

UMR ADEF

JOURNAL DU SEMINAIRE TAD/IDD

**Théorie Anthropologique du Didactique
& Ingénierie Didactique du Développement**

Ceux qui prennent le port en long au lieu de le prendre en travers.

Marcel Pagnol (1895-1974)

Le lendemain, Aymery prit la ville. Victor Hugo (1802-1885)

Le séminaire TAD & IDD, animé par Yves Chevallard, a une double ambition solidaire : d'une part, il vise à mettre en débat des recherches (achevées, en cours ou en projet) touchant à la TAD ou, dans ce cadre, à des problèmes d'ingénierie didactique du développement, quel qu'en soit le cadre institutionnel ; d'autre part, il vise à faire émerger les problèmes de tous ordres touchant au développement didactique des institutions, et notamment des professions de professeur, de formateur et de chercheur en didactique. Deux domaines de recherche sont au cœur du séminaire : un domaine en émergence, la didactique de l'enquête codisciplinaire ; un domaine en devenir, la didactique des praxéologies mathématiques.

La conduite des séances et leur suivi se fixent notamment pour objectif d'aider les participants à étendre et à approfondir leur connaissance théorique et leur maîtrise pratique de la TAD et des outils de divers ordres que cette théorie apporte ou permet d'élaborer. Sauf exception, les séances se déroulent le vendredi après-midi, de 14 h à 16 h puis de 16 h 30 à 18 h 30, cette seconde partie pouvant être suivie à distance par visioconférence.

→ Séance 2 – Vendredi 9 décembre 2011

PROFESSION, CHERCHEUR EN DIDACTIQUE

1. Étudier/chercher (X), diriger l'étude/la recherche (Y)

a) J'ai rappelé, lors de la séance précédente de ce séminaire, le thème des problèmes de la profession *de chercheur en didactique*. Lors de mon intervention, le 14 octobre dernier, au *Colloquium 2011* organisé à Paris, conjointement, par l'ARDM et la CFEM, j'avais tenté d'en parler dans une perspective autobiographique – ce qui est toujours risqué. J'y suis revenu récemment, le 25 novembre dernier, dans le cadre d'une journée d'hommage à Josep Gascón à l'occasion de son soixantième anniversaire. Je n'évoquerai ci-après que quelques-uns des problèmes que j'ai ainsi eu l'occasion de poser.

b) Le thème des problèmes de la profession de professeur de mathématiques de l'enseignement secondaire est maintenant reconnu et étudié. J'ai abordé aussi, la dernière fois, le thème des problèmes de la profession de professeur des écoles – en l'espèce, en matière d'éducation au développement durable. En se référant à la notion de système didactique $S(X; Y; \heartsuit)$, on peut chaque fois distinguer deux ordres de besoins en vérité étroitement interdépendants : des besoins praxéologiques divers concernant les enjeux didactiques $\heartsuit$, des besoins *didactiques* à l'endroit de ces mêmes enjeux didactiques. L'ensemble de ces besoins a trait à la capacité de Y (ou de $y \in Y$) et, plus largement, de leur *profession* de modifier le système des conditions dans lesquelles se trouvent placés les collectifs d'élèves ou d'étudiants X . Vous voyez que cette « formule » vaut aussi pour x , pour X et pour les institutions que les élèves ou étudiants peuvent se donner (par exemple par le truchement d'Internet). Mais cette formulation commune s'étend-elle aux chercheurs en didactique ? La réponse que la TAD permet d'apporter est : *mutatis mutandis*, oui ! Voyons cela.

c) Un chercheur x étudie une question Q ou, plus généralement, une œuvre O (une question est une œuvre, rappelons-le). Désignons par le symbole $\heartsuit$ cette question Q ou cette autre œuvre O ; notre chercheur x forme un système didactique qui, en certains cas, s'écrit $S(x; \emptyset; \heartsuit)$, en d'autres $S(X; \emptyset; \heartsuit)$ avec $x \in X$: ici, en principe, les $y \in Y$ ne participent pas de façon centrale à la recherche mais *l'accompagnent*. Dans le cas de la direction par y du travail de thèse du « jeune chercheur » x , on aura ainsi, généralement, $S(x; y; \heartsuit)$; mais on pourra avoir aussi $S(\{x, y\}; y; \heartsuit)$: x et y cherchent ensemble, y assumant *en outre* la direction de la recherche.

d) Lorsqu'un professeur y opère comme aide à l'étude auprès de X (et donc, le cas échéant, comme enseignant, comme directeur d'étude, etc.), y occupe la deuxième position dans la fonction de trois variables $S(\bullet; \bullet; \bullet)$. Mais, ainsi que je le dirai autrement plus loin, un professeur doit aussi *s'instruire*, étudier des œuvres $\heartsuit$ pour satisfaire certains au moins de ses besoins de professeur *stricto sensu*. En ce cas, il participera alors à des systèmes didactiques de la forme $S(X; Y; \heartsuit)$ avec $y \in X$ (et, souvent, $y \notin Y$), et notamment à des systèmes didactiques de la forme $S(y; \emptyset; \heartsuit)$. Il y a ainsi une grande similitude apparente entre chercheur et professeur. En un lieu et un temps donnés, ce qui différenciera ces deux figures de nos sociétés, ce sera, le cas échéant, les enjeux d'étude et de recherche $\heartsuit$ ainsi que les praxéologies d'étude et de recherche et, notamment, le *milieu* pour l'étude et la recherche M . J'évoquerai ci-après quelques aspects des problèmes de la profession de chercheur (en didactique), sans jamais prétendre qu'ils ne sauraient être des problèmes de la profession de professeur. En fait, en

première approximation, ces problèmes se posent à l'un comme à l'autre, même s'ils ne se posent pas identiquement à l'un et à l'autre.

2. Un exemple : les moyens d'expression langagiers

a) On peut concevoir une *didactique des moyens d'expression* qui engloberait une foule de « moyens », tels le dessin, la photographie, la vidéo par exemple. Je m'en tiendrai ici aux moyens – et aux besoins – de nature *langagière*. Partons du plus simple à saisir. Imaginons un professeur ou un chercheur émigré qui trouve à s'employer comme professeur ou chercheur dans une institution d'un pays dont, à l'origine, il ne parle pas la langue – un professeur ou un chercheur français dans un pays hispanophone, par exemple. Un besoin prioritaire à satisfaire est évidemment celui d'un certain niveau de maîtrise de la langue du pays, à l'oral et à l'écrit, pour lire comme pour écrire, pour comprendre les autres comme pour leur parler. Afin d'illustrer le problème de façon un peu décalée, je citerai le résumé en français figurant dans le désopilant pastiche d'article scientifique que nous devons au malin génie de Georges Pérec (1936-1982) sous le titre « Experimental demonstration of the tomatotopic organization in the Soprano (*Cantatrix sopranica* L.) » (voir <http://actiontheory.free.fr/Perec.htm>) :

L'auteur étudie les fois que le lancement de la tomate il provoque la *réaction yellante* chez la Chantatrice et démontre que divers plusieurs aires de la cervelle elles étaient impliquées dans la réponse, en particulier, le trajet légumier, les nuclei thalamiques et le figure musicien de l'hémisphère nord.

Pour artificiel qu'il soit, ce mince exemple illustre un trait général, sinon universel, de la question des besoins praxéologiques (et pas seulement linguistiques). Pour tout francophone qui connaît un tant soit peu le sujet (le hurlement de la cantatrice lorsqu'elle reçoit une tomate dans la figure : *to yell* signifie « hurler »), ce passage fait sens, en dépit de multiples obscurités que l'examen du texte de l'article devrait, peut-on penser, permettre de gommer. L'auteur imaginaire de ce résumé en français a-t-il donc besoin de mieux maîtriser l'expression écrite en langue française ? La réponse ne saurait découler d'un critère unique. Elle est la résultante d'une *pression* plus ou moins forte de l'environnement, c'est-à-dire des institutions qui auront commerce avec ce type de productions. Cette pression de *normalisation praxéologique* exercée par une institution dépend elle-même de la *tolérance* spécifique de l'institution, une même institution pouvant, de fait, se montrer intraitable à certains égards et totalement indifférente en d'autres matières.

b) Voici de cela un exemple un peu inattendu. Un animateur de télévision très populaire, Julien Lepers (né en 1949), vient de publier un ouvrage intitulé *Les fautes de français ? Plus jamais !* (Michel Lafon, Paris, 2011). Je reproduis ci-après une partie du texte de la 4^e de couverture :

En vingt-huit ans de radio et de télévision, j'en ai commis, à l'antenne, des fautes de français ! Chaque matin, des lettres d'auditeurs et de spectateurs m'attendent sur mon bureau. Elles dénoncent mes pléonasmes, mes pataquès, mes phrases incorrectes... Je n'aurais pas dû dire *débuter l'émission*, ni parler de *taux d'alcoolémie*, ni évoquer *des pommes, des poires et autres oranges*. Pourquoi ces formules – et tant d'autres – sont-elles fautives ? Vous le découvrirez en lisant ce livre.

En effet, je me suis pris au jeu. J'ai consulté, avec passion, des dictionnaires, des grammairiens, des linguistes... et j'ai appris ainsi à parler un meilleur français. Aujourd'hui, je voudrais partager avec vous mes progrès.

Comment éviter les clichés, les anglicismes inutiles, les expressions à la mode qui ne veulent rien dire ? *Alvéole, tentacule, haltère* sont-ils masculins ou féminins ? Quelle est la différence entre *inclination* et *inclinaison* ? Entre *conjecture* et *conjoncture* ? Entre *luxurieux* et *luxuriant* ?

Je vous emmène en voyage au fil des mots. Ensemble, nous débusquerons les pièges de notre magnifique langue, qu'il faut aimer et respecter, car c'est grâce à elle que nous pouvons nous comprendre.

Retenons d'abord que, ici, la pression exercée, de façon quotidienne et très concrète, sur l'animateur l'est par une institution fort présente et bien peu tolérante, qui apparaît comme concrétisant la *vox populi* : l'ensemble flou des auditeurs et téléspectateurs de l'animateur. La pression subie par l'auteur est liée à son activité professionnelle et l'a conduit, nous dit-il, à *s'instruire* de façon spécifique pour alléger cette pression normalisatrice.

c) Une remarque s'impose avant d'aller plus loin. La raison invoquée à l'adresse du lecteur à la fin de la 4^e de couverture reprend un cliché chauviniste bien connu : il faudrait être attentif à une certaine norme en matière de langue *française* parce que « notre magnifique langue », « qu'il faut aimer et respecter », est ce qui fait « que nous pouvons nous comprendre ». Imaginons qu'on ait dit cela du latin dans les pays et dans les siècles où naissaient les langues romanes. *La norme change alors profondément, mais la compréhension* (ou, comme toujours, une certaine compréhension) *demeure assurée* à travers un système linguistique *in statu nascendi*. Le besoin qui nous importe, dans ce séminaire, ne tient nullement dans la nécessité d'aimer, ou de détester, qui relève de l'intime, mais dans celle de disposer d'une norme linguistique précise, explicite et univoque, qui facilite l'usage d'une langue comme outil d'expression et de communication.

En d'autres termes, ce qui importe, c'est, plus que la langue en elle-même, les usages effectifs qu'en peuvent faire les usagers, notamment de ceux *dont elle n'est pas la première langue* ; et c'est cela qui motive et justifie le *souci* de la langue utilisée par rapport auquel nous nous situons ici.

d) Dans l'usage du français en France, certains aspects, on le sait, sont culturellement privilégiés – si l'on peut dire – quand d'autres aspects sont négligés ou ignorés. C'est ainsi que l'instruction scolaire a nourri une certaine attention culturelle à l'endroit de l'orthographe, tout en négligeant presque entièrement les choses de la typographie (qui resta longtemps l'affaire d'une étroite corporation professionnelle). Mais il est un autre aspect plus négligé encore, qui semble susciter une indifférence impavide : la *prononciation* du français. Je note en passant une différence entre le fait traditionnel qu'un professeur ou un chercheur s'exprime oralement en dehors de tout enregistrement – ses paroles passeront – et le fait qu'il y ait enregistrement de son propos. Le cas existera peut-être de plus en plus, ainsi, d'un commentaire oral enregistré, disponible en ligne, relatif à un document « écrit », qu'il s'agisse d'une image, d'un schéma, d'un texte, d'une équation, d'une courbe, etc. Le minimum minimorum en un tel cas consiste alors, certes, à permettre à une majorité d'auditeurs qui, en principe, entendent la langue du commentaire, de comprendre le propos enregistré. Mais le souci de la langue peut aller plus loin et conduire à vouloir éliminer les prononciations vicieuses, non conformes, à tenter de favoriser une diction manifestant le souci collectif de la langue. C'est ce que les auditeurs de Julien Lepers lui ont, semble-t-il, signifié plus d'une fois. Une certaine Maguy B., de Lyon, lui écrit ainsi : « Vous devriez faire un effort parce que ça la fiche mal [...]. Dernièrement, vous parliez du *lait* de vache et vous prononciez "*le lé*". Ce n'est pourtant pas compliqué ! » Sa correspondante le prie, à titre d'exercice, de comparer « *ses enfants* » et « *seize enfants* » et, plus généralement, dresse un tableau comportant à gauche des mots qui « se prononcent avec un *é* fermé » et, à droite, des mots quasi homophones mais qui se prononcent « avec un *è* ouvert » :

Céder	S'aider
Chez	Chais
Épée	Épais
Filé	Filet
Foré	Forêt
Gué	Gai
J'irai	J'irais
Poignée	Poignet
Pré	Prêt
Vallée	Valet

C'est là une question que j'ai déjà abordée. Elle me semble révélatrice de ce qui est un peu plus que de l'insouciance. Un locuteur « spontex » du sud de la France ne connaît guère que le « é fermé » et prononcera donc à l'identique les mots de la colonne de gauche et ceux de la colonne de droite, souvent sans en être gêné, voire en revendiquant sa manière de prononcer. Un locuteur « spontex » des contrées situées au nord de la Loire pourra prononcer avec un « è ouvert » aussi bien « J'irai » que « J'irais ». La différence avec le locuteur spontex du sud est que, en outre, il imaginera aisément que *c'est bien ainsi* que l'on doit prononcer, tandis qu'il regardera le locuteur du sud comme ayant une diction lourdement fautive, alors que la sienne serait « comme il faut ». Cela constitue un fait que l'on peut généraliser : en nombre de domaines d'activité, certains croient avoir les « bonnes praxéologies » parce qu'ils possèdent un trait génétique, je veux dire lié à leur genèse, qui leur garantirait ce privilège. C'est ainsi par exemple que tel chercheur en didactique des mathématiques pourra penser que son instruction mathématique est exemplairement adéquate parce qu'il est agrégé de mathématiques, et qu'il regardera peut-être de haut qui ne l'est pas et à plus forte raison qui n'a pas suivi un cursus d'études supérieures en mathématiques. Or cela est un obstacle fort à la *procognitivité*, que je regarde comme une condition cruciale de la recherche. (J'essaierai de montrer plus loin que cette affirmation doit être étendue à l'activité d'enseignement elle-même.) Ce que je sais de français ou de mathématiques est-il adéquat à telle recherche où je m'engage ? Mon équipement praxéologique est-il « à la hauteur » ? Ce que je crois « posséder » est ainsi chaque fois à *remettre en jeu*. Telle est, selon moi, l'éthique du chercheur.

e) Je m'appuierai encore un peu sur l'exemple que nous offre Julien Lepers. Lorsqu'on ne veut pas remettre en jeu ce que l'on croit posséder, on risque fort de perdre. Il m'est déjà arrivé de citer (dans le Séminaire TAD/IDD de l'année 2008-2009) ce passage de l'ouvrage de Maurice Grammont (1866-1946) intitulé *La prononciation française. Traité pratique*, paru en 1914 et consulté ici dans une édition de 1966 :

[Lorsque l'e fermé] est écrit *-ai*, il est fermé dans toutes les formes verbales, comme

j'ai, j'aurai, je donnerai,

mais dans une seule forme nominale avec ses quatre graphies :

gai, gaie, gais, gaies.

Écrit *-ais* ou *-ait*, il n'est fermé que dans les formes verbales *sais, sait, vais*.

(p. 40)

L'adjectif *gai* se dirait donc [ge], et non [gɛ]. Dans le tableau reproduit par Lepers, il aurait donc mieux valu opposer *gué* à *guet*. L'édition 1987 du dictionnaire Robert Collins dont je dispose au moment d'écrire ces lignes indique que les mots *gai*, *gaiement* ou *gaîment*, *gaieté* ou *gaîté* se prononcent respectivement [ge], [gemã], [gete]. Le même dictionnaire donne la prononciation [gɛ] pour le mot *gay* (dans « bar gay », etc.), alors que tel dictionnaire plus ancien (1972), qui n'a pas cette entrée, invite à prononcer [gelysit] le mot *gay-lussite*. Bien entendu, de même que nombre de locuteurs spontex « comme il faut » disent « j'irè » quand ils devraient dire « j'iré », de même nombre d'entre eux disent-ils « gè » en lieu et place du traditionnel « gé » ; et les dictionnaires enregistrent cette prononciation, quand ils n'en font pas la seule proposée. Les précisions apportées par le *Trésor linguistique de la langue française informatisé* confirme mais complexifie ce premier tableau :

Prononc. et Orth. : [ge], [gɛ]. Le masc. et le fém. sont parfois donnés comme distincts, quant à la durée et/ou quant au timbre de la voyelle : [e~ɛ:] (FÉR. 1768, FÉR. *Crit.* t. 2 1787), [e~e:] (NOD. 1844, LITTRÉ), [ɛ~e:] (GATTEL 1841). Voir, en dernier lieu, ROUSS.-LACL. 1927, p. 141 : „*gaie* a un *e* fermé comme le masc. à Paris, un *e* ouvert en province”. Forme en [ɛ] en progrès, tous genres confondus, „sous l'influence de l'écriture” (BUBEN 11935 § 5). MARTINET-WALTER : [ge] ou [gɛ] (9 et 8). Ds Ac. dep. 1694.

Direz-vous [ge] ou [gɛ] ? Que direz-vous à l'étranger qui lui-même hésite, voudrait parler le plus exactement possible le français et vous prend – à tort sans doute – pour une autorité en la matière ? « Cherchons ensemble ! » semble être la bonne réponse, comme toujours.

f) Une remarque complémentaire s'impose. Lorsqu'une personne veut être « comme il faut », et cela sans avoir étudié et sans avoir l'intention d'étudier les questions relatives au domaine d'activité concerné, elle est, en règle générale, tentée d'*inventer* des normes qu'elle suppose « élégantes ». Elle dira ainsi « des scénarii », écrira « I.U.F.M. », prononcera peut-être « j'è », « je sè », « je vè », « j'irè », etc. Cette invention sans originalité constitue évidemment un problème en nombre de professions. On voit ainsi des professeurs qui, pour être davantage « comme il faut », inventent (et imposent comme allant de soi) une manière d'écrire des égalités successives en décidant que le signe d'égalité doit être constamment en fin de ligne, comme ceci :

$$\begin{aligned} 2^5 + 3(5 + 7^2) &= \\ 2^5 + 3(5 + 49) &= \\ 2^5 + 3(54) &= \\ 32 + 162 &= \end{aligned}$$

194.

D'autres professeurs imposeront, au contraire, d'écrire ainsi :

$$\begin{aligned}2^5 + 3(5 + 7^2) &= 2^5 + 3(5 + 49) \\&= 2^5 + 3(54) \\&= 32 + 162 \\&= 194.\end{aligned}$$

Or ce qui importe en pareil cas, c'est de fixer (provisoirement) un « style », en faisant en cela œuvre de *synnomie*, et en écartant toute illusion de *naturalité*. Dans la recherche en didactique, l'idionomie reprochée ici à certains professeurs sévit notamment en toutes les instances où un chercheur est amené à porter un jugement sur un travail de recherche, que ce soit dans le cadre d'un jury de thèse ou, plus souterrainement, par le truchement du rapport adressé au rédacteur en chef d'une revue scientifique qui l'a sollicité. Là encore, trop souvent, le travail qui serait à *faire* laisse place à l'idionomie paresseuse, non travaillée, qui engendre des verdicts sans grande valeur, bien souvent détestables parce qu'ils vont, par les principes qu'ils mettent en jeu, à rebours de l'effort synnomique qui serait de mise dans une communauté scientifique. Le problème est immensément vaste : il concerne tous les aspects de la culture d'une profession, dont on doit chaque fois se demander si elle est en adéquation avec tel ou tel projet de développement communautaire – nous y reviendrons.

3. Des besoins conditionnels

a) Je suis tombé par hasard, dans le *TLFi*, sur un passage du tome 1 (1896) des *Cahiers* de Maurice Barrès (1862-1923) où cet auteur énonce très nettement un besoin supposé du scientifique du XIX^e siècle :

... le malheur de Paul Bert, c'est qu'il ignorait l'allemand. En science, il n'y a pas de progrès pour qui ignore l'allemand. Il avait fait un premier ouvrage sur la pression barométrique, fort bon. Il sentait qu'il n'irait pas plus loin parce qu'il ne pouvait pas connaître les travaux des autres... (p. 81)

L'assurance de Barrès est, à l'époque, sans doute justifiée. Elle vaudrait encore aujourd'hui, en nombre de domaines de recherche, mais à propos de l'anglais plutôt que de l'allemand, bien sûr. Cela dit, en toute chose, on ne peut en règle générale évoquer que des besoins *conditionnels* et se demander alors quelles forces institutionnelles poussent à leur reconnaissance (par qui ?), quelles institutions semblent au contraire indifférentes à ces besoins supposés, comment ceux-ci sont ressentis, éprouvés, ou au contraire

ignorés, méconnus (par qui ?), comment – c'est-à-dire dans quelles conditions – et dans quelle mesure ils sont satisfaits, et en particulier quelle est l'offre praxéologique accessible, et comment ces besoins sont évités, niés, refoulés. Il est hautement vraisemblable, par exemple, que le besoin de connaître la langue anglaise est aujourd'hui encore moins nettement ressenti chez les professeurs du secondaire que chez les chercheurs ; et que, corrélativement, la pression venue des institutions tutélaires est sensiblement moins forte dans le premier cas que dans le second. On pourra se pencher à cet égard sur les récentes tribulations du projet d'imposer une certification en langues aux futurs professeurs des premier et second degrés par le biais du Certificat de Compétences en Langues de l'Enseignement Supérieur (CLES) (lequel évalue « 5 compétences », « la compréhension de l'oral, la compréhension de l'écrit, la production écrite, la production orale et l'interaction orale » : voir <http://www.certification-cles.fr/index.php>). On voit aisément que la mise en œuvre d'un tel projet suppose une synnomie adéquate, qui précise ce qu'on évalue, par exemple, en matière de production écrite, etc. (À propos des « tribulations » mentionnées, voir notamment la pétition figurant à l'adresse <http://www.moratoireclesc2i.org/>, ainsi que la mise au point ministérielle que l'on trouvera à l'adresse suivante : <http://www.education.gouv.fr/cid55698/certificat-de-langue-exige-des-laureats-aux-concours-a-compter-de-la-session-2012.html>)

b) Pour avancer dans cette étude, il semblerait approprié d'examiner notamment les situations traversées par un chercheur (ou une équipe de chercheurs) au long d'une recherche standard en didactique. Je sollicite à cet égard tous ceux qui voudraient bien témoigner des difficultés rencontrées dans ces circonstances.

ANALYSES PRAXÉOLOGIQUES ET ENQUÊTES

1. Une analyse praxéologique

a) Lorsqu'on enquête sur une question Q , on est conduit à étudier des réponses R° et d'autres œuvres O . Il convient alors de faire l'analyse de ces entités praxéologiques. On tient là sans doute le processus fondamental de *genèse des questions* : une question est suscitée par une œuvre, et en particulier par un texte qui, même très partiel ou très lacunaire, est un *exposé* de l'œuvre. Cette œuvre est elle-même censée apporter des éléments de réponse à une question antécédente. La régression pourrait se poursuivre indéfiniment ; mais on peut aussi bien décider de lui assigner arbitrairement un point de départ – ce qui est antécédent à la question choisie pour point de départ entrant alors dans le système des *raisons d'être* de la question. Il suffira ici de constater que *la rencontre avec une œuvre*, quelle qu'elle soit,

engendre des questions, même si le processus spontané de *naturalisation*, toujours plus ou moins actif, tend à nous faire regarder une part plus ou moins grande du monde comme « allant de soi ». Une situation des plus communes à cet égard est celle où l'on rencontre une œuvre à travers un *texte* (qui est lui-même une œuvre). C'est là une observation qui peut être exploitée du point de vue pédagogique, ainsi qu'on va le voir.

b) Dans l'enseignement de didactique que je donne pour la dernière fois cette année aux étudiants de licence et aux étudiants de première année du master de sciences de l'éducation à l'université de Provence – l'ultime séance aura lieu le mardi 13 décembre pour le master et le mercredi 14 décembre pour la licence –, je leur demande, lors de l'examen final, de procéder à une analyse *didactique* d'un texte, ce texte leur étant communiqué au début de la séance d'examen. Une telle analyse suppose en premier lieu le repérage des systèmes didactiques $S(X; Y; \heartsuit)$, qui seront alors la cible de l'analyse didactique demandée. Celle-ci est guidée par une courte liste de questions génériques auxquelles le texte est censé permettre de répondre *plus ou moins* et qui ont pour objet d'aider à préciser les principales contraintes et conditions sous lesquelles « fonctionne » le système didactique considéré. Cela revient en principe à réaliser, dans la mesure du possible, une analyse praxéologique relative à chacun des niveaux de l'échelle de codétermination didactique, par exemple ceux de la société, de l'école, de la pédagogie, de l'œuvre étudiée, $\heartsuit$. Mais c'est l'analyse de l'enjeu didactique $\heartsuit$ que l'on appellera plus restrictivement (*por antonomasia*, comme on dit en espagnol) *analyse praxéologique*. En réalité, une telle restriction est des plus limitées : l'analyse « praxéologique » porte, ici, sur une réalité qui est rencontrée comme un enjeu didactique *ou qui pourrait l'être*. Ajoutons que les étudiants ont d'une part à réaliser une analyse praxéologique *sommaire* (ils le font durant la séance d'examen, sans pouvoir consulter tout ce qu'ils pourraient juger utile de consulter) dans le cadre de l'analyse didactique qui leur est demandée ; et qu'ils ont par ailleurs à proposer une analyse praxéologique plus approfondie (ils la préparent à l'avance) portant sur une réalité exposée dans un texte que chaque candidat à l'examen aura choisi lui-même – en principe bien avant l'examen !

c) Je prendrai ici un exemple simple, celui d'un texte constitué d'extraits du livre du médecin nutritionniste Arnaud Cocaul, *Le régime mastication* (Thierry Souccar Éditions, Vergèze, 2009). Je note que ce texte, analysé effectivement dans un contexte de formation, ne saurait être retenu pour l'examen, du fait de sa longueur excessive.

Extrait 1

Depuis des dizaines de milliers d'années, les aliments n'ont cessé de se ramollir, de perdre leur texture, leurs fibres, leur dureté initiale. Nous consommons aujourd'hui plus de 70 % d'aliments transformés. En conséquence, nous ne mâchons plus beaucoup et nous digérons vite. C'est comme si une partie du processus de digestion était assurée en dehors du tube digestif par l'industrie agro-alimentaire via les procédés de transformation des aliments, et une autre partie par la cuisson à domicile.

Ce qui fut, il y a un million et demi d'années, un avantage pour l'évolution de l'espèce, en préservant des calories au service d'un cerveau plus gros, a été porté à l'extrême par l'industrialisation des aliments et se retourne aujourd'hui contre nous. La mastication éludée ou accélérée ne donne plus à l'estomac le temps d'adresser au cerveau un signal de satiété. En conséquence, nous mangeons trop. Par ailleurs, les calories que l'on aurait dépensées pour digérer les aliments restent dans l'organisme et contribuent au surpoids et à l'obésité. (pp. 49-50)

Extrait 2

L'offre accrue de produits transformés dans les grandes surfaces, les spots télévisés qui vantent ces mêmes produits, tout cela incite le consommateur à se détourner des choix alimentaires traditionnels pour se diriger vers ces produits qui demandent peu de temps de préparation et qui généralement sont mous. Purées, yaourts, crèmes, hamburgers, viennoiseries, pain de mie, nuggets... notre nourriture est devenue toute molle.

Ce penchant pour les plats préparés aboutit à une consommation d'aliments non seulement mous mais aussi riches en graisse (les matières grasses améliorent la palatabilité), en sel et autres exhausteurs de goût qui nous détournent de l'envie de les garder en bouche. (p. 52)

Extrait 3

Pourquoi, devons-nous rester vigilants vis-à-vis des produits transformés ? La réponse capitale est la suivante : à calories égales, les aliments prédigérés, c'est-à-dire mous, font prendre du poids. Tout d'abord, ils leurrent le cerveau et perturbent les signaux de satiété. Les aliments mous (pâtes, pain de mie...) ou de petite taille (riz, couscous...) faciles à déglutir, font parfois oublier totalement la mastication, indispensable à l'installation progressive et harmonieuse de la sensation de rassasiement. Les aliments mous incitent ainsi à manger plus que ce dont le corps a besoin. À consommateur égal, selon le temps et le degré de mastication, les aliments seront assimilés plus ou moins vite et auront un impact plus ou moins grand sur le poids. Inégalité non pas génétique cette fois-ci mais acquise par un mauvais comportement. (pp. 53-54)

Extrait 4

Cet engrenage est flagrant chez l'animal. La spécialiste de la mastication en France est chercheuse à l'INRA et se nomme Marie-Agnès Peyron. Elle m'a rapporté des expériences conduites chez les rats. Comme pour les souris hamburger de Secor et Wrangham, lorsque l'on nourrit ces animaux en laboratoire avec une nourriture molle, ces derniers prennent du poids. Tandis qu'une alimentation dure, difficile à mâcher induit une élévation des dépenses énergétiques (augmentation de la thermogénèse). Bilan : pas de prise de poids observée. Il semblerait ainsi que de la nourriture manufacturée, molle, découle une plus grande faculté de stockage énergétique sous forme de graisses.

En d'autres termes, non seulement l'apport calorique dépend de la quantité de nourriture que l'on ingère mais également de la texture de ce que l'on mange : mou ou dur. (p. 56)

Extrait 5

La plupart des plats pré-cuisinés, prêts à être réchauffés sont fades et insipides. Ils sont donc enrichis en sel qui sert d'exhausteur de goût mais qui est loin d'être anodin pour la santé. Une importante consommation de sel favorise l'hypertension artérielle (facteur de risque de maladies cardiovasculaires) et également la rétention d'eau qui se traduit par des œdèmes diffus et une prise de poids. Donc en plus d'être mous et rapides à avaler, ces aliments transformés qui ont peu à peu envahi notre quotidien sont très (trop) riches en sel. L'homme ayant une appétence particulière pour le sel, ces produits flatteront les papilles et auront tendance à être consommés en plus grande quantité.

La palatabilité de la nourriture est un paramètre important pour expliquer le comportement masticatoire. Ainsi un consommateur d'aliments à l'onctuosité renforcée par l'adjonction de graisses (le gras fond dans la bouche) va manger plus rapidement car il lui sera moins nécessaire de mâcher. Il va aussi ingurgiter de plus grandes quantités car l'onctuosité pousse à consommer davantage. (pp. 56-57)

1. Ce qui est exposé se rapporte à une *technique alimentaire* – « manger dur », c'est-à-dire « manger des aliments durs » –, qui inclut ce geste technique clé : *mastiquer*, verbe qui, selon le TLFi, désigne le fait de « broyer longuement les aliments avec les dents avant de les avaler ». Notons que, bien entendu, un autre geste technique clé consiste à choisir et à se procurer de tels aliments « durs » ; mais la chose *ne fait pas l'objet du texte retenu*.

2. Même si la question *technique* (*comment mastiquer ?*) n'est pas sans importance, elle n'est pas abordée dans le texte. Il convient alors d'examiner la question *technologique* : *pourquoi* « manger dur » serait-il une protection contre l'obésité – au contraire du fait de « manger mou », qui « fait grossir » ? Deux arguments principaux sont mis en avant par l'auteur, qui les explicite

en négatif. Tout d'abord, en mâchant peu, en avalant vite (ce que permet la nourriture « pré-transformée »), on « ne donne plus à l'estomac le temps d'adresser au cerveau un signal de satiété », si bien que « nous mangeons trop ». Ensuite, si nous mangeons mou (en mangeant des produits « pré-transformés »), « les calories que l'on aurait dépensées pour digérer les aliments restent dans l'organisme et contribuent au surpoids et à l'obésité ».

3. D'autres éléments explicatifs sont encore donnés par l'auteur. La propension à manger trop – du fait de l'apparition retardée de signaux de satiété – est accrue par les propriétés des « plats préparés ». Ceux-ci, en effet, sont enrichis « en sel et autres exhausteurs de goût », qui « flattent les papilles » et que nous avalons pour cela d'autant plus vite que nous en voulons d'urgence une bouchée supplémentaire ! En outre, ces plats sont riches en corps gras, et l'agréable sensation d'onctuosité qui en résulte accroît l'envie d'en absorber encore.

4. Qu'y a-t-il « derrière » cette technologie, au niveau *théorique* ? À l'évidence, d'abord, l'opposition naturel/artificiel : quoique de manière nuancée, l'auteur décrit l'histoire de l'humanité comme une dégradation sur l'échelle dur/mou : au « dur » primitif s'opposerait le « mou » actuel. En conséquence, il faudrait réagir contre une évolution de la civilisation qui éloigne les « animaux humains » de leurs conditions de vie optimales.

5. Parmi ces conditions optimales, il y a le fait d'être *mince*, de n'être pas en surpoids, notion que l'article « Surpoids » de l'encyclopédie *Wikipédia* présente en ces termes :

Le *surpoids* est l'état d'une personne présentant une corpulence considérée comme légèrement plus importante que la normale ou la moyenne dans une société donnée. Elle est définie par l'Organisation mondiale de la santé comme l'attribut des individus présentant un indice de masse corporelle compris entre 25 et 30 kilogrammes par mètres carrés et est, selon ces critères, bornée par la minceur (ou corpulence normale) et l'obésité modérée.

Quant à la minceur, voici ce qu'en dit l'article « Minceur » de la même encyclopédie :

La *minceur* est l'état d'une personne présentant une corpulence considérée comme normale ou moyenne dans une société donnée. Elle est définie par l'Organisation mondiale de la santé comme l'attribut des individus présentant un indice de masse corporelle compris entre 18,5 et 25 kilogrammes par mètres carrés et est, selon ces critères, bornée par la maigreur et le surpoids. L'idéal de minceur est une puissante norme sociale dans les sociétés

occidentales, où le rôle des médias est généralement considéré comme essentiel à sa transmission.

Un énoncé *théorique* qui surplombe toute la construction praxéologique examinée est, semble-t-il, celui-ci (qui serait au reste le point de vue officiel de l'OMS) : « La minceur est chose bonne à tous égards. » Autrement dit encore : *être normal, c'est être mince*. Bien entendu, ces énoncés théoriques n'ont pas toujours été validés par tous les groupes humains. Il n'en était rien, ainsi, dans le milieu populaire où j'ai vécu mon enfance et où l'on enjoignait encore aux jeunes femmes enceintes de « manger pour deux ».

d) Dans le cadre d'une telle analyse praxéologique, les étudiants doivent en outre répondre à l'exigence ci-après, décrite dans un document rédigé à leur intention :

L'analyse praxéologique portera sur l'œuvre *O* évoquée ou décrite dans le texte choisi. Elle devra mobiliser, d'une façon à la fois *justifiée* (non artificielle) et *précise*, des éléments praxéologiques *élémentaires* mais non tous triviaux relevant *de l'un au moins* des champs suivants : mathématiques, informatique et Internet, physique, chimie, biologie, langue française (prononciation, orthographe, grammaire), langue anglaise (prononciation, orthographe, grammaire), sciences et techniques des activités physiques et sportives, sciences humaines et sociales (sociologie, économie, ethnologie, psychologie, histoire, géographie, démographie).

Deux questions se posent qui sont en quelque sorte engendrées par les deux grands « facteurs » exposés par l'auteur. Tout d'abord, rappelons-le, l'auteur affirme que « les aliments prédigérés [...] leurrent le cerveau et perturbent les signaux de satiété ». Que sont donc ces « signaux de satiété ? Comment cela fonctionne-t-il et comment le cerveau peut-il être leurré ? L'article « Faim » de *Wikipédia* peut à cet égard constituer un *point de départ* d'une enquête *que nous ne poursuivrons pas ici* :

Description

La faim est une sensation qui se produit quand le niveau de [glycogène](#) dans le [foie](#) tombe sous un certain niveau, précédant habituellement le désir de manger. Cette sensation, souvent déplaisante, provient de cellules sensibles à une très faible chute de la [glycémie](#), localisées dans l'[hypothalamus](#)¹, puis est libérée par des récepteurs dans le foie. Bien qu'un être humain puisse survivre plusieurs semaines sans manger², la sensation de faim commence en général après quelques heures sans manger.

.....

Satiété

La **satiété** est une sensation que l'on ressent lorsqu'on n'a plus faim, après manger ; elle est également conditionnée par l'[hypothalamus](#).

Cette sensation est notamment commandée par une [hormone](#) : la [cholécystokinine](#), identifiée pour la première fois en 2002 par une équipe [britannique](#) de l'*Imperial College* de [Londres](#), et confirmée par des chercheurs dans l'[Oregon](#) et en [Australie](#).

L'hormone est sécrétée par les cellules intestinales. Le taux de l'hormone grimpe dans le sang après avoir mangé et reste élevé entre les repas, ce qui réduit l'envie de manger du sujet. Lorsque le taux de l'hormone diminue, le [cerveau](#) l'interprète comme un signal de début de faim. La [leptine](#) augmente aussi avec la satiété, tandis que la [ghréline](#) augmente quand l'estomac est vide.

D'autres facteurs sont aussi responsables de la satiété. Les influx provenant de l'estomac via le nerf vague permettent à l'encéphale d'évaluer la quantité d'aliments ingérés. L'intensité et la fréquence des influx déterminent aussi la nature des nutriments. Par exemple, pour une même quantité, la réponse nerveuse est de 30 à 40 % plus forte pour des protéines que pour du glucose. Ceci renseigne l'encéphale sur la quantité de quelques nutriments spécifiques ingérés⁶.

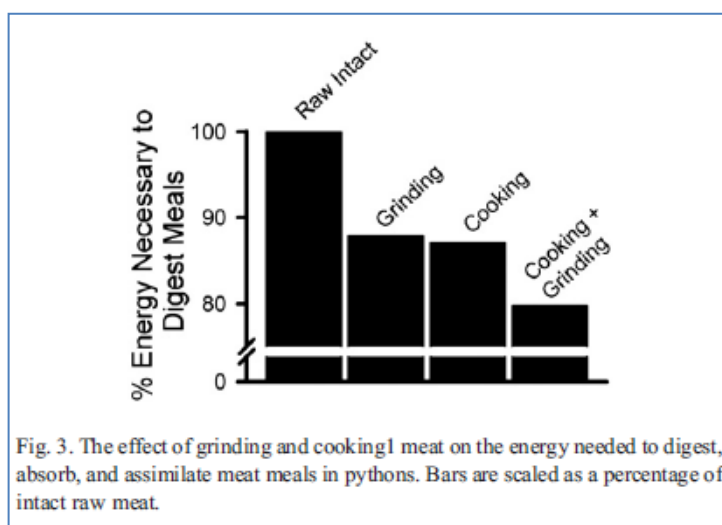
De plus, la concentration de glucagon et d'insuline présent dans le sang joue aussi un rôle important tout comme la leptine provenant des adipocytes (cellules adipeuses)⁶. [...] Plusieurs autres facteurs entrent en ligne de compte mais même à ce jour la satiété n'est pas totalement comprise.

L'exploration rapide de la littérature sur Internet permet de compléter ce premier tableau. Ainsi pourra-t-on lire ce qui voici dans un article (à l'adresse http://www.healthandfood.be/html/fr/article/69/aliment_satiete.htm) intitulé *Le petit jeu de la satiété* :

Les glucides, les protéines, les lipides, génèrent des signaux de satiété d'intensité variée. Les lipides sont dotés du pouvoir rassasiant le moins élevé, suivis par les glucides dont l'effet est intermédiaire, et les protéines qui rassasient le mieux. C'est vraisemblablement ce qui explique qu'une alimentation très grasse (de type occidental) déclenche une « suralimentation » passive, qui conduit bien souvent au gain de poids.

Nous arrêterons ici l'enquête sur ce point et nous considérerons maintenant le fait que, selon l'auteur, lorsqu'on mange mou, « les calories que l'on aurait dépensées pour digérer les aliments restent dans l'organisme et contribuent au surpoids et à l'obésité ». Ainsi donc, même si l'on ne mange pas « trop », du fait d'une consommation énergétique moindre lors de la digestion, on mangerait... trop ! Les noms de Secor et Wrangham mentionnés par l'auteur

mettent sur une piste, qui conduit à un article de 2007 intitulé *Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion* et signé par Richard W. Wrangham, Stephen M. Secor et quatre autres chercheurs (en ligne à l'adresse <http://bama.ua.edu/~ssecor/journalarticles/journalarticle42.pdf>), qui rend compte d'une expérience menée sur des pythons, nourris pour les uns avec de la viande crue entière (désignée par *Raw intact* ci-après), pour d'autres avec de la viande crue hachée (*Grinding*, ci-après), pour d'autres encore avec de la viande cuite (*Cooking*), pour d'autres enfin avec de la viande hachée et cuite (*Cooking + Grinding*). Les principaux résultats sont représentés dans le diagramme ci-après :



Dans son livre, Arnaud Cocaul donne (p. 45) un tableau relatif au même type d'expériences :

TYPE DE VIANDE	APPORT CALORIQUE D'UNE PORTION DE VIANDE	ÉNERGIE DÉPENSÉE POUR LA DIGESTION	BILAN
Entière crue	+ 225 kcal	- 72 kcal	+ 153 kcal
Hachée cuite	+ 225 kcal	- 55 kcal	+ 170 kcal

On voit ainsi que le passage de la viande "raw intact" à la viande "ground and cooked" diminue de plus de 23 % la dépense énergétique due à la digestion. À suivre les données fournies dans le tableau précédent, le passage inverse augmente d'environ 31 % les calories « non utilisées ».

2. Déplacements et ruptures praxéologiques

a) En nombre de cas, j'ai donné dans ce séminaire des exemples d'enquêtes que chacun de nous peut réaliser, sans évoquer pour autant comment cela pourrait se passer avec des élèves ou des étudiants. J'ai parlé incidemment,

lors de la séance précédente, du travail en cours dans l'atelier « Enquêtes sur Internet » du collège Vieux Port (Marseille), à savoir l'étude de la question Q_1 que voici :

Q_1 . On dit que les glaçons flottent sur l'eau parce que la glace serait « plus légère que l'eau ». Est-ce vrai ? On dit aussi qu'on ne sait pas pourquoi la glace est plus légère que l'eau. Est-ce vrai ?

Une première étape de l'enquête conduite dans l'Atelier a permis d'établir une liste d'URL de documents à examiner à la recherche d'éléments de réponse possibles. Voici la première liste finalement arrêtée (mais qui pourra être remaniée, augmentée, etc.) au sein de l'Atelier :

<http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080723052705AAe0NP6>
<http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20081020222512AAe6bIC>
<http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061014035958AADzLHf>
http://www.pourquois.com/physique_chimie/pourquoi-glacon-flotte-t-sur-eau.html
http://www.pourquois.com/physique_chimie/pourquoi-glace-flotte.html
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Glace>
<http://zebulon1er.free.fr/glacier.htm>
<http://cyberzoide.developpez.com/pourquoi/index.php3?page=glace>
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/proprie/12glaceLegere.html>
<http://phys.free.fr/reponse/reponse3.htm>
<http://cedric.schmetz.free.fr/FAQ/Glacon.php>

Ces adresses ont été apportées par les élèves participants à l'Atelier. L'ordre dans lequel elles apparaissent dans la liste est lui-même contingent.

b) La *technique d'étude* mise en œuvre conduit l'Atelier à examiner un à un ces documents et à y sélectionner les passages qui *semblent* contenir des éléments de réponse à la question étudiée. En pratique, pour faciliter ce travail, la question a été décomposée en deux sous-questions que voici :

Q_{11} . On dit que les glaçons flottent sur l'eau parce que la glace serait « plus légère que l'eau ». Est-ce vrai ?

Q_{12} . On dit aussi qu'on ne sait pas pourquoi la glace est plus légère que l'eau. Est-ce vrai ?

- Lors de la séance 4 de l'Atelier, tenue le 1^{er} décembre dernier, les trois premiers documents seulement ont été examinés. Le premier d'entre eux,

intitulé *Pourquoi les glaçons flottent ?*, offrait le texte suivant (dont l'Atelier a commencé par corriger les fautes orthotypographiques) :

Lorsque l'eau atteint une température en dessous de 0 °C elle se solidifie. Pour se solidifier les molécules d'eau s'organisent dans une géométrie stable et régulière, alors qu'à l'état liquide elles sont totalement désordonnées. Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter, tu en as peut-être déjà fait l'expérience, en mettant une bouteille d'eau pleine au congélateur, celle-ci éclate...

Alors uniquement le volume a changé, pas la masse d'eau, on a toujours la même quantité d'eau... Maintenant si tu plonges un glaçon dans l'eau, possédant une masse volumique (= masse/volume) inférieure à l'eau liquide, celui-ci va flotter selon le principe de la poussée d'Archimède, en gros il est plus léger donc il va flotter.

Va au paragraphe "Exemple d'un solide flottant à la surface d'un liquide" à l'adresse <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pouss%C3%A9e>..., tu auras quelques explications de plus.

- Les élèves doivent alors distribuer ce texte entre les deux sous-questions Q₁₁ et Q₁₂ (avec, bien entendu, la possibilité de laisser de côté certaines de ses parties). L'Atelier parvient en l'espèce à la distribution suivante :

Q₁₁. On dit que les glaçons flottent sur l'eau parce que la glace serait « plus légère que l'eau ». Est-ce vrai ?

Matériaux pour une réponse

1. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080723052705AAe0NP6>

« Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter... Alors uniquement le volume a changé, pas la masse d'eau, on a toujours la même quantité d'eau... Maintenant si tu plonges un glaçon dans l'eau, possédant une masse volumique (= masse/volume) inférieure à l'eau liquide, celui-ci va flotter selon le principe de la poussée d'Archimède, en gros il est plus léger donc il va flotter. »

Q₁₂. On dit aussi qu'on ne sait pas pourquoi la glace est plus légère que l'eau. Est-ce vrai ?

Matériaux pour une réponse

1. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080723052705AAe0NP6>

« Pour se solidifier les molécules d'eau s'organisent dans une géométrie stable et régulière, alors qu'à l'état liquide elles sont totalement désordonnées. Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter »

Que chacun des deux « morceaux » de texte retenus est pertinent est une chose que plusieurs élèves voient (et indiquent) quasi immédiatement. Mais il est manifeste qu'aucun de ces deux passages ne saurait avoir pour ces élèves la « clarté » que la fiction scolaire ordinaire veut voir en chaque chose étudiée. Dans ce qui suit, on s'arrêtera d'abord sur ce premier passage :

Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter... Alors uniquement le volume a changé, pas la masse d'eau, on a toujours la même quantité d'eau... Maintenant si tu plonges un glaçon dans l'eau, possédant une masse volumique (= masse/volume) inférieure à l'eau liquide...

c) Dans le cas évoqué ici, rompant avec la clause scolaire usuelle qui veut que les choses soient promises à devenir claires *sans retard*, le directeur d'étude *y* doit assumer qu'elles conserveront un temps plus ou moins long leur obscurité initiale. Pour qu'elles s'éclaircissent, il faudra se livrer à un travail du texte plus ou moins important pour faire baisser de façon convenable le « niveau de gris ».

- Une manière d'abaisser le niveau de gris serait, certes, de procéder *more geometrico*, « mathématiquement », ce qui conduirait à conclure à peu près ceci :

Étant donné une masse m d'eau liquide occupant un volume V , lorsque cette eau se prend en glace, son volume augmente : il devient égal à $V^* > V$; le rapport $\frac{m}{V}$ devient égal à $\frac{m}{V^*}$ (la masse m reste inchangée) et on a donc $\frac{m}{V^*} < \frac{m}{V}$:

la « masse volumique » de la glace est inférieure à celle de l'eau.

C'est là une voie qui pourrait certes être tentée ; mais, dans cette enquête, étant donné ce que l'on sait de l'équipement praxéologique des élèves, il ne paraît pas opportun de s'y engager sans plus attendre ! La clarté, peut-on penser, viendra d'abord *autrement* – de la rencontre avec d'autres textes exprimant peu ou prou la même analyse des phénomènes étudiés – ou, au contraire, en désaccord plus ou moins évident avec les textes déjà rencontrés.

- Poursuivons en considérant la suite du passage examiné :

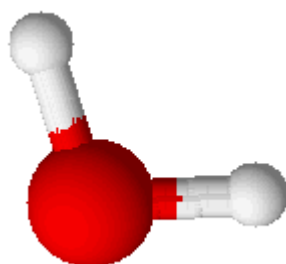
Maintenant si tu plonges un glaçon dans l'eau, possédant une masse volumique (= masse/volume) inférieure à l'eau liquide, celui-ci va flotter selon le principe de la poussée d'Archimède, en gros il est plus léger donc il va flotter.

On voit là la rencontre *en situation* avec cette œuvre qu'est le mécanisme de la poussée d'Archimède : ce que le jeune enquêteur rencontre, ce sont des gens qui, pour expliquer le fait qu'un glaçon flotte, invoque la « poussée d'Archimède ». Par rapport aux rencontres typiques provoquées (ou recherchées) dans le paradigme classique ou, à l'opposé, dans celui de la TSD, il y a là un *déplacement*, ou plutôt deux. Tout d'abord, contrairement à ce qu'il en est dans le paradigme scolaire classique, l'élève x ne rencontre pas l'œuvre O (ici, disons, la statique des fluides) comme un monument que l'on visite, en soi et pour soi, mais *comme un outil que l'on utilise*. Ensuite, en décalage par rapport à la TSD, x rencontre O comme un outil *qu'il n'utilise pas d'abord lui-même mais qu'un autre utilise* – mais pour répondre à une question à laquelle *lui-même* doit apporter une réponse. Il s'ensuit, bien entendu, que x peut être amené à essayer d'utiliser cet outil ainsi que semble le faire (ou envisager de le faire) l'auteur du texte examiné ; mais il s'agit là d'une étape ultérieure dans un parcours d'étude et de recherche qui ne saurait être tracé à l'avance.

- Des remarques analogues peuvent être faites à propos du passage retenu comme matériau de réponse à la seconde sous-question, Q_{12} :

Pour se solidifier les molécules d'eau s'organisent dans une géométrie stable et régulière, alors qu'à l'état liquide elles sont totalement désordonnées. Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter

L'emploi fait ici du mot *géométrie* n'est pas familier aux élèves. Considérer en outre les molécules d'eau comme des « corps » dans l'espace (comme dans la représentation ci-après, empruntée à l'article « Molécule d'eau » de l'encyclopédie *Wikipédia*), et des « corps » qui peuvent « s'organiser » de différentes façons, est également inhabituel.



Les « enquêteurs » se trouvent donc nécessairement, et cela, parfois, *longuement*, dans une situation que je dirai d'*époque* cognitive.

d) Pour donner un peu plus de grain à moudre sur ce sujet, je reproduis ci-après ce à quoi aboutit le premier examen de l'ensemble des trois premiers

documents de la liste donnée plus haut (le troisième document ne fournit aucune contribution à la sous-question Q_{11}) :

Q_{11} . On dit que les glaçons flottent sur l'eau parce que la glace serait « plus légère que l'eau ». Est-ce vrai ?

Matériaux pour une réponse

1. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080723052705AAe0NP6>

« Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter... Alors uniquement le volume a changé, pas la masse d'eau, on a toujours la même quantité d'eau... Maintenant si tu plonges un glaçon dans l'eau, possédant une masse volumique (= masse/volume) inférieure à l'eau liquide, celui-ci va flotter selon le principe de la poussée d'Archimède, en gros il est plus léger donc il va flotter. »

2. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20081020222512AAe6b1C>

« La poussée d'Archimède [...] s'applique à tout corps plongé dans un liquide. En résumé, son principe est que tout corps plongé dans un liquide subit une force du bas vers le haut égale au poids du liquide déplacé. Un glaçon plongé dans l'eau subit également cette poussée et flotte à la surface, mais le volume de glaçon immergé est de 90 %. »

3. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061014035958AADzLHf>

Ø

Q_{12} . On dit aussi qu'on ne sait pas pourquoi la glace est plus légère que l'eau. Est-ce vrai ?

Matériaux pour une réponse

1. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080723052705AAe0NP6>

« Pour se solidifier les molécules d'eau s'organisent dans une géométrie stable et régulière, alors qu'à l'état liquide elles sont totalement désordonnées. Ainsi le volume de l'eau en se solidifiant va-t-il augmenter »

2. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20081020222512AAe6b1C>

« Lorsque de l'eau gèle, de sa forme liquide, elle passe à une forme solide, cristalline (les molécules d'eau s'arrangent pour former un réseau organisé de cristaux). Cette forme cristalline prend un peu plus de place que la forme liquide. Le volume de l'eau gelée augmente ainsi d'environ 10 % mais sa masse ne change pas. »

3. <http://fr.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061014035958AADzLHf>

« Bien qu'il y ait autant de liaisons hydrogène dans la glace et dans l'eau liquide, dans la glace elles sont rectilignes alors que dans l'eau liquide elles

sont tordues : les distances entre molécules d'eau sont donc légèrement supérieures dans la glace à ce qu'elles sont dans l'eau liquide. Il y a donc plus de « vide » dans la glace que dans l'eau liquide et c'est pourquoi la glace est moins dense. »

- Pour la question Q_{11} , on retrouve, dans le deuxième document examiné, la mention de la poussée d'Archimède, sur laquelle on en découvre un peu plus. Là encore, on *pourrait* recourir à une mathématisation élémentaire. Si m est la masse du glaçon, le volume de l'eau « déplacée », c'est-à-dire le volume V_i de la place que le glaçon occupe dans l'eau (i est l'initiale d'*imm*ergé), est égal au volume d'eau V_e ayant une masse m (e est l'initiale d'*eau*). Plutôt que de masse volumique ρ , on peut utiliser le *volume massique* v : on a alors : volume = masse $\times$ volume massique. Cela donne, avec des notations transparentes, pour le volume d'eau déplacé, c'est-à-dire le volume de la partie immergée du glaçon, $V_i = V_e = m \times v_e$. Comme on a de même, pour le volume du glaçon V_g , $V_g = m \times v_g$, il vient

$$\frac{V_i}{V_g} = \frac{m \times v_e}{m \times v_g} = \frac{v_e}{v_g}.$$

Le volume massique de la glace, v_g , est supérieur à celui de l'eau liquide, v_e ; il en résulte que $\frac{V_i}{V_g} < 1$. Comme, en général, on a $v = \frac{1}{\rho}$ (le volume massique est l'inverse de la masse volumique), il vient aussi $\frac{v_e}{v_g} = \frac{\rho_g}{\rho_e}$. L'article « Glace » de *Wikipédia* indique ceci :

La masse volumique de la glace est de 917 kg/m³ à 0 °C, et son coefficient de dilatation linéaire est d'environ 9·10⁻⁵/K, toujours à 0 °C.

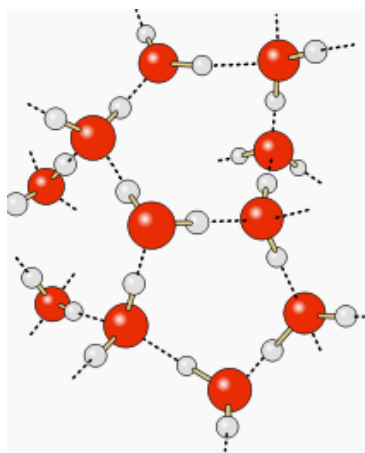
Une des particularités de la glace est de présenter une masse volumique plus faible que celle de l'eau liquide qui est d'environ 1000 kg/m³ à 0 °C et sous la pression atmosphérique. La glace flotte donc à la surface de l'eau liquide, phénomène inhabituel car pour la plupart des matériaux, c'est le phénomène inverse qui se produit.

Dans les conditions de température et de pression indiquées, on a ainsi :

$$\frac{\rho_g}{\rho_e} = \frac{917 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,917 = 91,7 \text{ \%}.$$

Il vient donc : $\frac{V_i}{V_g} = \frac{v_e}{v_g} = \frac{\rho_g}{\rho_e} = 91,7 \text{ \%}$. Le volume d'eau déplacé, le volume de la partie immergée du glaçon est donc égal à un peu plus de 9/10 du volume du glaçon, dont un peu de moins de 1/10 est, en conséquence, émergé.

e) Pour la question Q_{12} , on voit apparaître l'idée de *cristaux* – de « structure cristalline » – et celle d'une organisation dans l'espace des molécules d'eau qui serait différente selon que l'eau est liquide ou solide. Le troisième document mentionne à cet égard les « liaisons hydrogène », qui seraient présentes dans l'eau liquide comme dans l'eau solide, mais dont la variation du positionnement dans l'espace – « rectiligne » ou « tordu » – expliquerait l'accroissement du volume massique lorsque l'eau liquide devient glace. Bien entendu, la notion de *liaison hydrogène* est une autre boîte noire pour l'Atelier. Voici, pour diminuer un peu le niveau de gris, un dessin (emprunté à l'article « Liaison hydrogène » de *Wikipédia*) censé représenter les liaisons hydrogène entre des molécules d'eau qu'on peut supposer liquide.



f) Dans un « groupe d'étude » $[X; Y]$ devenu système didactique $S(X; Y; Q)$ du fait qu'on y étudie une question Q , il y a au moins trois ordres d'*histoires avec Q* en jeu. Il y a bien sûr l'histoire de chaque $y \in Y$ avec la question Q : y peut ainsi l'étudier *pour son propre compte*, hors des temps de fonctionnement du groupe d'étude $[X; Y]$, ou, plus exactement, du système didactique $S(X; Y; Q)$, durant lesquels, à strictement parler, y n'a pas au reste à étudier Q mais à aider X et chacun des $x \in X$ à étudier Q , ce qui, il est vrai, amène normalement y à étudier Q *avec X*. Par exemple, dans le cas où $Q = Q_1$, y pourra vouloir en savoir plus sur les liaisons hydrogène, sur la notion de masse volumique, etc. C'est là *son histoire propre avec Q*, en relation avec la vie de $S(X; Y; Q)$. Dans le cas évoqué jusqu'ici, y peut par exemple savoir, *avant* que $[X; Y]$ le découvre, que l'explication « classique » par les liaisons hydrogène est aujourd'hui remise en cause. Dans un article intitulé *La physique de l'eau liquide* (2005), deux physiciens spécialistes de l'eau, Bernard Cabane et Rodolphe Vuilleumier, soulignent d'abord les nombreuses « anomalies » de l'eau, écrivant notamment (<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/05/21/94/PDF/physiquedeleaulettre.pdf>) :

Pour presque tous les liquides, le volume occupé se réduit d'environ 10 % lors de la cristallisation, car les atomes ou les molécules sont empilés de manière

plus efficace dans le cristal. Au contraire, l'eau se dilate d'environ 9 % en cristallisant. Cette augmentation de volume, qui fait flotter la glace sur l'eau, a des conséquences environnementales considérables : si la glace était plus dense que l'eau liquide, toute la glace formée dans les régions arctiques coulerait au fond des océans au lieu de former une banquise qui les isole thermiquement des températures extérieures, et la production de glace continuerait jusqu'à congélation complète de ces océans.

Ces chercheurs commenteront ensuite dans les termes suivants l'explication, rencontrée dans les textes examinés jusqu'ici dans l'Atelier, en termes de liaisons hydrogène :

Les théories anciennes attribuaient toutes ces anomalies au fait que les molécules d'eau sont liées par des liaisons H. En ce sens, l'eau devrait avoir des propriétés « en ligne » avec celles d'autres liquides associés (éthanol, glycols, formamide, etc.). Pour les propriétés de cohésion, c'est une bonne hypothèse de départ – bien que les propriétés de l'eau (densité d'énergie cohésive, constante diélectrique) soient supérieures à celles des liquides comparables. Pour les autres propriétés, cette explication n'est pas suffisante : les autres liquides associés ne partagent pas les propriétés volumiques anormales de l'eau, ni son polymorphisme, ni son comportement comme solvant.

Tout cela est bel et bon. Mais quel rôle les connaissances de y en la matière peuvent-elles jouer dans le fonctionnement de $S(X; Y; Q)$ (dès lors qu'on ne lui demande pas de « faire un cours ») ? On pourrait faire des remarques analogues concernant les $x \in X$, qui ont chacun leur propre histoire personnelle, essentiellement privée, avec Q – une histoire que, en règle générale, nous ignorons et ignorerons. Cela aussi peut jouer un rôle dans la trajectoire de $S(X; Y; Q)$, c'est-à-dire dans le parcours d'étude et de recherche que ce système didactique empruntera. Mais l'histoire de y avec Q ou l'histoire de x avec Q n'est pas ce qui importe ici. Ce qui est objet d'étude, en effet, c'est un *troisième* type d'histoire avec Q : l'histoire de $[X; Y]$ avec Q . Que tel $y \in Y$ soit immensément savant à propos de Q ou qu'il soit au contraire parfaitement ignorant de ces choses, que tel $x \in X$ ait, touchant la question étudiée, des connaissances très sensiblement supérieures à celles de ses camarades d'étude (ou même à celles des aides à l'étude), tout cela est bien possible. Mais il ne suffit pas que tel membre de $X \cup Y$ sache pour que X sache. En vérité, le problème est ouvert de déterminer comment ce genre de conditions – ce que sait y ou ce que sait x – peut être adéquatement utilisé pour faire que X sache adéquatement. Bien sûr, y (ou x) peut proposer un document que X n'aurait pas trouvé et qui lui paraît de nature à réorienter ou à relancer l'enquête par exemple. On pourrait aussi imaginer

que, au lieu d'apporter un document, y invite quelque expert z à venir présenter ses conclusions devant X touchant la question Q . La différence, pensera-t-on peut-être, ne serait pas très grande. Pourtant certaines techniques didactiques clés pourraient s'en trouver fragilisées. Devant un document, on s'interroge, on recherche des éclaircissements dans d'autres documents. Placé face à un expert, on est tenté d'interroger l'expert, d'agir sans médiation, cédant ainsi à l'illusion de la connaissance aisément partagée. En même temps, la distance critique diminue, la réception « dogmatique » (et, subrepticement, opaque) du discours de l'expert devient beaucoup plus probable – l'art d'« utiliser » un expert est un art difficile, subtil, et qu'il faut apprendre. Le pas d'après, ce n'est plus quelque $z \notin X \cup Y$ que l'on invitera à s'adresser au groupe d'étude ; c'est y lui-même qui « professera », alors même qu'il doit se garder de faire plus que, quelquefois, « montrer », c'est-à-dire faire de loin en loin l'enseignant. Dès lors, on « visitera » la question Q au lieu de *l'étudier*. On voit que cette grande tentation du retour au *statu quo ante*, toute une culture scolaire, je dirai même toute une *éthique* scolaire y portent. Un y « à l'ancienne » voudra intervenir parce que les élèves « n'auraient pas compris » telle chose, parce qu'ils « ne connaîtraient pas » ceci ou cela, parce qu'ils risqueraient de « se faire une idée fausse » sur tel ou tel point, etc. Contre ce glissement vers le passé, il faut redire et prendre au sérieux deux principes cruciaux du travail d'enquête : d'abord, le principe clé de la *procognitivité*, que j'ai déjà commenté ; ensuite, le principe de l'*epochè* cognitive, c'est-à-dire l'acceptation d'une certaine « sous-compréhension » évolutive – d'un niveau de gris variable. Il y a en ces deux principes, je crois, quelque chose de la « vraie vie » de l'intellect. À cet égard, je me contenterai aujourd'hui de reproduire la conclusion de l'article de B. Cabane et R. Vuilleumier déjà cité :

Il peut sembler paradoxal qu'une civilisation qui comprend la physique de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, et qui est capable de prouesses technologiques considérables, n'arrive pas à décrire le liquide dans lequel tous les systèmes vivants fonctionnent. En fait, il s'agit d'un problème dur. Les verrous tiennent, pour une part, à une limitation des informations expérimentales. En effet, nous ne savons pas mesurer, dans un liquide, les fonctions de corrélation qui décrivent les arrangements de petits groupes de molécules (3 ou plus) : depuis un demi-siècle, nous sommes limités aux fonctions de corrélation de paires. Ils sont aussi dus à notre incapacité à simplifier correctement la description d'un liquide dans lequel les molécules forment des liaisons ayant un fort caractère orientationnel. Nous savons, bien sûr, décrire ces liaisons, et nous pouvons simuler numériquement les mouvements des molécules soumises à ces interactions et à l'agitation thermique : nous pouvons ainsi reproduire certaines propriétés du liquide (mais pas toutes à la fois !) Par contre, nous ne savons pas, actuellement,

construire une théorie de l'eau en utilisant les outils de la physique statistique.

Comme dans le cas évoqué par ces physiciens, les didacticiens se trouvent aujourd'hui – et sans doute pour longtemps – face à un problème *dur*. Pour espérer le résoudre un jour, il nous faut d'abord apprendre à vivre avec lui plutôt que de le nier par un illusionnisme pédagogique opportuniste mais scientifiquement inopportun.

OU SONT LES MATHÉMATIQUES ?

1. « Cachez ces connaissances... »

a) Lors de la séance précédente, j'ai rappelé les études et recherches envisagées en matière d'économie et d'écologie didactiques « des connaissances mathématiques et scientifiques dans les études scolaires et universitaires en sciences humaines et sociales et en particulier en sciences de l'éducation ». J'en rappelle ici la liste :

ER₁. Les théories des mathématiques.

ER₂. Les praxéologies d'évitement et d'oubli des mathématiques.

ER₃. Les praxéologies de diffusion des mathématiques.

ER₄. L'offre praxéologique en mathématiques à l'adresse des étudiants en sciences humaines et sociales (*behavioral and social sciences*).

ER₅. La demande praxéologique en mathématiques des étudiants en sciences humaines et sociales (*behavioral and social sciences*).

ER₆. Les besoins praxéologiques en mathématiques des étudiants en sciences humaines et sociales (*behavioral and social sciences*).

b) J'ai parlé l'an dernier d'ER₁ – « les théories des mathématiques » – en montrant combien les déclarations sur les mathématiques portent en elles d'éléments théoriques (au sens de la TAD). Nous avons rencontré la dernière fois, incidemment, un tel élément dans un forum de discussion de physique dans lequel le demandeur aspirait à connaître “a DETAILED MATHEMATICAL explanation” du fait que, si $z \propto x$ et $z \propto y$, alors $z \propto xy$. Devant l'échec de ses efforts pour arriver à une telle démonstration mathématique, le demandeur laissait alors échapper une conjecture très suggestive (c'est moi qui souligne) :

I've been thinking about this and somehow it managed to clear things up a lot haha. Thank you.

But now there's something bothering me about this description; if you hold one variable constant, how can you say that that same variable is the constant of proportionality?

Looking at this now, *this seems more of a general science question than it is a math question...*

Bien entendu, il faut ici se risquer à interpréter le propos tenu : quand une situation est bloquée au plan *mathématique*, semble-t-on nous glisser, elle ne l'est peut-être pas du point de vue des *sciences* – du point de vue de la physique, en l'espèce. Les mathématiques seraient donc vues comme plus interdictrices que les (autres) sciences. Il y aurait, dans les sciences, une certaine « laxité » qui leur autoriserait un relatif laxisme, interdit aux mathématiques. C'est peut-être là – dans cet énoncé théorique à propos des mathématiques au sein de l'univers des sciences – qu'on doit voir une source du rapport différent aux mathématiques de nombre de personnes. Alors que, par exemple, des considérations grammaticales élémentaires (« Quand "étant donné" vient avant, il ne s'accorde pas avec ce qui est "donné" ; par exemple on décrit "Étant donné deux droites..." ») glissées dans une situation « ordinaire » de la vie *rebutent et ennui*ent, des considérations *mathématiques* élémentaires (« L'aire du cercle est proportionnelle au carré du rayon ; donc si tu prends une fois et demie le rayon, l'aire fait plus que doubler, car $1,5^2 = 2,25$ »), dans le même contexte, *agressent et effraient*.

c) En dépit de l'observation précédente, dans l'étude de l'économie et de l'écologie des praxéologies (tenues pour) mathématiques (ou, plus généralement, à teneur mathématique non nulle), il faut se garder de prendre comme une vérité établie qu'il y aurait un régime social et culturel spécial aux mathématiques. L'enseignement de didactique que j'ai donné depuis quelques années aux étudiants de sciences de l'éducation m'a convaincu que, dans l'ombre portée du *refoulement du didactique* – qui, dans l'activité des systèmes didactiques $S(X; Y; \heartsuit)$, concerne tant l'enjeu didactique $\heartsuit$ que les gestes didactiques accomplis par Y et par X –, il y a un refoulement *de ce qui a été un jour enjeu didactique et n'a depuis jamais pris d'autre statut* – celui par exemple d'outil de connaissance et d'action. En pratique, il n'est peut-être qu'un peu plus difficile aux étudiants concernés d'assumer que le « cours de didactique » que j'enseigne contienne ça et là des « morceaux » de mathématiques que des « morceaux » de grammaire ou de chimie – et cela même si les mathématiques mises en jeu leur sont parfois plus familières que la grammaire ou la chimie requises – plus familières, mais plus rebutantes quand même !

2. Dérobades et évitements

a) Les besoins *supposés* de connaissances dans un domaine d'activité donné se traduisent – non sans trahisons – dans l'offre praxéologique existante. Mais le cri du cœur *Cachez ces connaissances !* conduit, lui, à faire diminuer cette offre, parfois jusqu'à presque rien. C'est là-dessus que je m'arrêterai un instant, en me référant à ce champ praxéologique qu'est la *statistique*, qui est typiquement, en principe « à teneur mathématique on nulle ». Je partirai d'un document en ligne intitulé simplement *Introduction to medical statistics* (<http://indigo.gcrc.sunysb.edu/ppt/johnchen.pdf>), qui offre ces remarques :

Statistics in Medical Training

- “Statistics is above all the subject most disliked by (medical) students.” [From “Making Doctors: An Institutional Apprenticeship” by Simon Sinchair, 1997 (Berg Publishers)].
- “Medical students may not like statistics, but as doctors they will.” [Martin Bland, Letter to the Editor, 1998. BMJ; 316:1674].
- “Medical students may not like statistics, but as *good* doctors they will *have to understand statistics*.” [John Chen, 2004, Advice to GCRC & Surgery Fellows and Residents].

Si l'on accepte un instant ces trois apophtegmes, on voit d'abord que les étudiants en médecine, qui ont à *apprendre* la statistique, ne l'aiment guère. Mais on voit surtout que, plus on pénètre à l'intérieur du domaine de l'activité médicale (en devenant *doctor*, puis *good doctor*), là où la statistique est moins à *apprendre* qu'à *utiliser*, et plus les sentiments à son endroit perdent leur coloration négative. Tout se passe – et il semble que ce soit là une loi générale – comme si l'effroi devant la statistique ne cédait qu'à l'intérieur de domaines d'activité relativement clos où elle devient même, alors, l'un des emblèmes de l'appartenance au domaine. Ainsi irait l'écologie des connaissances statistiques : inévitables, et que l'on est condamné à « aimer », à l'intérieur de certains cénacles ; mais partout ailleurs, fuies, et auxquelles en tout cas on cherche d'abord à se dérober.

b) Approfondir l'analyse relèverait de l'ER₅ (« La demande praxéologique [...] des étudiants en sciences humaines et sociales ») si l'on regarde les dérobades des *personnes* devant la statistique. Cela relève aussi de l'ER₂, « les praxéologies d'évitement et d'oubli des mathématiques », car évitement et oubli sont affaire de personnes mais aussi d'institutions. Je m'arrêterai ici un instant sur la question de l'*offre* proposée par les ouvrages destinés à des étudiants de SHS. À cet égard, il faut distinguer les exposés qui prétendent porter sur telle ou telle partie du champ de la statistique et ceux qui

déclarent s'occuper de *méthodologie*. Dans le premier cas, il semble difficile, mais il n'est pas totalement impossible, d'éviter des rudiments de mathématiques, des formules, des notations symboliques, etc.

- C'est ainsi que, dans son ouvrage *Seeing through statistics* (2^e éd., 1999 ; 3^e éd. 2005), Jessica M. Utts use de la très ancienne distinction entre « formulation en mots » – sous la forme de *règles* – et usage de symboles – pour écrire des *formules*. Prenons le cas de l'écart type d'une série statistique univariée ; l'auteure propose la règle de calcul de l'écart type sous la forme suivante :

Computing the Standard Deviation

Here are the steps necessary to compute the standard deviation:

1. Find the mean.
2. Find the deviation of each value from the mean = value – mean.
3. Square the deviations.
4. Sum the squared deviations.
5. Divide the sum by #Values (the number of values) – 1, resulting in the variance.
6. Take the square root of the variance. The result is the standard deviation.

Let's try this for the set of values 90, 90, 100, 110, 110.

1. The mean is 100.
2. The deviations are –10, –10, 0, 10, 10.
3. The squared deviations are 100, 100, 0, 100, 100.
4. The sum of the squared deviations is 400.
5. The #Values – 1 = 5 – 1 = 4, so the variance is 400/4 = 100.
6. The standard deviation is the square root of 100, or 10.

Although it may seem more logical in step 5 to divide by the number of values, rather than by the number of values minus 1, there is a technical reason for subtracting 1. The reason is beyond the level of this discussion but concerns statistical bias, as discussed in Chapter 3. (2^e éd., p. 121)

On notera que la remarque sur l'écart type corrigé semble faire référence à un plus haut savoir, présent *in absentia*, si l'on peut dire, et que symbolise la notion de *biais* – en fait d'*estimateur* « *sans biais* ».

- L'auteure citée introduit aussi, en certains chapitres, une section intitulée *For those who like formulas*. La chose fait apparaître une fois encore les mathématiques comme quelque chose qu'on aime ou qu'on aime moins ; mais quelque chose dont, à l'évidence, on n'aurait pas fondamentalement besoin, même s'il est loisible à qui aime ça de s'en régaler. Voici donc la

section *For those who like formulas* qui traite – entre autres choses – de l'écart type (3^e éd, pp. 140-141) :

For Those Who Like Formulas

The Data

n = number of observations

x_i = the i th observation, $i = 1, 2, \dots, n$

The Mean

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

The Variance

$$s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

The Computational Formula for the Variance (easier to compute directly with a calculator)

$$s^2 = \frac{1}{(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n} \right)$$

The Standard Deviation

Use either formula to find s^2 , then take the square root to get the standard deviation s .

Tout cela, donc, est réservé par la rhétorique de l'auteure à une mince fraction de son lectorat. L'opposition entre *règle* pour gens ordinaires et *formule* pour les « savants » est très ancienne : on voit ici qu'elle reprend du service.

c) Trop souvent, les ouvrages qui ne sont pas de statistique pour les SHS, mais, disons, de « méthodologie », ne contiennent aucun symbole mathématique, aucune formule, sans parler bien sûr de la *production mathématique* de telle ou telle formule ! Le passage de la « statistique » à la « méthodologie » est une question que j'aurai à approfondir. Elle apparaît en germe dans cette définition que propose un texte déjà cité consacré à la statistique médicale :

Definition of Statistics

The theory and methodology for study design and for describing, analyzing, and interpreting data generated from such studies.

Je prendrai pour exemple illustratif l'ouvrage signé de Françoise Parot et de Marc Richelle, intitulé *Introduction à la psychologie* (PUF, 1992). La deuxième partie, *Méthodes*, est signée de Marc Richelle. Elle comporte un chapitre intitulé « Mesure et mathématisation » dont voici le plan :

XIII – Mesure et mathématisation

Fascination des chiffres

Les niveaux de mesure

Échelle nominale

Échelle ordinale

Échelle à intervalles et échelle proportionnelle

Échelles de mesure et outils statistiques correspondants

Éléments de statistique intuitive

Neutraliser les variables parasites

Statistique descriptive

Statistique inférentielle

Contrôle et plans d'expérience

Contrôle intrasujet et groupe de contrôle

Plans d'expérience

Méthodes transversale et longitudinale

Interaction entre variables

Plans factoriels ; Effets d'ordre.

Plans quasi expérimentaux

L'approche corrélationnelle

Liaisons, régulières

Corrélation et causalité

Analyse factorielle

Cette partie de l'ouvrage couvre quelque 25 pages ; son examen montre qu'elle ne contient *aucun* symbole mathématique ni aucune formule. De tels exemples seraient faciles à multiplier. Dans les ouvrages de « méthodologie », ainsi, les mathématiques disparaissent. Ces ouvrages sont le « triangle des Bermudes » des mathématiques pour les sciences humaines et sociales.

3. Que faire ?

a) Cette question – *Que faire ?* – renvoie ici, pour le chercheur à l'étude des systèmes de conditions de tous niveaux qui feraient que chacun, en une société donnée, puisse envisager spontanément d'utiliser des mathématiques quand il le faut, quand il en a besoin, en les apprenant si besoin est, et non parce qu'il les aime, à la façon dont on utilise un plan de ville pour trouver une rue. En d'autres termes, on cherche à savoir quelles pourraient être les conditions de production et de reproduction d'une société dans laquelle le

rapport culturel aux mathématiques les ferait apparaître comme à *utiliser* avant de les exhiber comme à *apprendre*.

b) Nous sommes aujourd'hui bien éloignés d'une telle situation. La disparition culturelle des mathématiques dans la plupart des institutions est assez bien illustrée, je crois, par ce dessin humoristique que j'emprunte à la *Petite philosophie des mathématiques vagabondes* de Luc de Brabandere et Christophe Ridess (Eyrolles, 2011) :



Ce dessin me semble porter en lui deux suggestions opposées – c'est cela qui m'intéresse surtout en lui. La première, c'est évidemment que les mathématiques pourraient devenir, pour l'immense majorité des gens, un vestige oublié, redécouvert (ici) comme source d'art graphique qui permet encore à quelques *pavement artists* un brin vintage de gagner leur maigre pitance. La seconde est selon moi – mais cela va sans doute au-delà de ce qu'a voulu exprimer l'auteur du dessin – que les mathématiques pourraient rentrer dans la culture si, au lieu de fuir follement toute formule, tout calcul, nous les approchions « procognitivement », comme des *œuvres* – des œuvres « d'art » en un sens à préciser – *encore à connaître, à étudier, à comprendre*.

That's all, folks!