliera ultérieurement, comme l'indique la réponse R^\heartsuit finalement validée, que je reproduis ici pour faire court :

Question. Un *milliard* (de dollars), c'est *mille* millions (de dollars) ; mais qu'est-ce qu'un *trillion* (de dollars) ?

Réponse.

- En français actuel, un trillion est *un milliard de milliards* ou *un million de billions* ou *un million de millions de millions* = 10^{18} . (Un billion est un million de millions ou mille milliards.)
- En anglais américain, un *trillion* vaut *mille milliards*, soit un *billion* en français actuel ; en anglais, un *billion* vaut un milliard en français.
- Dans le dictionnaire de Littré, un billion était synonyme de milliard (10^9) : il avait donc le même sens qu'a le mot *billion* en anglais américain. De même, le mot trillion (10^{12}) avait le même sens qu'a ce mot en anglais américain d'aujourd'hui.
- En français, il y a eu un changement entre le système de Littré et le système actuel : on a suivi la [proposition \(non adoptée par elle\)](#) de la conférence [générale](#) des poids et mesures de

1948. C'est ainsi que le mot trillion qui désignait [autrefois](#) 10^{12} s'est mis à désigner [ensuite](#) 10^{18} .

• Le mot « trillion » a reçu en français le sens légal de 10^{18} par un décret [du premier ministre](#) du 3 mai 1961 [entré en vigueur le 1^{er} janvier 1962](#). Depuis cette date, parler par exemple de « 3,69 trillions » c'est parler, selon la loi, du nombre qu'on écrit aussi $3,69 \times 10^{18}$.

De nombreuses précisions pourraient utilement augmenter cette trop brève présentation d'un PER qui s'est déployé – en parallèle avec l'étude de quelques autres questions – au long des cinq premières séances de l'atelier. Je retiendrai d'abord le point suivant : cette réponse ayant été rédigée (par morceaux successifs qui ont fait l'objet de corrections ou d'additions ultérieures), elle reste pourtant, dans le principe, indéfiniment ouverte à la dialectique des médias et des milieux, par exemple – ici – par confrontation avec d'autres documents (ce qui sera fait, en l'espèce, avec l'article en français « Échelles longue et courte » de *Wikipédia*). J'ajouterai à ceci un petit bilan réalisé lors de la séance finale, visant à dégager quelques-unes des entités praxéologiques relevant de la discipline « Informatique et internet » rencontrées au cours de l'atelier :

- 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.

Bien entendu, là plus qu'ailleurs, ce qui est rencontré dans un PER peut ne pas l'être dans un autre PER en lequel se concrétise l'enquête relative à la *même* question. Deux remarques parmi d'autres peuvent être faites à cet égard. Tout d'abord, s'il n'est certes pas exclu de « pousser » l'étude d'une question rencontrée au cours de l'enquête, la chose ne saurait être faite selon un plan déterminé à l'avance, en dehors de la logique de l'enquête, comme il en va

lorsque joue ce que j'ai appelé plus haut un certain « habitus professoral » de supposée « complétude praxéologique ». Voici de cela un exemple. Il est apparu utile de savoir supprimer un lien hypertexte importé dans un fichier Word à l'occasion d'un copier/coller à partir d'une page Web (la chose se produit fréquemment quand on copie un passage de l'encyclopédie *Wikipédia* par exemple). Interrogés par y sur ce point, les élèves répondent qu'ils maîtrisent cette opération, une élève explicitant même oralement la procédure à réaliser. Mais y n'a pas jugé bon d'interroger X sur la manière de supprimer *d'un coup* tous les liens présents dans un fichier Word, car cette technique n'était pas apparue strictement utile dans le travail de l'atelier (la réponse à cette dernière question est la suivante : ayant sélectionné la partie du fichier d'où l'on veut éliminer les liens, on appuie sur CTRL + Maj + F9).

5. Recherche, ingénierie et clinique didactiques

La conception, la construction, la réalisation de scénarios de PER soulèvent tous les grands problèmes que plus de quarante ans de recherche en didactique n'ont pas manqué de mettre au jour. Ainsi en va-t-il par exemple du difficile problème de la *dévolution* (Brousseau, 2004). Ainsi en va-t-il encore du problème de l'*institutionnalisation*, moment de l'étude sur lequel je ne ferai ici que quelques brèves remarques. De la *synthèse* requise à ce titre, nous avons croisé ci-dessus des *fragments* (la réponse rédigée à la question posée) ou des *matériaux* (le petit bilan en matière d'« Informatique et internet »). Une institutionnalisation non déséquilibrée par une lourde préférence disciplinaire – au contraire de ce qui s'observe généralement, et pour cause ! – mettrait en avant, ici, bien d'autres entités praxéologiques qui participent de « disciplines » diverses (anglais, droit, histoire, informatique, lexicologie, mathématiques, sciences politiques, etc.) et vont de pair avec l'élaboration, chez y comme chez X, d'un rapport souvent inédits à de multiples types d'objets, présents ou non dans la formation scolaire usuelle. Ainsi est-il arrivé que la classe se donne pour but, non de *traduire* en français un texte en anglais rencontré sur Internet, mais d'*adapter* en français un tel texte – sous certaines contraintes, liées au travail en cours. On aura de même noté plus haut une petite enquête historique, dont voici un détail significatif. C'est dans l'édition du 20 mai 1961 du *Journal officiel* que l'on trouve le « Tableau général des unités de mesure légales annexé au décret n° 61-501 du 3 mai 1961 », contenant, dans l'alinéa A de la Note 3, la mention du mot *trillion* (dont le décret du 3 mai, en fait, ne disait rien). Cet alinéa est ainsi rédigé :

A. – *Numération des très grands nombres* : Pour énoncer les puissances de 10 à partir de 10^{12} , on applique la règle exprimée par la formule : $16^{6N} = (N)$ illion. Exemples : $10^{12} =$ billion, $10^{18} =$ trillion, $10^{24} =$ quadrillion, $10^{30} =$ quintillion, $10^{36} =$ sextillion, etc.

On aura noté l'erreur qui entache la « formule » $16^{6N} = (N)$ illion. C'est alors dans l'édition du 11 août 1961 du *Journal officiel* que l'on va trouver le rectificatif suivant, au demeurant imprimé un peu maladroitement (l'Imprimerie nationale ne semble pas avoir eu, à l'époque, une parfaite maîtrise typographique des exposants) :

MINISTERE DE L'INDUSTRIE

Décret n° 61-501 relatif aux unités de mesure et au contrôle des instruments de mesure

Rectificatif au *Journal officiel* du 20 mai 1961, page 4587, note 3. – Conventions, 3^e ligne :

Au lieu de :

« $16^{6N} = (N)$ illion »,

Lire :

« $10^{6N} = (N)$ illion ».

En ce point, il n'était pas étranger à l'enquête sur la question du trillion que nous nous demandions si l'emploi en français du mot *trillion* au sens américain (en lieu et place du français *billion*, mot qui, en anglais américain, désigne un milliard), pouvait être puni par exemple d'une amende : poser une telle question au « milieu » constitué par le droit français participant, dans la dialectique des médias et des milieux, du contrôle de notre bonne compréhension des décrets et autres textes examinés.

Je laisserai le lecteur intéressé mener pour son propre compte, s'il le souhaite, l'enquête adéquate sur ce sujet. Ce que je voudrais souligner surtout, c'est un caractère crucial, non des PER seulement, mais de toutes les organisations didactiques inspirées par la TSD. Que la classe se demande quelles sanctions on encourt en employant en français « trillion » au sens de « billion » est une situation qui, *a priori*, n'a été voulue (ou même simplement imaginée) ni par y, ni par quelque $x \in X$: elle a *surgi*, amenée par la *dialectique des médias et des milieux*, dialectique dont le maniement est, certes, le fait de la classe – de X et de y –, mais dont les contenus particuliers tiennent à la question étudiée et aux médias et milieux sollicités. Que la survenue de telles situations soit observable est incontestablement un critère que l'on a affaire, au moins en partie, à une enquête authentique et non à un trompe-l'œil en forme d'enquête. Ce critère – dois-je le souligner ? – ne s'accorde pas spontanément avec les fruits ordinaires du « génie didactique » des professeurs, c'est-à-dire de

« l'ingéniosité des professeurs telle qu'elle se manifeste au quotidien », selon l'expression popularisée par un ouvrage que nous devons à l'énergie d'Alain Mercier, Gisèle Lemoyne et André Rouchier (2001). Classiquement, en effet, nombre de « scénarios didactiques » en usage planifient finement (par questions et sous-questions, étapes et sous-étapes, etc.) ce qu'on pourrait appeler le « parcours d'étude et de recherche » *voulu*, ou du moins assumé, par le professeur, même si les tours et détours qu'y feront les élèves n'y sont pas par avance inscrits. Il semble qu'il y ait là, sur un mode défensif, une volonté de maîtrise (procédant peut-être, quelquefois, d'un fantasme professoral de toute-puissance) qui, par le caractère inapproprié de son point d'application, constitue aujourd'hui un des grands problèmes de la profession.

L'ouverture inscrite dans le schéma herbartien, avec ses réponses R^\diamond et ses œuvres O provenant d'un univers en principe illimité *et changeant*, rend illusoire l'espoir d'un retour du même, phénoménologiquement, au cours d'enquêtes successives sur une même question Q : des variations sont inévitables, non seulement du fait des X et des y , mais encore du fait des médias et des milieux sollicités. À cet égard, une meilleure connaissance clinique relative à un répertoire donné de questions reste à construire pleinement. Mais je donnerai ici un minuscule exemple, toujours tiré du PER évoqué plus haut, pour suggérer une distinction entre le détail concret – qui peut varier – de tel épisode d'une enquête et les conséquences possibles de cet épisode sur le parcours d'étude et de recherche lui-même, qui peuvent apparaître en certains cas comme un *invariant*. Lors de l'enquête sur le mot *trillion*, des élèves interrogent spontanément le service de traduction de Google : celui-ci rend l'anglais *trillion* par le français *billion*, ce qui conforte l'hypothèse faite. Mais une élève signale ceci : lorsqu'on lui demande de traduire *en anglais* le mot français *billion*, le même service répond : *one billion*. Cette réponse trahit peut-être – sur ce point – une « américanisation » du français. Il y a là en tout cas une anomalie dont on ne sait, à ce stade de l'enquête, si elle est due à Google ou si elle renvoie à une difficulté plus large. Cela se passe le 28 novembre 2008. Quelques mois plus tard, Google donnera pour traduction de l'anglais *trillion* le français *trillion*, pour traduction de l'anglais *billion* le français « milliards de dollars » [*sic*], pour traduction du français *billion* l'anglais *one billion*. L'anomalie subsiste, mais a changé : entre temps, telle est du moins mon hypothèse, le traitement médiatique de la crise financière américaine a fait progresser et la confusion linguistique et la cote en français de l'acception « américaine » du mot français *trillion* – ce dont l'étrange traduction de l'anglais *billion* par « milliards de dollars » (qui fait écho à l'anglais *one billion dollars*) semble bien être un symptôme. Tout cela pourtant ne changerait pas le rôle *structurant* de cet épisode dans une enquête que l'on reprendrait aujourd'hui *ab ovo* sur la question étudiée il y a quelques mois.

En matière de PER, quiconque voudrait opérer en tant qu'ingénieur didacticien, et rien que cela, est sûr de s'abuser et d'abuser. L'ingénierie didactique *pour l'usage* (et pour l'utilisateur), dont le désir social est légitime, ne peut exister, en règle générale, qu'en articulation étroite avec la recherche. Pour le dire autrement en utilisant le vocabulaire de l'ingénierie logicielle ("Software release life cycle", 2009), les productions d'une telle ingénierie didactique doivent être regardées sauf exception comme se trouvant « en version bêta » – sinon « en version alpha » ! Dans l'état de développement de la recherche sur les PER, je pousserai en avant la *clinique didactique des PER* comme condition de possibilité de travaux de recherche et d'ingénierie didactique en matière de PER, développement qui se marque par la création, la viabilisation et l'activation de *terrains cliniques*, sur lesquels réalisations, observations, expériences puissent être menées à bien dans le respect des institutions et des personnes concernées et au service des besoins de recherche de l'ingénierie et des besoins d'ingénierie de la recherche.

Je voudrais terminer en évoquant un exemple de ce que la clinique des PER, abordée en ayant en tête ce que j'ai appelé le *paradigme de questionnement du monde* (qui, je l'ai dit, n'annule pas mais situe autrement, au double plan épistémologique et didactique, le *paradigme de la visite des savoirs*) est susceptible d'apporter à l'ensemble des acteurs de la diffusion praxéologique, quelle qu'en soit la forme et où qu'elle prenne place. Quand on examine le schéma herbartien, on peut se demander d'où proviennent et qui produit les réponses R^\diamond et les œuvres O qui, selon ce schéma, seraient mobilisés pour permettre à $[X, Y]$ d'élaborer la réponse R^\heartsuit désirée. La réponse qui s'est dégagée peu à peu – même si, rétrospectivement, on pourra toujours dire qu'elle crevait les yeux – s'articule au fait anthropologique suivant : toute activité humaine suppose ce que je nomme une *infrastructure praxéologique*. En TAD, une technique se laisse décrire comme l'association d'un dispositif et de « gestes » ; une infrastructure praxéologique comporte en particulier des dispositifs, grands et petits, qui sont des œuvres, et qui permettent de développer des *activités superstructurelles* – l'exécution de telle technique prenant appui sur cette infrastructure. Cette idée est évidemment simple et évidente : si je me promène dans la ville, j'utilise l'infrastructure des rues, passages, escaliers, etc., qui y ont été créés au fil du temps. Si je veux retrouver rapidement l'expression des coordonnées (x', y') du point M' image par la rotation de centre O (origine du repère) et d'angle α rad du point M de coordonnées (x, y) , je peux recourir à l'*infrastructure des nombres complexes* et écrire que l'affixe $z' = x' + i y'$ de M' est lié à l'affixe $z = x + i y$ de M par l'égalité $z' = z e^{i\alpha}$, en sorte qu'il vient alors :

$$z' = x' + i y' = (x + i y)e^{i\alpha} = (x + i y)(\cos \alpha + i \sin \alpha) = (x \cos \alpha - y \sin \alpha) + i (x \sin \alpha + y \cos \alpha).$$

Il résulte de là que l'on a :

$$\begin{cases} x' = x \cos \alpha - y \sin \alpha \\ y' = x \sin \alpha + y \cos \alpha \end{cases} .$$

Ce petit travail mathématique est superstructurel et s'inscrit dans une durée brève. Par contraste, la création de l'infrastructure mathématique que ce travail sollicite – les nombres complexes et leur usage en géométrie du plan – a été, on le sait, le fruit d'une très longue genèse. Bien entendu, la distinction de l'infrastructurel et du superstructurel reste relative : ce que j'ai présenté ci-dessus comme une activité superstructurelle peut être regardé comme un détail d'une élaboration infrastructurelle relative à l'utilisation des nombres complexes en géométrie – à l'instar de celle que proposaient, autrefois, Émile Borel et Robert Deltheil (1947). Mais, en toute activité humaine, se rencontre une ligne de démarcation entre ce qui est supposé « donné », c'est-à-dire construit ailleurs, et ce que l'on fait *hic et nunc*. Cela noté, je soulignerai surtout qu'il existe une forte propension, chez les personnes et dans les institutions, à « oublier » *l'infrastructure comme problème*, tout en l'exploitant de façon routinière comme moyen. Ce qui domine en ce cas est ce qu'on peut appeler le « silence de l'infrastructure ». De même qu'on a pu dire (à peu près) que la santé du corps, c'est le silence des organes (René Leriche), de même on peut dire que la santé praxéologique d'une personne ou d'une institution, c'est (d'abord) le silence de l'infrastructure : la santé, c'est quand l'infrastructure se fait oublier ; c'est lorsque prévaut l'illusion superstructurelle, qui refoule la question des conditions et contraintes *infrastructurelles* des activités superstructurelles.

Le refoulement du problème de l'infrastructure, l'essor corrélatif de l'illusion superstructurelle sont le lot – et le symptôme – des « périodes normales » de la vie praxéologique des personnes et des institutions. Dans les périodes « critiques », où la vie praxéologique se dégrade parce que des difficultés récurrentes, insistantes, apparemment insurmontables l'affectent, le refoulement de la question de l'infrastructure continue d'abord de régner : la crise souterraine en est d'autant augmentée, avant qu'un jour elle éclate au grand jour, faisant apparaître du même coup le désajustement infrastructurel dont elle apparaît comme le symptôme éclatant. Ainsi la réforme des mathématiques modernes a-t-elle consisté, il y a quelque quarante ans, à élaborer à nouveaux frais, et à la dure, toute l'infrastructure mathématique de l'enseignement scolaire. Ce que suggère la didactique des PER dans son état naissant, c'est que le paradigme de questionnement du monde, auquel l'idée de PER donne forme concrète, appelle *une très large refonte infrastructurelle* en toutes les disciplines praxéologiques sollicitées, dont bien sûr les mathématiques. Or, comme toutes celles qui l'ont précédées, cette refonte supposera la mise en œuvre de *forces productives* excédant

notamment celles de ce petit producteur indépendant qu'est le professeur ou le formateur de professeurs plongé dans l'illusion superstructurelle, voire celles de la réunion valeureuse, dans un IREM, un IUFM ou ailleurs, de tels petits producteurs indépendants. Que nous nous situions comme chercheurs en didactique, comme ingénieurs didacticiens, comme formateurs de professeurs, comme professeurs, les PER nous obligent aujourd'hui à refaire société et à unir nos forces pour identifier d'abord, pour tenter de satisfaire ensuite, les *besoins infrastructurels* en matière de recherche, d'ingénierie, de formation et d'enseignement que ne manquera pas de susciter l'émergence d'un nouveau paradigme de l'étude scolaire.

Références

- Ahaji, K., El Hajjami, A., Chikhaoui, A. & Jarrad, E. (2005). *Étude et évaluation des produits multimédias pédagogiques des enseignants innovants*. Colloque International du Réseau Marocain de Didactique des Sciences (Errachidia, mai 2005).
http://ahaji.site.voila.fr/articles/aricle_1_evaluation_multimedias.pdf
- Amade-Escot, C. & Marsenach, J. (1995). *Didactique de l'éducation physique et sportive*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Artigue, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Artigue M. (2002). Ingénierie didactique. Quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 8, 59-73.
- Blouin, P. (1999). Pour mieux comprendre la construction des nombres rationnels. In Gisèle Lemoyne & François Conne (Éds), *Le cognitif en didactique des mathématiques* (pp. 199-211). Montréal : Presses de l'université de Montréal.
- Borel, É. & Deltheil, R. (1947). *La géométrie et les imaginaires*. Paris : Albin Michel.
- Brousseau, G. (2004). Une modélisation de l'enseignement des mathématiques. *Quaderni per l'insegnamento* (pp. 71-92). République et canton du Tessin : Divisione della Scuola, Centro didattico cantonale.
http://www.aspti.ch/did/mate/pdf/corsi_e_convegni/AttiConvegno2004_1.pdf
- Brousseau, G. (2008, 26 avril). *Premières notes sur l'observation des pratiques de classes*.
http://visa.inrp.fr/visa/presentation/Seminaires/Journees_inaugurales/premieres_notes_observation.pdf
- Brun, J. (Éd.). (1996). *Didactique des mathématiques*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Carnus, M.-F. (2001). *Analyse didactique du processus décisionnel de l'enseignant d'EPS en gymnastique* (Thèse de doctorat non publiée). Université de Toulouse III.

- Carré, P. & Caspar, P. (Éds). (2004). *Traité des sciences et techniques de la formation* (2^e éd.). Paris : Dunod.
- Carré, P. & Jean-Montcler, G. (2004). De la pédagogie à l'ingénierie pédagogique. In P. Carré & P. Caspar (Éds), *Traité des sciences et techniques de la formation* (2^e éd., pp. 407-437). Paris : Dunod.
- Chevallard, Y. (2007, juillet). Les mathématiques à l'école : pour une révolution épistémologique et didactique. *Bulletin de l'APMEP*, 471, 439-461.
- Gauthier, P.-D. (2001). *Ingénierie pédagogique de l'auto-formation éducative : Ingénierie de l'auto-formation et nouvelles technologies éducatives pour des entreprises cognitives* [Mémoire pour un DESS « Ingénierie de la formation », Université de Caen et CNED].
http://membres.lycos.fr/autograf/INGENIERIE_AUTOFORMATION.htm
- Douady R. (1994, avril). Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir. *Repères IREM*, 15, 37-61.
<http://www.educationprioritaire.education.fr/dossiers/maths/reperes15rd.pdf>
- Garcia-Debanc, C. & Lordat, J. (2007). Les modèles disciplinaires en acte dans les pratiques effectives d'enseignants débutants. In É. Falardeau, C. Fischer, C. Simard & N. Sorin (Éds), *La didactique du français. Les voies actuelles de la recherche* (pp. 43-62). Québec : Presses de l'université Laval.
- Gombert, A. (2003). Vocabulaire de l'émotion dans des récits produits par des rédacteurs novices et expérimentés. Histoires colorées... histoire d'exprimer ? *L'écriture dans tous ses états. Approches en sciences cognitives* [Colloque de l'école doctorale « Cognition, langage et éducation », 20-21 mai 2003, Université de Provence, Aix-en-Provence].
<http://sites.univ-provence.fr/wpsycle/ColloqueEcriture/docapprendre/gombert.html>
- Leguy, P., Brémaud, L., Morin, J. & Pineau, G. (2005). *Se former à l'ingénierie de formation*. Paris : L'Harmattan.
- Loquet, M. (1996). *Les contenus d'enseignement en gymnastique rythmique et sportive pour les élèves de 6^e. Une recherche d'ingénierie didactique* (Thèse de doctorat non publiée). Université de Paris XI.
- Malafosse, D., Lerouge, A. & Dusseau, J.-M. (2000). Étude, en inter-didactique des mathématiques et de la physique, de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : espace de réalité. *Didaskalia*, 16, 81-106.
http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/23886/1/DIDASKALIA_2000_16_81.pdf
- Mercier, A., Lemoyne, G. & Rouchier, A. (Éds). (2001). *Le génie didactique. Usages et mésusages des théories de l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck.

- Mialaret, G. (Éd.). (1964). *L'enseignement des mathématiques. Études de pédagogie expérimentale*. Paris : PUF.
- Mialaret, G. (2004). *Les méthodes de recherche en science de l'éducation*. Paris : PUF.
- Paolacci, V. & Garcia-Debanc, C. (2008). De l'analyse des pratiques effectives de formation à un socle commun pour la formation des enseignants. In Danielle Dubois-Marcouin & Catherine Tauveron (Éds), *Français, langue et littérature, socle commun. Quelle culture pour les élèves ? Quelle professionnalité pour les enseignants ?* (pp. 207-212). Lyon : INRP.
- <http://www.inrp.fr/editions/editions-electroniques/francais-langue-et-litterature-socle-commun>
- Pastré, P. (2004). L'ingénierie didactique professionnelle. In P. Carré & P. Caspar (Éds), *Traité des sciences et techniques de la formation* (2^e éd., pp. 465-480). Paris : Dunod.
- Perrin-Glorian, M.-J. (1992). *Aires de surfaces planes et nombres décimaux. Questions didactiques liées aux élèves en difficulté aux niveaux CM-6^e*. Thèse de doctorat. Paris : université de Paris 7.
- Reber, A. S. (1985). *The Penguin dictionary of psychology*. New York : Penguin Books.
- Rey, A. et al. (Éd.). (2005). *Dictionnaire culturel en langue française*. Paris : Dictionnaires Le Robert – SEJER.
- Robert, A. (2003) De l'idéal didactique aux déroulements réels en classe de mathématiques : le didactiquement correct, un enjeu de la formation des (futurs) enseignants (en collège et lycée). *Didaskalia*, 22, 99-116.
- http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/23922/1/DIDASKALIA_2003_22_.pdf
- Roustan, C. (2003). *Milieu pour l'étude et EPS : Le cas du badminton au CP*. [Xe congrès de l'ACAPS (Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives), Symposium 2 (Recherches didactiques sur l'enseignement de l'éducation physique à l'école primaire, Y. Léziart & C. Amade-Escot)]
- <http://www.u-bourgogne.fr/ACAPS/congres/Toulouse/Actes%20pdf/Symposium2.pdf>
- Sauvegrain, J.-P., Carnus, M.-F. & Terrisse, A. (2002). Intérêt et utilisation de la méthodologie d'ingénierie didactique dans l'analyse des décisions d'élèves en situation d'opposition, en Éducation Physique et Sportive. *Les Dossiers des sciences de l'éducation*, 8, 113-122.
- Software release life cycle. (2009, 13 août). *Wikipedia, The Free Encyclopaedia*.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Software_release_life_cycle