



HAL
open science

Méthodes et méthodologie : de l'apprentissage universitaire

Claire David

► **To cite this version:**

| Claire David. Méthodes et méthodologie : de l'apprentissage universitaire. 2015. hal-01134066v1

HAL Id: hal-01134066

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01134066v1>

Preprint submitted on 21 Mar 2015 (v1), last revised 28 Feb 2016 (v6)

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.

Méthodes et méthodologie : de l'apprentissage universitaire

Claire David

21 mars 2015

Université Pierre et Marie Curie-Paris 6
Laboratoire Jacques-Louis Lions - UMR 7598
Boîte courrier 187, 4 place Jussieu, F-75252 Paris cedex 05, France

Résumé

L'entrée dans le monde universitaire marque, en termes d'apprentissage, une rupture. Un enseignement spécifique de méthodologie, à même de donner, au public étudiant, les règles indispensables, est proposé en première année de licence. Nous proposons de replacer celui-ci dans un contexte plus général, avec, en perspective amont, les lumières sur les processus de l'apprentissage données par les sciences cognitives, pour aboutir, en aval, à des avancées en termes de formation.

Entering the academic world is, in terms of learning, nothing but a break. Specific teaching methodology, able to give students the essential rules, is proposed during the first year of license. We hereafter propose to enclose it in a broader context, with, as an upstream perspective, the lights on the processes of learning provided by cognitive science, leading downstream to advances in terms of training.

Mots-clefs : Apprentissage universitaire. Aspects cognitifs de l'acquisition des savoirs. Méthodologie.

Introduction

Dans l'Eutyphron, Platon relate la rencontre entre Socrate et le devin Eutyphron, figure de proue, dans l'Athènes du IV^e siècle avant J.C., de la droiture et de la piété. Socrate demande à son interlocuteur une définition de la piété : « Je veux savoir ce qui est caractéristique de la piété (...) pour m'en servir comme d'une règle. »

En lieu et place de la réponse attendue par Socrate, Eutyphron donne un exemple. Socrate insiste ; Eutyphron s'avère incapable de lui donner les règles qu'il attend. La quête de Socrate est la même envers d'autres experts - artisans, hommes politiques, poètes. A chaque fois, il s'avère extrêmement difficile de récupérer les règles attendues.

En 1983, l'article du cogniticien Edward Feigenbaum (Feigenbaum, 1983) donne des arguments permettant de mieux comprendre les difficultés rencontrées par Socrate dans sa démarche ; d'après lui, les règles utilisées par les experts sont si intimement intégrées à leur système de pensée et de raisonnement, qu'ils les appliquent de façon automatique, sans même en avoir conscience :

« Lorsque nous avons appris à lacer nos souliers (...) il nous a fallu faire à chaque phase de l'opération, un grand effort de réflexion (...). Maintenant que nous en avons lacé beaucoup, cette connaissance est "compilée", pour reprendre le terme informatique ; elle ne dépend plus de notre attention consciente. »

L'acquisition des savoir-faire requiert, en phase initiale, l'acquisition de règles, permettant de gravir, un à un, les différents stades de l'apprentissage (Dreyfus, 1992 et 2004), de l'étape de novice, à celle de « débutant avancé », pour passer à une phase de compétence, puis, de maîtrise, et, au final, d'expertise.

Si la plupart d'entre-nous les appliquent, comme Eutyphron, de manière très naturelle et implicite, elles n'en demeurent pas moins indispensables pour l'étudiant-apprenant, à son entrée dans le monde universitaire, et justifient un enseignement méthodologique dédié, répondant, par ailleurs, à une très forte demande de la part de la population étudiante.

Peu de références existent actuellement sur ce type d'enseignement, clé d'accès à l'apprentissage et au savoir en milieu universitaire, où la maïeutique socratique est, toujours et encore, d'une actualité brûlante : la réflexion personnelle de l'apprenant, son ontogenèse vers l'autonomie, tels sont les maîtres-mots de la formation dispensée. En rupture avec la conception béhavioriste de l'enseignement (voir Watson, 1913), dans un rapport classique maître-élève, enseignant-apprenant, la pédagogie active en regard, où l'étudiant est pleinement acteur de sa formation, requiert, au préalable, de lui « apprendre à apprendre ».

En 1894, dans l'un de ses rapports annuels au préfet et au Conseil général, l'inspecteur d'académie de la Somme, écrivait déjà :

« On veut d'abord, dans nos écoles, donner aux enfants les connaissances nécessaires à la vie moderne ; on veut ensuite (...) cultiver l'intelligence de l'enfant de façon à la rendre forte, souple, capable d'actions et d'efforts, apte à se gouverner, à travailler, à produire d'elle-même. En deux mots : on veut *apprendre* , et *apprendre à apprendre* (...). De ces deux tâches - nous sommes en 1894 -, la seconde est plus importante encore que la première. »

L'expression employée - « apprendre à apprendre », est, de fait, beaucoup plus ancienne. On la trouve, déjà, sous une forme légèrement différente, chez Johann Heinrich Pestalozzi, pionnier de la pédagogie moderne : « Apprendre avec la tête, avec le cœur et avec les mains ».

Intemporel, cet idéal systémique demeure pourtant d'une grande modernité. Les travaux récents de sciences cognitives permettent d'appréhender, de façon différente, l'acquisition des savoirs. Si l'individu-apprenant doit être au cœur du processus, celui-ci ne doit pas, ne doit plus, être un acte individuel et isolé. Le fait social cher à Durkheim (Durkheim, 1901), se transpose lorsque le groupe des apprenants se meut en catalyseur de l'apprentissage individuel.

En regard, le passage, pour l'étudiant-apprenant, par une phase de métacognition lui permettant la prise de conscience nécessaire à son engagement actif dans le processus, est incontournable, et devient un passage obligé.

Notre étude, qui se veut non exhaustive, a pour but de montrer les bénéfices d'un enseignement de méthodologie, en termes d'apprentissage universitaire. Nous exposons, dans un premier temps, les facteurs cognitifs liés à l'apprentissage, ainsi que les résultats récents de sciences cognitives, qui apportent un éclairage essentiel sur l'acquisition des savoirs. Dans un second temps, nous essaierons de dégager des principes généraux, avant de développer les spécificités disciplinaires incontournables.

1 Préambule : Sciences cognitives et apprentissage

Les neurosciences cognitives ont identifié quatre piliers de l'apprentissage, tels que rappelés par Stanislas Dehaene (Dehaene, 2012) :

- ↪ L'attention, qui est à la source de la connaissance et de l'action. Stanislas Dehaene explique que celle-ci fonctionne comme un « projecteur (...) qui amplifie l'apprentissage, mais avec un rayon d'action limité »¹.
- ↪ L'engagement actif : l'étudiant ne peut ingérer « passivement » des connaissances. L'apprentissage est optimisé par l'auto-évaluation : l'alternance de « périodes d'enseignement explicites », et d'auto-évaluations, facilite la métacognition, i.e. la connaissance objective de ses propres limites, l'envie d'apprendre plus. L'étudiant-apprenant doit apprendre à savoir quand il ne sait pas. On citera, notamment, les expériences de Henry Roediger et al. (Roediger, & Karpicke, 2008), qui montrent, de façon explicite, que les tests font partie intégrante des méthodes d'apprentissage, et y contribuent, de façon notable. Les travaux de Jeffrey Karpicke, Andrew Butlern et Henry Roediger (Karpicke, Butlern, & Roediger, 2009) mettent, quant à eux, en évidence, chez une grande partie des apprenants, une illusion de compétence : l'étudiant ne pense pas, en général, à se tester, ce qui explique une bonne partie de ses erreurs. En mathématiques, par exemple, l'étudiant qui donne une réponse fautive en étant persuadé de donner la bonne réponse, est l'exemple classique d'une métacognition incorrecte.
- ↪ Le retour d'information : signaux d'erreurs et valorisation individuelle. La rétroaction s'apparente, pour l'apprenant, à un retour d'expérience dont il tirera profit. En parallèle, la prise en compte de la progression de chacun s'avère indispensable dans un processus de valorisation et d'encouragement.
- ↪ La consolidation des connaissances, via une automatisation des pratiques, qui se fait grâce au transfert du conscient au non conscient, et permet ainsi une libération de ressources. Afin de libérer l'esprit pour d'autres activités, la connaissance doit devenir routinière. La maîtrise de la trigonométrie de base, ou encore, des développements limités, sont des cas exemplaires d'application : après l'apprentissage initial, la pratique régulière sur des exemples simples permet à l'étudiant d'acquérir, dans ces domaines, les « automatismes » requis pour résoudre des problèmes plus complexes : problèmes d'équilibre ou de dynamique en mécanique du point ou des solides ; étude du comportement asymptotique de fonctions ; etc ...

Les circuits cérébraux qui sous-tendent les apprentissages sont reproductibles. La répétition quotidienne, qui correspond, pour l'étudiant-apprenant, à revenir régulièrement sur ses notes et résumés de cours, favorise le transfert conscient/non-conscient évoqué précédemment : l'apprentissage est ainsi redirigé vers des circuits cérébraux automatiques. Le sommeil s'avère indispensable dans ce processus, pour permettre de consolider les acquis journaliers.²

Par rapport à ces quatre piliers, l'apport de l'interactivité s'avère essentiel. Il permet :

- ↪ De redonner un sens aux outils théoriques, en les replaçant dans un contexte d'application faisant intervenir des connaissances qui ne stagnent plus au seul niveau d'une théorie sinon trop abstraite.
- ↪ De faire varier les situations auxquelles est confronté l'étudiant.

1. <http://moncerveaualecole.com/education-et-sciences-cognitives-le-coup-de-gueule/>

2. http://u821.lyon.inserm.fr/_publications/_pdf/PhDThesis_ALBOUY.pdf

↪ Dans une limite raisonnable, et bien calibrée, de montrer à l'étudiant que pour résoudre un problème légèrement plus élaboré que celui où il est confronté, il doit acquérir de nouvelles connaissances, faute de quoi ses schèmes antérieurs ne seront plus suffisants (voir Jonnaert, 1999, Piaget, 1945 et Piaget, 1964). C'est la théorie systémique classique de l'écart déclencheur d'apprentissage.

On peut l'interpréter comme allant dans le sens où il faut créer des situations où l'étudiant prend conscience de ses limites, ce qui crée une dynamique remotivante chez l'apprenant, lui permettant de développer l'abstraction nécessaire. Les travaux des cognitivistes Henry Roediger, Jeffrey Karpicke et Franklin Zaroomb (Roediger, Karpicke, & Zaroomb, 2010), montrent que créer des situations d'apprentissage « plus difficiles », facilite et favorise l'acquisition des savoirs, dans la mesure où un surcroît d'engagement et d'effort cognitif est requis. Ainsi, un problème trop simple n'« interpellera pas » suffisamment l'apprenant. A contrario, passer du temps à réfléchir sur des choses plus complexes, rendra plus aisée la rétention de l'information. L'étudiant se souviendra de la difficulté : un défi intellectuel, s'il est bien calibré, est toujours source de motivation.

En termes de mémorisation, les sciences cognitives invitent à insister sur les principes « de base » suivants :

- ↪ l'apprentissage (d'un cours) se fait au jour le jour, en y revenant régulièrement.
- ↪ Lire son cours ne suffit pas. Il faut l'écrire. Les études, sur le sujet, sont sans appel. Nous citons Jean-Luc Velay, chercheur en dynamique des apprentissages (Velay, 2014) :

« Quand on apprend à écrire une lettre à la main, on fait un mouvement particulier, spécifique à chaque lettre. Cela crée dans notre cerveau une mémoire motrice, qui est réutilisée par notre cerveau quand on doit identifier visuellement les lettres. Quand on apprend les lettres au clavier, on ne crée pas cette mémoire motrice. »

Une étude récente, menée à l'université de Princeton, a testé les capacités de mémorisation de plusieurs groupes d'étudiants, face une vidéo TEDx³ (Mueller, & Oppenheimer, 2014). Une partie des étudiants prenait des notes sur un ordinateur portable, l'autre, plus classiquement, utilisait des feuilles, cahiers, stylos. Il apparaît, dans un premier temps, que les étudiants prenant des notes sur leur ordinateur, étaient plus sujets à la distraction, aux pertes d'attention, que les autres (consultation de sites webs, envois de messages, ...). Ensuite, en termes de maîtrise des concepts, les résultats du groupe en question se sont avérés bien moins bons que ceux du groupe « traditionnel ». La prise de notes « numérique » semble, ainsi, compromettre l'apprentissage. D'un point de vue cognitif, cela s'explique par le fait que l'implication des aires motrices du cerveau, correspondant à un tracé cursif, produit des connexions mnésiques plus complexes, et plus stables. La mémoire ne s'avère pas seulement visuelle, mais sensori-motrice.

Il est également intéressant de développer, chez l'apprenant, l'emploi et la construction de procédés mnémotechniques, qui faciliteront la rétention de l'information sur le long terme. Leur efficacité a été reconnue sur le plan scientifique : là encore, ce sont les travaux d'Henry Roediger, spécialiste de la mémoire, qui mettent en lumière les effets positifs afférents (Roediger, 1980). Pour quatre procédés différents, testés par quatre groupes distincts, les résultats se sont avérés bien meilleurs que dans le groupe témoin. A titre d'exemple, en mathématiques, pour retenir les formules donnant le sinus ou le

3. Le programme TEDx a pour but de permettre aux écoles, entreprises, groupes, de profiter de conférences TED : Technology, Entertainment and Design, mises en place par la *Sapling foundation* depuis 1984, dont la mission est de diffuser des « idées qui en valent la peine ». De nombreuses personnalités scientifiques, politiques, artistiques, de premier plan ont participé aux conférences TED (parmi eux : l'inventeur du Web Tim Berners-Lee, Bill Clinton, ...). Les archives vidéo (plusieurs milliers), sous licence Creative Commons, sont disponibles en ligne : <http://www.ted.com/>

cosinus d'un angle en fonction de l'angle moitié, on les retient mieux en se disant qu'au dénominateur des deux quantités, c'est un « plus », qui est le « plus fréquent », car revenant au dénominateur des deux⁴

Notons, aussi, les méta-analyses de K. Kavale, S. R. Mathur et S. R. Forness (Kavale, Mathur, & Forness, 1996 et 1997; Westwood, 2004), qui montrent que l'emploi de moyens mnémotechniques arrive en première place en termes d'efficacité dans la lutte contre le décrochage. En pratique, on peut citer, en référence, l'ouvrage d'Alain Lieury (Lieury, 2011).

2 Méthodologie : des généralités, aux spécificités disciplinaires

Les principaux objectifs d'un enseignement de méthodologie du travail universitaire sont :

- ↪ Découvrir le monde universitaire. Pour le bachelier fraîchement émoulu, l'université est un univers complexe, sans comparaison avec celui du lycée.
- ↪ Acquérir des méthodes de travail. Comment suivre un cours en amphithéâtre, prendre des notes, s'organiser, gérer son temps de façon autonome, en respectant ses rythmes chrono-biologiques.
- ↪ S'initier aux méthodes scientifiques, apprendre la rigueur, savoir raisonner.
- ↪ Apprendre à faire des recherches documentaires.
- ↪ Savoir analyser des documents écrits (articles, pages web, etc.). On ne redira jamais assez l'importance de cette technicité, qui, entre autres, prépare aux UE d'apprentissage par projets (A.P.P.), de plus en plus intégrées aux parcours de formation⁵.
- ↪ Savoir faire la synthèse des informations recueillies sous forme écrite et orale.
- ↪ Approfondir ses connaissances, développer sa curiosité scientifique.

Le suivi de Conférences scientifiques « grand public », dans l'esprit de ce qui a été mis en place à l'Université Pierre et Marie Curie depuis 2013⁶, s'avère extrêmement profitable. En donnant un aperçu des principaux enjeux scientifiques actuels, du monde afférent de la recherche, des parcours des intervenants, le public étudiant appréhende, sous un jour nouveau et porteur, son parcours de formation.

- ↪ Acquérir une démarche scientifique.
- ↪ Apprendre à travailler en groupe. Comme nous l'avons évoqué en introduction, il est important de noter que le groupe des apprenants agit alors comme catalyseur de l'apprentissage individuel. C'est le phénomène classique d'émulation, influence du fait social à la Durkheim (Durkheim, 1901).

4. Pour θ réel tel que $\frac{\theta}{2} \neq \frac{\pi}{2} + k\pi$, $k \in \mathbb{Z}$, on pose $t = \tan \frac{\theta}{2}$. On a alors :

$$\cos \theta = \frac{1 - t^2}{1 + t^2} \quad , \quad \sin \theta = \frac{2t}{1 + t^2}$$

5. On peut renvoyer, notamment, aux Ateliers de Recherche Encadrée (ARE) mis en place à l'UPMC :

http://www.licence.premiereannee.upmc.fr/modules/resources/download/11/UEtransversales/autres_ue-transversales/ficheUE.pdf

6. http://www.licence.premiereannee.upmc.fr/fr/enseignements/conferences_horizon_sciences.html

↪ Apprendre à utiliser les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) :

Depuis quelques années, l'enseignement universitaire recourt, de plus en plus, au support pédagogique offert par les plates-formes numériques⁷. Au-delà de l'aspect « support », émerge une nouvelle pédagogie, qui vient soit, de façon hybride, renforcer, compléter et redynamiser l'enseignement présentiel, dans une perspective connectiviste (Siemens, 2005) (voir David, 2015, pour plus de détails) : dans un monde où le flux d'informations, les outils numériques, sont en progression constante, l'apprentissage doit, nécessairement, prendre en compte le monde numérique « connecté » qui nous entoure.

La maîtrise des outils informatiques de communication (ONC) s'avère ainsi, pour l'étudiant, un passage obligé, de toute façon mis en place par la loi du 22 juillet 2013 relative à l'enseignement supérieur et à la recherche⁸. Si la manipulation basique d'une messagerie électronique ne présente pas, pour les étudiants, de difficulté particulière, ceux-ci, en revanche, sont nettement moins à l'aise dès qu'il s'agit d'automatiser certaines tâches : filtrage automatique, blocage d'adresses spécifiques, réponses automatiques, ... De même, les messageries instantanées (« chats »), la participation aux forums de discussion, sont d'un usage naturel pour une génération née à l'heure du numérique. En regard, des outils plus sophistiqués comme la visio-conférence, les plate-formes de travail collaboratif, permettant le partage, et la production de ressources par un groupe donné, sont bien moins maîtrisées. On note, de la part de la population étudiante, une demande de formation spécifique pour ces outils, dont la maîtrise, à terme, leur permet de passer le C2I (Certificat Informatique et Internet)⁹, qui répond aux exigences européennes en terme de compétences numériques¹⁰ :

« Un individu devrait avoir l'aptitude à utiliser des techniques pour produire, présenter ou comprendre une information complexe et l'aptitude à accéder aux services sur internet, à les rechercher et à les utiliser (...) pour étayer une pensée critique, la créativité et l'innovation. »

Enseignement transverse par excellence, la méthodologie, au-delà des principes généraux suscités qui s'appliquent à toutes les disciplines, se décline, dans un second temps, dans des versions spécifiques : nous présentons, dans ce qui suit, les méthodologies (non exhaustives) relatives à l'histoire, aux mathématiques, et aux sciences de la vie, qui nous semblent donner un aperçu significatif de ce qui peut être envisagé.

2.1 Sciences humaines : le cas de l'histoire

La méthodologie historique, qui peut être appréhendée comme l'ensemble des méthodes permettant de connaître les causes des événements, et leurs répercussions, consiste en un ensemble de procédés, de moyens, de règles. Etymologiquement, le mot « histoire » vient du grec « *Ιστοραι* », qui signifie « enquête » ; la méthode historique résulte, ainsi, d'une connaissance indirecte, à partir de sources documentaires, qui sont le passage obligé de l'historien. Celles-ci peuvent être de différentes natures : textuelles, ou iconographiques, pour les plus fréquentes. Après avoir rappelé que « L'histoire a pour but de décrire, au moyen de documents, les sociétés passées et leurs métamorphoses », voici la définition

7. Sakaï, Moodle, pour ne citer que les plus connues.

8. Article 29.2 : « Une formation à l'utilisation des outils et des ressources numériques et à la compréhension des enjeux qui leur sont associés, adaptée aux spécificités du parcours suivi par l'étudiant, est dispensée dès l'entrée dans l'enseignement supérieur, dans la continuité des formations dispensées dans l'enseignement du second degré. »

9. <https://c2i.education.fr/>

10. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006H0962&from=FR>

donnée par l'historien Charles Seignobos¹¹, fer de lance de l'école méthodique historique (Seignobos,) :

« ce qui sert à déterminer scientifiquement les faits historiques, puis à les grouper en un système. »

Dans la lignée du positivisme d'Auguste Comte, l'école méthodique met en avant les quatre règles suivantes :

- ↪ L'historien, ni juge, ni interprète du passé, doit en être le narrateur authentique.
- ↪ Il doit y avoir une séparation totale entre l'historien et le fait historique.
- ↪ L'histoire existant en elle-même, il est ainsi possible d'arriver à une retranscription exacte.
- ↪ La tâche de l'historien est de trouver et rassembler les faits vérifiés afin de constituer une histoire qui s'organisera d'elle-même.

Les règles directement applicables à l'histoire sont exposées par Charles Seignobos et Charles-Victor Langlois dans l'ouvrage « Introduction aux études historiques » (Seignobos, & Langlois, 1897), destiné aux étudiants. Dans un but d'objectivité absolue, l'école méthodique écarte toute spéculation philosophique, et impose l'applications de techniques rigoureuses concernant l'inventaire et l'analyse des sources, par un travail critique se décomposant, notamment, en :

- ↪ Une critique externe, qui porte sur la nature matérielle des documents étudiés : par exemple, pour une source écrite, le fait que ce soit un parchemin, la nature de l'encre , ...
- ↪ Une critique interne, qui s'intéresse à la cohérence de la source (on peut chercher, par exemple, à déceler, puis éliminer, d'éventuels anachronismes).
- ↪ Une critique de provenance, concernant l'origine des sources.
- ↪ Une critique sur la portée historique.

Citons à nouveau Seignobos : « L'historien est dans la position d'un physicien qui ne connaîtrait les faits que par le compte rendu d'un garçon de laboratoire ignorant et peut-être menteur. »

La naissance de l'Ecole des Annales, en 1929, conjointement avec celle de la revue « les Annales d'histoire économique et sociale », marque une avancée notable en termes de méthode historique. Elle introduit la « méthode comparative », déjà plus ou moins mise en œuvre par les grecs (voir « La méthode historique de Polybe »¹², et qui trouve un écho chez Emile Durkheim (Durkheim, 1896-1897) : « L'histoire (...) ne peut être une science que dans la mesure où elle explique, et l'on ne peut expliquer qu'en comparant. ». Les fondateurs des Annales, Lucien Febvre et Marc Bloch, veulent construire une histoire « totale », une histoire « globale » ; ainsi, pour Bloch, pratiquer la méthode comparative consiste à

« rechercher, afin de les expliquer, les ressemblances et les dissemblances qu'offrent des séries de nature analogue, empruntées à des milieux sociaux différents. »

L'Ecole des Annales, en rupture avec l'école méthodique de Seignobos, Langlois, prône l'ouverture vers les sciences sociales, le structuralisme, la psychologie, mais, aussi, l'épigraphie, l'archéologie, la numismatique, qui, de par la diversité des sources qu'elles procurent, permettent d'appréhender, sous un angle nouveau, l'histoire.

La « nouvelle histoire », qui voit le jour dans les années 1970, sous l'émanation de Fernand Braudel, suivi très vite par Georges Duby, Emmanuel Leroy Ladurie, François Furet, apparaît comme une

11. 1854-1942.

12. Vers 208 av. J.-C.- 126 av. J.-C.. Général, homme d'État, historien et théoricien politique grec.

version aboutie de celle de l'École des Annales : l'éthnologie, les études démographiques viennent compléter un socle de références en progression constante. L'ouvrage de Jacques Le Goff et Pierre Nora, « Faire de l'histoire » (LeGoff, & Nora, 2011), illustre magistralement le renouveau historique en jeu. La comparaison avec celui qui s'est opéré, en parallèle, en Mathématiques, est intéressante à plus d'un point de vue.

Sautons le pas : les avancées technologiques, en termes de datation, de documentation, d'utilisation des outils informatiques, marquent, depuis lors, une avancée notable en termes de méthodologie historique. D'un point de vue scientifique, par exemple, l'utilisation du carbone 14 permet désormais une datation précise. En ce qui concerne la documentation, l'accroissement de l'accessibilité des sources facilite, énormément, la tâche de l'historien, qui n'est plus nécessairement obligé de se déplacer pour consulter des archives. Ainsi, le fond FRUS (Foreign Relations of the United States), recueil historique des grandes décisions de politique étrangère des États-Unis, déclassifié, puis numérisé par le département d'Etat américain, est consultable en ligne¹³. Les modalités de traitement des sources évoluent elles aussi. En parallèle, des formes originales de diffusion de la recherche (blog, livres et revues électroniques) ont vu le jour. Enfin, de façon connectiviste (Siemens, 2005 ; David, 2015), les échanges scientifiques s'accroissent eux aussi (wikis, bibliographies collaboratives de type Zotero^{14 15}, réseaux sociaux dédiés sur Twitter comme « clioweb2 »¹⁶, ...)

Quelles sont, en pratique, les règles à enseigner aux étudiants¹⁷ :

- ↪ Qu'est-ce qu'une source ? Quels sont les différents types de sources ?
Pour un texte, on s'appliquera à mettre en évidence la date de celui-ci, l'identité de l'auteur, le support (retranscription d'un témoignage oral, article de revue, site web, etc ...), le sujet, le contexte.
- ↪ Comment faire une recherche bibliographique ? Quelles sont les normes à respecter pour une bibliographie ?
- ↪ Comment faire un commentaire de texte, un commentaire de documents ? (recherche des mots-clé, mise en évidence des idées principales, de la problématique, ...)
- ↪ Comment faire une analyse iconographique ?
- ↪ Comment rédiger une note, une fiche de synthèse ? Comment hiérarchiser, organiser les informations ? Éviter les paraphrases, le recopiage textuel ?
- ↪ Comment faire une analyse critique ?
- ↪ Comment construire un plan détaillé, équilibré, qui servira de point de départ à une étude approfondie ?
- ↪ Comment rédiger une introduction, une conclusion, une dissertation ?
- ↪ Comment faire un exposé oral ?

13. <http://uwdc.library.wisc.edu/collections/FRUS>

14. <https://www.zotero.org/>

15. Logiciel libre de gestion de références gratuit, open source, qui permet de gérer des données bibliographiques et des documents de recherche : fichiers PDF, images, ..., de générer des citations, notes et bibliographies pouvant être basculées dans les logiciels de traitement de texte usuels. Il est intégré au navigateur web. Enfin, les données issues de plusieurs ordinateurs peuvent être synchronisées.

16. <https://twitter.com/clioweb2>

17. On peut renvoyer, notamment, à Berthod, Pernot, Raflik, & Robin-Hivert, 2012).

2.2 Sciences fondamentales : les mathématiques

L'existence d'une méthodologie en mathématiques n'est pas récente. En 1817, le mathématicien allemand Bernhard Placidus Johann Nepomuk Bolzano¹⁸ publie un fascicule sur le sujet, intitulé « De la méthode mathématique » (Bolzano, 1817), qui constitue l'un des trois chapitres d'introduction de son ouvrage « La théorie des grandeurs ». Il y présente les principes fondamentaux de la logique, et redéfinit les propositions, concepts, ou, représentations objectuelles ; le lien entre un concept-représentation, et son objet, est particulièrement mis en valeur. La logique propositionnelle, qui est celle des relations entre propositions, arrive ensuite naturellement. Bolzano donne de nombreux exemples. Il est intéressant de noter que ceux-ci sont loin d'être abstraits ; ainsi, pour illustrer une relation de la forme « A possède la propriété B », il donne « l'âme de Cajus est immortelle ». De façon sous-jacente, Bolzano a donc bien compris la difficulté, pour beaucoup, d'une théorie abstraite, et la nécessité de donner des exemples très, très appliqués, qui, seuls, « interpellent », en renvoyant à des réalités concrètes favorisant la compréhension. La déductibilité, au cœur du raisonnement mathématique, qui conduit aux démonstrations objectives¹⁹ est ensuite étudiée. Le lecteur intéressé pourra trouver de plus amples développements dans l'étude de Jan Sebestik (Sebestik, 1992).

Si elle peut être considérée comme le début de la recherche sur les systèmes axiomatiques, la théorie bolzanienne de la démonstration n'en demeure pas moins un magnifique point de départ pour un enseignement de méthodologie mathématique. Faire prendre conscience à l'étudiant-apprenant que la preuve est au centre du raisonnement mathématique est un passage obligé. Que fait-on en mathématiques, si ce n'est résoudre des problèmes, en réfléchissant à tous leurs aspects, en proposant des conjectures, en étudiant les différentes possibilités, en testant, sur des exemples simples, ce que l'on obtient ? Le but ultime est la production d'un raisonnement, qui doit être rédigé de façon impeccable, claire et limpide, pour que le résultat obtenu apparaisse comme la chose la plus naturelle du monde. On peut citer le pédagogue suédois Johan Lithner (Lithner), qui définit le raisonnement comme :

« la ligne de pensée, ou la manière de pensée empruntée pour produire des constatations et arriver à des conclusions. L'argumentation est la validation, ou la partie du raisonnement dont le but est de se convaincre soi-même, ou quelqu'un d'autre que le raisonnement est bien choisi ou adéquat. »

Quelles sont les règles du raisonnement mathématique à enseigner aux étudiants²⁰ :

- ↪ Un énoncé mathématiques est soit vrai, soit faux. Lorsque celui-ci est donné (dans le cas d'un exercice, d'un problème), il n'est pas inutile de prendre le temps nécessaire pour le lire : les hors-sujets existent aussi en mathématiques. Lorsque l'on impose une méthode de résolution, il faut s'y tenir. De même, il ne faut pas changer les notations : si la variable s'appelle « m », il ne faut pas la changer en « x », cela fait partie de l'exercice, i.e. travailler avec des notations imposées.
- ↪ Toutes les notations utilisées doivent être définies, et les hypothèses précisées. Ce point est particulièrement important, beaucoup d'étudiants ne pensent pas à définir les quantités qu'ils utilisent. Au-delà de la spécificité mathématique, il s'agit, tout simplement, de la mise en place du cadre du problème. Si on effectue une expérience de chimie, on connaît la nature des réactifs : acide, ou base, par exemple, faute de quoi il est illusoire de se lancer dans quoi que ce soit. Il en est de

18. 1781-1848. Il était, à la fois, mathématicien, logicien, philosophe, théologien. Spécialiste d'analyse, il est, de nos jours, essentiellement connu pour être l'auteur du théorème des valeurs intermédiaires « TVI », moins fréquemment appelé théorème de Bolzano : si une fonction continue sur un intervalle I de \mathbb{R} prend deux valeurs réelles m et M , alors elle prend toutes les valeurs intermédiaires comprises entre m et M . Bolzano est aussi l'un des contributeurs, avec Karl Weierstrass, du théorème de Bolzano-Weierstrass : De toute suite bornée de réels, on peut extraire une sous-suite convergente.

19. i.e. conformément de la relation de raison à conséquence.

20. Cette liste n'est pas exhaustive!

même en mathématiques.

- ↪ Il est essentiel de choisir des notations adaptées, les plus explicites possibles. Ainsi, on appellera « petit m » la plus petite valeur, « grand M » la plus grande valeur, une matrice triangulaire sera désignée par la lettre « T », une matrice diagonale par la lettre « D », ...
- ↪ Un exemple n'a pas valeur de démonstration. Ceci-dit, c'est une aide extrêmement utile pour comprendre ce qui se passe, vérifier un premier résultat. Il est parfois difficile, pour un étudiant, d'étudiant une matrice de taille $n \times n$, pour n entier naturel non nul. Il comprendra mieux si, dans un premier temps, il explicite le cas $n = 2$, puis le cas $n = 3$. En outre, vérifier, sur ces exemples simples, lui évitera de donner une solution finale fautive.
- ↪ Pour débattre, on s'appuie sur des axiomes, vérités évidentes, mais propositions indémonstrables qu'il faut admettre²¹.
- ↪ Pour montrer qu'un énoncé est faux, il suffit d'exhiber un contre-exemple.
- ↪ Il est utile, lorsque l'on veut appliquer un résultat du cours, de réécrire, pour soi, l'énoncé exact : déjà, l'écriture favorise la mémorisation ; ensuite, il est plus facile de voir comment appliquer ce résultat. Dernier point : si c'est dans un devoir sur table ou un examen, cela aura le mérite de montrer que le cours est su, et donc de donner, déjà, un a priori positif au correcteur.
- ↪ Un dessin n'a pas valeur de démonstration. Par contre, le dessin est une aide précieuse pour « visualiser », comprendre, éviter de faire des erreurs ; on ne rappellera jamais assez l'utilité du tracé du cercle trigonométrique pour vérifier la cohérence d'une formule du type « $\cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)$ », pour θ réel.

La mise en forme du raisonnement en elle-même est essentielle. Celui-ci doit être rédigé de façon impeccable. A cet effet, on ne peut que renvoyer au magnifique texte de Michèle Audin (Audin, 1997) : « Conseils aux auteurs de textes mathématiques ».

Comment, en termes de méthode, l'enseigner aux étudiants ? Le recours à un logiciel de calcul formel s'avère une aide précieuse. Il permet de « donner vie » à des concepts souvent trop abstraits pour la majeure partie des étudiants, avec, en outre, un aspect « ludique » : « apprendre en s'amusant », ou comment manier plaisir et apprentissage. Chacun des points précédemment évoqués peut, ainsi, être testé et expérimenté « en vrai » par les étudiants. Certaines universités « pilotes » (UPMC notamment), ont mis en place ce type d'enseignement, en première année d'université, en ciblant les points suivants : simplification d'expressions et tracés graphiques, simplification et transformation d'expressions algébriques et trigonométriques, études de dérivées et limites, développement limités, nombres complexes, équations différentielles, calcul matriciel, ..., et en introduisant des applications pluridisciplinaires, à la physique notamment (projectile dans le champ de pesanteur, pendule simple et anharmonicités,

21. Historiquement, l'antériorité revient aux cinq postulats d'Euclide :

- i.* Il existe toujours une droite passant par deux points donnés du plan.
- ii.* Tout segment peut être prolongé indéfiniment en une droite.
- iii.* Etant donné un segment, il existe un cercle ayant pour rayon ce segment, et dont le centre est une des extrémités du segment.
- iv.* Tous les angles droits sont égaux entre eux.
- v.* Etant donné un point et une droite ne passant pas par ce point, il existe une et une seule droite passant par ce point, parallèle à la première.

système oscillant, ...), mais aussi à l'informatique (traitement de données, ...).

Un sondage réalisé parmi les étudiants ayant suivi un enseignement de ce type²², donne les retours suivants :

- ↪ intérêt de l'aspect « révision » des parties du programme de Mathématiques, accès direct à l'essentiel, qui permet aux étudiants de ne pas oublier ce qui a été vu antérieurement, et les habitue à consolider, régulièrement, leurs connaissances ;
- ↪ intérêt de l'aspect « vérification des calculs » (lorsque l'étudiant s'entraîne sur des exercices de Mathématiques pour lesquels il ne dispose pas d'un corrigé), ce qui favorise et aide grandement la métacognition ;
- ↪ intérêt de l'accès à des applications concrètes, ce qui permet de retisser le lien interdisciplinaire, et favorise la pratique et la maîtrise de techniques ciblées.

2.3 Sciences de la vie

La démarche expérimentale, au cœur des sciences de la vie, induit une méthodologie spécifique. Les éléments que nous présentons ici nous sont issus, en grande partie, de l'article de Michel Develay (Develay, 1989), et d'une étude interne réalisée par Caroline Dubacq, Richard Belvindrah, et Eric Duplus, enseignants-chercheurs en neurosciences (Dubacq, Belvindrah, & Duplus, 2015).

Dans le respect de l'éthique propre à la discipline, la démarche expérimentale procède des règles suivantes, en inter-relations les unes avec les autres :

- ↪ Avant tout : poser le problème, de façon claire et précise (par exemple : l'étude de la photosynthèse du blé).
- ↪ Ensuite : émettre des hypothèses.
- ↪ Dans un troisième temps, créer un protocole expérimental, pour observer et recueillir les résultats qui, ultérieurement, permettront de valider, ou d'invalider, les hypothèses émises. Il est important de ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois, de s'assurer de la parfaite reproductibilité de l'expérience (celle-ci doit pouvoir être recommencée dans les mêmes conditions, afin que les comparaisons soient viables), et de toujours faire référence à une expérience « témoin »
- ↪ Un seul échantillon ne suffit pas : les tests seront toujours réalisés à partir d'une collection de plusieurs. La nature de l'échantillon est, en outre, une caractéristique essentielle : organisme vivant, ou culture cellulaire, l'interprétation ultérieure ne sera pas la même.
- ↪ Analyser les résultats, puis les interpréter, et en faire une synthèse. Si besoin est, il faut revenir en arrière, recommencer l'expérience, ajuster le protocole, prendre d'autres échantillons, etc ...
- ↪ Si cela est possible, mettre un place un modèle, le plus fiable possible. Il est important de garder en mémoire que, aussi performant soit-il, celui-ci ne sera jamais parfait, et présentera toujours des limites.

En regard, des travaux de lecture critique, d'analyse comparative, sur des supports de type article scientifique, ouvrage de vulgarisation, le suivi de conférences grand public, s'avère très formateur, et, chose non négligeable, très apprécié du public étudiant.

22. Source : Dirk Stratmann, UPMC, 2014.

Conclusion

Les situations de décrochage, à l'Université, sont dues au fait que l'étudiant ne s'engage pas dans une tâche - un apprentissage - qui lui semble au-dessus de ses moyens (voir, notamment, Marra, 2012). Il apparaît donc essentiel de donner - redonner, via, notamment, des enseignements de méthodologie, les outils et la motivation nécessaires qui puissent permettre d'éviter ces situations. Beaucoup d'étudiants ne sont motivés que lorsqu'ils obtiennent, immédiatement, des résultats positifs. Le travail universitaire est un travail sur le long terme. Un moyen efficace consiste à orienter l'étudiant-apprenant vers la maîtrise des techniques enseignées, plutôt que vers des performances : la qualité plutôt que la quantité. La performance suivra nécessairement ensuite, comme en sport : ce n'est pas au début d'un entraînement que le sportif enregistre ses meilleures performances. Celles-ci viennent sur la durée, à force de persévérance et d'entraînement. Il en est de même pour l'apprentissage, sport intellectuel par excellence. Il n'est pas anodin que des enseignements de méthodologie, sur fond de thématique sportive, soient proposés aux étudiants de première année de licence²³.

Dans une optique de maîtrise des techniques, de consolidation des acquis, de mise en œuvre de contextes concrets d'application, l'interactivité offerte par les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH), est un atout méthodologique puissant. L'entrelacement des tâches permet à l'étudiant-apprenant de développer sa propre stratégie de l'apprentissage, de « self-monitoring », clé d'accès à de meilleures performances, dans la suite de sa formation.

En se plaçant dans une optique de métacognition prospective pour l'étudiant-apprenant, dans la lignée des travaux de Borkowski (Borkowski, 1897), la méthodologie du travail universitaire met les buts cognitifs de l'individu au centre du processus pédagogique, et contribue à l'amélioration de ses performances. La métacognition rétrospective, où l'étudiant accède à une phase d'autonomie par rapport à l'acquisition du savoir, lui permet de déterminer s'il progresse vers ces mêmes buts. Ce passage à la phase rétrospective correspond, en outre, à la transition entre le système scolaire, et le système universitaire : la pédagogie à dominante behavioriste, s'efface, pour laisser la place au connectivisme émergent (David, 2015).

Ce faisant, l'étudiant-apprenant bénéficie, ainsi, d'une « pédagogie active » (Ferrière, 1922 et 1924), et devient le véritable acteur de sa formation. Cela correspond, aussi, à sa prise en compte en tant qu'individu : on retrouve l'individualisation chère au sociologue Emile Durkheim (Durkheim, 1901). L'apprenant a ainsi de plus en plus de liberté pour développer sa personnalité, et donc sa vision du monde et des choses, qui va de pair avec sa capacité à acquérir de nouvelles connaissances.

D'un point de vue pédagogique, notons que les principes donnés par les sciences cognitives sont compatibles avec la liberté pédagogique de l'enseignant ; expérimentateur, il lui est ainsi possible de tester ce qui lui semble à même de favoriser et faciliter l'apprentissage.

23. C'est le cas à l'UPMC.

Références

- [1] Platon. Apologie de Socrate, Suivi de Criton et Euthyphron, Paris : Libro Philosophie, J'ai lu.
- [2] Feigenbaum, E., McCorduck, P. (1983). The Fifth Generation, New York : Addison-Wesley, page 55.
- [3] Dreyfus, H. L. (1992 et 2004). la portée philosophique du connexionnisme, in Introduction aux sciences cognitives, Daniel Andler (dir.), Paris : Folio essais, Gallimard.
- [4] Watson, J. D. (1913). Psychology as the Behaviorist Views it, *Psychological Review*, 20, 158-177.
- [5] <http://www.education.gouv.fr/archives/2003/debatnational/upload/static/1012032.pdf>.
- [6] Durkheim, E. (1901). Qu'est ce qu'un fait social ?, in Les Règles de la méthode sociologique, Paris : F. Alcan, Seconde édition.
- [7] Dehaene, S. (2012). Les grands principes de l'apprentissage, Collège de France.
- [8] Karpicke, J.D., Roediger, H.L. (2008). The critical importance of retrieval for learning, *Science*, 319, 966-968.
- [9] Karpicke, J.D., Butlern, A.C., Roediger, H.L. (2009). Metacognitive strategies in student learning : Do students practise retrieval when they study on their own ?, *Memory*, 2009, 17 (4), pages 471-479.
- [10] Jonnaert, P., Vander Borgh, C. (1999). Créer des conditions d'apprentissage : un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants. Bruxelles : De Boeck Université.
- [11] Piaget, J. (1945). La formation du symbole chez l'enfant : imitation, jeu et rêve, image et représentation, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- [12] Piaget, J. (1964). Six études de psychologie, Paris : Gonthier..
- [13] Zaromb, F. M., Karpicke, J.D., Roediger, H.L. (2010). Comprehension as a basis for metacognitive judgments : Effects of effort after meaning on recall and metacognition, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 36, 552-557.
- [14] Velay, J.L. (2014). In La fin de l'écriture manuscrite, émission radiophonique, France Inter, 7 Mai. Enregistrement audio disponible en ligne : <http://www.franceinter.fr/emission-le-zoom-de-la-redaction-la-fin-de-lecriture-manuscrite>.
- [15] Mueller, P. A., Oppenheimer, D.M. (2014). The Pen Is Mightier Than the Keyboard, Advantages of Longhand Over Laptop Note Taking, *Psychological Science*.
- [16] Roediger, H.L. (1980) The effectiveness of four mnemonics in ordering recall, *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 6, 558-567.
- [17] Kavale, K. A., Forness, S. R. (1996). Social skill deficits and learning disabilities : A meta-analysis, *Journal of Learning Disabilities*, 29(3), 226-237.
- [18] Kavale, K. A., Mathur, S. R., Forness, S. R. (1997). Effectiveness of social skills training for students with behavior disorders : A meta-analysis, *Advances in Learning and Behavioral Disabilities*, 11, 1-26.
- [19] Westwood, P. (2004). Learning and Learning Difficulties, a Handbook for Teachers, David Fulton Publishers Ltd.
- [20] Lieury, A. (2011). Une Mémoire d'Eléphant : Vrais trucs et Fausses astuces, Paris : Dunod.
- [21] Siemens, G. (2005). Connectivisme : Une théorie de l'apprentissage pour l'ère du numérique, *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1).
- [22] David, C. (2015). Béhaviorisme vs connectivisme : L'apport des environnements informatiques pour l'apprentissage humain dans l'hexagone, HAL.
- [23] Seignobos, C. (1901). La Méthode historique appliquée aux sciences sociales, Paris : Alcan ; nouvelle édition, 2014, disponible en ligne dans la Bibliothèque idéale des sciences sociales, avec une préface inédite d'Antoine Prost.

- [24] Seignobos, C. (1897, rééd. 1992, nouvelle édition 2014). Introduction aux études historiques, en collaboration avec Charles-Victor Langlois. Disponible en ligne dans la Bibliothèque idéale des sciences sociales, avec une préface inédite de Gérard Noiriel.
- [25] Ouvrages historiques de Polybe [traduction de Dom Thuillier], Hérodien [traduction de Mongault] et Zozime [traduction du président Cousin], avec notices biographiques. In J.-A.-C. Buchon, A. Desrez (Eds) (1836). Disponible sur Gallica.
- [26] Durkheim, E. (1896-1897). L'année sociologique, 1, page ii.
- [27] Le Goff, J., Nora, P. (2011). Faire de l'histoire : Nouveaux problèmes, nouvelles approches, nouveaux objets, Paris : Folio, Gallimard.
- [28] Berthod, T., Pernot, F., Raffik, J., Robin Hivert, E. (2012)., Je réussis en histoire, Coll. Je réussis, Paris : Armand Colin.
- [29] Ferrière, A. (1922). L'activité spontanée chez l'enfant, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- [30] Ferrière, A. (1922). L'école active, Neuchâtel ; Genève etc. : Forum.
- [31] Ferrière, A. (1922). Les types psychologiques chez l'enfant, chez l'adulte et au cours de l'éducation, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- [32] Ferrière, A. (1924). La pratique de l'école active, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé
- [33] Biemiller, A., Meichenbaum, D. (1992). The nature and nurture of the self-directed learner, *Educational Leadership*, 50, 75-80.
- [34] Bolzano, B. (1817). Œuvres choisies. In Jan Sebestik & Carole Maigné (2008), De la méthode mathématique, Correspondance avec F. Exner, Vol. 1, Paris : J. Vrin.
- [35] Sebestik, J. (1992). Logique et mathématiques chez B. Bolzano, Paris : J. Vrin.
- [36] Euclide. Les éléments, Paris : Presses Universitaires de France.
- [37] http://www.publibook.com/librairie/images/9782748390650_d.pdf.
- [38] Audin, M. (1997). Conseils aux auteurs de textes mathématiques, <http://www-irma.u-strasbg.fr/maudin/autresarticles.html>.
- [39] Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale, *ASTER* numéro 8, Expérimenter, modéliser, INRP. disponible en ligne : <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA008.pdf>
- [40] Dubacq, C., Belvindrah, R., Duplus, E. (2015). Etude interne, Méthodologie en sciences de la vie, UPMC.
- [41] Marra, M. (2012). Performance, apprentissage et santé des étudiants, *Les Tribunes de la santé*, 2(35), 51-56.
- [42] Durkheim, E. Les Règles de la méthode sociologique, Paris : F. Alcan, Seconde édition.
- [43] Borkowski, J., Carr, M., et Pressely, M. (1987). "Spontaneous" strategy use : Perspectives from metacognitive theory. *Intelligence*, 11, 61-75.