HAL open science

Imagination créative : sur la fécondité de l'usage du récit dans l'enseignement des sciences

Anne Viguier, Julien Randon-Furling

▶ **To cite this version:**

Anne Viguier, Julien Randon-Furling. Imagination créative : sur la fécondité de l'usage du récit dans l'enseignement des sciences. Créativité et apprentissage : un tandem à ré-inventer ?, Isabelle Puozzo, May 2014, Lausanne, Suisse. hal-00997372

HAL Id: hal-00997372

https://hal.science/hal-00997372v1

Submitted on 30 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Open licence - etalab

Imagination créative :
Sur la fécondité de l'usage du récit dans l'enseignement des sciences

Créativité et Apprentissage: un tandem à ré-inventer ?
Colloque de la Haute École Pédagogique de Vaud, Lausanne, Vendredi 16 mai 2014

Anne Viguier
Académie de Paris (Lycée Edgar Quinet)
Muséum Nationale d'Histoire Naturelle (Direction de l'Enseignement, de la Pédagogie et des Formations)

Julien Randon-Furling
Université Paris-1 Panthéon-Sorbonne (Equipe SAMM, EA4543)

Introduction

En France, l'enseignement secondaire, en particulier celui des sciences, a été fortement marqué par les apports des travaux de Jean Piaget sur la pédagogie active. Pour ceux qui conçoivent actuellement les programmes de science (Bulletin Officiel, 2008, Ministère de l'Éducation nationale [MEN]), il s'agit comme l'annonce Piaget (1988a, p. 78) de « former chez l'enfant et chez l'adolescent une raison active et autonome. ». Ainsi, l'enseignement de sciences a-t-il progressivement abandonné les méthodes dites réceptives pour leur préférer une démarche expérimentale active de l'élève. Cet enseignement se voulant fondé sur la (re-)création par l'apprenant du savoir qu'il doit acquérir devrait conduire à une nouvelle appropriation des sciences par les élèves, appropriation dont on pourrait s'attendre à trouver une traduction dans les orientations choisies à l'issue du lycée et/ou dans la persistance au-delà des années de formation d'un type de pensée à la fois rigoureux et créatif.

Or, indice parmi d'autres, la désaffection des filières scientifiques dans les choix de cursus universitaire est désormais bien établie (Direction générale de la stratégie et de la prospective, 2014) : des baisses de 20 % en nombre d'inscrits pour certaines filières, alors même que les effectifs totaux de l'enseignement supérieur augmentent. Plus significatif sans doute sur le plan pédagogique, nombre de professeurs dans l'enseignement supérieur note une sorte de « retour du refoulé » en matière de pensée scientifique : Walter Lewin (cité dans Angier, 2007), professeur de physique au MIT, constate par exemple régulièrement qu'une

majorité d'étudiants en dernière année à Harvard (toutes filières confondues) expliquent l'enchaînement des saisons par la plus ou moins grande distance Terre–Soleil. Certains élèves savent ainsi se conformer aux exigences du programme et de l'évaluation, mais à l'occasion de discussions informelles on pourra s'apercevoir qu'ils sont restés, dans les faits, étrangers aux problèmes abordés et se sont contentés d'apprendre à adopter la démarche scientifique (telle qu'enseignée) comme un nouveau format de restitution et non comme un mode de pensée. Leurs représentations initiales ne semblent que faiblement ébranlées par les nouvelles connaissances savantes, qui viennent s'y superposer sans les dépasser ni même les remettre en question.

Peut-on comprendre, sur un plan théorique, ce départ entre les objectifs premiers de la méthode pédagogique mise en place et les résultats observés ? Quelles pistes peut-on trouver pour améliorer l'appropriation par les élèves d'une pensée scientifique ?

Notre proposition d'analyse est que, si échec il y a, c'est d'abord un échec à susciter une vraie pensée créatrice en science à l'école : apprendre à créer en science avec de la pensée tout en assimilant de nouvelles connaissances. Si c'était bien le projet de la pédagogie active déclinée dans les programmes français en une pédagogie dite de la « tâche complexe », nous tenterons de cerner des éléments pouvant expliquer pourquoi ce cadre ne fonctionne pas, ou trop peu, dans la majorité des classes. Suivant cette analyse, nous formulerons une proposition inspirée par la mise en relation des travaux de Piaget, des observations de Boimare et de la pratique même de la recherche scientifique jusque dans les sciences dites dures : il s'agit, sans abandonner la rigueur d'une analyse par problématiques (c'est-à-dire : observation rigoureuse des manifestations des phénomènes étudiés, formulation d'hypothèses, mise à l'épreuve rigoureuse de ces hypothèses en les soumettant à l'épreuve de l'expérience), de savoir admettre la force et l'usage régulier du récit au sein de la pensée scientifique et, partant, de s'autoriser à mobiliser ses ressources. Ainsi, en s'adressant aux modalités d'expression des représentations du monde les plus anciennes (mythes cosmogoniques de l'antiquité, contes, légendes et fabliaux, voire certaines utopies futuristes bien construites), on peut espérer obtenir l'expression verbalisée de la croyance intime des élèves, afin qu'elle soit réellement questionnée et par là authentiquement dépassée. Nous examinerons en particulier un retour d'expérience en classe, menée au cours des dernières années dans un lycée parisien.

I <u>Cadre théorique</u>

Nous ne ferons appel, dans cet article, qu'à des concepts assez élémentaires. Celui de récit d'abord, par lequel nous désignons un lien de narration tissé entre des faits (ou des points), que ce lien procède ou non de la fiction, l'important étant la mise en relation par une voie/x

narrative. Sur le chemin du récit, nous rencontrerons en particulier mythes, contes, légendes et fabliaux, toutes formes narratives ayant en commun le fait de raconter un ou plusieurs aspects du monde physique, biologique, psychologique. C'est d'ailleurs en cela que ces formes peuvent intéresser la question de l'enseignement des sciences à l'école, notamment par leur jeu, leur intersection avec le récit, souvent non verbalisé spontanément, que les élèves tissent entre des faits observés, appris ou présentés – et qui constitue la trame de ce que nous nommons « représentations initiales ».

La pensée scientifique crée elle aussi du lien entre des faits, des données, des observations ; et c'est à ce titre que nous parlons de pensée créative en sciences : la capacité à proposer un récit (qu'il s'agisse d'un article, d'une communication ou d'un ouvrage mais aussi d'un *modèle* (Comtet, 2009 ; Aït-Touati, 2011)) construit selon les règles de l'*art*, à savoir celles de l'ordre rationnel et de la validation expérimentale.

Revenons à la citation de Piaget (1998a, p. 78) mentionnée en introduction. Au cours d'une séance classique, l'enseignant devra : présenter en introduction l'objet d'étude, inviter chacun à exprimer ses représentations initiales sur cet objet, confronter ces représentations à des résultats d'expériences ou des observations, faire émerger une problématique, et enfin, inviter à l'élaboration d'activités expérimentales (prise en charge par les élèves) pour tester les hypothèses de travail. L'analyse des résultats expérimentaux sera pour chacun l'occasion d'une synthèse individuelle menée à l'écrit (des questions ouvertes pourront guider la réflexion). Ainsi, les traces écrites seront constituées des conclusions rédigées de ces différentes analyses menées par les membres du groupe ; à aucun moment il ne s'agira de soumettre l'élève à un savoir qu'il n'aurait pas lui-même construit au moins en partie.

Cependant, sur le terrain, l'enseignant est souvent écartelé entre les impératifs des programmes (Piaget (1988a) semble balayer cette contingence en affirmant qu'elle est liée à la persistance des examens), le calendrier très strict qui les accompagne et le travail dans la durée qu'imposerait une véritable mise en pratique de la pédagogie active. Le plus souvent, on assiste alors à la mise en place d'un *ersatz* dont Piaget liste d'ailleurs les écueils, en précisant ce qui distingue les méthodes intuitives des méthodes actives et comment on croit s'inscrire à peu de frais dans le cadre de la pédagogie active en mettant en œuvre avec les méthodes intuitives une forme non opératoire et purement figurative (Piaget, 1988b, pp. 99-104). Comment éviter au moins partiellement ces écueils ?

Deuxième point d'interrogation auquel une relecture « expérimentée » des textes de Piaget conduit : le peu de référence au groupe classe et à la place de l'enseignant devant ou dans ce groupe. La dynamique de ce groupe semble négligée dans cette approche pédagogique

centrée sur l'évolution de l'individu ; or, si le rapport individuel aux élèves de la classe peut y gagner, lorsque le groupe prend forme c'est le plus souvent contre l'enseignant et en faisant ressortir les sentiments les plus primitifs de chacun. Le rôle positif que peut jouer le groupe apparaît en revanche bien dans l'ouvrage *Ces enfants empêchés de penser* (Boimare, 2008), où l'auteur rend compte d'un travail effectué avec de très petits effectifs d'élèves en rupture avec le système éducatif. Il y décrit de jeunes adolescents « décrocheurs » dont les troubles sont très différents voire antinomiques ; ceux-ci finissent pourtant par progresser ensemble et s'enrichir de leurs différences.

En admettant le bien-fondé des méthodes proposées par Piaget en termes d'apprentissage des sciences en particulier, comment éviter ce qui peut donc se révéler un écueil supplémentaire devant certains publics ? Le ressort affectif, auquel on peut songer alors, est souvent décrit comme une ficelle méprisable et invalide dans le monde de l'enseignement ; pourtant, lorsqu'on lit les travaux de Freud (Freud, 2010) et Le Bon (Le Bon, 2013) sur le sujet, on s'aperçoit que ces deux auteurs mettent en avant la nécessité pour la structuration d'un groupe d'une tête ressentie comme « aimante » par chacun de ses membres. Ceci peut-il éclairer le succès d'une démarche comme celle de S. Boimare ?

Notre hypothèse est que l'expérience de S. Boimare pour ramener vers l'école (et ramener à la confiance envers l'institution scolaire) des enfants décrocheurs est reproductible avec bonheur y compris dans l'enseignement des sciences, parce que le détour par les récits de types mythologiques permet de venir à la fois jouer sur l'expression individuelle des représentations initiales et constituer le groupe avec à sa tête l'enseignant qui raconte. Ce faisant, on ouvre un espace dans lequel il sera possible pour l'élève de s'approprier une pensée créative en science ; les règles d'écriture de celle-ci n'inhibent dès lors pas plus, ni ne sont moins fécondes, que celles par exemple de la composition poétique ou harmonique.

II <u>Analyse et méthodologie</u>

L'approche proposée par S. Boimare pour réconcilier les adolescents décrocheurs avec les savoirs et la réflexion retient donc l'intérêt, en particulier quant à la possibilité de l'adapter à un contexte plus large que celui des centres médico-psycho-pédagogiques dans lesquels il a pu l'expérimenter. Cette approche reste, d'une certaine manière, peu éloignée de la micro-séquence pédagogique de base, telle qu'enseignée dans les ESPE (Ecoles Supérieures du Professorat et de l'Éducation) : représentation initiale, confrontation aux données de terrain, énoncé des problématiques, phase dialoguée, travaux pratiques, production personnelle écrite. Mais là où S. Boimare propose une approche qui sort du moule de l'enseignement

actuel, c'est en insistant sur l'importance du fil narratif, du plaisir d'écouter et l'apport indépassable des contes et des mythes livrés dans toute leur crudité (Vernant, 1999). Avec un groupe de jeunes adolescents « décrocheurs », il opère par exemple un travail à partir du récit des cosmogonies dans plusieurs mythologies. Chaque séance comporte trois phases : un temps de lecture, un débat entre les adolescents autour d'une question suscitée par ce qui vient d'être entendu, une production écrite personnelle enfin, qui autorise une réflexion créatrice individuelle. La phase de lecture contée des mythes remue les fantasmes primordiaux qui paralysent les apprentissages de ces adolescents. Ce faisant, elle semble donner le sentiment à chacun d'entre eux que le conteur le connaît, s'intéresse personnellement à ces douleurs, nourrissant ainsi l'affectif de la relation sans trop personnaliser les rapports. Le débat permet ensuite au groupe de se structurer dans l'écoute mutuelle : chacun y affirme sa position, sa focale, mais apprend aussi à argumenter et à relativiser son point de vue. Il y trouve une existence dans le groupe et s'y singularise. L'enseignant est régulateur dans ce débat sans, semble-t-il, prendre parti. Ce moment où chaque élève prend le temps d'exister en propre lui permet de restaurer une estime de soi dégradée, et autorise le passage à la production écrite où doit se développer une pensée et une réflexion personnelle, donc un retour sur soi habituellement source d'angoisse.

Pour explorer la validité de l'analyse et de l'hypothèse dégagée, nous avons eu la possibilité de nous appuyer sur un enseignement dans un lycée parisien accueillant un public particulièrement hétérogène, mais assez représentatif néanmoins d'un grand nombre d'établissements en France. Il a fallu adapter l'approche pédagogique d'une manière qui n'impliquait pas nécessairement dans un premier temps un travail en équipe, trop lourd pour une première expérimentation, sans non plus trop dévier de la progression normale des élèves. La pratique était déjà assez naturellement à l'œuvre dans le flux de l'heure de cours lorsqu'une tension se faisait sentir autour d'un concept, pour ramener à la réflexion commune ceux qui, découragés, s'en était éloignés : l'introduction d'un récit tiré de l'histoire des sciences ou d'une anecdote pour illustrer ou questionner ce qui initialement paraissait trop abstrait ou trop ardu.

Pour approfondir cette démarche, l'enseignement des Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS, innovation récente du programme de Seconde en France (MEN 2012)) est venu offrir opportunément la liberté pédagogique et de contenus qui semblait nécessaire. Parce que les MPS s'inscrivent dans les Enseignements dits d'Exploration, il était possible de fouiller de grands thèmes selon un fil directeur très narratif. A raison de 1h30 par semaine, cette nouvelle matière a donc ouvert une première phase de l'expérience, avec deux séquences [Couleurs et pigments puis Fabrication d'un savon de toilette] qui laissaient une large part à

l'expérimental, où le récit épistémologique a été travaillé sans pour autant que d'authentiques récits non scientifiques soient introduits ; et une troisième séquence, sur un mois et demi, durant laquelle on a :

- testé l'accueil par des adolescents du récit mythologique ou du conte dans le cadre du cours de sciences,
- observé la qualité des débats suite à ces récits,
- comparé cette modalité à l'usage plus classique de récits/films de sciences fiction, manière plus courante de mêler sciences et contes.

L'analyse « après coup » de cette première année d'expérience (Viguier, A. 2011) a été l'occasion de s'interroger sur la faculté du mode narratif à transcender les hétérogénéités d'attentes et de niveaux des élèves et la possibilité d'engendrer de réelles appétences scientifiques partagées, de façon à permettre la mise en place d'authentiques moments de pédagogie active et créative.

Les années suivantes, l'expérience a été renouvelée dans le cadre plus large de l'enseignement de Sciences de la Vie et de la Terre, toujours dans le même lycée.

Les récits mythologiques, contes, ou forme fabliau ont été introduits dans des contextes où l'expression de la croyance intime était primordiale pour réussir le dépassement de cette représentation, par le débat ou l'apport de nouvelles connaissances scientifiques construites. Nous avons en particulier eu recours :

- aux mythes cosmogoniques grecs en introduction d'une réflexion épistémologique sur l'élaboration de la théorie de la tectonique des plaques,
- aux contes ou à la forme fabliau pour susciter le débat au cours de divers autres séquences, notamment lors de cours sur l'évolution ou sur la physiologie de la reproduction ; il s'agissait ici de questionner des croyances ou normes culturelles qui restent le plus souvent impensées.

Bien entendu, cette expérimentation demande à être systématisée et élargie, mais il nous a paru pertinent de rendre compte ici d'une première mise à l'épreuve de la salle de classe de l'hypothèse présentées dans cet article.

III <u>Résultats</u>

A ce stade, la mise en pratique de notre hypothèse pouvait s'évaluer suivant deux modes : l'un qualitatif par le biais des retours de l'ensemble des équipes pédagogiques ; l'autre plus quantitatif, à travers les résultats obtenus par les élèves.

Les retours positifs des équipes pédagogiques ont concerné d'abord la capacité de ces élèves à faire groupe en étant néanmoins autonomes, ce qui constitue un premier indice de validation de notre hypothèse. Des élèves très faibles et au bord de la déscolarisation sont ainsi restés au lycée et ont obtenu un baccalauréat, même si tous n'ont pas suivi une filière scientifique pour autant. Quant à la teneur de la réflexion scientifique – la capacité à créer par soi-même de la pensée scientifique – on a pu observer que les élèves de 1ère scientifique passés par cet enseignement d'exploration, ont, comparés à leur camarades, mis en œuvre spontanément l'année suivante une recherche originale lors des TPE (Travaux Personnels Encadrés) alors même que ces travaux donnent souvent lieu à une compilation ou une paraphrase de documents trouvés sur la Toile. Ceci vient confirmer l'hypothèse que la forme de pédagogie mise en place l'année précédente a contribué à ce regain de confiance en soi qui permet de rédiger avec plus d'assurance et de plaisir une synthèse écrite originale. Fixer la réflexion par écrit engage et c'est ce que rechignent à faire les élèves ; le détour par le récit facilite, antérieurement à une mise en forme rigoureuse, l'expression d'une pensée scientifique ou, chez ceux qui possédaient déjà une certaine assurance, rend plus audacieux dans la formulation d'hypothèses de recherche.

Sur un plan plus quantitatif, si l'on regarde par exemple les résultats au Baccalauréat de la cohorte qui a poursuivi un cursus scientifique au lycée pendant les années d'expérimentation, il se trouve qu'ils ont été les meilleurs de la décennie dans cet établissement, et que les élèves sont aujourd'hui dans l'ensemble engagés dans des poursuites d'études supérieures prometteuses. L'expérience n'ayant pour l'instant été complète que sur une seule cohorte, il demeure néanmoins difficile de distinguer la part relevant de la nouvelle pédagogie mise en place de celle d'une simple fluctuation statistique inter-cohortes.

IV <u>Discussion</u>

Le cours de science est à tort considéré par les élèves comme un lieu qui ne laisse que peu de place à la créativité. Ils ont le sentiment que la démarche hypothético-déductive, calquée sur la démarche du chercheur (le *créateur* de connaissances scientifiques), et proposée comme la modalité de réflexion à privilégier dans le raisonnement, est partiellement factice. Il est vrai que pour plus de fluidité et pour répondre aux contraintes de temps et de programmes scolaires, on l'aménage à l'excès, donnant le sentiment que le raisonnement a été "écrit à l'avance".

Cependant, si on fait disparaître cette fluidité et que l'on invite les élèves à livrer un raisonnement authentique, un chemin de pensée original et créatif, beaucoup sont, peut-être

plus encore que dans d'autres disciplines, totalement tétanisés, ayant le sentiment qu'il faut connaître/savoir le Vrai en science avant d'entrer dans le processus créatif.

Les résultats présentés dans cet article découlent d'une découverte en quelque sorte inopinée : la manière dont les récits des origines, les mythes et contes de l'enfance sécurisent les élèves y compris les plus désorientés dans une discipline, et à un âge où les récits sont habituellement considérés comme un modèle dépassé. On peut y voir plusieurs raisons :

- L'usage du mythe en science permet d'abord de débloquer l'expression des représentations initiales. C'est en effet l'expression riche et imagée des croyances intimes, pour l'essentiel culturellement construites, mais pas seulement : ces récits livrent souvent les pensées premières sur le monde qui nous entoure en explicitant de manière crûe nos fantasmes primaires et nos raisons secrètes de continuer à y adhérer.

- On trouve trace d'une présence quelque peu insidieuse de ces récits dans le corpus proprement scientifique. En effet, l'histoire des sciences révèle la présence régulière de représentations tirées des cosmogonies (issues des récits créateurs qu'ils soient mythologiques ou religieux) dans des modèles scientifiques jusqu'au milieu du vingtième siècle (on songe par exemple à la persistance de l'idée d'une échelle des êtres (Nee, 2005)). Néanmoins, on s'est efforcé, au cours des dernières décennies notamment, et singulièrement dans l'enseignement, d'effacer toute trace de ces croyances qui en quelque sorte "polluaient" la pensée scientifique. Il semble pourtant très rassurant pour l'élève que le contenu de ces récits soit reformulé sans le caricaturer ni le moquer. Plutôt que de réfugier secrètement sa pensée dans des modèles créationnistes rassurants, il comprend mieux ainsi comment ces croyances peuvent être dépassées, même si elles continuent à nourrir notre imaginaire (le récit épistémologique des controverses successives dans la construction d'une théorie comme celle de la tectonique des plaques est à ce sujet exemplaire). Il est également utile de noter que, même lorsque le fond de ces représentations a été définitivement dépassé, chez de grands scientifiques comme Darwin par exemple (mais aussi Newton et sa pomme) la forme de ces récits perdurent dans la présentation qui est faite de leurs résultats : qu'ils soient ou non les auteurs de ces récits, la "tradition", scientifique cette fois, retient le périple initiatique de Darwin sur le Beagle et sa découverte des variations phénotypiques chez les pinsons alors que, tel Ulysse, il voyageait d'îles en îles dans l'archipel des Galapagos.

- Enfin, il semble important de réfléchir le fait que les sciences, en particulier celles de la vie, heurtent de plein fouet, par les sujets abordés et parfois par la crudité de leur propos, les fantasmes primaires des adolescents : elles les mettent à nu. L'usage du fond des contes et mythes, si ce n'est par leur contenu du moins par leurs formes, permet dans un premier temps

d'éveiller aux questionnements scientifiques d'une manière moins violente, et autorise de ce fait l'élève à devenir plus facilement à son tour l'auteur d'un nouveau récit, scientifique cette fois-ci, qu'il peut s'approprier.

Conclusion

Lorsqu'en sciences on parle de contes ou de mythes, c'est le plus souvent de manière fortement péjorative, pour opposer cette démarche à la rationalité des « vérités scientifiques » qui toutes découlent de démonstrations rigoureuses fondées sur l'analyse des faits. Piaget distingue d'ailleurs ainsi la vérité scientifique ou mathématique de la vérité en orthographe ou en histoire (Piaget, 1988b), et c'est pour les premières qu'il souligne la nécessité de procéder par pédagogie active.

Le risque est grand, à notre sens, en ne proposant comme modèle à l'activité des élèves que la construction scientifique rigoureusement aboutie, d'entraver toute forme de créativité par la pensée dans les matières scientifiques. Cela revient de surcroît à ignorer la grande part de contingences inhérentes à de nombreuses découvertes majeures et à laisser penser que la science enseigne une vérité immanente alors qu'elle ne fait part le plus souvent que de l'état de compréhension d'un sujet. En outre, si l'expérience vise à démontrer, l'histoire des sciences nous enseigne la prudence dans l'analyse des résultats et l'importance des divers artefacts. Il s'agit donc en cours de science d'éveiller un état d'esprit que l'on pourrait qualifier de rationalité critique, sur le fil du rasoir (du moins idéalement) entre ouverture aux manifestations multiples du réel tangible et intangible, et conscience de ce que l'on peut affirmer raisonnablement (ou révoquer en doute, pour citer Descartes). Et justement, dans ce sens, l'analyse théorique et l'expérience en classe rapportées ici semblent indiquer une véritable fécondité de l'usage du récit dans l'apprentissage et l'appropriation d'une démarche scientifique.

Pourquoi cette fécondité, cette efficacité ? Est-elle un indice de l'existence d'un quelconque lien entre des mythes, des récits fantastiques (voire fantasmatiques) et le fil narratif ténu que suit l'imagination créatrice du chercheur lorsqu'elle passe d'une hypothèse à l'autre ? Citons par exemple, chez les physiciens, la quête d'une interprétation (Heisenberg, 1971) des termes et des facteurs apparaissant dans une équation, et même la quête de l'origine de ces termes – puisqu'un même élément mathématique s'inscrit souvent d'emblée sur plusieurs chemins du monde mathématique (Gowers, T. in Doxiadis, A. & Mazur, B. (Eds) 2012). C'est là la force des mathématiques comme outil de modélisation, et peut-être la source de leur « déraisonnable efficacité en science » (Wigner, 1960), soulignée par Eugene Wigner, prix Nobel de physique 1963. Nous y verrions aussi volontiers, en piste à suivre de cette

recherche, un esprit commun aux mathématiques (pris comme image radicale du formalisme scientifique) et aux récits mythologiques ou contes, obtenus par décantation, par passage au double tamis du temps et de l'oralité pour les seconds, et/ou par construction consciente et explicite pour les premières, aboutissant en tout cas à une même puissance, une même capacité à se révéler un canevas très pertinent dans des situations très variées.

Bibliographie

Aït-Touati, F. (2011). *Contes de la Lune. Essai sur la fiction et la science modernes* Paris : Gallimard.

Angier, N. (2007). *The Canon. A whirlgig tour of the beautiful basics of science*. Boston : Houghton Mifflin Harcourt.

Boimare, S. (2008). *Ces enfants empêchés de penser*. Paris : Dunod.

Bulletin Officiel, Hors-Série n°3 du 19 juin 2008.

Commissariat général à la stratégie et à la prospective. (2014). *Les formations scientifiques : enjeux du système éducatif et du marché du travail*.

Comtet, A. (2009). Champs et particules : deux figures du continu et du discret dans les théories physiques. *Intellectica, 51*(1), 243-258.

Doxiadis, A. & Mazur, B. (Eds). (2012). *Circles disturbed: The Interplay of Mathematics and Narrative*. Princeton: Princeton University Press.

Freud, S. (2010). *Psychologie des masses et analyse du moi* (Altounian, J., Bouguignon, A., Cotet, P., Rauzy, A. ; trad.). Paris : PUF. (Œuvre originale publiée en 1921).

Heisenberg, W. (1971). Criticism and counterproposals to the Copenhagen interpretation of quantum theory, in *Physics and Philosophy: the Revolution in Modern Science.* London : George Allen & Unwin.

Le Bon, G. (2013). *Psychologie des foules*. Paris : PUF.

Ministère de l'Education nationale, de l'enseignement supérieure et de la recherche (2012). *Les programmes du lycée*.

Piaget, J. (1988a). *Où va l'éducation ?*. Paris : Gallimard.

Piaget, J. (1988b). *Psychologie et pédagogie*. Paris : Gallimard.

Nee, S (2005). The great chain of being. *Nature, 436*, 429.

Vernant, J.-P. (1999). *L'Univers, les dieux, les mythes*. Paris : Seuil.

Viguier, A. (2011). *Une année d'exploration scientifique avec les élèves d'une classe de seconde*. Mémoire du DU Psychopathologie des Troubles Intellectuels et Cognitifs de l'Enfant et de l'Adolescent (non publié), Université Paris-6, Paris.

Wigner, E. (1960). The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences. *Communications on Pure and Applied Mathematics, 13*(1), 1-14.