

Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique

Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies n°7, 2013, p. 137-166.

Jean-Yves Cariou

Université des Antilles et de la Guyane, IUFM de Guadeloupe, CRREF (EA 4538)

Des éducateurs proposent, depuis longtemps déjà, la mise en œuvre dans l'enseignement d'approches qui répondent à ce que l'on nomme aujourd'hui "démarche d'investigation", qui visent à permettre aux élèves de résoudre des problèmes en prenant appui sur leurs propres forces intellectuelles. Les instructions officielles comportent, en France, des exhortations à ce type de démarche depuis plus de cinquante ans, et le fait qu'elles paraissent actuellement à nouveau nécessaires est un signe de leur échec. Mais ces instructions sont-elles claires et cohérentes ? C'est loin d'être toujours le cas et les ressources mises à la disposition des enseignants, l'image du métier véhiculé par les concours de recrutement et par leur environnement professionnel général ne les placent pas dans les conditions les plus favorables pour une telle mise en œuvre.

Pour tenter de surmonter ces obstacles, un cadre théorique centré sur des critères d'authenticité des démarches d'investigation et des exemples de séquences pratiques élaborées en conformité avec ses principes, en même temps qu'une plus large diffusion des travaux des didacticiens en direction des praticiens, paraissent nécessaires.

Mots-clés : investigation, programmes, ressources, hypothético-déductif.

Keywords: investigations, programs, resources, hypothetico-deductive.

Faire mener aux élèves une investigation est une prescription aujourd'hui très présente dans les textes officiels, et le terme se rencontre dans de nombreux documents destinés aux enseignants. Ceux-ci, en les consultant, peuvent cependant demeurer perplexes, confrontés à certaines ambiguïtés ou relevant de déroutantes contradictions.

Les chercheurs en didactique ont leur propre regard sur ces consignes et les exemples parfois fournis pour les illustrer, qui peuvent aller dans le sens de l'introduction dans les classes de ce qu'ils sont nombreux à préconiser depuis des décennies. Mais c'est le point de vue du chercheur qui tente d'appréhender ces textes et documents officiels à partir de la position de l'enseignant que je propose de présenter ici, afin de rendre plus apparent l'embarras susceptible d'en résulter, tout proposant des solutions pour le surmonter.

Écoutons, pour commencer, les échanges animés d'une salle des professeurs, dont le lecteur se rendra peut-être compte que certains ne lui sont pas si étrangers.

Autour du café, les propos vont bon train :

A- Ah, je suis content de ma séance, j'ai placé mes élèves dans un bel embarras ! Ils croyaient connaître la solution de mon petit problème, mais ils l'ont découverte en se trompant, en cherchant : je n'ai fait que les interroger sans rien leur enseigner !

B- Tu as bien raison, c'est ce qu'il faut faire : on n'a que trop criailé à leurs oreilles, comme si c'étaient des entonnoirs à remplir... Maintenant, je les laisse aller seuls de l'avant !

C- Eh, on s'approprie beaucoup mieux une connaissance lorsqu'on l'invente soi-même !

D- Sauf qu'on a du mal à se mettre à leur place, on n'entre pas dans leurs idées ! Pourtant s'ils ne se trompent jamais, ils n'apprennent pas si bien. Mettons les questions à leur portée, et laissons-les les résoudre. Si on les habitue à se laisser conduire, on n'en fera que des machines

entre les mains des autres ! La semaine prochaine, je les perds en forêt au nord du collège : à eux de trouver un moyen d'y revenir !

E- Personnellement, je leur fais suivre un schéma en cinq étapes : un problème à résoudre, ils l'analysent, suggèrent des hypothèses, en tirent des conséquences, que des observations ou des expériences supplémentaires permettent d'adopter ou de rejeter. Et chercher à multiplier les hypothèses alternatives est un élément important !

F- Cerner un problème, former des hypothèses et les contrôler : voilà les trois opérations capitales de l'intelligence !

G- Il faut qu'ils cherchent comment prouver ou infirmer les hypothèses qu'ils auront pu faire par eux-mêmes. Une expérience qu'on ne fait pas soi-même avec toute liberté d'initiative n'est, par définition, plus une expérience, mais un simple dressage sans valeur formatrice !

H- On avance pas à pas... Des hypothèses déterminent la conception d'expériences qui entraînent souvent de nouvelles réflexions, des hypothèses nouvelles, peut-être des conclusions mais qui ne sont pas définitives ! De nouvelles découvertes peuvent entraîner encore de nouvelles hypothèses, des expériences nouvelles, et modifier les conclusions initiales.

I- La démarche pédagogique doit suivre des étapes ! Analyse des faits et de l'environnement dans lequel ils s'insèrent, apparition du problème, hypothèses, mise en œuvre des moyens expérimentaux permettant d'éprouver leur valeur, puis élaboration d'une conclusion.

S'agit-il d'un groupe de professeurs particulièrement révolutionnaires ? Sont-ce les propos d'enseignants persuadés de la valeur de la « démarche d'investigation » pour repenser l'enseignement scientifique, comme les y invitent les instructions officielles les plus récentes ? Non, il s'agit d'une salle des professeurs au paradis de différents penseurs de l'enseignement des sciences de différentes époques. Vous en aurez peut être identifié certains¹ : simplement adaptés à un dialogue en salle des professeurs, leurs propos reprennent à la lettre les écrits correspondants.

Pour peu que l'on accepte de reconnaître dans chacun des propos authentiques de ce dialogue fictif le même esprit que celui de la démarche d'investigation, cette introduction permet de montrer combien celle-ci, parfois considérée comme une apparition récente dans l'enseignement, ne l'est ni dans les préconisations d'auteurs majeurs, de Socrate à Piaget, ni dans des instructions officielles précises mais anciennes (1952, 1968).

Mais la réalité de ce qui se déroule en classe appartient au professeur. Si une démarche d'investigation y est mise en œuvre, c'est parce qu'il en aura décidé ainsi. Si cela faisait beau temps que les enseignants voulaient, savaient et pouvaient aisément mettre en œuvre des démarches d'investigation, on voit mal pourquoi les instructions actuelles les y inciteraient dans des termes presque identiques à celles de 1968 (Auteur, 2011).

Les références épistémologiques et didactiques qui servent d'assise théorique à la présente étude ont été détaillées dans des articles antérieurs de l'auteur parus dans la revue *RDST* (Auteur, 2010 et 2011), et certaines seront à nouveau convoquées, avec d'autres, lorsqu'elles permettront d'appuyer les analyses présentées. En France, Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009) ont étudié les difficultés à forger des situations d'investigation dans le cadre des contraintes scolaires et face à des obstacles bachelardiens à faire surmonter, Mathé (2010, p.

¹A- Socrate (Platon, *Ménon*, 84a-c) ; B- Montaigne (1580, I, 25) ; C- Descartes (1637, p. 120) ; D- Rousseau (1762, p. 215, 219, 229 et 233) ; E- Dewey (1909, p. 99 et 103) ; F- Claparède (1917) ; G- Piaget (1972, p. 24-25). Les deux derniers sont des professeurs lisant les instructions de leur époque : H- Instructions officielles du 31 octobre 1952 (citées par Astolfi *et al.*, 1978, p. 50). I- Circulaire du 17 octobre 1968 (BO n° 1, 12 janvier 1969).

198) relève que cette démarche entraîne de nombreuses incertitudes pour les enseignants et Venturini parle de « changement culturel profond » (2012).

C'est à considérer les choses en se mettant à la place du professeur du secondaire que je voudrais ici convier le lecteur : les instructions officielles sont ici, les ressources, à portée de main ou de clavier, les élèves, bientôt devant. Et l'inspecteur passera dans deux mois.

Je bénéficie, pour lancer cette invitation, de ma propre expérience de professeur de sciences en collège et en lycée pendant deux décennies, ce qui n'est pas un mince avantage : je devrais être vite devenu spécialiste de la mise en œuvre de démarches d'investigation, à la lumière des préceptes méthodologiques repris par les programmes successifs. Si je les eusse lus. Du fait également de la formation continue sur ces démarches. S'il y en eût. Par l'influence des travaux menés en didactique des sciences. Si je les eusse connus. J'ai tout de même entendu les inspecteurs qui passaient dans les établissements nous expliquer la différence entre un *problème* et une *problématique*. Cette distinction paraissait fondamentale : sans eux, nous ne l'eussions pas su. Mais aujourd'hui, le terme omniprésent est *démarche d'investigation* –que nous abrégons, dans la suite de cet article, par DI.

Reprenons le personnage de M. Durand, professeur de sciences qui, par une belle matinée de janvier, se frotte les mains avec la satisfaction du devoir accompli pour avoir respecté les principes-clés des méthodes actives préconisées, avant, à la réflexion, d'être saisi par le doute, tandis que son collègue M. Dupont, qui lui sait qu'on n'entreprend pas une expérience sans hypothèse préalable, est bien embarrassé pour placer "à tout prix" telle expérience qu'il estime digne d'intérêt : personnages introduits en... 1959, dans l'article où apparaît le terme *cryptodogmatisme* par lequel l'auteur (Hérial) qualifie le « culte de l'expérience comme une fin en soi » qui devrait mettre à l'abri de tout dogmatisme, et qui plus largement désigne « une démarche entièrement guidée en sous-main » (Astolfi *et al.*, 1998, p. 123).

Le professeur Durand d'aujourd'hui, tout aussi pétri de bonne volonté qu'il y a cinquante ans, cherche à bien cerner ce qu'est cette fameuse DI et à la mettre en œuvre correctement, sans pouvoir donner prise aux railleries toujours promptes de son collègue M. Dupont.

Il lui semble nécessaire, pour cela, d'analyser les instructions et textes officiels sur ce point, de voir quels exemples on lui propose et d'estimer quelle importance on accorde à cette approche dans son univers professionnel –Dupont exclu.

Notre étude porte sur le domaine des sciences expérimentales en France (SVT, *Sciences de la Vie et de la Terre* et SPC, *Sciences Physiques et Chimiques*), mais des ambiguïtés fâcheuses pour les enseignements émaillent également les *Standards* américains, ou encore les standards suisses du projet *HarmoS* (Auteur, 2012).

Le corpus des textes officiels et des préconisations auquel il sera fait référence est composé des documents qui sont aisément accessibles à l'enseignant : programmes scientifiques, documents d'accompagnement, outils pour l'évaluation des compétences du socle et rapports de l'inspection générale consultables en ligne.

Cette analyse se prolonge par la proposition, pour tenter de s'extraire des approximations et ambiguïtés relevées, d'un cadre théorique mettant en avant une série de *critères d'authenticité* destinés à assurer au mieux la conduite par les élèves d'une investigation à l'aide de leurs propres propositions, débats et initiatives.

1. Démarche d'investigation : que veut-on dire vraiment ?

M. Durand tout d'abord à la recherche d'une définition simple de la DI, consulte le dernier rapport de l'inspection générale de Physique-Chimie², et y lit : « La démarche d'investigation (...) inscrit l'élève dans une démarche scientifique hypothético-déductive. » Ah, se dit-il, c'est bien ce que je me disais !... Il repère même un chapitre intitulé : « La démarche d'investigation ou démarche hypothético-déductive ». Bon. C'est donc identique. Mais voilà que feuilletant une autre publication récente, il tombe sur ces propos d'un autre inspecteur général : « La démarche d'investigation ne se réduit pas à la démarche hypothético-déductive qui en est une des modalités possibles. »³ Ah... Pourvu que Dupont ne voie pas ça...

On comprend dès lors que le professeur de sciences soit quelque peu hésitant.

Pour savoir ce qu'est la DI, le professeur français Durand bénéficie heureusement d'une aide considérable : les instructions la définissent. Il peut donc scruter de plus près ces prolégomènes des programmes auxquels il n'accordait pas jusqu'ici grande importance, se ruant plus volontiers, à la sortie de chaque nouveau programme, sur les contenus à inculquer.

1.1. Instructions au collège

Dans le programme du collège, l'*Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques* indique les "7 moments essentiels" du "canevas d'une séquence d'investigation"⁴.

Si l'on saisit assez aisément les grandes lignes du schéma, certains points suscitent cependant des interrogations. "Situation-problème" et "problème" ne sont pas définis, or « comment expliquer » ou « comment faire » ne sont pas des problèmes de même nature, qui eux-mêmes diffèrent de questions du type « quel est », « que va-t-il se passer » ou « est-ce que oui ou non », et lorsqu'on attend des élèves qu'ils proposent des moyens ou des prédictions, peut-on parler d'hypothèses ou de conjectures ? Des distinctions paraîtraient utiles (Auteur, 2007, p. 47-55).

Entre problème et hypothèses apparaît une phase peu claire de "questionnement". Les conceptions des élèves sont évoquées, mais le but du travail sur celles-ci est un peu flou : favoriser l'appropriation du problème et "faire naître le questionnement". Il ne semble pas prévu qu'on leur confère le statut d'hypothèses, ni que soit débattue leur recevabilité.

Si l'élaboration d'expériences est déclarée éventuelle avant la phase de "l'investigation", lors de celle-ci, phase qui porte le même nom que l'ensemble de la DI, a lieu la "réalisation de l'expérience" : on peut relever à la fois ce passage qui semble obligé, le singulier et l'article défini.

Il paraît étrange que des temps qui se situent hors de la démarche des élèves constituent des *étapes* de la DI : en amont, le travail préparatoire du professeur ou, au-delà de son terme si elle vise bien la résolution du problème initial, les phases d'acquisition, structuration, opérationnalisation ou mobilisation des connaissances. L'"analyse critique des expériences faites", qui y figure, paraît étonnamment tardive.

Dans son ensemble, la procédure préconisée ressemble beaucoup au schéma en 5 étapes de Dewey (*alias* professeur E), pour qui c'étaient quand même « des observations ou des

² IGEN, Rapport n° 2011-111, *Activités expérimentales en Physique-Chimie : enjeux de formation*. Octobre 2011, MENJVA, p. 54.

³ D. Rojat, cité in P. Léna, B. Salviat, T. Elsass, B. Dey et A. Pedregosa (2011). *Un enseignement intégré de science et technologie au collège (6e et 5e)*. Académie des Sciences, p. 63.

<http://science-techno-college.net/?page=317> <Consulté le 14 septembre 2012>

⁴ B.O. Hors-Série N°5, 25 août 2005.

expériences supplémentaires » qui permettent d’adopter ou de rejeter les hypothèses : passage non obligé par l’expérience, pluriel et articles indéfinis.

1.2. Instructions au lycée

1.2.1. En SVT

Les programmes de lycée de SVT⁵ fournissent également un descriptif, en 8 étapes :

Il est d'usage de décrire une **démarche d'investigation** comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :

- une situation motivante suscitant la curiosité ;
- la formulation d'une problématique précise ;
- l'énoncé d'hypothèses explicatives ;
- la conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses ;
- la mise en œuvre du projet ainsi élaboré ;
- la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses ;
- l'élaboration d'un savoir mémorisable ;
- l'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir.

Par commodité, nommons ce schéma, le dernier paru dans les instructions, la *trame de référence*. Y apparaît une “problématique” –sans, non plus, de définition, mais qui doit être précise. Dans l’avant-dernière étape, le savoir ne serait pas “mémorisable” qu’il y aurait eu tout de même investigation, et, la dernière (conséquences pratiques), de nouveau, se situe bien au-delà de l’investigation en elle-même.

En excluant cette dernière étape on peut, si on le souhaite et tout en se souvenant des retours en arrière possibles tout au long de la trame, la résumer par la formule SPHÉRIC : situation motivante, problème, hypothèses, épreuves, résultats, interprétations, conclusions.

Le plan général de cette trame paraît clair, et M. Durand croit bien reconnaître là l’ossature d’une démarche hypothético-déductive toujours conforme au schéma de Dewey -même s’il n’y est pas évoqué de déduction.

Les professeurs de SVT en lycée sont, aussitôt après cette présentation de la DI, invités à se pencher sur sa mise en œuvre effective, puisqu’on leur indique : « L’approche historique d’une question scientifique peut être une manière originale de construire une démarche d’investigation ». Mais il s’agit de *construire* une DI et non d’en *suivre* le déroulement historique en repérant les caractéristiques de cette démarche, la manière de concilier cette histoire et ses régressions avec la *trame de référence*, où les élèves doivent énoncer, concevoir, etc., est laissée à la sagacité du professeur -pour, de plus, aboutir à une “démonstration scientifique”. À moins que suivre le déroulement d’une DI suffise à “construire” une telle démarche, avec le risque qu’alors, en plus de suivre le cheminement des savants de l’histoire, les élèves n’aient qu’à suivre le cheminement du savant de la classe, le professeur.

Ces programmes de lycée énoncent un peu plus loin :

« Capacités et attitudes développées tout au long du programme :

Pratiquer une démarche scientifique (observer, questionner, formuler une hypothèse, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser). »

⁵ Pour la seconde, la première Scientifique et la terminale Scientifique : BO spéciaux des 29/04/10, 30/09/10 et 13/10/11.

Il ne s'agit plus de DI mais de démarche scientifique, sans qu'il soit précisé s'il s'agit de la même chose. Quoi qu'il en soit, dans ce schéma, l'observation paraît première et l'expérimentation, incontournable.

1.2.2. En SPC

Dans le « préambule du cycle terminal » de la série scientifique en SPC⁶, une grande insistance est portée sur la démarche scientifique : « Le questionnement premier n'est donc pas : « S'ils veulent poursuivre des études scientifiques, qu'est-ce que les bacheliers S doivent savoir ? », mais plutôt : « Ont-ils acquis les compétences de base de la démarche scientifique ? »

L'élève doit pouvoir « identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux » et la DI « s'inscrit dans cette logique pédagogique » : on identifie des éléments de la *trame de référence*, et les deux procédures paraissent à première vue identiques.

Une phrase ultérieure introduit cependant une distinction : la démarche scientifique « ne se réduit pas à une progression séquentielle : observation - modélisation - vérification (ou réfutation), illustrée par la démarche d'investigation, qui est d'essence pédagogique. »

La DI est ici réduite à une triade, qui plus est séquentielle, là où le canevas de collège insistait sur son caractère non linéaire. Le décalage avec ce canevas peut perturber le professeur : l'observation apparaît mais pas le problème, la modélisation mais pas d'hypothèse, et “modélisation” n'est pas défini.

D'autres ambiguïtés que nous ne pouvons développer ici sont présentes dans ces programmes, ainsi l'élève devrait mettre en œuvre un *raisonnement* pour formuler des hypothèses, et c'est l'activité expérimentale qui « conduit l'élève à analyser la situation-problème », à rebours semble-t-il.

On voit au total que, malgré plusieurs zones un peu floues et un manque de définition des termes, une image relativement cohérente de ce qu'est, pour le prescripteur, la DI se dégage des programmes de SVT et de SPC du secondaire, et sans doute est-ce la *trame de référence* de 2011 pour les SVT qui le résume le mieux. On retient la quasi-identité de la DI avec une démarche scientifique hypothético-déductive, et même, en SPC, avec une démarche expérimentale.

Cela ne signifie bien entendu pas qu'en dehors d'un tel schéma, il n'y ait point de DI qui soit : l'image est celle que souhaite en donner l'État français aux professeurs à qui elle demande sa mise en œuvre avec les élèves. Malheureusement cette cohérence, dont on peut regretter le caractère relatif dans les textes officiels d'un État qui affiche par ailleurs ses ambitions en matière de formation scientifique des élèves, ne perdure pas longtemps lorsque M. Durand, en quête de davantage de précisions, explore d'autres textes, pourtant autorisés.

2. Cohérence des discours ?

2.1. Quand les programmes parlent aux programmes

Les propos liminaires des programmes peuvent être confrontés aux pages qui, leur faisant suite, détaillent les contenus.

⁶ Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010.

Ainsi, dans le préambule du cycle terminal de SPC mentionné ci-dessus, le paragraphe « L'approche expérimentale », stipule précisément que les activités expérimentales permettent à l'élève de se prononcer sur les « hypothèses faites ». Le programme de terminale, série technologique⁷ précise même : « Dans la démarche scientifique [...], l'expérience, qui joue un rôle capital, acquiert ainsi un statut qui la distingue fondamentalement de celui d'un protocole fourni à un exécutant qui doit le respecter sans percevoir l'objectif et les finalités de ses actions. »

Or lorsqu'on passe de ces avant-propos aux détails des programmes, il y a de quoi s'interroger. La notion de démarche expérimentale y paraît en effet particulière : de nombreuses « compétences attendues » sont exprimées sous la forme « Pratiquer une démarche expérimentale pour (...) » ou « permettant de (...) », ainsi « Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'*illustrer* et comprendre les notions de couleurs des objets. » Pratiquerait-on des démarches expérimentales pour illustrer des choses ? On recommande aussi de pratiquer une démarche expérimentale, non pas pour résoudre un problème scientifique, mais pour *déterminer, mesurer, cartographier, mettre en évidence, exprimer, réaliser, extraire, oxyder...*

Dans cette avalanche de démarches expérimentales, on se demande bien quels vont être les hypothèses avancées par les élèves : il ne s'agit, en réalité, que de leur faire faire des manipulations, et Chevreul estimait déjà en 1850 : « Pour peu qu'on fasse des expériences sur quoi que ce soit, on est censé, auprès de beaucoup de gens, pratiquer la Méthode expérimentale, mais c'est une grave erreur à notre sens. »⁸

2.2. Un socle solide ?

Quelle clarification apporte le « socle commun de connaissances et de compétences » (2006) ? Il indique :

« L'élève doit être capable de pratiquer une démarche scientifique :
- savoir observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider (...) ».

On remarque qu'il n'est fait mention, dans une démarche scientifique, que d'une seule hypothèse, qui est la « bonne » puisqu'elle va tout simplement être *validée*, et non pas *testée*. Cette manière d'envisager l'usage de l'hypothèse est en recul important par rapport à de nombreux textes officiels antérieurs, elle est, surtout, non conforme à toute une série d'études historiques et épistémologiques.

Pédagogiquement, Dewey était en avance en 1909 quand il proposait de « multiplier les suggestions alternatives », de « peser les diverses hypothèses » et d'entreprendre des investigations pour « corroborer ou réfuter » les suggestions spontanées (1909, p. 24, 103 et 275).

Dans la logique du « socle » français, il suffit d'ailleurs que l'hypothèse soit acceptée par le professeur pour savoir qu'elle ne peut qu'être valide, puisque tel est son seul devenir possible : les élèves, le constatant au fil des répétitions de cette procédure, le comprendront vite. Et en procédant par induction !

⁷ B.O. spécial n°8 du 13 octobre 2011.

⁸ Eugène Chevreul, *Journal des Savants*, février 1850.

Didactiquement, le “socle” constitue bien là le support de la *validation opératoire* dont parlent Johsua et Dupin (1993, p. 217-219) : « La loi, non questionnée dans de véritables expériences tests (...) sera, au mieux, vérifiée. »

Cette vision baroque est appelée à s’imposer, puisque les programmes détaillés répètent à différents niveaux et pour différents sujets la maxime “formuler une hypothèse et la valider”, et, du coup, la martèlent en un leitmotiv.

Le programme de SVT, lui, *sépare* les parties de cette démarche, mais lui conserve tout de même son nom !

« - Pratiquer une démarche scientifique : observer, questionner, afin de distinguer un caractère (...). »

« - Pratiquer une démarche scientifique : observer, questionner, afin de localiser (...). »

Ces activités qui ne comportent qu’observations et questions sont tout de même nommées “démarche scientifique”. D’autres formulations n’ont pas ces travers, mais comment progresser avec discernement dans ce mélange ?

Ces divergences ne peuvent qu’accroître l’écart entre la *trame de référence* et les pratiques effectives en classe, dans lesquelles, simplement parce que l’élève observe ou questionne, il sera réputé “pratiquant une démarche scientifique”.

3. Quand les exemples suivent les discours... mais sans les suivre

3.1. Remontée aux sources

Dans l’enseignement, le terme “démarche d’investigation”, repris de Martinand, provient de l’opération *La main à la pâte* lancée en 1996, qui a le mérite d’avoir retenu l’attention des responsables de l’éducation, et est à l’origine de la présence de ce terme dans les instructions. L’ouvrage de 1996⁹ permet un rapprochement édifiant :

« L’une des spécificités du programme que nous appelons “la main à la pâte” tient au fait que le maître n’oriente pas les hypothèses mais laisse les enfants concevoir eux-mêmes leurs expériences en fonction de ce qu’ils pensent trouver. » (p. 31).

Ce texte fort est immédiatement suivi d’un exemple d’activité :

« Comment une éruption volcanique se produit-elle ? Trois cuillerées de confiture de fraise ou de groseilles au fond d’une casserole, une épaisse couche de purée par-dessus, une ébullition contrôlée et voilà l’éruption ! En mettant le tout au congélateur, en coupant la purée le lendemain, on obtient une image de la structure interne d’un volcan. » (p. 31).

Comment cet exemple peut-il bien illustrer la “spécificité” qui vient d’être énoncée ? N’est-ce pas le maître qui introduit l’idée de recourir à la confiture et à la purée, ainsi d’ailleurs qu’au congélateur : où sont les enfants censés “concevoir eux-mêmes leurs expériences”, *en fonction de ce qu’ils pensent trouver* ? On voit également mal ce qu’ils penseraient “trouver”, et quelles hypothèses que le maître “n’oriente pas” ont pu être émises. Les élèves exécutent et c’est tout, et effectivement ils auront une image de la structure interne d’un volcan, mais fautive, avec l’édifice reposant sur un soubassement de magma.

On rencontre donc dans cette opération à la fois l’affichage de principes forts, mais aussi des exemples concrets qui montrent que trop souvent c’est *l’activité pratique qui prime*.

3.2. Dans le recrutement des enseignants

⁹ *La main à la pâte*, présenté par Georges Charpak, Flammarion, 1996, p. 80.

Le rapport du jury d'un concours de recrutement d'enseignants (CAPES de SVT, 2008)¹⁰ est également édifiant.

Le jury recommande, à l'oral pédagogique qui porte sur l'élaboration d'une séquence, de poser un problème initial, et indique que sa résolution « suppose une investigation. Pour cela, il ne faut pas hésiter quand cela est possible à mettre en œuvre une démarche scientifique. » Étudiants et formateurs doivent se concentrer sur « une véritable démarche » et sur « les étapes du raisonnement scientifique ».

Dans le même rapport, un exemple de traitement d'un sujet de l'oral pédagogique est fourni :

Problème scientifique : comment expliquer la présence de roches magmatiques des zones de subduction alors que les conditions P-T du manteau ne permettent pas d'expliquer la fusion partielle des péridotites ?

Les étapes résolutive

1. Étude des roches magmatiques des zones de subduction

Étude des compositions minéralogique et chimique des roches magmatiques des zones de subduction.

On le voit, l'énoncé du problème n'est en rien suivi par l'émission d'hypothèses explicatives, en dépit des recommandations méthodologiques générales. En classe, sur ce problème, les élèves proposent pourtant sans mal des hypothèses pertinentes.

Le rapport poursuit en indiquant que l'étude de la composition chimique de ces roches « révèle » une particularité (leur richesse en eau), -qui pour celui qui ne connaît pas la solution, ne se distingue pourtant guère de nombreuses autres. Même si un élève soupçonnait que cela explique ce qui posait problème, il serait logique, à ce stade et de vouloir éprouver cette idée. Mais non : l'observation de la composition *suffit* à faire admettre cette particularité comme probante, et le rapport enchaîne aussitôt sur :

« 2. La recherche de l'origine de l'eau des roches magmatiques des zones de subduction ».

Ce qui est une toute autre question... mais correspond au programme à couvrir.

L'ensemble reflète une bien étrange épistémologie, et cet exemple est loin d'être isolé dans les rapports de jury successifs. On se précipite du problème aux mesures, au concret, sans réflexion préalable sur les solutions possibles, ce qui nous rappelle cette analyse de Bachelard dans *La formation de l'esprit scientifique* : « Voyons l'esprit préscolaire se précipiter au réel », ainsi que cette mise en garde : « Il faut réfléchir pour mesurer et non pas mesurer pour réfléchir » (1938, p. 254).

Quel enseignement peut en tirer M. Durand sur la manière adéquate de mettre en œuvre une DI avec ses élèves ? De tels écarts entre les discours et les exemples destinés à les illustrer ne peuvent que rendre les choses bien opaques.

4. Des ressources pour se ressourcer en termes d'investigation ?

4.1. Documents d'accompagnement

¹⁰ <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/capes/documents/pdf_2008/D_Oral_dossier.pdf>, consulté le 12 septembre 2012.

Les documents accompagnant les programmes ou *Ressources pour la classe* fournissent des exemples de démarches d'investigation, dont on peut penser qu'elles respectent le canevas général.

4.1.1. En SVT

En octobre 2006, une innovation a eu lieu dans un projet de document d'accompagnement : pour la première fois y furent donnés des exemples concrets de DI, avec les propositions attendues des élèves¹¹. Certains d'entre eux, présentant des hypothèses classiques (certaines étant fausses, mais logiques) et des propositions de tests, sont en bonne correspondance avec les principes affichés, mais d'autres s'en éloignent notablement.

Ainsi dans le premier exemple, qui porte sur la respiration des animaux : les élèves doivent commencer par les observer dans leurs milieux de vie, afin (*c'est moi qui souligne*) « de *décrire* leurs comportements respiratoires et de *découvrir* les organes qui permettent les échanges respiratoires » : un poisson “reste toujours dans l'eau”, une grenouille “revient régulièrement à la surface”, un criquet “présente des mouvements rythmiques de l'abdomen”...

« Le recueil de *faits de départ* se poursuit par la réalisation de dissections *pour observer* les organes respiratoires ».

Apparaissent alors branchies, trachées “qui conduisent l'air de l'extérieur vers les cellules” et poumons, “dont les parois très richement irriguées permettent le passage de l'air du poumon dans le sang” : « Ces nouvelles *observations* permettent donc de *constater* un lien entre milieux de vie et organes respiratoires. »

Ici, il n'est plus du tout tenu compte des *idées* des élèves, de leurs conceptions, ce qui est pourtant par ailleurs préconisé. Or, certains attribuent volontiers des poumons aux poissons tout comme au criquet, qu'ils ont pu voir parler ou souffler en dessin animé, chapeau sur la tête. Ils risquent d'ailleurs de voir certains poissons facétieux venir en surface et y ouvrir la bouche, tandis qu'ils seront très forts si par la *simple observation* d'un criquet, ils détectent les orifices de ses trachées, et n'ont aucune chance de découvrir la respiration essentiellement cutanée de la grenouille. Le passage de ces observations à d'autres, anatomiques, se fait sans qu'aucune idée venant des élèves ne soit attendue ni considérée. Quant à voir par dissection que les trachées mènent aux cellules...

Ce genre d'exemple illustre le glissement entre une DI préconisée théoriquement et l'approche empiriste réelle. L'étude n'est pas problématisée, et les élèves sont centrés sur les observations et les manipulations demandées.

Malgré les écarts relevés, la mention explicite dans d'autres exemples d'hypothèses multiples attendues en classe et de l'engagement sur les pistes d'hypothèses fausses est à remarquer. Mais ces exemples ne figurent tout simplement plus dans les documents finaux de 2008.

En 2010, le document *Ressources pour la classe de seconde en SVT*¹² ne parle pas d'investigation mais affirme : « il est nécessaire de mettre en œuvre les méthodes propres aux sciences, tout particulièrement la démarche expérimentale ». Dans la « liste d'activités possibles », il n'évoque cependant les hypothèses que dans ces deux cas (*c'est moi qui mets en gras*) :

¹¹ *Projet de document d'accompagnement*, SVT, classe de 5e et classe de 4e, MEN, Octobre 2006.

¹² *Ressources pour la classe de seconde générale et technologique*, SVT, MEN/DGESCO, 2010, p.6.

Observations - Protocoles expérimentaux

Relation entre roche mère et fraction minérale du sol (1) : **à partir** d'une étude locale puis d'observations, **comparer** la nature de la fraction détritique minérale (par exemple, grains de quartz) d'un sol avec la composition minéralogique de la roche mère (grès, granite, calcaire...). **En déduire des hypothèses** sur la formation d'un sol.

Protocoles expérimentaux

Relation entre roche mère et fraction minérale du sol (2) : **à partir** d'une étude locale, identifier les principaux ions présents dans un sol. **Confronter** les résultats à l'étude de la composition minéralogique de la roche mère. **En déduire des hypothèses** sur les réactions d'altération de la roche mère (hydrolyses).

On voit comment le professeur est invité à procéder avec ses élèves de 15-16 ans : *partir* de l'observation d'éléments puis comparer avec l'observation de, justement, l'entité d'où proviennent ces éléments (on suppose, sans garantie, que le terme "roche mère" n'est pas alors utilisé avec les élèves et qu'ils ignorent pourquoi on observe justement cette roche-là), pour en "déduire" (sic) des hypothèses.

Ces activités étant étiquetées « Protocoles expérimentaux », on a peut-être là une illustration du type de démarche expérimentale qu'il est "nécessaire de mettre en œuvre" : sans que soit évoqué un problème à résoudre, des observations dirigées, des comparaisons entre elles et une déduction qui n'aboutit pas à une conclusion – nous serions dans l'empirisme et l'inductivisme intégraux- mais étrangement à des hypothèses, peu énigmatiques cependant, et dont on ne dit pas comment on pourrait les tester.

Les élèves ne pourraient-ils pas *supposer* d'eux-mêmes que la fraction détritique minérale du sol pourrait provenir d'une roche et *proposer* des comparaisons, sans mettre la main d'emblée sur la roche mère ?

4.1.2. En SPC

Pour le collège, deux « exemples de démarche d'investigation » sont fournis¹³. Le premier s'intitule « Recueil et identification du dioxyde de carbone ».

À considérer le titre, on peut penser qu'il s'agira pour les élèves de se demander « comment faire pour » recueillir et identifier un gaz, c'est-à-dire de proposer non pas des hypothèses explicatives mais des moyens, connus ou supposés efficaces. Mais la « mission » donnée à l'élève n'est pas celle-là : un document narre qu'un poisson placé dans du Perrier y meurt « à cause des bulles ». L'élève doit « réfléchir pour trouver le nom du gaz responsable de la mort du poisson. »

Sans entrer dans les détails, le descriptif nous montre que les élèves n'auront pas trouvé d'hypothèses (un document les leur apporte) ni proposé le protocole mis en œuvre, et auront mené la réflexion principale de recherche « à la maison » (donc avec le manuel, internet...) : on pouvait espérer meilleur exemple. À un moyen proposable par des élèves, tel récupérer le gaz avec un ballon de baudruche sur le Perrier, est préféré le protocole introuvable du professeur. L'impression donnée est qu'il veut arriver à tout prix à son « expérience » de recueil de gaz, et avec « son » montage.

Au collège, les exemples sont plus ou moins conformes au « canevas » de référence, mais parfois fort peu, l'impression pouvant en ressortir pour le professeur étant que « tout est bon », dès lors qu'il y a une activité pratique à exécuter.

Les *Ressources* pour le lycée en SPC en seconde (2010)¹⁴ et en première S (2011)¹⁵ n'ont, elles, pas grand chose à voir avec la DI, qui ne semble vraiment pas être le souci des

¹³ *Projet de document d'accompagnement – Physique-chimie - Cycle central. MEN, 2008.*

rédacteurs. Il s'agit souvent de demander aux élèves « comment faire pour... » doser, diluer, mesurer, comparer, identifier le contenu... À l'aide d'un matériel fourni et/ou d'informations présentées par des fiches-élèves comportant des questions d'exploitation. Le terme investigation y est bien présent, mais peut être dénaturé ainsi : « Travailler une démarche d'investigation scientifique - Fiche élève : Première étape : lire les informations suivantes (...) - Deuxième étape : élaborer le protocole (...) - Troisième étape : réaliser la solution ionique ».

Dans les activités proposées apparaît parfois une préoccupation qui se rattache en partie à un aspect de la DI (problème, hypothèses), mais cela se présente plus de manière anecdotique que centrale. La compétence « formuler des hypothèses » est annoncée, même quand il n'est guère possible de repérer où elles sont attendues (par exemple pour « détermination de la valeur énergétique d'un fruit sec »).

4.2. Les tâches complexes, substituts ou compléments de l'investigation ?

Confronté aux difficultés des élèves français à accomplir, selon les enquêtes du PISA, des tâches dites « complexes », le ministère a mis à la disposition des enseignants des documents d'aide à l'élaboration de telles tâches et à l'évaluation à travers elles de compétences du socle commun. M. Durand, qui ne redoute pas la complexité, peut penser y trouver des pistes utiles, et l'occasion de montrer à Dupont qu'il n'est plus dans le coup. Le lien entre DI et tâches complexes est présenté dans deux documents officiels¹⁶ : M. Durand y trouve la description non pas d'une, mais de deux sortes de DI, opposées sans aucune référence au canevas, pourtant lui aussi officiel. Elles lui sont présentées comme deux recettes, l'une servant visiblement de repoussoir par rapport à l'autre. La première, situation d'investigation fermée et guidée avec « exécution rigoureuse de consignes ou d'un protocole » par les élèves, est la forme de DI ringarde, qui pourtant « leur permet d'acquérir des capacités et des connaissances ». « L'autre recette » proposée est la tâche complexe, où les élèves, « apprenant à se « débrouiller seuls » (...) empruntent des chemins qu'ils choisissent », avec une production provisoire, « partie intégrante de la démarche d'investigation », et une forte part d'initiative permettant « une stratégie de résolution propre à chaque élève », qui développe ainsi les compétences attendues dans le socle.

Le dossier *Mise en œuvre dans la classe : accomplir une tâche complexe*¹⁷ en donne cet exemple prototypique :

La situation-problème

Monsieur X ressent une grosse fatigue, a de la fièvre et des ganglions très gonflés à la gorge. Son médecin demande une analyse de sang. Monsieur X va chercher ses résultats, qui concluent à une infection virale ou bactérienne. Monsieur X compare les résultats de son analyse sanguine avec les normes pour déterminer sur quoi le médecin biologiste s'est basé pour son diagnostic. Le problème c'est qu'il ne sait pas du tout à quoi correspondent ces noms barbares qu'il peut lire sur son analyse sanguine.

Les supports de travail

¹⁴ *Ressources pour la classe de seconde générale et technologique* - Physique-chimie, thème « sport » ; thème « santé », juillet 2010.

¹⁵ *Ressources pour la classe de première générale et technologique*, Physique-Chimie, Série S, MENJVA/DGESCO, juillet 2011.

¹⁶ *Vade-mecum pour la compétence 3*, http://cache.media.eduscol.education.fr/file/DNB/89/2/socle-C3-vade_mecum_166892.pdf et *Mise en œuvre du socle et évolution d'une discipline, les sciences de la vie et de la Terre*, http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/47/6/Socle_SVT_mise-en-oeuvre_178476.pdf (consultés le 10 décembre 2012).

¹⁷ <http://eduscol.education.fr/cid51827/temoignage-mise-en-oeuvre-dans-la-classe.html> <consulté le 12 septembre 2012>.

1. Le SIDA est une immunodéficience acquise. Le virus du SIDA est un virus qui détruit certaines cellules du sang impliquées dans les défenses de l'organisme, provoquant ainsi, en phase terminale, l'apparition de maladies contre lesquelles l'individu ne peut plus se défendre.

2. L'angine ou le rhume sont des maladies peu graves dont on guérit souvent sans prendre de médicaments car l'organisme réagit en combattant les micro-organismes pathogènes (bactéries ou virus) responsables de ces maladies.

3. Résultats d'analyses de sang obtenus réalisées à partir du comptage des cellules sanguines sur un frottis.

Nombre d'éléments figurés / ml de sang	Normes	Individu non malade	Individu ayant une angine ou un rhume	Monsieur X	Individu atteint du SIDA en phase terminale
LEUCOCYTES (CELLULES)	4 000 à 10 000	9 000	13 500	12 650	< 1 000
HÉMATIES (CELLULES)	4 400 000 à 5 500 000	5 070 000	5 020 000	5 260 000	4 800 000
PLAQUETTES	150 000 à 400 000	267 000	285 000	253 000	283 000

4. Un frottis sanguin d'un individu non malade est également à ta disposition sur la paillasse. Cette préparation microscopique a été obtenue en déposant une goutte de sang sur une lame et en l'étirant rapidement sur toute la longueur de la lame. Elle a été colorée ensuite avec un colorant qui se fixe sur les noyaux des cellules sanguines et leur donne une teinte violette.

Le(s) consigne(s) donnée(s) à l'élève

A l'aide des documents et du matériel mis à ta disposition, expliquer à Monsieur X comment sa prise de sang a permis de diagnostiquer son infection. Construire la réponse sous la forme d'un texte illustré d'un dessin scientifique qui permettra l'identification et la reconnaissance des différentes cellules sanguines.

Suivent une grille de référence et un extrait du « programme de la classe visée ».

À lire l'énoncé de la "situation-problème", on a le choix entre le "problème" du sens des "noms barbares" ou l'interrogation « sur quoi le médecin s'est-il basé ? », qui n'est, aussi, qu'une question. Monsieur X ne présentant qu'un seul taux hors normes (les leucocytes) tout comme l'individu ayant un rhume ou une angine, tandis que son profil est éloigné de celui du sidéen, la tâche ne paraît pas si complexe, l'élève doit juste aussi se référer à l'information 2 pour justifier « infection virale ou bactérienne ». Le frottis n'aide pas à fournir l'explication demandée à monsieur X, tout juste peut-elle l'illustrer.

On constate que ce qui est nécessaire ici pour satisfaire à la consigne n'est que de l'ordre de l'extraction d'informations, presque de l'explication de texte.

Dans la suite de cet exemple, on se rend compte qu'on attend de l'élève des tâches... qui ne correspondent pas à la consigne. Des « indicateurs de réussite » concernent des aspects superflus par rapport à celle-ci, et les « aides à la démarche » indiquent par "vous devez" des opérations non nécessaires (par exemple, expliquer comment un frottis permet d'obtenir l'analyse de sang). Ces « aides » ne sont en fait que des objectifs de connaissances annexes.

Dans beaucoup d'autres tâches du même genre du portail *Eduscol* ou de divers sites académiques, on donne d'un côté une question et de l'autre, les documents qui contiennent la réponse. Par rapport à une DI, pas de véritable problème posé aux élèves : comme le notent Mathé *et al.* (2012), « dans la notion de situation-problème, c'est le terme "situation" qui semble avoir pris une grande importance ».

Dans la fiche « respiration » (5e) de la *Banque de situations d'apprentissage et d'évaluation*¹⁸, un élève narre en classe que son poisson ne respire pas, mais les autres ne sont pas de cet

¹⁸ <http://eduscol.education.fr/pid23228-cid55510/banque-de-situations-d-apprentissage-competence-3.html>
<consulté le 12 septembre 2012>.

avis : « pour clore le débat, le professeur leur propose de vérifier si la carpe respire en réalisant une expérimentation. »

Il s'agit bien là, en effet, d'un bon moyen de clore le débat, ce « débat scientifique dans la classe » que Johsua et Dupin (1993, p. 336) ou Orange (2002) appellent de leurs vœux.

Le professeur qui utilise cette fiche a toujours la possibilité de remplacer cette clôture du débat par : « comment savoir qui a raison ? », mais la fiche n'y incite pas, puisqu'elle présente quatre « expériences » et que l'élève doit choisir celle qui permet de mettre en évidence les échanges gazeux chez le poisson rouge. Montrer l'intérêt de l'institution pour la DI aurait été simple dans ce cas : ne fournir le document avec des montages à critiquer qu'*après* qu'ils aient conçu le leur.

Dans beaucoup d'activités, peu de choses correspondent aux attendus d'une DI, mais certaines y satisfont bien (fiche « barbecue », 4e). Dell'Angelo, Coquidé et Magneron (2012) relèvent que parmi les 7 situations de cette banque en lien avec la matière et le vivant, une seule vise la compétence « formuler une hypothèse », tandis que 6 visent celle d'« extraire des informations d'un fait observé, d'un document, d'un document numérique ».

De fait, une sorte de *pédagogie de l'extraction*, d'éléments de solution à un problème ou de réponse à une question, parfois ne nécessitant guère plus qu'une simple lecture, semble être privilégiée en lieu et place d'une DI. L'enseignant véhiculant, même implicitement, une image de la nature de la science et de ses procédures (Clough, 2006 ; Péliissier et Venturini, 2012), l'élève risque de voir, dans ce travail d'extraction à partir de données non issues de sa propre quête intellectuelle, le reflet de ce que font les scientifiques.

Il n'est pourtant pas douteux que des tâches complexes bien pensées puissent être des instruments fructueux, lorsque par exemple, comme dans l'autre exemple (*Épuration - SVT*, 5e) mis en avant dans le dossier *Mise en œuvre dans la classe*, des recoupements judicieux entre informations sont nécessaires pour avancer vers la solution, sans que les auteurs veuillent faire dire aux documents plus qu'ils n'en peuvent. Ces tâches pourront alors être complémentaires aux DI. Par exemple en indiquant aux élèves, sur un problème donné, d'autres hypothèses que les leurs (provenant, par exemple, d'une autre classe, ou de savants d'un autre siècle) (Auteur, 2009 p. 301), et en leur fournissant, *en complément* (et non à la place) des documents ou du matériel qu'ils demandent, d'autres documents, qui pourraient provenir d'un autre groupe de recherche.

Sur le même thème, dans la fiche *Épuration - Technologie (5e)*, on s'éloigne nettement de la DI définie par le canevas : le problème « Comment traiter de l'eau usée avant de la réintroduire dans le cycle naturel ? » n'est pas posé aux élèves, qui doivent juste produire un schéma et un compte-rendu en visionnant trois vidéos et en prenant des notes.

Une production étant en effet systématiquement demandée, élèves et professeurs risquent de davantage se centrer sur cette production concrète que sur la construction intellectuelle de la solution d'une énigme, lorsqu'il y en a une.

La fiche de préparation standardisée¹⁹ est révélatrice : le professeur doit prévoir la « situation-problème » « pour introduire le thème », les supports de travail « à donner à l'élève » et les consignes avec « la forme de la production attendue ». Nulle place pour des propositions d'hypothèses ou de tests : on peut craindre que cette fiche incite plutôt les enseignants à délaisser davantage encore les DI pour fournir aux élèves une « situation-prétexte » plutôt qu'une situation-problème, et une série de documents et d'expériences à réaliser visant des

¹⁹ http://cache.media.eduscol.education.fr/file/socle_commun/74/9/Fiche-preparation-competence3_161749.doc
<consulté le 12 septembre 2012>.

objectifs latéraux. Même quand un problème scientifique apparaît, le « comment expliquer » s’efface au profit d’un « tu dois montrer que » ou d’un « comment vas-tu t’y prendre pour... ? ». Il n’y a alors pas non plus d’hypothèses à élaborer, et par conséquent, pas de tests à concevoir. Le “noyau dur” des DI constitué par l’interaction problème-hypothèses-tests (Auteur, 2010) s’évanouit, et ne subsistent que des investigations dénaturées, dénoyautées.

Par rapport aux DI, dans des exemples prototypiques de tâches complexes fournies aux enseignants, on ne résout plus un problème à l’aide d’hypothèses à imaginer et à contrôler, on résout « une situation » à l’aide de tâches à exécuter. Avec le choix dans l’ordre des tâches. D’autres exemples que ceux-là pourraient sans doute être meilleurs, mais on peut craindre de voir se multiplier des séquences à leur image, limitant la complexité à l’extraction d’informations et à l’exécution de manipulations plus ou moins en rapport avec une “situation-problème”. Et espérer, au mieux, que des tâches complexes bien conçues en viendront à être aussi formatrices que des DI authentiques, la saisie par les élèves de la nature de la science en moins.

5. Au centre des préoccupations effectives ?

Manque de définitions, contradictions, exemples officiels peu en conformité avec la *trame de référence* ou même de facture opposée : M. Durand peut à juste titre se demander si cette fameuse démarche d’investigation, on en veut vraiment.

S’il a le sentiment qu’il ne s’agit que d’un affichage de principe, il risque fort, à moins d’une adhésion forte personnelle, de procéder de la manière décrite par l’inspecteur général Nisard : « On inscrira donc vos nouvelles méthodes sur l’enseigne : dans l’intérieur de la classe on n’en appliquera que ce qu’on voudra. »²⁰

Que la DI soit au centre des préoccupations effectives ne transparaît pas sur le terrain : on y parle surtout de contenus et d’activités. Les revues et les sites internet professionnels présentent surtout la dernière “manip” ou des mises au point scientifiques.

Si certains inspecteurs promeuvent la DI, d’autres y font même, comme l’illustre l’exemple suivant de l’inspection d’une enseignante stagiaire lors d’une leçon de géologie en 2006 :

²⁰ Nisard, D. (1888). *Souvenirs et notes biographiques*, vol. 2, Calmann Lévy, p. 276.

- Déroulement de la séance -

Présentation d'une photo (une arène granitique au pied de rochers arrondis, en forêt (Auvergne)). Les élèves pensent identifier "du sable".

P : Comment expliquez-vous sa présence dans cette forêt d'Auvergne ?

E1 : Autrefois, la mer venait jusqu'ici !

P : Qu'en pensez-vous ?

E2 : Non, c'est bien trop loin !

E3 : Si, ça se peut, il y avait une plage avant la forêt.

P : Avez-vous une autre hypothèse ?

E : ...

P : Que proposez-vous pour tester l'hypothèse de E1 ?

E : Regarder si on trouve des fossiles dans ce sable !

E : Comparer avec du sable de plage d'aujourd'hui !

E : Voir si le sable est salé !

E : Tu parles, avec ce qu'il a plu dessus depuis... Même sur les plages, c'est plus salé !

De l'arène de cette forêt est alors distribué aux élèves, ainsi que, pour ceux qui le désirent, du sable d'une plage actuelle.

E : Pas de fossile visible là-dedans...

E : Ça prouve rien !

E : Il n'est pas du tout pareil au sable de plage, c'est des gros grains pas arrondis...

E : En tas, on dirait un rocher !

E : Et si c'était du rocher décomposé ?

P : Vous en pensez quoi ?

Après débat, les élèves demandent à comparer ce "sable" avec les rochers présents sur la photo.

Évidemment, dans un premier temps, on s'éloigne de l'érosion, notion à laquelle la stagiaire ne parvient qu'après que les élèves ont demandé à observer le sable et dit pourquoi, puis demandé à voir de plus près les rochers et, là aussi, précisé pourquoi.

Or l'inspecteur a considéré qu'il s'agissait d'une très mauvaise approche pédagogique : il fallait partir du concret, distribuer d'abord à chaque binôme de l'arène, une loupe et un fragment de roche mère avec des consignes précises : observez l'arène à la loupe / dessinez-la / comparez cette arène avec la roche qui se trouve à proximité dans la nature / que pouvez dire de l'origine de l'arène ? La stagiaire qui, de plus, a défendu son approche en se référant au "canevas d'une séquence", a eu une mauvaise note d'inspection.

On ne peut bien sûr pas généraliser sur un exemple, et il y a une diversité de positions pédagogiques qui n'est pas négligeable chez les inspecteurs. Mais cet exemple est d'autant plus significatif que depuis, le programme de 2de de 2010 qui, comme on l'a vu, veut qu'on débute en comparant la fraction détritique et la roche mère, lui donne raison.

Dans l'une des nouvelles épreuves orales du concours déjà évoqué (CAPES de SVT), on veut que le candidat « expose et ne se contente pas d'évoquer *ce qu'il exposerait* devant des élèves ». Ainsi, ce qu'on inculque en premier aux futurs enseignants, car ce qui prime avant tout pour eux et pilote leur apprentissage est de réussir un tel concours, c'est qu'ils devront devant des élèves "exposer". Si l'on souhaitait véritablement qu'ils reçoivent une formation pour les DI et si l'on désirait faire passer le message fort de leur importance dans l'enseignement des sciences, il semblerait approprié qu'au moins l'une des épreuves aille dans ce sens.

Les contenus massifs des programmes scientifiques auxquels l'enseignant doit faire face l'incitent également fort peu à la mise en œuvre de DI, d'autant qu'il peut s'attendre à ce que l'inspecteur lui demande où il en est dans sa programmation annuelle plutôt que dans la maîtrise du maniement des hypothèses par ses élèves. Un décalage existe entre les attentes officielles en termes de DI et les conditions matérielles qui en permettraient au mieux la mise

en place : le temps disponible est un problème majeur et l'enseignant qui n'a pas reçu de formation pour suivre des élèves dans leur cheminement sans s'égarer et qui, de surcroît, pense qu'on attend de lui qu'il s'engage en permanence dans l'unique voie recommandée peut considérer qu'il s'agit là d'un luxe temporel qu'il ne peut s'offrir. C'est, de fait, l'inciter à teinter ses pratiques habituelles d'un vernis d'investigation en accompagnant les activités imposées d'un passage rapide par la sollicitation de questions, la pose d'un problème au tableau ou le recueil de leurs conceptions.

Les conditions ne sont pas réunies pour une promotion réelle de la DI faute d'une orientation générale sensible à travers à *la fois* les instructions, les inspections, les épreuves de recrutement des enseignants et leur formation.

6. Un cadre théorique et des exemples pratiques pour une investigation "authentique"

6.1. Des démarches d'investigation à authenticité multicritériée (DIAM)

Bien entendu, on peut toujours appeler de ses vœux, pour les DI, de meilleurs textes de cadrage, des ressources plus en adéquation avec les intentions proclamées, une plus grande insistance sur les DI en formation initiale et continue des enseignants.

À défaut, des cadres théoriques existent, qui éclairent certains aspects d'un enseignement basé sur l'investigation. Le constructivisme peut bien sûr être évoqué, et les paroles de Piaget étaient citées au début de cet article (professeur G), avec cependant, comme le fait remarquer Dorier (2012), le risque d'une caricature dans le sens de l'activité pour l'activité, et nous en avons vu divers exemples. Le modèle « allostérique » de Giordan et De Vecchi (1987) et le cadre théorique de la problématisation de Fabre et Orange (1997) ont également permis des analyses notables de certains processus à l'œuvre dans l'investigation. Plus récemment, la *théorie de l'action conjointe en didactique* (Sensevy, 2006) développe, à la suite de Brousseau (1998), la notion d'élève agissant de son propre mouvement (*proprio motu*) et l'idée que le professeur doit taire des informations qui pourraient annihiler la recherche (*réticence didactique*).

D'autres cadres sont plus spécifiquement centrés sur l'investigation : l'approche par *investigation ouverte* (Germann, Haskins, & Auls, 1996), le cadre théorique de l'*investigation épistémologiquement authentique* (Chinn & Malhotra, 2002) ou encore celui résultant du parallèle établi entre problématisation et démarche d'investigation (Gobert et Lhoste, 2011).

Toutes ces avancées demeurent cependant inconnues de la majorité des enseignants scientifiques du secondaire, et une prise de recul aussi conséquente que celle qu'elles réclament ne fait sans doute pas partie de leurs priorités. Leur proposer des *critères* leur permettant de caractériser leurs séquences, ainsi que des exemples de séquences répondant à ces critères, paraît devoir être davantage opérationnel.

Boilevin et Morge (2007) ont ainsi proposé des critères permettant de repérer une séquence d'investigation, qui permettent d'exclure un certain nombre de séquences, dont toutes celles où l'élève n'est qu'un simple exécutant, mais admettent tout de même davantage de types de séquences que ne le ferait la *trame de référence* -ce qui est voulu, l'objectif étant d'englober une grande diversité de séquences pour permettre aux enseignants de diversifier leurs pratiques tout en restant dans le même périmètre général.

Calmettes (2012) extrait trois critères opérationnels de la littérature didactique : construction de connaissances et de savoirs avec une *responsabilité* certaine des élèves (collectivement), rôle de l'enseignant plutôt *médiateur* et démarche scientifique *hypothético-déductive*. Sur ce dernier point, Boilevin, Brandt-Pomarès, Givry et Pedregosa (2012) travaillent sur un modèle de DI où des « critères “nécessaires” » sont notamment la « participation à l'émission et à la validation ou non validation d'hypothèses ».

Ce périmètre, plus restreint, épouse les contours de la *trame de référence* et recoupe les principales caractéristiques de la DI données par Mathé, Méheut et de Hosson (2008) : « La démarche d'investigation préconisée par les programmes de collège est une démarche hypothético-déductive, se déroulant à partir d'un conflit cognitif. »

Il ne s'agit pas d'« enfermer » les professeurs dans la DI, dont la *trame de référence* serait une panacée en dehors de laquelle il n'y aurait pas d'apprentissage possible, mais de faire en sorte que ce terme ait un autre sens qu'« activité », et que tout ce qu'on demande de faire aux élèves, simple repérage de la réponse à une question ou de la solution d'un problème dans des documents qu'on leur fournit, manipulation à effectuer ou « recherche » sous la forme de compilation sur internet, ne puisse être étiqueté DI, label qui ne serait plus alors qu'un vaste fourre-tout.

Ou bien on fait autre chose qu'une DI, et il importe de proclamer que l'ensemble de l'enseignement des sciences *ne doit* ni même *ne peut* être fait par cette voie, ou bien, si l'on souhaite y lancer les élèves, on tente de lui assurer une certaine *authenticité*. Cette vision tranchée peut d'ailleurs présider au choix ponctuel de la voie à suivre : sur tel ou tel sujet, plutôt que s'engager dans une DI à la trame malingre ou artificielle, mieux vaut opter pour un autre approche (cours explicatif, démarche historique...).

En termes d'authenticité, la ligne directrice générale a nettement été tracée par certains des membres de notre salle des professeurs fictive initiale : qu'il y ait une réelle quête intellectuelle, dans laquelle les élèves puissent inventer, proposer et discuter de solutions possibles cohérentes sous forme d'hypothèses, puis en concevoir des contrôles, le professeur veillant à mesurer ses interventions. Mais les dérapages sont aisés : Socrate, par exemple, fournit lui-même la solution au problème du doublement du carré, et Rousseau en dit bien trop à Émile perdu en forêt.

Cette ligne était déjà celle de Dewey, puis de Claparède et Piaget. Si la notion d'*inquiry* fut introduite en éducation par Dewey, ce fut Schwab qui l'opérationnalisa et démontra son rôle dans l'éducation (Tamir, 1990). Or Schwab, « le taon socratique dont les critiques piquantes ont stimulé l'éducation en pointant les déficiences chroniques et en indiquant de nouvelles directions »²¹, a bâti une échelle permettant d'évaluer le niveau de « guidance » d'une séquence (1962). C'est en développant cette approche que j'ai proposé une échelle de *critères d'authenticité des démarches d'investigation* (échelle CADI, Auteur, 2011), critères correspondant aux principes du cadre théorique des *démarches d'investigation à authenticité multicritériée* (DIAM).

Ce cadre requiert pour les élèves la garantie d'une part d'initiative conséquente au cours de leur recherche, sans fournir, une fois le problème identifié, de consignes sur ce qu'ils ont à faire ni d'éléments de réponse qui en affaibliraient ou en annihileraient l'authenticité. Le tableau suivant résume les principes de cette approche : les élèves proposent, débattent de leurs propositions, réclament les données supplémentaires qui leur semblent utiles, statuent sur leurs hypothèses en fin d'investigation. Il ne s'agit pas de les laisser dire ou faire tout ce

²¹ Présenté ainsi par l'*Education Encyclopedia* américaine,
<http://education.stateuniversity.com/pages/2401/Schwab-Joseph-1909-1988.html>

qu'ils veulent : si l'initiative leur revient, le professeur est attentif aux justifications avancées, les fait examiner par la classe, peut soulever des objections, rappeler des acquis... tel un directeur de recherches critique et garant de certaines exigences, mais qui ne se substitue pas aux chercheurs et ne se contente pas de les mettre en activité, même tournée vers un projet ou partant de leur questionnement. Il veille et se surveille, s'abstenant d'ingérences dirigistes intempestives et prévoyant que la fourniture de documents ou de matériel ne soit pas parachutée mais n'intervienne, chaque fois que c'est possible, qu'après demande expresse argumentée : « pour telle raison, on voudrait voir si dans telle situation... ou si, en faisant ça... ». Ce qui n'exclut pas l'apport à certains élèves, pour des raisons de différenciation pédagogique ou d'évaluation, d'informations ponctuelles et limitées susceptibles de leur venir en aide sans anéantir leur part dans la recherche.

Dans ce cadre prime l'attitude *Quo vadis ?* [où vas-tu ?] (Auteur, 2010) par laquelle le professeur demande aux élèves d'indiquer quelles directions ils suggèrent de prendre et se contraint à rester d'apparence neutre lorsqu'un élève exprime une proposition, la renvoyant à son examen par la classe sans trahir son propre avis par son attitude, pratiquant une *réception Keaton* (du nom de l'acteur au visage impassible).

DÉMARCHES D'INVESTIGATION À AUTHENTICITÉ MULTICRITÉRIÉE (DIAM) - PRINCIPES -
LES ÉLÈVES :
- CRÉENT : ils élaborent des propositions d'hypothèses, conçoivent des tests.
- DÉBATTENT entre eux sur la recevabilité des hypothèses, sur la pertinence des tests, sur l' interprétation des résultats, sur la formulation de la conclusion (<i>Chambre des débats</i>).
- RÉCLAMENT au professeur tel document qui montrerait si..., tel matériel connu d'eux (ou, à défaut, tel moyen dont disposerait le professeur) pour faire telle observation ou telle expérience qui serait éclairante (<i>Chambre des requêtes</i>).
- STATUENT : ils interprètent les résultats et bâtissent une conclusion (<i>Chambre des décrets</i>).
LE PROFESSEUR :
- VEILLE : → à ce qu'un problème énigmatique soit formulé ou pris en charge par les élèves ; → à ce que les hypothèses retenues aient un aspect douteux et répondent au problème ; → à ce qu'aucune activité ne porte sur des faits évidents ni ne soit sans lien avec l'investigation ; → à ce que les propositions fassent l'objet de débats entre élèves sur leur recevabilité et leur pertinence.
- SE SURVEILLE, en s'abstenant : → de manifestations révélatrices lors de la réception des propositions d'élèves (<i>Réception Keaton</i>) ; → de dire quelle doit être l'étape ultérieure ou ce qu'il faut faire comme activité (<i>Attitude Quo vadis ?</i>) ; → de limiter les propositions des élèves par ce qui est faisable ou non en classe : s'ils demandent une observation au microscope électronique ou un prélèvement dans la haute atmosphère, des documents les remplaceront ; → de fournir des documents ou du matériel non sollicités (sauf si cela résulte d'un choix stratégique) : il est pourvoyeur à la demande de ces éléments (ou de leurs équivalents), réclamés pour tester les hypothèses.

Plus que le respect formel d'étapes qui, même dûment étiquetées, peuvent être vides de sens, ce qui importe est de faire en sorte de rendre les élèves concepteurs et stratèges.

S'abstenir de fournir des éléments qui en "disent trop" est un point crucial de cette approche, mais demeure souvent une difficulté pour les professeurs. Mathé *et al.* (2008) mentionnent le cas d'une enseignante qui « explique comment elle a appris à contrôler ses réactions à des

propositions inattendues des élèves » : alors que naguère elle se disait « *pff ! Là il m'embête un peu ! [...] non ! Mais tais-toi surtout !* », elle narre son évolution : « *Aujourd'hui, je me rends compte que quand un élève me propose une idée à laquelle je m'attendais pas, comme je suis plus dans l'esprit de la démarche d'investigation, ben je suis contente en fait. (...) On apprend à dire aux élèves "ben c'est une bonne idée, il va falloir exploiter ce que t'as".* »

Dans le cadre DIAM, il s'agirait pourtant encore d'une réaction intempestive : l'enseignante rend visible son contentement, alors que se tourner vers les autres élèves pour leur demander « vous en pensez quoi ? » (attitude *Quo vadis ?*) stimulerait l'investigation sans l'orienter – il sera toujours temps, *après coup*, de dire à l'élève que c'était une bonne idée, même fautive ou infructueuse. La *réception Keaton* permet d'éviter cet effet classique que je nomme l'*effet Droopy-Goofy* : les élèves, en observant la réaction du professeur lorsqu'il entend une proposition, interprètent aussitôt son degré de conformité avec ses attentes, qu'il fasse une mine déconfite (*réception Droopy*) ou qu'il arbore un air ravi (*réception Goofy*). Nulle autre mise à l'épreuve n'est alors nécessaire : l'observation a tranché.

6.2. Toucher M. Durand

Même si de tels cadres théoriques ont été élaborés par des didacticiens, le problème reste entier pour M. Durand qui n'en a probablement pas connaissance : beaucoup d'enseignants du secondaire ne sont pas des lecteurs de *RDST*, encore moins de *Science Education*. "Toucher" M. Durand s'entend ici dans les deux sens du verbe : parvenir à l'atteindre, et à l'intéresser.

Les enseignants peuvent bien sûr être atteints dans le cadre des formations continues, telle celle conçue par Mathé, de Hosson et Méheut (2012) pour permettre aux enseignants de concevoir des DI conformes aux notions-clés qui la sous-tendent. Ils peuvent l'être aussi dans le cadre de leur participation à des groupes de recherche, notamment ceux où praticiens et chercheurs s'impliquent dans une collaboration pour la production et l'utilisation de ressources. Par exemple le dispositif élaboré par Boilevin *et al.* (2012) où l'analyse des critères de la DI est associée à des éclairages par des articles de recherche en éducation et à la présentation par les enseignants de « ce qu'ils considèrent comme des exemples de "bonne" ou de "mauvaise" démarche d'investigation en classe ». Dans ce travail, « les praticiens témoignent aussi de leurs difficultés d'interprétation des textes officiels et de leurs interrogations », et des « confusions dans les prescriptions » sont relevées : ce sont bien des compagnons d'infortune de M. Durand.

En mathématiques, le groupe « Démarches d'investigation » (Gueudet et Lebaud, 2012) travaille notamment sur la diffusion et l'étude de l'appropriation par des enseignants de ressources qu'ils n'ont pas produites.

Pour que les ressources produites au cours de tels travaux ne restent pas cantonnées à un public restreint, il paraît nécessaire que, d'une part, des comptes-rendus en soient faits dans des revues assez consultées par les enseignants du secondaire, tels les bulletins d'associations de professeurs (celui de l'Union des physiciens (BUP) ou, en SVT, de l'APBG), et que d'autre part soient aisément accessibles des séquences construites ou approuvées par des didacticiens des disciplines, par exemple par une mise en ligne sur le site du ministère ou, à défaut, sur ceux des universités impliquées dans des formations d'enseignants.

Des didacticiens publient parfois dans les revues citées mais cela reste rare, à la notable exception du numéro de l'été 2006 du BUP (n°886) consacré, justement, à la démarche d'investigation peu après l'apparition du terme dans les programmes.

Les considérations didactiques dans ces revues restent malheureusement beaucoup plus rares que celles consacrées à des sujets tels la calorimétrie différentielle à balayage ou aux archéobactéries extrêmophiles, quelque intéressants que puissent être ces sujets.

Le professeur du secondaire est loin d'être hostile au fait de prendre connaissance des points de vue des chercheurs en didactique dans sa discipline, ou à des lectures le conduisant à une prise de recul sur ses pratiques habituelles. Mais son intérêt sera d'autant plus grand qu'il y trouvera un éclairage argumenté sur les textes officiels, et, en concordance, un cadre théorique sobre mais précis et des exemples complets de séquences, telles celles construites dans le cadre d'une recherche menée au collège et au lycée sur la formation de l'esprit scientifique (Auteur, 2009). Celles-ci, à l'encontre de celles qui se rencontrent habituellement, préviennent les enseignants des propositions habituelles d'élèves de tel âge sur tel sujet, et des manières possibles de les gérer.

Les séquences elles-mêmes ne constituent que des exemples pratiques, à adapter ou adopter, discuter, amender, mais constituant des bases de départ avancées dans l'attente d'une amélioration toujours souhaitable, dans l'esprit « enfants, soyez meilleurs que nous ». S'il ne m'est pas possible de présenter ici *in extenso* une séquence de type DIAM²², une autre retombée de cette étude a été de montrer qu'à défaut de séquences détaillées où sont mis en évidence les liens avec la *trame de référence*, les professeurs pouvaient se contenter d'indications sur les propositions probables qu'allaient faire leurs élèves. Elles leur étaient communiquées sous la forme de « banques PHyTe » (Problème-Hypothèses-Tests) : chacune signale, pour un problème et un niveau donné, les hypothèses et les propositions de tests classiquement avancées par les élèves (Auteur, 2009, p. 360-363). Par exemple :

Banques PHyTe – Reproduction sexuée -

P : Comment expliquer qu'un même couple puisse avoir des enfants différents ? (Troisième)

H1 : les spermatozoïdes ne sont pas tous les mêmes ;

H2 : les ovules ne sont pas tous les mêmes ;

H3 : les deux !

H4 : si, c'est tous les mêmes et les cellules-œufs aussi, mais ensuite elles évoluent différemment.

Les propositions utilisant des termes plus "savants", mais mal maîtrisés ("les parents ne leur ont pas donné les mêmes gènes", "les enfants n'ont pas le même ADN"), se ramènent, après discussion, à l'une ou l'autre des hypothèses ci-dessus (peu importe pour l'instant le nom de ce qui peut différer).

Te/H1-H2-H3 : observer les spermatozoïdes et/ou les ovules et connaître leur composition exacte.

→ Un document sur l'observation au microscope optique du contenu des gamètes (chromosomes) révèle deux sortes de spermatozoïdes (50% de chaque sorte) et une seule sorte d'ovules.

Te/H4 : observer et comparer des cellules-œufs.

→ Un document l'observation au microscope optique du contenu des cellules-œufs (caryotypes) permet d'en distinguer deux sortes (50% de chaque).

Sans la connaissance d'un tel relevé, l'enseignant peut être déconcerté par H4, alors même que son émission présente un avantage : en y revenant avec les élèves, ils noteront qu'ils ont accepté une hypothèse fautive, mais explicative, et qu'à ce stade elle avait autant de valeur que les autres, *même fautive*.

À titre de comparaison concernant l'aide apportée aux enseignants pour la mise en œuvre de DI, examinons un sujet de génétique (3^e) proche de celui envisagé ci-dessus et justement mis en ligne par groupe de travail d'inspecteurs pluridisciplinaires pour illustrer l'approche par tâche complexe²³ :

²² Le lecteur intéressé en trouvera une série détaillée dans les annexes de ma thèse, <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00521174/fr/> (consulté le 12 septembre 2012).

²³ *Contribution à la mise en œuvre du socle commun des connaissances et des compétences,*

Un couple, déjà parent de deux filles, envisage d'avoir un troisième enfant et se demande ce qui détermine le sexe de l'enfant. Votre équipe de médecins est chargée d'expliquer à ce couple où se trouve l'information responsable du sexe de leur enfant, simplement mais en se basant sur des faits et observations scientifiques.

A l'aide des résultats d'expérience, de vos observations microscopiques et de photographies votre équipe a 50 minutes pour rédiger un texte permettant d'expliquer à ce couple où se trouve l'information qui détermine le sexe de son enfant.

Documents : schéma ou animation d'expérience de transfert de noyau, caryotypes d'homme et de femme.

Matériel : préparations microscopiques de chromosomes géants de larve de chironome + microscope + cellules de racine d'oignon dont certaines sont en division.

Le couple cherche l'explication du déterminisme du sexe de l'enfant, problème scientifique comparable à celui de la DI de la banque PHyTe, mais ici aussitôt transformé en une simple question de lieu. L'élève, pourtant, doit « choisir une stratégie de résolution de problème », sans que l'on discerne bien où se situe un problème. Quoiqu'il en soit, dans une telle stratégie de résolution, l'émission d'hypothèses et les conceptions des élèves n'apparaîtront pas et aucune idée ne sera ni débattue, ni mise à l'épreuve. Les documents et le matériel leur sont imposés, et certes ils ne seraient pas allés d'eux-mêmes chercher le déterminisme du sexe de l'enfant dans une racine d'oignon. Notons que les observations suggérées ne permettent pas d'apprendre où se trouve l'information responsable du sexe.

Le document affiche les capacités du socle visées : « extraire des informations », et l'on retrouve ici la *pédagogie de l'extraction*, et relève : « une manipulation simple renvoie à la capacité « manipuler », la production (texte argumenté) renvoie à un domaine du socle « écrire » ». On se félicite par ailleurs de la « part d'initiative » laissée à l'élève et de son « autonomie de réflexion ».

Sans doute manipuler et écrire ont-ils leur importance, mais en guise de *tâche complexe*, le recul de la tâche intellectuelle par rapport à une DI de type DIAM paraît considérable. Cette comparaison rend visible, à partir d'un problème similaire, la différence de nature de l'aide apportée dans les deux cas, et la différence de vision sous-jacente de la DI.

Ces banques PHyTe s'inscrivent dans la lignée des « catalogues » de conceptions, qui correspondent à autant d'hypothèses potentielles, proposés par De Vecchi et Giordan (1988) et des *Banques de situations-problèmes* élaborées par De Vecchi (2004 et 2005).

Leur connaissance préalable permettrait de rassurer bon nombre d'enseignants, qui se risqueraient plus volontiers à laisser de l'initiative aux élèves s'ils se font une idée des pistes qu'ils pourraient emprunter. Elle pourrait également les aider dans leur décision d'entreprendre, ou non, une DI sur le problème considéré.

Puisque les programmes sont, en France, présentés sous forme de colonnes, si l'une d'entre elles, jouxtant les contenus, se nommait « conceptions habituelles rencontrées chez des élèves de ce niveau », voire allait jusqu'à fournir des « exemples d'observations et d'expériences proposées par des élèves pour ce problème », la volonté d'instaurer réellement des DI gagnerait fortement en crédit.

Conclusion

Les difficultés auxquelles se heurte un professeur qui voudrait réellement mettre en œuvre dans ses classes des DI conformes aux instructions officielles sont grandes, du fait de diverses incohérences. Construire une séquence d'investigation constitue souvent, par ailleurs, un

exercice difficile pour des enseignants peu rompus à ce type d'approche. Dès lors, la tentation de faire "à peu près" des DI, ou de se focaliser sur les aspects les plus visibles et partout valorisés -l'expérience et le concret- peut être grande, au risque de faire empiéter considérablement la part de la tâche manuelle sur celle de la tâche intellectuelle.

L'approche par compétences mise en place via le socle commun pourrait constituer une avancée, si elle permettait une prise en compte des acquis résultant des DI. Mais son association étroite aux *tâches complexes*, qui semblent aujourd'hui susciter l'engouement avant même que la DI ait pu s'ancrer dans les pratiques et s'affermir dans son concept, ne paraît pas aller dans ce sens.

On peut interroger ici le flottement épistémologique des prescripteurs de ces instructions officielles et leurs motivations réelles. Un élément d'explication tient probablement au fait que les changements curriculaires résultent d'une négociation entre experts dont certains peuvent être peu favorables au déploiement de démarches fondées sur des propositions élèves, ou avancent de nouvelles modalités sans tenir grand compte de celles déjà préconisées et détaillées.

La crainte des propositions des élèves et le glissement vers l'empirisme ne sont pas nouveaux, et ont eu en grande partie raison, associés aux approximations et au flou des prescriptions, des tentatives antérieures d'implantation de démarches hypothético-déductives.

Parce que seuls les faits rectifient, on voudrait que les faits, seuls, édifient. François Jacob parle de « l'invention d'un monde possible » pour caractériser le début d'une démarche scientifique, et il ne dit pas là autre chose que ce que soutenaient les pionniers de l'éducation du début du XXe siècle qui se sont fait entendre dès notre introduction, et dont les grands principes transparaissent en filigrane dans la trame des démarches d'investigation. Les élèves inventent des mondes possibles avec leurs conceptions, et l'esprit scientifique se forge dans les guerres de ces mondes et dans leurs confrontations *pré-méditées* avec les faits.

Vouloir vraiment des DI, ou quel que soit leur nom, c'est vouloir vraiment, en classe, de telles batailles et d'une telle formation de l'esprit. Le souhaite-t-on ? Au milieu des incohérences et des dérives relevées, la réponse appartient à chacun, mais il importe de savoir que l'enjeu se situe là.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI, J.-P., GIORDAN, A., GOHAU, G., HOST, V., MARTINAND, J.-L., RUMELHARD, G., ZADOUNAÏSKY, G. (1978). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* PUF.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin, 1993.
- BOILEVIN, J.-M., BRANDT-POMARES, P., GIVRY, D., & PEDREGOSA, A. (2012). « L'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation », in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 199-217.
- BOILEVIN, J.-M. & MORGE, L. (2007). Repérer et analyser des séquences d'investigation : quels critères ? des exemples. Actes des 55èmes journées nationales de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie. Du 26 au 29 octobre 2007, Paris (Cd Rom).
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- CALMETTES, B. (2012). Démarche d'investigation : analyses de pratiques ordinaires en classe et en formation. Perspectives curriculaires, in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 153-180.
- CHINN, C. A., & MALHOTRA, B., A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175– 218.
- CLAPARÈDE, E. (1917). « La psychologie de l'intelligence ». *Scientia*, vol. 22, 1917, pp. 353 - 368.
- CLOUGH, M. P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
- COQUIDE, M., FORTIN, C. & RUMELHARD, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 49-76.

- DELL'ANGELO, M., COQUIDÉ, M. & MAGNERON, N. (2012). Statut de l'investigation dans des standards de l'enseignement scientifique. Cas des USA, de la Suisse et la France, in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 27-57.
- DESCARTES, R. (1637). *Discours de la Méthode*. Paris : GF-Flammarion, 2000.
- DORIER, J.L. (2012). La démarche d'investigation en classe de mathématiques : quel renouveau pour le questionnement didactique ?, in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 59-78.
- DE VECCHI, G. (2004). *Une banque de situations-problèmes tous niveaux*, tome I. Paris : Hachette Éducation.
- DE VECCHI, G. (2005). *Une banque de situations-problèmes tous niveaux*, tome II. Paris : Hachette Éducation.
- DE VECCHI, G. & GIORDAN, A. (1988). L'enseignement scientifique, comment faire pour que "ça marche" ? Nice : Z'Éditions.
- DEWEY, J. (1909). *Comment nous pensons*. Paris : Les empêcheurs de penser en rond, 2004.
- FABRE, M. et ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles, *ASTER* n°24 p. 37-57.
- GERMANN, P. J., HASKINS, S., & AULS, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475-499.
- GIORDAN, A. & DE VECCHI, G. (1987). *Les origines du savoir*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- GOBERT, J. & LHOSTE Y. (2011). Démarches d'investigation et problématisation en classe de SVT : Quelle mise en œuvre par des enseignants débutants ? (STEAM Grenoble).
- GUEUDET, G., & LEBAUD, M.-P. (2012). Démarches d'investigation et collectifs dans la formation des enseignants. In L. Trouche, H. Chaachoua, M. Hersant, Y. Matheron & G. Psycharis (Dir.). *Faire ensemble des mathématiques : une approche dynamique de la qualité des ressources pour l'enseignement*. Actes des journées mathématiques de l'IFé, juin 2011, ENS de Lyon.
- HÉRAIL, P. (1959). "Méthode expérimentale et cryptodogmatisme", *Bull. Union des Naturalistes*, 3-1959.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993) *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, PUF.
- MATHÉ, S., (2010). La "démarche d'investigation" dans les collèges français : élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette méthode d'enseignement par les enseignants. Thèse soutenue le 23 juin 2010. Université Paris Diderot – Paris 7.
http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/51/63/14/PDF/ThA_se_MathA - DA_marche_d_investigation.pdf
(consulté le 12 septembre 2012).
- MATHÉ, S., de HOSSON, C. & MÉHEUT, M. (2012). Démarche d'investigation en sciences physiques. Questions de transposition didactique et formation des enseignants, in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 181-197.
- MATHÉ, S., MÉHEUT, M. & de HOSSON, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux. *Didaskalia*, 32, p. 41-76.
- MONTAIGNE M. de. (1580-92). *Essais*, Didot frères, 1864.
- ORANGE C. (2002). L'expérimentation n'est pas la science. *Cahiers pédagogiques* n°409, décembre 2002, p. 19-20.
- PELISSIER, L. & VENTURINI, P. (2012). Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission de savoirs épistémologiques ?, in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 127-150.
- PIAGET, J. (1972). *Où va l'éducation ?*, UNESCO, Folio essais, 1988.
- PLATON. *Ménon*. Paris : GF Flammarion, 1999.
- ROUSSEAU, J.-J. (1762). *Émile ou de l'éducation*. Paris : GF Flammarion, 1966.
- SCHWAB, J. J. (1962). "The teaching of science as inquiry". In Schwab, J.J. and Brandwein, P.F. (Eds, 1962). *The teaching of science*, Harvard University Press.
- SENSEVY, G. (2006). L'action didactique. Éléments de théorisation. *Revue suisse des sciences de l'éducation* n°2, p. 205-225.
- TAMIR, P. (1990). Considering the Role of Invitations to Inquiry in Science Teaching and in Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 01/1990; 1(3):41-45.
- VENTURINI, P. (2012). "Les démarches d'investigation" enjeux pour l'enseignement et objets de recherche pour la didactique. », in B. Calmettes (dir., 2012), *Didactique des sciences et démarche d'investigation*. Paris : L'Harmattan, p. 9-13.
- AUTEUR. (2013, à paraître). « Prégnance d'une épistémologie empiriste occulte dans les textes et les pratiques et impact d'une approche fondée sur le jeu des possibles - Exemples dans l'enseignement des sciences en France et en Suisse », in H. Galli *et al.*, (2013, à paraître), *Les didactiques au prisme de l'épistémologie. Une approche plurielle*, Dijon, Éditions Universitaires de Dijon.
- AUTEUR (2011). « Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire », *RDST - Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies* n°3, École Normale Supérieure de Lyon, Institut français de l'Éducation, p. 83-106.

- AUTEUR (2010). « Les opinions vulnérables, tremplin vers le savoir », *RDST - Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies* n°1, INRP, 2010, p. 67-92.
- AUTEUR (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences*, thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, soutenue le 29 janvier 2009, université de Genève, <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00521174/fr/> (consulté le 12 septembre 2012).
- AUTEUR (2007). *Faire vivre des démarches expérimentales*. Paris : Delagrave.