HAL
open science

Béhaviorisme vs connectivisme : L'apport des environnements informatiques pour l'apprentissage humain dans l'hexagone

Claire David

To cite this version:

Claire David. Béhaviorisme vs connectivisme : L'apport des environnements informatiques pour l'apprentissage humain dans l'hexagone. 2015. hal-01134067

HAL Id: hal-01134067

https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01134067

Preprint submitted on 21 Mar 2015

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.

Béhaviorisme vs connectivisme : L'apport des environnements informatiques pour l'apprentissage humain dans l'hexagone

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

On s'intéresse, dans ce qui suit, à l'apport des environnements informatiques sur l'apprentissage humain (EIAH) dans l'hexagone. SPOCs, MOOCs, apparaissent comme les vecteurs permettant la constitution d'un socle de connaissances initiales. La mise en place de parcours personnalisés s'avère un passage obligé. L'interactivité agit dans la consolidation des connaissances. La scénarisation permet de retisser le lien interdisciplinaire, en introduisant des contextes concrets d'application. Enfin, les jeux sérieux, mêlant des sollicitations visuelles, auditives, et kinesthésiques, permettent une immersion favorisant la pratique et la maîtrise de techniques ciblées, dans un contexte ludique porteur de challenges intellectuels à destination de l'apprenant.

In the following, we study the contribution of information technology (IT) environments on human learning in France. SPOCs, MOOCs appear as the initial knowledge vectors. The introduction of personalized courses proves a must. Interactivity plays a major role as concerns the consolidation of knowledge. The use of scripts allows to take into account interdisciplinary links, and enable one to introduce concrete contexts of application. Finally, serious games, combining visual stress, auditory, and kinesthesical ones, create an immersion which helps promoting the practice and mastery of targeted skills, in a carrier playful context of intellectual challenges to the learner.

Introduction

Depuis quelques années, l'enseignement universitaire recourt, de plus en plus, au support pédagogique offert par les plates-formes numériques [1]. Au-delà de l'aspect « support », émerge une nouvelle pédagogie, qui vient soit, de façon hybride, renforcer, compléter ou redynamiser un enseignement présentiel, soit s'y substituer, dans le cadre d'un enseignement à distance. La conception béhavioriste de l'enseignement [1], dans un rapport classique maître-élève, enseignant-apprenant, orientée vers la prédiction et le contrôle du comportement de l'invidu-apprenant, et fondée sur des schémas logiques mettant en relation stimuli et réactions, peut-elle encore être d'actualité ?

Jean Piaget [2], [3], le premier, a montré les limites d'une telle conception, en insistant sur la nécessité, dans toute démarche pédagogique, de prendre en compte l'adaptation progressive de l'apprenant, dans une vision constructiviste où l'individu, libre de tout conditionnement, et dans un processus de reconstruction à l'origine de son socle de connaissances, s'approprie le monde qui l'entoure.

Mais ce n'est qu'avec l'émergence du connectivisme [4], [5] développé par George Siemens et Stephen Downes [6], version raffinée du néo-constructivisme de Lev Vygotski [7], et plus aboutie que la

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

théorie de l'apprentissage social d'Albert Bandura [8], où la part essentielle de l'acquisition des connaissances s'acquiert par un phénomène de l'ordre du mimétisme social, que les spécificités du monde numérique, et leur influence sur l'apprentissage, sont véritablement prises en compte. Le connectivisme, théorie de l'apprentissage à part entière, l'appréhende à travers l'image d'un réseau composé de nœuds - les informations reçues par l'apprenant, ses réactions, etc ..., reliés entre eux par des connexions - interactions (neuronales, cognitives, conceptuelles, sociales, ...), qui sont la clé de l'accès au savoir.

Voici la définition qu'en donne George Siemens [4] :

« Le connectivisme est l'intégration des principes explorés par les théories du chaos, théories des réseaux (et la théorie de l'information), de la complexité (et la systémique) et les théories de l'auto-organisation. L'apprentissage est un processus qui se produit dans des environnements nébuleux composés d'éléments de base en mouvement - et le processus d'apprentissage n'est pas entièrement sous le contrôle de l'individu. L'apprentissage (processus défini comme la connaissance pouvant être actionnée) peut résider en-dehors de nous (au sein d'une organisation ou une base de données), et se concentre sur la connexion d'ensembles d'informations spécialisées, les liens qui nous permettent d'apprendre davantage sont plus importants que l'état actuel de notre connaissance. »

Un des points essentiels du connectivisme réside dans le fait que l'apprentissage n'est plus un acte isolé et individuel : dans un monde où le flux d'informations est en progression constante, une théorie de l'apprentissage doit, nécessairement, prendre en compte le monde numérique « connecté » qui nous entoure. Tout ce qui favorise ces connexions rentre dans le cadre connectiviste. Dans l'esprit de George Siemens et Stephen Downes, cette doctrine revisite béhaviorisme, cognitivisme et constructivisme en une version aboutie et adaptée au monde numérique, égide la plus appropriée aux nouveaux environnements informatiques pour l'apprentissage humain.

Dans une perspective de type ASPI [2], notre étude, qui s'intéresse à différents aspects en jeu dans le cadre des environnements informatiques pour l'apprentissage humain, suivra le déroulement suivant :

- ⇝ Dans un premier temps, en nous plaçant dans une perspective historique récente, nous nous intéresserons à l'aspect « formation initiale », i.e. la mise à disposition, pour l'apprenant, d'un socle de connaissances, cours et exemples travaillés, via des outils de type SPOC ou MOOC, puis analyserons les résultats dont on dispose actuellement sur ces outils ; en particulier, nous montrerons la part béhavioriste, ou connectiviste, innérente à certains de ces outils.

- ⇝ Nous examinerons ensuite la nécessité de mettre en place des parcours personnalisés, adaptés à la progression individuelle de chacun.

- ⇝ Dans un troisième temps, nous développerons l'aspect « consolidation des connaissances », requis dans tout apprentissage.

- ⇝ Nous nous intéresserons ensuite à l'aspect « scénarisation », qui permet, en retissant le lien interdisciplinaire, de donner une motivation supplémentaire à l'apprenant, en lui présentant des exemples concrets d'application.

- ⇝ Enfin, nous évoquerons brièvement les « jeux sérieux », et l'apport qu'ils peuvent constituer.

Ces différentes parties ne sont pas complètement disjointes les unes des autres. La flexibilité, l'adaptabilité des environnements numériques permet de les combiner, en proportion variable, dans un ordre qui n'est pas toujours défini de façon rigide et peut, au contraire, s'adapter au profil de l'apprenant.

2. Analyser, soutenir, et piloter l'innovation.

1 Formation initiale : SPOCs/ MOOCs, l'outil de départ

Tout apprentissage requiert la mise à disposition d'un socle initial de connaissances à destination de l'apprenant. Suivant le type de public et/ou, de formation, on choisit d'opter pour un MOOC (Massive Online Open Course) [3], un FLOT (Formation en Ligne Ouverte à Tous), ou un SPOC (Small Private Online Course).

Historiquement, la paternité du MOOC peut être attribuée aux connectivistes canadiens George Stevens et Stephen Downes [6], qui peuvent, à juste titre, être considérés comme les premiers « MOOCers », concepteurs et initiateurs d'un MOOC, et ont joint le geste à la parole, en proposant gratuitement à tous leur cours « Connectivisme et connaissance connective » . L'abréviation « MOOC », obtenue comme acronyme de « MMO » - Massively Multiplayer Online Game, et de « Open Course », traduit parfaitement les intentions des deux géniteurs. A la différence des MOOCs actuels où l'apprenant ne dispose pas de la possibilité d'intervention comme dans un enseignement magistral présentiel où chacun peut librement poser des questions à l'enseignant, le public pouvait participer via des forums de discussion sur la plate-forme Moodle, ou par l'intermédiaire d'avatars dans « Second Life ».

Ce premier MOOC a été suivi d'un certain nombre de cours filmés. Il y a quelques années, on trouvait notamment, sur le site du Massachusetts Institute of Technology (MIT), les cours d'algèbre linéaire de Gilbert Strang [4], parmi un catalogue très riche d'enregistrements vidéos. Hormis la diffusion au sein de cercles relativement restreints, peu de publicité était faite pour ces proto-MOOCs. Il faut insister sur le fait qu'il n'existait pas, à l'époque, de modèle financier viable pour une diffusion simultanée et massive. Les coûts d'hébergement sur les plate-formes, très élevés, sont un paramètre important à prendre en compte. D'autre part, pour des raisons d'attractivité pédagogique, il faut que les produits soient comparables, en termes de qualité, à ceux d'une réalisation télévisuelle (haute définition, fonds travaillés bleus ou verts, mise à disposition de prompteurs pour les intervenants, caractères récurrents d'une série, plans tournants, images en soutien, plan défilant, incrustations qui viennent mettre en lumière les points clefs, ...), ce qui ajoute des contraintes supplémentaires. Le MOOC existe donc déjà, de fait, mais à l'état de prototype.

En 2004, un financier américain de Boston d'origine indienne, Salman Khan, commence à donner de petits cours de Mathématiques à l'une de ses parentes qui vit à la Nouvelle-Orléans. Il utilise le bloc note Doodle de Yahoo [5]. Face à la demande de proches, il poste des vidéos-tutoriels sur Youtube : dix minutes d'enregistrement, avec des illustrations obtenues avec le logiciel libre SmoothDraw. Les captures sont faites avec Camtasia Studio. Le succès est grand ; en 2009, on compte plus de 35000 visionnages par jour. L'un des avantages soulevés par la cousine de Khan consiste en la possibilité d'utiliser la fonction « pause » lorsque l'on ne comprend pas. Rapidement, Khan laisse de côté son emploi dans la finance, mettre en place la Khan Academy [6].

La France n'est pas en retard. En 2010, le mathématicien Etienne Ghys, en collaboration avec le graphiste néerlandais Jos Leys, et un étudiant, Aurélien Alvarez, produit le film « Dimensions ... une promenade mathématique ... » [7]. Même s'il n'en porte pas le nom, c'est un MOOC : constitué de neuf chapitres, chacun d'une durée de treize minutes, il propose, via différentes possibilités de combinaison des épisodes, pas moins de six parcours différents : collégien ; lycéen ; lycéen scientifique ; premier cycle scientifique ; second cycle scientifique ; grand public. « Dimensions » est suivi, en 2013, par « Chaos - Une aventure mathématique » [8].

3. Le sigle de la traduction française correspondante, CLOM, pour Cours en Ligne Ouverts et Massifs, est peu utilisé.
4. http ://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-06-linear-algebra-spring-2010/
5. https ://info.yahoo.com/privacy/fr/yahoo/notepad/.
6. Source : https ://fr.khanacademy.org/about/the-team
7. http ://www.dimensions-math.org/.
8. http ://www.chaos-math.org.

Simple phénomène de mode, fait social à la Durkheim [9], ou début de modification profonde du paysage éducatif et universitaire, l'effet « MOOC » jaillit comme une traînée de poudre en 2013. Au mois de Février, le Gouvernement français adopte, selon les termes employés, une « feuille de route ambitieuse » pour le numérique ; la priorité, l'accent, sont mis sur la jeunesse, l'école, l'université, en vue d'offrir, en ligne, une offre de formation initiale et continue généraliste, en faisant évoluer la pédagogie. La loi numéro 2013-660 du 22 juillet 2013 relative à l'enseignement supérieur et à la recherche en prend acte, en inscrivant le numérique comme « levier d'une université en mouvement » [9]. Pour favoriser la réussite et l'insertion des étudiants, un agenda numérique, qui comporte dix-huit actions, est mis en place.

En Août 2013, une énorme vague de publicité sur la Khan Academy est faite en France, juste avant la rentrée de Septembre : une révolution semble en marche. Le 2 Octobre 2013, Geneviève Fioraso, ministre de l'Enseignement Supérieur, lance France Université Numérique (FUN), la première plateforme numérique française de MOOCs, réalisant ainsi le premier volet de l'agenda pré-cité.

Il est intéressant de constater que l'on assiste à un phénomène massif d'apprentissage global sur le « savoir MOOC », l'effet collectif résultant, pour les entités-individus composant le paysage universitaire français, en une mise à niveau rapide des connaissances sur le sujet. En même temps, les appels à projets foisonnent, créant une émulation, et suscitant la concurrence.

Effet domino, chacun veut son MOOC. Le premier MOOC français, semestriel (septembre ou mars), sur le thème de la gestion de projet (MOOC GdP), est initié par l'Ecole Centrale de Lille, en 2013. Il rencontre un grand succès (300 000 inscrits). Sous réserve de répondre à des questionnaires, et de passer un examen terminal, l'apprenant peut se voir délivrer une attestation de réussite, ou une certification correspondant à trois niveaux de difficulté : un premier parcours classique, qui correspond à une charge de travail de deux à trois heures par semaine, où il faut obtenir un taux de réussite de 70 % de bonnes réponses aux quizz proposés à la fin de chaque séquence vidéo, et 60 % à l'examen ; un parcours avancé, avec une charge plus lourde de six à neuf heures de travail hebdomadaire, des devoirs évalués entre pairs ; enfin, un parcours par équipes, naturel dans une formation de gestion de projet, collaborative par essence. Les résultats affichés montrent, globalement, une évolution positive au cours du temps ; les figures suivantes présentent les résultats obtenus [10] pour :

- ⇝ En rouge, le taux d'entrée réel, qui est le taux de base non raffiné

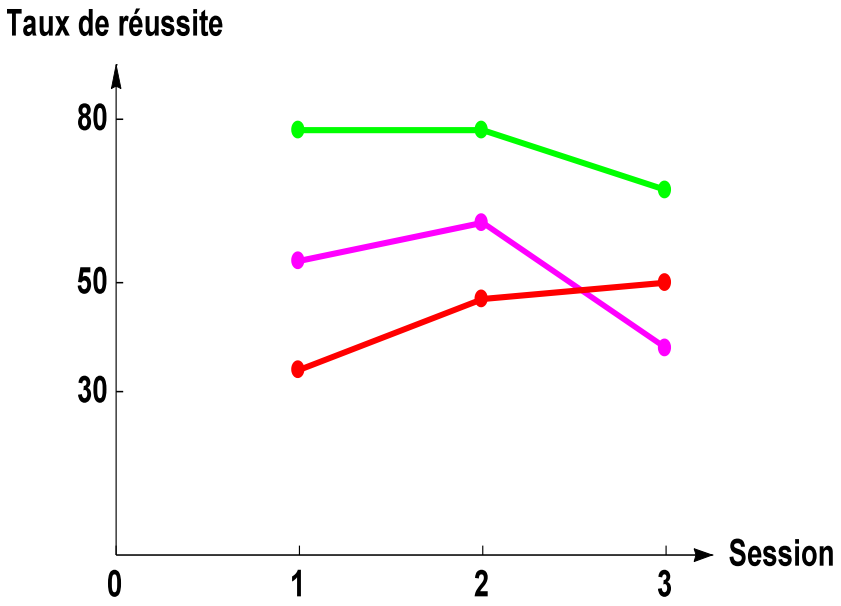
$$\frac{\text{Nombre d'inscrits}}{\text{Nombre d'étudiants ayant réussi l'un des parcours}}$$

- ⇝ Le taux de réussite réel, qui ne prend pas en compte les apprenants ne suivant pas, ou partiellement seulement, la formation (auditeurs libres, fantômes, arrêts en cours de parcours) ; les résultats du parcours simple sont en magenta, ceux du parcours « avancé », en vert.

Dans une perspective d'analyse des apprentissages (« Learning Analytics »), on note, déjà, une fidélisation de la population apprenante, qui se traduit par une augmentation du taux de réussite réel ;

9. Article 9 : « Le service public de l'enseignement supérieur met à disposition de ses usagers des services et des ressources pédagogiques numériques. »
Article 12 : « Il soutient le développement des établissements français et des enseignements en langue française à l'étranger ainsi que le développement de services et ressources pédagogiques numériques favorisant la connaissance et la promotion de la langue française.
Article 29 : « Les établissements d'enseignement supérieur rendent disponibles, pour les formations dont les méthodes pédagogiques le permettent, leurs enseignements sous forme numérique. (...) 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 »

10. Source : Rémi Bachelet, responsable du MOOC :
https ://plus.google.com/u/0/115161620525224497395/posts/P8ENq7NbEPX.



Les taux de réussite du MOOC GdP.

en ce qui concerne le taux de réussite avancé du parcours simple, il est en constante progression ; enfin, le taux de réussite avancé du parcours le plus difficile, même s'il semble subir une légère diminution, varie peu.

Les 25 MOOCs proposés sur FUN rencontrent, également, de leur côté, un vif succès ; on comptabilise, en moyenne, plus de 3300 inscrits par MOOC [11]

Une seconde vague voit le jour en 2014. On trouve sur FUN, notamment, un MOOC de droit des entreprises, mis en place par l'université Paris I-Panthéon Sorbonne. Le meilleur est à venir : 37 nouveaux MOOCs sont prévus pour la seule année 2015. Après un premier MOOC du professeur d'informatique Fabrice Kordon, « Programmation sur Iphone et Ipad » [12], l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, continue son entrée sur la scène des MOOCs avec le médaillé Fields, académicien, Cédric Villani, et Diaraf Seck (Université Cheikh Anta Diop, Dakar), sur le thème « Equations différentielles : de Newton à nos jours », prérequis à l'étude des équations d'évolution. D'une durée de sept semaines, il est destiné à un public de niveau Licence 3 ou plus ; les séquences de cours sont assorties de questionnaires à choix multiples (QCM), d'exercices d'applications, d'exemples interactifs. Par contre, il n'est pas prévu de certification, ni d'attestation de réussite.

Les universités françaises ne sont pas les seuls établissements à s'intéresser à cette nouvelle forme de diffusion des connaissances et du savoir. Le MOOC « Questions stratégiques », mis en place par le Conseil Supérieur de la Formation et de la Recherche Stratégiques (CSFRS, Groupement d'Intérêt Public (GIP), CNRS) [13], prévu pour la fin du premier trimestre 2015, comportera des interventions de spécialistes prestigieux comme l'académicien et historien Georges-Henri Soutou, l'ancien ministre Bernard Kouchner, ..., et une pléthore de spécialistes reconnus et à la pointe des thématiques politico-militaires en jeu (Olivier Zajec, François David, Martin Motte, ...) Là encore, le cours est proposé sur sept semaines, avec quarante cours découpés en séquences de quatre à dix minutes chacune. Les séquences de cours sont, elles aussi, suivies de questionnaires à choix multiple (quatre à cinq questions par cours, dix questions par semaine, puis une ensemble d'une trentaine de questions portant, sur l'ensemble des sujets traités, en vue, cette fois-ci, de délivrer une attestation de suivi.

11. Source : FUN.
12. http ://www.upmc.fr/fr/formations/tice/mooc_iphone_ipad2.html
13. Le maître d'œuvre est le géneral Latour.

En termes de plateforme, FUN n'a pas le monopole. Des prestataires extérieurs comme UNOW hébergent des MOOCs d'écoles comme HEC, l'ESSEC, Centrale de Lyon notamment.

Face à l'évolution de l'offre, il est important de s'intéresser de plus près à la nature et aux caractéristiques des MOOCs. Il existe, de fait, deux catégories de MOOCs : le xMOOC et le cMOOC. Le xMOOC, où le « x » en tête d'acronyme est là pour marquer le flou qui l'entoure, empruntant aux mathématiques l'assimilation de l'inconnue à la lettre « x », repose sur une approche classique de la salle de classe, étendue à un auditoire potentiellement infini. Plus en phase avec l'approche constructiviste du connectivisme, le cMOOC [14], permet à l'apprenant d'être acteur de sa formation. Le cMOOC fonctionne sur le modèle des wikis, où chacun peut apporter sa contribution en termes de connaissances, via des forums ou blogs de discussion. Le modèle de référence ne requiert pas nécessairement d'enseignant (sur le principe des assemblées religieuses sans célébrant) ; une équipe de modérateurs-encadrants, structurent discussions et contenus. Le numérique ne rend pas hermétique la frontière entre xMOOc et cMOOC. Bien au contraire, le MOOC peut se concevoir comme un mélange des deux, où les parts respectives xMOOc et cMOOc sont en proportion variable.

L'aspect financier est à prendre en compte. Le coût prévisionnel, toujours élevé, d'un MOOC, fait intervenir les paramètres suivants :

- ⇝ la durée d'enseignement prévue (nombre de semaines) ;
- ⇝ la durée de préparation du projet ;
- ⇝ le nombre d'intervenants ;
- ⇝ la nature et la fréquences des ressources proposées : séquences vidéos, questionnaires, exercices d'application, exercices ou exemples interactifs ;
- ⇝ la durée d'enseignement prévue (nombre de semaines) ;
- ⇝ l'éventuel nombre de parcours proposés.

Si l'on peut estimer, en moyenne, entre quatre et six mois le délai minimum de conception d'un MOOC, il est raisonnable de prévoir un délai d'au moins une année par MOOC. Le MOOC « questions stratégiques », lancé en mars 2014, ne sera pas actif avant mai 2015.

La place du MOOC est pourtant difficile à définir. Malgré un affichage enthousiaste en termes de nombre d'inscrits, il est légitime de se demander quel est l'apport réel par rapport aux vidéos de personnalités illustres et renommées en ligne sur Youtube ? Quel est l'intérêt d'un MOOC avec un médaillé Fields, quand de nombreuses vidéos de celui-ci, sur des thèmes variés, sont déjà en ligne et accessibles ?

A l'origine - aux origines ? - le MOOC se voulait le vecteur d'accès à la diffusion et au savoir pour tous, sans frontières, sans limites. La suppression des distances, l'accès à l'éducation gratuite pour l'ensemble de la planète - sous réserve que celle-ci le souhaite, constituaient les objectifs initiaux. Le problème de l'apprentissage des connaissances qui en résulte, puisqu'il doit être fait en autonomie, ne peut être écarté. Il crée, de fait, une distance virtuelle et peu facilement franchissable, entre l'enseignant et l'apprenant. On trouve une étude extrêmement intéressante sur le sujet dans l'article de Thierry Karsenti [10]. Le « M » de « Massive » peut donc être perçu de façon très ambiguë. Le taux

14. L « c » faisant donc référence à celui du connectivisme.

d'abandon des apprenants MOOC apparaît comme élevé. Est-ce le même « M » ?

Il est clair qu'il ne faut pas percevoir ainsi le MOOC, comme le soulignent les travaux récents de Bernadette Charlier [11]. Malgré l'enthousiasme dithyrambique des débuts, où d'aucuns, un peu présomptueux, prévoyaient déjà la disparition de la majeure parte des établissements d'enseignements supérieurs, le MOOC apparaît, au contraire, comme un outil de rayonnement pour les universités. La plate-forme FUN se veut ainsi, selon les termes du gouvernement, « la vitrine de l'enseignement supérieur en France », et un « signe fort donné à tous les étudiants des pays francophones », très demandeurs d'une offre de formation en ligne de langue française. Le monde compte actuellement 220 millions de francophones, et cent millions de personnes apprenant le français [15]. Dans cette optique, un consortium d'établissements comme l'École normale supérieure, l'École normale supérieure de Lyon, l'École Polytechnique, l'École Polytechnique fédérale de Lausanne, l'Université de Louvain et le campus de Montréal 2, ont mis en place le portail OCÉAN [16] [17]. On notera que l'acronyme est français. La volonté de remettre à l'honneur la langue française se poursuit avec la dénomination des cours proposés, qualifiés de FLOTs (Formations en Ligne Ouvertes à Tous). Ce n'est pas la seule nouveauté. Face à l'émergence constante de nouvelles offres MOOCs, l'absence de certifications de qualité était un élément manquant crucialement dans le paysage numérique ainsi constitué. OCÉAN s'est doté d'un comité éditorial, composé d'universitaires reconnus, qui a pour mission de filtrer les FLOTs proposés par les établissements. On citera, notamment, pour les mathématiques, le nom d'Etienne Ghys, précédemment évoqué.

Sur le modèle des revues scientifiques, les cours ne peuvent être mis en ligne avant d'avoir été visionnés, et validés, par le comité. La soumission des FLOTs est active depuis le 30 janvier 2014.

Au-delà d'un simple accès à la connaissance, le MOOC doit donc plutôt être considéré comme un vecteur d'accès à la culture scientifique, en sciences dures, en humanités et sciences sociales, pour une formation initiale, ou continue. Dans une optique d'analyse des apprentissages, c'est un laboratoire virtuel, avec un potentiel d'expérimentation pédagogique qui semble infini. C'est dans cet esprit que la plate-forme d'apprentissage en ligne EdX, émanation conjointe du MIT et d'Harvard, a accepté de lancer l'expérience proposée par Armando Fox [12], Professeur d'informatique à Berkeley.

L'idée de Fox est simple : privatiser un MOOC, et le réserver à un public restreint. C'est un succès, le SPOC naît du MOOC. A destination d'un public au nombre de participants limité (de 30, 50 à parfois 100 par SPOC), le cours est découpé en chapitres, eux-mêmes divisés en épisodes, obtenus par un découpage sémantique : comprendre, puis mémoriser les connaissances exposées dans chacun des segments, devient ainsi plus aisé. Comme dans un MOOC, chaque épisode est suivi d'un questionnaire à choix multiples permettant à l'apprenant de tester ses connaissances. Le découpage ainsi obtenu permet de définir clairement les objectifs et attentes du cours, dans une perspective brousseauiste [13], de contrat didactique, où l'on envisage une répartition des responsabilités de chacune des parties : « Dans toutes les situations didactiques, le maître tente de faire savoir à l'élève ce qu'il veut qu'il fasse, mais ne peut pas le dire d'une manière telle que l'élève n'ait qu'à exécuter une série d'ordres. Ce contrat fonctionne (...) comme un système d'obligations réciproques qui détermine ce que chaque partenaire, l'enseignant et l'enseigné, a la responsabilité de gérer, et dont il sera d'une manière ou d'une autre, responsable devant l'autre. »

En adéquation avec le modèle de Felder [14], le SPOC peut proposer, en proportion variable :

- ⇝ des ressources favorisant l'apprentissage auditif ;
- ⇝ des ressources favorisant l'apprentissage visuel ;

15. Source : http ://www.diplomatie.gouv.fr/fr/enjeux-internationaux/langue-francaise-francophonie-et/francophonie/.
16. http ://www.ocean-flots.org/
17. A ce jour, la signification de l'acronyme - s'il y en a une - ne semble pas disponible. Il paraît comme très probable qu'il n'y en ait pas.

⇝ et, dans la mesure du possible, des ressources favorisant l'apprentissage kinesthésique.

Il est important de souligner le fait que le SPOC se base, pédagogiquement, dans une démarche de « classe inversée », où le travail personnel de l'apprenant, sur la partie magistrale du savoir, et les exercices, en autonomie « guidée », se fait « à la maison ». Le rôle de l'enseignant, qui est plus dans une position d'écoute et de conseil - un « coach pédagogique » somme toute - est de guider et d'aider l'apprenant, le rendant ainsi acteur de sa formation. Le SPOC est un enseignement en ligne tutoré. Chaque apprenant peut, dès que le besoin s'en fait ressentir, poser sa question à un enseignant, qui lui répond, ce, via l'intermédiaire d'outils de type classes virtuelles, forums, « chats », ou, tout simplement, par mail. Les forums et chats permettent l'interaction entre les apprenants : l'apprentissage organisationnel (ou collectif), cher à Chris Argyris et Donald Schön [16], offre de nouvelles possibilités pour l'apprentissage individuel, qui, lui-même, nourrit à nouveau l'apprentissage organisationnel, dans une chaîne rétroactive d'allers et retours. On le constate facilement en allant sur les forums ou chats des formations à distance : un apprenant A pose une question, un apprenant B ou un tuteur lui répond, la réponse est utile à des apprenants C, D, ... qui posent à leurs tours de nouvelles questions, qui profitent à A, etc ... La confrontation des points de vue bénéficie à tous. 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, suscité et favorisé par un environnement informatique ad hoc.

Le SPOC peut donc soit venir en complément d'un enseignement traditionnel, soit s'y substituer. Les avantages, en terme d'organisation et de flexibilité, sont autant pour l'apprenant que l'enseignant : chacun des partis est libre de gérer son temps, suivant ses disponibilités déjà, mais, aussi, du côté de l'apprenant, dans une démarche d'efficacité cognitive optimisée. Du côté de l'enseignant, il est illusoire de croire que celui-ci passe moins de temps sur ses enseignement ; bien au contraire, la production, la gestion, la mise à jour de ressources numériques, puis le tutorat afférent, sont chronophages, et l'engagement pédagogique est souvent très fort, afin de compenser tout risque de déséquilibre par rapport à un enseignement présentiel.

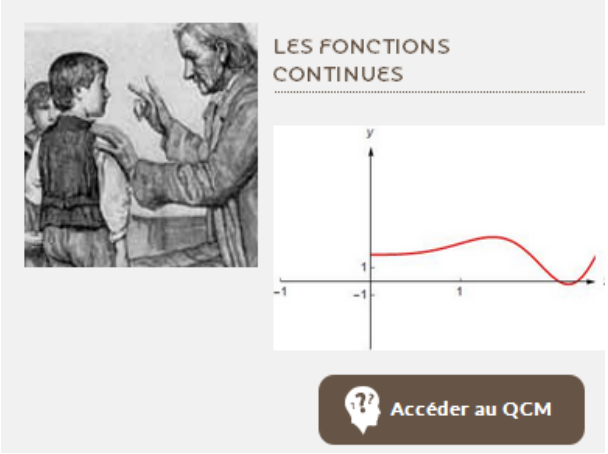
Nous n'avons, pour le moment, que peu d'études sur le bénéfice apporté par un SPOC dans le cadre d'une formation donnée. Si de grandes universités comme Harvard ou Berkeley expérimentent depuis quelque temps ce type d'enseignement (Harvard a lancé son second SPOC en 2013 [17], où les thèmes de la stratégie politique, de la sécurité nationale, en relation avec la presse, sont professés par Graham T. Allison [18] en personne), c'est encore peu le cas en France. L'université de Cergy-Pontoise utilise depuis 2014 des SPOCs dans ses préparations aux concours de l'enseignement. En septembre 2014, notamment, un SPOC sur les compétences numériques en licence, a vu le jour, initié par Thierry Marchand, enseignant spécialiste des outils numériques. Le cours est découpé en huit modules. Les retours sont très bons : sur les 500 inscrits, 400 étudiants se sont révélés actifs tout au long de la durée du cours. 369 étudiants se sont présentés à l'examen, 331 ont validé l'UE, ce qui correspond donc, à des taux de réussite réel de 66.2 %, et avancé de 89.7 % [19]. L'équipe en charge du SPOC pensait que les inscrits demanderaient, en soutien, des ateliers présentiels, des rendez-vous avec les tuteurs, il n'en a rien été. Les étudiants ont scrupuleusement remis les devoirs, et se sont entraidés les uns les autres.

L'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 se lance elle aussi dans l'aventure. A la rentrée de septembre 2015, le parcours de première année de licence en filière PCGI (Physique - Chimie - Ingénierie - Géosciences), existera intégralement en formation ouverte et à distance [20], sur la base de huit UE « SPOCs », qui reprennent celles qui sont enseignées en présentiel : Mathématiques 1 et 2 pour physiciens, chimistes, géologues ; concepts et méthodes de la physique ; structure et réactivité, pour ne citer que les principales. Le mode de fonctionnement, qui suit les grandes lignes habituelles :

18. Le père des trois modèles au centre de la théorie politique des relations internationales, dont l'ouvrage majeur est « Essence of Decision : Explaining the Cuban Missile Crisis (1971) ».
19. Source : Thierry Marchand, Université de Cergy-Pontoise.
20. En partenariat avec le CNED.

Le SPOC « Compétences numériques en Licence ».

cours découpé en épisodes, chacun assorti de questionnaires, présente une originalité : des travaux pratiques (TP) virtuels, remplacent une partie des TP classiques, où la présence de l'étudiant était requise dans le laboratoire. D'autre part, la structure est conçue de façon granulaire, chaque épisode constituant un « grain » pouvant être utilisé dans d'autres parcours (consolidation des prérequis, des acquis, reconversion, pour les étudiants changeant d'orientation à la fin de la première année de médecine par exemple). Les UE (trois, six, ou neuf ects) sont évaluées en prenant en compte une note de contrôle continu (devoirs à rendre, TP suivant les matières), et un examen terminal.



Un aperçu de l'UE de Mathématiques du SPOC UPMC.

C'est, à ce jour, le projet français le plus ambitieux [21]. Il mobilise à plein temps deux ingénieurs pédagogiques, et a fait appel à une équipe de plus de vingt enseignants, responsables des mêmes UE en présentiel.

Il est intéressant de noter que, par rapport aux MOOCs, la mise en œuvre d'un SPOC est d'un coût financier raisonnable. Dans le projet SPOC de l'UPMC, le coût prévisionnel initial était d'environ 15000 euros de tournage par UE [22].

Contrairement au SPOC, qui se place, clairement, dans une approche connectiviste, le MOOC, qui se décline selon ses deux versions cMOOC ou xMOOC, présente donc une dualité qui le place à l'intersection du béhaviorisme et du connectivisme. Le cMOOC se décline comme connectiviste, tandis que le xMOOC, vecteur direct de transmission des connaissances, reste, encore, très béhavioriste. Il semble intéressant d'offrir ce choix à l'apprenant. Le vrai connectivisme ne consisterait-il pas à laisser celui-ci choisir l'approche qui lui convient le mieux ?

21. Projet FEL1, Antoine Rauzy, UPMC.
22. Source : Antoine Rauzy, UPMC.

2 Mise en place de parcours personnalisés

Face au nombre pléthorique d'inscrits dans les formations initiales [23], et des écarts entre les formations initialement suivies par les étudiants, la mise en place de parcours personnalisés via des environnements informatiques adaptés, représente, pour l'enseignement des disciplines majeures (Mathématiques, Physique, Informatique, etc ...) une potentialité à intégrer dans la conception des parcours. Comme le rappellent Louis Langevin et Monik Bruneau [18], l'enseignant doit, dans un premier temps, mettre à jour, de façon adaptée, les connaissances et les expériences antérieures des étudiants, pour leur permettre d'accéder au nouveau savoir et de le raccrocher à l'ancien.

Nous nous plaçons dans ce qui suit, dans la lignée des travaux sur la charge cognitive développée par John Sweller [19], où l'apprentissage se conçoit comme une évolution dans le niveau de connaissance. La compréhension des démarches scientifiques se fait par le biais d'une construction lente et progressive, souvent qualifiée par les enseignants eux-mêmes de « multicouche » [25]. L'appropriation des concepts et l'autonomie scientifique afférente, se construit lentement au fil du temps, par itérations successives, qui doivent pouvoir être adaptées à la progression de chacun.

Ces parcours doivent prendre comme base les quatre piliers de l'apprentissage tels que rappelés par Stanislas Dehaene [20] :

- ⇝ L'attention, qui est à la source de la connaissance et de l'action.
- ⇝ L'engagement actif : l'étudiant ne peut ingérer « passivement » des connaissances.
- ⇝ Le retour d'information : signaux d'erreurs et valorisation individuelle. L'apport des exercices interactifs s'avère ici essentiel ; 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. 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 ...

Du point de vue de l'apprenant, la prise de conscience de la mise en place d'un parcours personnalisé adapté correspond à sa prise en compte en tant qu'individu. C'est l'individualisation chère au sociologue Emile Durkheim [46]. 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.

Sur le plan de l'environnement informatique, on peut :

- ⇝ Recourir à des plates-formes telles que Sakaï et son outil « Leçon », qui permettent une adaptation dynamique à la progression individuelle de l'étudiant, via l'élaboration de parcours pédagogiques

23. A totre d'exemple, citons la filière MIPI [24] de l'UPMC, qui comptait ainsi, en septembre 2015, 850 étudiants (Source : DBUFR, UPMC).

25. Ne pas voir dans ce terme un écho à un quelconque « empilement de connaissances ».

progressifs, où les ressources successives ne sont accessibles que sous certaines conditions définies, au préalable par l'enseignant en charge du cours : ouverture (et lecture) d'un document requis, remise puis correction d'un devoir évalué, réussite d'un test avec un score minimal, etc ...

⇝ Se placer dans une perspective d'analyse des apprentissages [22]. La théorie afférente est encore récente, mais les perspectives sont très larges.

On distingue deux types d'approches :

(a) la première, qui s'apparente à une collecte massive de données de style « big data », mais spécifique à la formation, a pour but de cerner, de la façon la plus précise possible, le profil cognitif des apprenants, afin :

i. de prévoir et prévenir les risques de décrochage ;

iii. d'identifier les profils des « meilleurs apprenants ».

Il est ainsi possible d'aider les apprenants, notamment, en mettant à leur disposition des indicateurs leur permettant de connaître leur positionnement par rapport aux autres. On retrouve, finalement, la notion de « classement ».

(b) La seconde approche, si elle s'intéresse aussi au profil cognitif des apprenants, est plus précise. Elle propose en effet de recourir à des documents XML [26], qui puissent permettre une adaptation dynamique à chaque profil [23] : séquencement personnalisé, exercices adaptés au profil, etc ...

3 Consolidation des connaissances : l'apport de l'interactivité

On peut envisager la consolidation des connaissances sous les angles suivants :

⇝ la mise à disposition de résumés de cours, et de compléments pour les étudiants souhaitant approfondir leurs connaissances sur un thème donné ;

⇝ la pratique d'exercices interactifs simples ;

⇝ la mise en place de situations d'apprentissage.

L'un des outils actuellement les plus utilisés pour mettre en place des exercices interactifs est WIMS (Web Interactive Multipurpose Server), créé en 1998 par le mathématicien Xiao Gang [27], chercheur en Mathématiques à l'Université de Nice, spécialiste des surfaces algébriques. A côté de son activité de recherche, il avait à cœur de mettre en place un outil pédagogique facilitant l'assimilation des connaissances, à tous les niveaux, du primaire au supérieur. Wims a été développé sous licence GNU [28] GPL [29], en langage OEF [30]. Le code source est disponible, modifiable, distribuable. Des plate-formes WIMS ont ainsi été installées, en local, dans de nombreuses universités [31]. Les établissements ne disposant pas de leur propre serveur WIMS choisissent l'un des serveurs existant. A la mort de Xiao Gang, en 2014, WIMS est repris par Bernadette Perrin-Riou, professeur à l'Université Paris-Sud (Orsay), spécialiste

26. eXtensible Markup Language.
27. Malheureusement décédé en 2014.
28. Acronyme récursif qui signifie « GNU's Not Unix ». GNU est un projet de système d'exploitation libre (au contraire des systèmes développés par Microsoft), lancé par l'informaticien de génie Richard Stallman en 1983. De son passé de « hacker », Stallman a gardé une volonté féroce de développer et promouvoir les logiciels libres.
29. L'acronyme vient de « General Public Licence ».
30. Open Exercise Format.
31. Orsay-Paris XI, Paris 1, Paris 6, Paris 7, Paris 12, Paris 13, Caen, Rennes, Marseille, Bordeaux, Lyon, Grenoble, Lille, Université de Savoie, Université du Littoral, ...
Source : http ://downloadcenter.wimsedu.info/download/map/map.html

de théorie des nombres [32].

Les ressources proposées par WIMS sont les suivantes [33] :

- ⇝ des exercices qui peuvent être décomposés étape par étape, avec la possibilité d'obtenir des indications ;
- ⇝ des exercices avec plusieurs réponses possibles (les réponses données sont ensuite analysées par des logiciels de calcul formel) ;
- ⇝ des exercices où il faut donner un contre-exemple ;
- ⇝ des exercices à données aléatoires permettant de travailler autant de fois que nécessaire, pour faire mieux ;
- ⇝ des exercices notés [34] ;
- ⇝ des outils de calcul ;
- ⇝ des outils graphiques ;
- ⇝ des documents de cours, enrichis par des exemples, et reliés aux exercices ;
- ⇝ d'un point de vue plus technique, une interface à des logiciels de calcul (Pari, maxima, gap, octave, mupad).

Du point de vue de l'organisation pédagogique, WIMS offre la possibilité de créer des classes virtuelles permettant [35] :

- ⇝ l'encadrement du travail des élèves/étudiants ;
- ⇝ la prise en compte d'évaluations. Les résultats obtenus par les élèves/étudiants sont enregistrés, ce qui permet, pour l'enseignant, de suivre la progression pédagogique, et, pour l'apprenant, de savoir où il en est. Dans une perspective d'analyse des apprentissages, on dispose donc d'une possiblité de traçabilité de l'activité effective de l'apprenant.

WIMS évolue constamment, grâce à une communauté d'utilisateurs très actifs, qui se retrouvent régulièrement pour échanger à travers, notamment, les « Cafés WIMS », où chacun apporte ses idées. A l'origine dédié aux Mathématiques, il est maintenant utilisé dans de nombreuses autres disciplines scientifiques : Physique, Chimie, sciences de la vie, ... De façon intéressante, on note l'apparition d'exercices dans des disciplines non scientifiques : français (exercices de grammaire), géographie. Des applications interdisciplinaires sont attendues. Il est intéressant de noter que les exercices peuvent être conçus soit en les programmant intégralement, soit en utilisant des modèles préparés, ce qui permet à des enseignants non familiers du langage OEF d'apporter facilement leur pierre à l'édifice WIMS. Du point de vue de la mobilité, une application WIMS Books pour smartphones est en cours de développement [36], ainsi qu'une autre, spécifique pour tablettes [37].

On commence à avoir des retours sur l'apport de ressources de type WIMS, i.e. des bases d'exercices d'accès libres, enrichies d'aides, d'outils de calcul et d'outils graphiques. On note une forte augmentation de la motivation des apprenants, qui se traduit par une plus forte activité [24], [25], dans la lignée de ce qui avait déjà été noté par Hennessy Ruthven [26]. Ces études sont corroborées par les nombreux témoignages d'enseignants travaillant quotidiennement avec de telles ressources.

32. Sa spécialité concerne l'étude des fonctions $p-$adiques.
33. Source : http ://wims.unice.fr/description.xhtml
34. Wims attribue un score, de 1 à 10.
35. Source : http ://wims.unice.fr/description.xhtml
36. http ://ticewims.unice.fr/mobile/index.html
37. http ://ticewims.unice.fr/mobile/index-large.html

Page d'accueil | Déconnexion | Outils | Feuille d'exercices | Aide

Calcul d'une intégrale I

Calculer la valeur exacte de l'intégrale :

$$I = \int_{-5}^{4} (-3x - 2)\,\mathrm{d}x$$

Entrez votre réponse :

Valeur de I =

Envoyer la réponse

Indication | Recommencer l'exercice

Calcul d'une intégrale I

Calculer la valeur exacte de l'intégrale :

$$I = \int_{-5}^{4} (-3x - 2)\,\mathrm{d}x$$

Analyse de votre réponse.

Valeur de I = 1 **mauvaise réponse**, la bonne réponse est $-9/2$.

Solution. Une primitive de la fonction $f : x \to (-3x - 2)$ est la fonction $F : x \to -\frac{3}{2}x^2 - 2x$

$F(-5) = -\frac{55}{2}$ et $F(4) = -32$.

On en déduit que $\int_{-5}^{4} f(x)\,\mathrm{d}x = F(4) - F(-5) = -32 - (-55/2) = -\frac{9}{2}$

Vous avez obtenu une note de 0 sur 10.

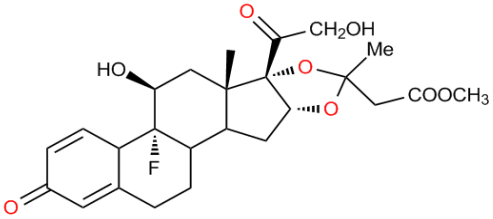
Recommencer l'exercice

Enoncé et corrigé d'un exercice interactif de Mathématiques Wims (Calcul intégral).

Stéroides

Répondez à chaque question d'une première série, validez, puis répondez aux questions de la seconde série.

1 : Concernant le stéroïde :

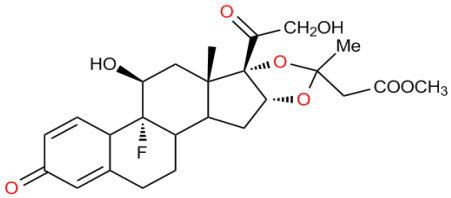


A. ☐ Il s'agit d'un minéralocorticoïde, l'acétonide de triamicinolone
B. ☐ La molécule est identifiable par spectrométrie UV
C. ☐ Il s'agit d'un glucocorticoïde l'acétonide de triamicinolone
D. ☐ La molécule est indiquée fréquemment dans une pathologie inflammatoire systémique
E. ☐ La molécule exerce une activité anti-inflammatoire locale

Stéroides

Répondez à chaque question d'une première série, validez, puis répondez aux questions de la seconde série.

1 : Concernant le stéroïde :



Votre réponse : ~~La molécule est indiquée fréquemment dans une pathologie inflammatoire systémique~~ - Mauvaise réponse
La(les) bonne(s) réponse(s) :

- La molécule est identifiable par spectrométrie UV
- Il s'agit d'un glucocorticoïde l'acétonide de triamicinolone
- La molécule exerce une activité anti-inflammatoire locale

UV, 240 nm énone, L'acétonide de triamcinolone exerce une activité anti-inflammatoire locale.

Enoncé et corrigé d'un exercice interactif Wims de chimie organique.

WIMS n'a pas le monopole de l'interactivité. Le logiciel de calcul formel Mathematica peut aussi être utilisé comme aide et support à la formation présentielle classique. C'est ce qui est fait dans l'académie de Versailles, où la plate-forme Euler [38] donne la possibilité aux professeurs et aux élèves de créer des situations d'apprentissage riches (compléments de cours, exercices, QCM, situations d'exposition,

38. https ://euler.ac-versailles.fr/calculigne/index.htm

Enoncé et corrigé d'un exercice interactif Wims de grammaire.

...). Chose importante, pour permettre une utilisation étendue, le langage est celui de la communauté mathématique, les questions et les réponses sont rédigées en français. Les pages interactives utilisent Mathematica, tandis que l'interface est assurée grâce au système webMathematica.

Certaines universités « pilotes » (UPMC notamment), commencent elles aussi à utiliser des outils de calcul formel en complément d'un enseignement majeur de mathématiques/physique 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, système oscillant, ...), mais aussi à l'informatique (traitement de données, ...)

Un sondage réalisé parmi les étudiants ayant suivi un enseignement de ce type [39], 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 ;
- ⇝ 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) ;
- ⇝ intérêt de l'accès à des applications concrètes.

On est à nouveau, clairement, dans une perspective connectiviste. L'interactivité, qui permet à l'apprenant de faire le lien entre ses connaissances et des applications - simples ou complexes, conduit aux connexions telles que pensées par George Siemens et Stephen Downes [4], destinées, notamment, à faciliter l'apprentissage ultérieur.

39. Source : Dirk Stratmann, UPMC, 2014.

4 Scénarisation, et apport de la pluridisciplinarité

Une part importante des difficultés rencontrées par les étudiants des filières scientifiques, au cours de leur parcours, vient, souvent, du fait que le lien interdisciplinaire qui leur permet de « visualiser » les applications, a été rompu. Il est clair qu'une grande part des difficultés sont rencontrées en Mathématiques, Ainsi, la notion d'espace vectoriel, introduite en première année d'université/ de classes préparatoires, apparaît toujours comme très abstraite aux étudiants. Ils n'arrivent pas, pour beaucoup, à visualiser ce que cela représente.

La scénarisation, qui peut être considérée comme la transposition didactique des phases constructivistes de réinvestissement et de transfert (voir les travaux de Jean Piaget [2], [3]), en écho à l'apprentissage par problèmes [19], permet de retisser le lien entre disciplines, en replaçant chaque outil dans un contexte d'application. On est, d'emblée, dans une perspective connectiviste - les fameuses « connexions » chères à George Siemens et Stephen Downes [4]. Les travaux de Francisco Varela [27], [28], vont tout-à-fait dans le sens de notre réflexion. Le principe de l'énaction varelien du scénario par l'apprenant, qui met en lumière l'interaction entre les processus cognitifs en jeu, et son environnement, justifie une adaptation dynamique de la scénarisation pédagogique, dans une vision qui se veut, toujours, connectiviste.

Donnons un exemple de scénarisation : les enseignements de Mathématiques pour physiciens, chimistes, géologues. Le public qui intègre les filières orientées « physique », « chimie », « géosciences », croit, souvent, qu'il n'y fera pas beaucoup de Mathématiques, et n'aura plus besoin de tels outils. Il apparaît essentiel de pouvoir mettre en place des scenarii dans lesquels intégrer les techniques mathématiques de base requis dans ces parcours. L'outil informatique s'avère puissant, il permet :

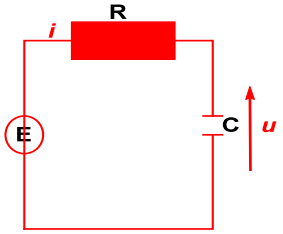
- ⇝ De redonner un sens à l'outil mathématique, en le replaçant dans un contexte d'application faisant intervenir des connaissances qui ne stagnent plus au seul niveau d'une théorie sinon trop abstraite.
- ⇝ De faire varier les situations auxquelles est confronté l'étudiant : notamment, en prenant en compte des paramètres que l'on peut faire varier , chose essentielle pour la formation des physiciens. Interpréter l'influence des paramètres intervenant dans une fonction est fondamental.
- ⇝ 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 ([33], [2], [3]). 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.

Réciproquement, il est possible, du côté des disciplines majeures autres que les mathématiques, de mettre en place des scenarii d'application directe de techniques mathématiques, permettant de rémédier au fait que de nombreux étudiants se montrent déçus quand ils constatent la nécessité de mettre en œuvre de véritables outils formels. Pouvoir appliquer, de façon très concrète, les outils introduits en Mathématiques, et avoir une démarche scientifique rigoureuse, est ainsi réalisable. On trouve de nombreux exemples d'applications, rapidement transposables, dans le projet « L'Astronomie dans l'apprentissage des Mathématiques » [40], fonctions usuelles, topologie, séries, ...

Voici un exemple simple, qui replace une équation différentielle linéaire du premier ordre dans le cadre d'un problème d'électricité :

40. http ://www.obspm.fr/l-astronomie-dans-l-apprentissage-des.html



Le circuit RC.

On s'intéresse à un circuit électrique consistant en l'association en série d'un résistor de résistance $R > 0$, et d'un condensateur de capacité électrique $C > 0$ (circuit RC), alimenté par une tension constante E. La tension u aux bornes du condensateur, qui est une fonction dépendant du temps t, $t \in \mathbb{R}^+$, est solution de l'équation différentielle $(\mathcal{E}_{RC})$:

$$R\,C\,u'(t) + u(t) = E$$

On demande de résoudre, sur $\mathbb{R}^+$, cette équation différentielle, avec la condition initiale :

$$u(0) = u_0 \in \mathbb{R}_+^\star$$

puis de donner la limite, lorsque le temps t tend vers l'infini, de la fonction u, et de tracer l'allure du graphe de cette fonction.

En termes de scénarisation, on a donc :

- ⇝ comme objectif du scenario : la résolution d'un problème simple d'électricité ;
- ⇝ comme objectif pédagogique : la pratique de la résolution d'équations différentielles linéaires du premier ordre en présence de paramètres, étude de fonctions, tracés de graphes.

Il existe des environnements informatiques dédiés qui permettent la mise en œuvre de scenarii à visée pédagogique. WIMS, déjà, mais, de façon plus spécifique, le logiciel libre SCENARI [41], créé en 1999 par l'Université de technologie de Compiègne (UTC). SCENARI permet de concevoir des chaînes éditoriales XML [42] intégrées, i.e. des documents où le contenu et les médias sont agencés en fonction des objectifs, du public, et de l'outil de diffusion. A partir de modèles modulables [43], il est ainsi possible d'éditer un contenu donné sous différents supports, en gardant une unité. SCENARI apparaît comme assez proche d'un outil de bureautique classique (Word, OpenOffice), ce qui rend son usage aisé même pour des néophytes. En termes de mobilité, il est intéressant de noter que les modèles SCENARI sont adaptés à la publication sur smartphones et tablettes.

SCENARI comporte trois logiciels :

- ⇝ SCENARIchain, qui est l'outil de saisie de contenu pour les auteurs.
- ⇝ SCENARIbuilder, qui permet de créer la chaîne éditoriale.
- ⇝ SCENARIstyler, qui permet la personnalisation graphique.

41. http ://scenari-platform.org/projects/scenari/fr/pres/co/
42. eXtensible Markup Language.
43. OptimOffice, pour des rapports d'activité, mémoires, compte-rendus, Opale, qui est une chaîne éditoriale.

Les chaînes éditoriales obtenues vont des curriculum vitae (comme ceux que l'on trouve de plus en plus sur les pages webs personnelles), des rapports, aux documents pédagogiques, ... (on trouvera de plus amples informations dans l'ouvrage de Stéphane Crozat, co-inventeur de SCENARI [34]). Comme pour WIMS, il existe une communauté SCENARI très active, qui se retrouve régulièrement pour échanger sur SCENARI.

5 Jeux sérieux : du renouveau des mathématiques amusantes, aux cas pratiques

Les jeux sérieux peuvent être perçus comme la version complètement aboutie et finalisée de la scénarisation, couplée à un apprentissage par problèmes soit individualisé, soit mutualisé entre plusieurs individus. Tout apprentisage bénéficie de l'apport offert par un aspect ludique : « apprendre en s'amusant », ou comment manier plaisir et apprentissage. L'origine de telles pratiques est ancienne, et remonte à l'antiquité, certains mathématiciens s'avérant friands d'énigmes résolubles mathématiquement. Comme dans [35], on peut citer le célèbre problème des « bœufs d'Hélios » d'Archimède, où le dénombrement des troupeaux de bœufs du dieu soleil est, tout simplement, et avant l'heure, un problème d'analyse diophantienne : résoudre un système de sept équations à huit inconnues, sous deux contraintes, revient à rechercher les solutions entières d'une équation polynomiale. Plus proche de nous, l'introduction et la manipulation de suites récurrentes linéaires d'ordre deux par Leonardo Fibonacci [36] en 1202, constitue un problème plaisant qui rencontre toujours beaucoup de succès auprès des étudiants. Outre l'aspect mathématique, il permet aussi une introduction à l'algorithmique : soit via un très classique algorithme récursif, soit via un algorithme linéaire, soit, de façon plus poussée, via un algorithme logarithmique. Il permet aussi d'aller beaucoup plus loin, de façon amusante toujours, avec le langage FRACTRAN [37], exemple très joli qui mêle de l'arithmétique avancée (valuations $p-$adiques) à de la programmation sur des entiers, et dont le nom, acronyme de « fraction » et « Fortran », est une trouvaille amusante. L'apport peut alors être double, sur des publics mathématiciens qui trouvent une application de l'arithmétique, et sur des publics d'informaticiens.

Les jeux sérieux sont, de fait, des outils de simulation qui, par rapport à ceux existant déjà dans de nombreuses formations professionnelles (simulateurs de vol, par exemple), intègrent un aspect ludique, dans un cadre qui reste très structuré. Du côté des mathématiques, on trouve essentiellement des applications, sous forme de mini-jeux vidéos, à destination des élèves de primaire, collège, lycée (par exemple, le jeu « Zombiedivision », où les dividendes, assimilés à des « squelettes zombies », porteurs de nombres, doivent être détruits par les « armes-diviseurs » adaptées).

L'apport de ces apprentissages sous forme de jeu a été analysé, de façon théorique, par John Dewey et Guy Brousseau notamment [38], [13]. Selon Dewey et son approche de la pensée réflexive, l'enseignant doit, nécessairement, planifier les étapes de son enseignement en envisageant, à chaque fois, les conséquences, ce qui cadre parfaitement avec un jeu où les suites de chaque action doivent être prises en compte lors de la conception/programmation/mise en œuvre. On retrouve la répartition dévolue à chacune des parties, apprenant/enseignant, chère à Brousseau. Du point de vue didactique, on est, également, dans le cadre de la transposition [39], [40], i.e. des multiples transformations subies par le savoir scientifique en vue de se constituer en tant qu'objet d'enseignement.

Les sciences cognitives fournissent, quant à elles, un appui fort à ce type de pratique. Notamment, le retour d'information évoqué plus haut [20], de par l'expérimentation par essai-erreur qu'il offre à l'apprenant. Il est intéressant de noter que ce retour d'information correspond à une forme de contrôle des acquisitions, dernière phase de la transposition didactique selon Michel Verret [39]. Dans le jeu « Zombiedivision », l'enfant devient, au fur et à mesure, plus à l'aise avec le procédé de division. Enfin, il est intéressant de constater que ces jeux sollicitent conjointement, chez l'apprenant, les fonctions cognitives visuelles, auditives, et kinesthésiques : l'exécution d'un mouvement virtuel requiert une ac-

tion physique, via une manipulation de souris, manette de jeu, flèches de déplacement.

Sur le plan de la mise en œuvre et des potentialités à développer, l'une des meilleures références sur le sujet est incontestablement l'ouvrage de Clark Aldrich [41], où il met l'accent sur les résultats en termes de développement des capacités de « leadership », d'innovation, de stratégie. On peut y voir une résonance avec la maxime que l'auteur donne à ses étudiants : « la réussite dans les études, c'est 90 % de connaissances, et 10 % de stratégie ».

Nous nous concentrerons, dans ce qui suit, sur les applications éducatives des jeux sérieux. Rappelons que leur champ d'application est bien plus vaste (domaine médical, engagement civique, etc ...)

Les objectifs peuvent être résumés comme suit :

- ⇝ l'immersion dans un contexte donné, pour favoriser l'assimilation et la maîtrise de connaissances et techniques ciblées ;

- ⇝ la remotivation : sans déformaliser complètement l'apprentissage, quoiqu'en dise Gilles Brougere [42], offrir des challenges intellectuels qui contribuent à remotiver les étudiants [43].

Nous trouvons très intéressante l'expérience menée par l'Université Jean Moulin-Lyon 3 avec les sims, avancée porteuse en matière de jeu sérieux. La Faculté de Droit Virtuelle (FDV) possède une « sim », i.e. une région sur Second Life, où le bâtiment de l'université, situé sur les quais, a été intégralement reconstitué. Le but est de mettre à la disposition des enseignants des classes virtuelles, pour la formation à distance en licence ou master. Chaque apprenant a son avatar, ce qui rend ainsi aisée l'interactivité. Le lien avec la plate-forme Moodle qui héberge la FDV est assurée grâce au connecteur Sloodle (Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment), intégrant l'environnement virtuel multi-utilisateurs de Second Life.

Le flyer de l'un des cours de la FDV sur Second Life.

L'extension de ce type de projet à d'autres enseignements et environnements de jeux grands public, semble porteuses d'excellentes perspectives, par exemple :

- ⇝ de façon classique, la création de classes virtuelles pour l'apprentissage formel de matières majeures (mathématiques, physique, informatique) ;
- ⇝ de façon plus originale, la mise en place de « situations d'immersion » pour la formation des futurs ingénieurs et enseignants, en particulier, pour ces derniers, la formation aux nouveaux environnements informatiques d'apprentissage humain (EIAH).

Conclusion

Toute innovation, tout désir d'innovation à caractère pédagogique, possède un aspect « révolutionnaire », que l'on retrouve déjà chez François Rabelais, Michel de Montaigne, Jean-Jacques Rousseau, Voltaire, et bien d'autres [45]. Dans toute théorie de l'éducation, toujours très spéculative au départ, les pratiques pédagogiques classiques sont remises en question, leurs imperfections sont pointées, ... L'émergence des nouveaux EIAH [44] n'a pas failli à la règle.

Mais une pédagogie innovante ne peut nier l'héritage du passé. En ce sens, l'apport historique, l'antériorité, sont essentiels, faute de quoi on court le risque de se placer en dehors du réel, comme le souligne Emile Durkheim [46]. C'est la part béhavioriste, qui ne peut être niée, et qui prévaut notamment lors de la mise en place d'outils de type xMOOC, où l'environnement informatique est conçu a priori, et où une adaptation individuelle, propre à l'apprenant, n'est pas envisagée.

En regard, les cMOOCs, les SPOCs, qui offrent des parcours personnalisés, de même que tout ce qui a trait à la scénarisation, et à la consolidation des connaissances par l'intermédiaire d'outils interactifs, présentant, ou non, un caractère ludique, comme les jeux sérieux, se placent clairement sous une égide connectiviste. Il est intéressant de noter que le connectivisme, qui remet en question le caractère strictement individuel de l'apprentissage, propose, en échange, une individualisation appréciable dans un monde très - trop ? - connecté, où la prise en compte de la spécificité de chacun ne peut que faciliter l'assimilation des connaissances.

MOOCs, SPOCs, FLOTs, jeux sérieux et autres pratiques innovantes, s'ils introduisent bel et bien une modification des pratiques pédagogiques, dans une vision à dominante connectiviste de l'apprentissage, sont loin de signer la fin des universités, des écoles. Nouveaux vecteurs d'accès au savoir, ils constituent, au contraire, un formidable outil de support et de rayonnement pour ceux-ci. Le phénomène est très similaire à celui qui a accompagné la naissance des livres électroniques (e-books) en 1971, avec le projet Gutenberg [45] de Michael Hart : soi-disant, ceux-ci devaient remplacer définitivement les ouvrages papier. Plus de quarante ans après, l'industrie du livre n'a jamais été aussi florissante.

Comme on peut le constater à la lecture de notre travail, il ne faut cloisonner hermétiquement ni les différentes pratiques, ni les environnements, qui tous, se nourrissent des apports des autres. Les interfaces permettent une utilisation optimale des possibilités de chacun.

La démographie des nouvelles technologies éducatives est indéniablement en train de modifier la conscience collective en terme d'acquisition du savoir. Ce n'est que la transposition au monde numérique de la théorie d'Emile Durkheim : le côté positif de ces changements sociaux est libérateur, et permet une avancée réelle [21]. Il apparaîtrait ainsi comme d'autant plus intéressant, à terme, de mettre en place des outils de type CRM [46], utilisés par les grandes entreprises de e-commerce, pour comprendre, anticiper et gérer les besoins des étudiants.

44. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.
45. https ://www.gutenberg.org/
46. Customer Relationship Management - Gestion de la Relation Client (GRC).

Références

[1] John Broadus Watson, Psychology as the Behaviorist Views it, Psychological Review, Vol. 20, 1913, pages 158-177.

[2] Jean Piaget, Six études de psychologie, Éditions Gonthier (Paris), 1964.

[3] Jean Piaget, La formation du symbole chez l'enfant : imitation, jeu et rêve, image et représentation, Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1945.

[4] George Siemens, Connectivisme : Une théorie de l'apprentissage pour l'ère du numérique, International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, Vol. 2(1), 2005.

[5] Connectivisme : L'apprentissage en tant que Réseau-Création, Learning Circuits, Novembre 2005.

[6] George Siemens, V. Irvine, J. Code, Guest Editors' Preface to the Special Issue on MOOCs. An Academic Perspective on an Emerging Technological and Social Trend , MERLOT Journal of Online Learning and Teaching, Vol. 9(2), 2013.

[7] Lev Vygotski, Pensée et langage, 1933 (traduction de Françoise Sève, avant-propos de Lucien Sève), suivi de « Commentaires sur les remarques critiques de Vygotski »de Jean Piaget, Collection « Terrains », Éditions Sociales, Paris, 1985 ; Rééditions : La Dispute, Paris, 1997.

[8] Albert Bandura, R. H. Walters, Social learning and personality development, New York : Holt, Rinehart & Winston, 1963.

[9] Émile Durkheim, Qu'est ce qu'un fait social ?, in Les Règles de la méthode sociologique, Paris : F. Alcan, 1901, Seconde édition.

[10] Thierry Karsenti, MOOC - Révolution ou simple effet de mode ?, Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire, Vol. 10 (2), 2013.

[11] Bernadette Charlier, Les MOOC : une innovation à analyser, Distances et médiations des savoirs [En ligne], 5 | 2014, mis en ligne le 26 février 2014, http ://dms.revues.org/531.

[12] Armando Fox, From MOOCs to SPOCs, Communications of the ACM, Vol. 56(12), 2013, pages 38-40.

[13] Guy Brousseau, Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. In J. Brun (Ed.), Recherches en didactique des mathématiques, vol. 7, Grenoble : La Pensée Sauvage, 1986.

[14] Richard M. Felder, Matters of style, Prism, ASEE December 1996, Vol. 6(4), pages 18-23. 1996.

[15] Yves Chevallard, Les programmes et la transposition didactique- illusions, contraintes et possibles, Bulletin de l'AMEP, 352, 1986, pages 32-50.

[16] Chris Argyris, Donald A. Schön, Apprentissage organisationnel, théorie, méthode, pratique, traduction de la première édition américaine, Paris, Bruxelles, De Boeck université, 2002.

[17] http ://www.thecrimson.com/article/2013/9/17/kennedy-school-spoc-edx/.

[18] Louis Langevin, Monik Bruneau, Enseignement supérieur : Vers un nouveau scénario. Paris : ESF, 2000.

[19] John Sweller, The worked example effect and human cognition, Learning and Instruction, Vol. 16 (2), 2006, pages 165-169.

[20] Stanislas Dehaene, Les grands principes de l'apprentissage, Collège de France, 20 Novembre 2012.

[21] Emile Durkheim, De la division du travail social, Paris : F. Alcan, 1893.

[22] Tanya Elias, Learning analytics : Definitions, processes and potential. Retrieved July 29, 2011, from http ://learninganalytics.net/LearningAnalyticsDefinitionsProcessesPotential.pdf.

[23] A. Balla, K. Hidouci, N. Ihadadene, A.Hanouh, Un système d'enseignement adaptatif à base du langage XML, Information interaction intelligence, 2005, Vol. 5(1), pages 9-27.

[24] Magali Hersant, Fabrice Vandebrouck, Bases d'exercices en ligne et phénomènes d'enseignement - apprentissage, Repère IREM, numéro 62, Janvier 2006, pages 71-84.

[25] Claire Cazes, Ghislaine Gueudet, Magali Hersant, Fabrice Vandebrouck, Using E-Exercise Bases in mathematics : case studies at university, International Journal of Computers for Mathematical Learning, Vol. 11(3), 2006, pages 327-350.

[26] Hennessy Ruthven, A practitionner model of the use of computer- based tools and resources to support mathematics teaching and learning, ESM 49(2-3), 2002, pages 7-86.

[27] Francisco Varela, Invitation aux sciences cognitives, Edition du Seuil, Collection Points Sciences, 1989.

[28] Francisco Varela, Autonomie et connaissance, Edition du Seuil 1989.

[29] Michael D. Cohen, Individual learning and organizational routine : emerging connections, Organization Science, Vol. 2 (1), février 1991, pages 135-139.

[30] D.H. Kim, The link between individual learning and organizational learning, Sloan Management review, Vol. 35 (1), Fall 1993, pages 37-50.

[31] Yves Chevallard, Le concept de rapport au savoir : rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, numéro 108, Grenoble, IMAG, 1989.

[32] http ://media4.obspm.fr/public/AAM/

[33] Philippe Jonnaert, Cécile Vander Borght, Créer des conditions d'apprentissage : un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants. Bruxelles : De Boeck Université, 1999.

[34] Stéphane Crozat, SCENARI, la chaîne éditoriale libre, Eyrolles, Paris, 2007.

[35] Marie-José Pestel, Jeux mathématiques, SMF - Gazette, 126, octobre 2010.

[36] Leonardo Fibonacci (trad. Laurence E. Sigler), Fibonacci's Liber abaci : A translation into modern English of Leonardo Pisano's Book of calculation, Springer-Verlag, 2002.

[37] John Conway, FRACTRAN : A simple universal programming language for arithmetic, in Open problems in communication and computation, Thomas M. Cover (Editor), B. Gopinath (Editor), Springer, first edition, 1987.

[38] John Dewey, Experience and education (2006 ed.) : Southern Illinois University Press.

[39] Michel Verret, Le temps des études, 1975, Paris, Honoré Champion, 2 volumes.

[40] Yves Chevallard, La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné, Grenoble, La Pensée Sauvage (2e édition revue et augmentée, en coll. avec Marie-Alberte Joshua, 1re édition 1985).

[41] Clark Aldrich, The Complete Guide to Simulations & Serious Games, Pfeiffer, 2010.

[42] Gilles Brougère, Les jeux du formel et de l'informel, Revue française de pédagogie, numéro 160, 2007, pages 5-12.

[43] Louise Sauvé, Lise Renaud, Mathieu Gauvin, Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage, Revue des sciences de l'éducation, Vol. 33 (1), 2007, pages 89-107.

[44] Matthew Peter Jacob Habgood, The effective integration of digital games and learning content, Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, 2007.

[45] Émile Durkheim, Pédagogie, article du dictionnaire de pédagogie Ferdinand Buisson, seconde édition, 1911, version numérisée, http ://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/.

[46] Émile Durkheim, Les Règles de la méthode sociologique, Paris : F. Alcan, 1901, Seconde édition.