

CONFÉRENCE 1

PASSÉ, PRÉSENT ET FUTUR DES FORMATIONS AUX USAGES NUMÉRIQUES POUR LES ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES

Fabien EMPRIN

MCF, Université de Reims

CEREP (EA 4692)

Fabien.emprinuniv-reims.fr

ORCID : 0000-0002-0166-8489

Résumé

La place des artefacts numériques dans la formation des enseignants pose des questions spécifiques pour les didacticiens, les formateurs et les enseignants. La vitesse de développement des technologies, les effets de mode compliquent notre travail (de chercheur, de formateur et d'enseignant). Pour répondre à cette difficulté, nous proposons, comme l'a fait Lagrange (s.d.) en partant de l'introduction du tableau noir pour comprendre la place du tableau numérique, de réfléchir à ce que le numérique apporte de spécifique ou a de commun avec les démarches antérieures.

À partir de cet « historique », nous mettons en évidence que peu de leçons ont été réellement tirées des expériences et des travaux passés, par exemple Jacquinot (1993), et que seuls quelques artefacts numériques présentent des caractéristiques ayant le potentiel pour transformer fondamentalement les processus d'apprentissage. Alors, pourquoi les outils numériques sont-ils utilisés par les enseignants ? Pour préparer les élèves à une société numérique ? Pour les motiver ? Nous proposons d'autres pistes pour justifier l'usage du numérique à l'école et en formation : parce que l'on peut faire des choses que l'on ne pouvait pas faire avant (pas facilement), parce que l'on peut faire plus vite et mieux des choses que l'on faisait avant et parce que sur certains points, la technologie a changé la donne. Pour le premier point, la géométrie dynamique propose un nouvel espace de travail, la 3D immersive permet aux élèves de « voir » des choses impossibles à voir sinon, la visioconférence permet de faire cours à des élèves que l'on n'aurait pas pu atteindre autrement. Pour le second point, les exercices, les serious games, permettent à la fois suivi et autonomie pour l'automatisation notamment. Le troisième point est moins spécifique aux mathématiques : l'accès instantané et permanent à l'information peut transformer la place de l'enseignant, qui ne peut ignorer qu'à court terme, voire dès maintenant, l'élève peut avoir accès aux contenus que l'enseignant vise à transmettre. Dans ce contexte, nous abordons les questions de l'appropriation des outils numériques par les enseignants : les genèses (Rabardel, 1995) (Lagrange, 2013) et de l'analyse des formations aux technologies (Abboud et Emprin, 2010), des stratégies de formation utilisant des artefacts numériques comme les jeux sérieux et la simulation (Emprin & Sabra, 2015), ce qui nous amène à questionner les savoirs et les connaissances de formation. Quelle est la place des enseignants dans la conception des outils numériques pour leurs élèves ? Consommateurs ? Utilisateurs ? Concepteurs ou co-concepteurs ? Nous terminons par une projection vers l'avenir (proche ?) en questionnant la place du big data dans l'enseignement et la formation.

Se poser la question de la place des artefacts numériques tels que les ordinateurs, les smartphones, les logiciels de géométrie dynamique..., en tant que didacticien des mathématiques, nous amène à prendre comme focale principale, pour nos recherches, les apprentissages mathématiques des élèves. Cela ne veut pas dire que nous devons ignorer les questions sociales, sociétales, psychologiques, informatiques... qui sont inhérentes à l'introduction de ces artefacts dans le processus d'enseignement apprentissage, mais qu'elles viennent nourrir notre analyse du processus d'enseignement apprentissage. Pour définir le terme artefact, nous utilisons la distinction faite par Rabardel (1995, p. 95) entre artefact et instrument :

Le point fondamental de cette définition est que l'instrument ne peut se réduire à l'artefact, l'objet technique ou la machine selon les terminologies. Nous pensons qu'il faut définir l'instrument comme une entité mixte, qui tient à la fois du sujet et de l'objet (au sens philosophique du terme) : l'instrument est une entité composite qui comprend une composante artefact (un artefact, une fraction d'artefact ou un ensemble

d'artefacts) et une composante schème (le ou les schèmes d'utilisation, eux-mêmes souvent liés à des schèmes d'action plus généraux).

Pour aborder la complexité de cette question, nous avons fait le choix d'utiliser une approche similaire à celle proposée par Lagrange (s. d.) à propos de l'usage des tableaux numériques interactifs (TNI) ou encore de Baron (2014). Lagrange s'est d'abord intéressé à « comment un artefact s'impose dans les usages des enseignants ». Pour cela, il a étudié un artefact proche qui avait manifestement réussi à être utilisé par tous les enseignants : le tableau « noir ». En regardant l'histoire de l'introduction de cet artefact, on se rend compte qu'il n'est finalement pas si ancien que cela puisqu'il a été rendu obligatoire en 1850 et généralisé à la fin du XIX^e siècle, mais aussi que ce sont des changements dans la manière d'enseigner et de former les enseignants que son introduction accompagne.

Dans notre cas, il s'agit de comprendre ce que l'on peut apprendre de l'introduction d'artefacts ayant des caractéristiques proches des outils numériques actuels : l'apprentissage par correspondance, les méthodes d'enseignement audio et vidéo, la micro-informatique notamment.

Avant de poser ce regard sur le passé, nous prenons trois exemples un peu « décalés » qui nous permettent de poser les jalons de notre questionnement. Dans une troisième partie, nous faisons le point sur des recherches existantes et ce qu'elles apportent par rapport aux questionnements « historiques ». Nous terminons par des propositions pour la formation des enseignants au et par le numérique.

I - TROIS EXEMPLES EN GUISE D'INTRODUCTION

Les trois exemples choisis ici n'ont pour enjeu que d'illustrer, de façon originale nous l'espérons, les questions que nous nous posons sans ambition d'en être un fondement scientifique. Il s'agit, dans un premier temps, d'une légende urbaine sur le stylo de l'espace, puis de l'analyse d'une vidéo de concepteur de TNI et enfin de quelques réponses de nos étudiants en formation.

1 Le stylo de l'espace

Voici la légende : lors de la conquête de l'espace, nul n'ignore la rivalité entre les USA et l'URSS. La NASA (agence spatiale américaine : National Aeronautics and Space Administration), lors des premiers vols habités dans l'espace, a été confrontée à un problème : les stylos ne fonctionnaient pas en apesanteur puisque la gravité était nécessaire à l'encre pour descendre jusqu'à la bille et enfin au papier. L'agence aurait alors demandé à une grande marque de stylos de trouver une solution qui aurait, avec plusieurs millions de dollars de recherche, conduit à la fabrication d'un stylo pressurisé : le Fisher space pen capable d'écrire en gravité zéro. Dans cette rivalité entre les Soviétiques et les Américains, pouvez-vous alors imaginer ce qu'ont fait les Soviétiques ? Ils sont partis dans l'espace avec des crayons à papier. ».

Le Fisher space pen existe bel et bien ; il est d'ailleurs toujours commercialisé, mais pour le reste il s'agit d'une légende urbaine pour plusieurs raisons : le graphite des crayons à papier est conducteur et la poussière qui serait produite dans l'espace sans gravité pourrait causer non seulement des courts-circuits, mais aussi réagir avec les mélanges gazeux présents dans les vaisseaux spatiaux ; le corps des crayons à papier en bois est un matériau inflammable qui est proscrit de toutes les missions spatiales ; il n'y a aucune trace ni demande de la NASA à Fisher de la production d'un tel stylo ni de fonds de recherche alloués, la société a réalisé ce produit à des fins commerciales de son propre chef.

Quoiqu'il en soit la légende est belle et elle nous permet de nous demander si parfois, dans le domaine qui nous intéresse, nous ne cherchons pas une solution technologique complexe et coûteuse à un problème qui pourrait être résolu de façon beaucoup plus simple. De façon plus sérieuse, pour la même question, nous pouvons citer De Gennes (1992) qui, dans son champ de recherche sur la matière molle, l'a souvent mise en avant. À propos de l'expérience de Franklin qui permet de trouver de façon assez précise la taille d'une molécule en mettant une petite quantité d'huile sur une grande étendue d'eau il indique :

Nowadays, when we are spoilt with exceedingly complex toys, such as nuclear reactors or synchrotron sources, I particularly like to describe experiments of this Franklin style to my students (De Gennes, 1992,

p 842) que l'on peut traduire par : à une époque où nous sommes envahis d'excessivement complexes appareils tels que les réacteurs nucléaires ou les sources synchrotrons, j'aime beaucoup décrire des expériences dans le style Benjamin Franklin.

Ce premier exemple nous conduit à la question du rapport-bénéfice/coût de l'usage des technologies : pourquoi former les enseignants au numériques s'il n'y a pas de bénéfice ?

Pour complexifier cette question, il y a de plus un foisonnement d'outils numériques logiciels ou matériels comme le montre cette longue liste pourtant non exhaustive : les tablettes, les ordinateurs, les smartphones; les drones, les robots (Thymio¹, édison², bluebot³, ...); les interfaces comme Makeymakey⁴, les arduino⁵; les logiciels dédiés comme les logiciels de géométrie dynamique (LGD) tels que Cabri ©⁶, géogébra⁷, carmetal⁸, géométrix⁹, les logiciels de calcul; les exercices (abuledu¹⁰, mathenpoche¹¹...); les logiciels *halfbacked* (littéralement « à moitié cuits ») permettant de produire des exercices (WIMS¹², TinyTap¹³, Hopotatoes¹⁴, Langagiciels¹⁵...); les langages comme scratch¹⁶, géotortue¹⁷, app inventor¹⁸; les manuels numériques, les tableaux numériques interactifs (TNI), les tables interactives...

Nous choisissons de regarder un des outils plus spécifiquement : le TNI

2 Analyse d'une vidéo de concepteur de TNI

Nous analysons une vidéo produite par un fabricant de TNI qui montre les usages de son artefact ; cette vidéo est visible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=-oedQVv-XBE>

Elle montre l'usage d'un rapporteur virtuel sur le TNI pour tracer ce qui est appelé (en fait traduit de l'anglais, puisque la vidéo est en anglais, doublée en français) un angle droit. Tout d'abord, l'enjeu du tracé semble être d'obtenir un secteur angulaire ayant un angle droit ou plus simplement de délimiter un quart de disque. La démonstratrice prend donc le rapporteur virtuel et le redimensionne à la taille souhaitée pour faire le quart de disque attendu puis elle trace, au travers du rapporteur, le dessin voulu comme illustré sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Elle conclut en demandant aux élèves de faire la même chose sur leur feuille avec leur rapporteur.

¹ <https://www.thymio.org>

² <https://meetedison.com>

³ <https://www.tts-group.co.uk/primary/computing/bee-bot-blue-bot-pro-bot-ino-bot/>

⁴ <https://makeymakey.com>

⁵ <https://www.arduino.cc>

⁶ <http://www.cabri.net>

⁷ <https://www.geogebra.org>

⁸ <https://carmetal.org/index.php/fr/>

⁹ <http://geometrix.free.fr/site/index.php>

¹⁰ <https://www.abuledu.org>

¹¹ <http://mathenpoche.sesamath.net>

¹² <http://wims.unice.fr/wims/>

¹³ <https://www.tinytap.it>

¹⁴ <https://hotpot.uvic.ca>

¹⁵ <https://www.langagiciels.com>

¹⁶ <https://scratch.mit.edu>

¹⁷ <http://geotortue.free.fr>

¹⁸ <http://appinventor.mit.edu/explore/>

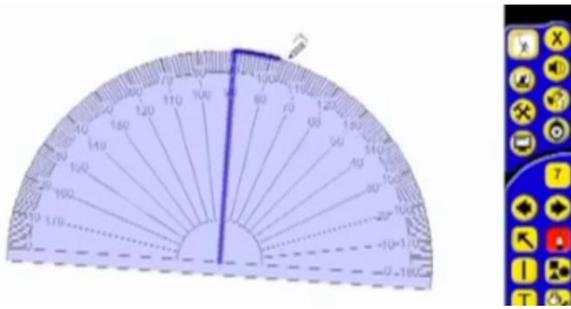


Figure 1 : copie d'écran de la vidéo analysée montrant la construction d'un quart de disque

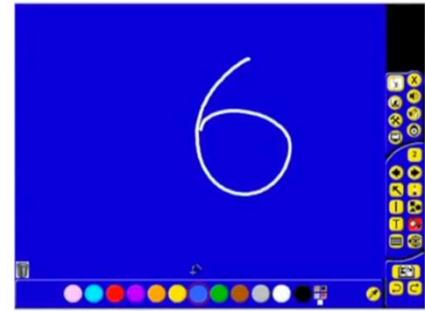


Figure 2 : exemple d'utilisation d'un TNI pour valider un tracer en blanc sur blanc

Tout d'abord on peut remarquer que l'usage qui est proposé ici est frontal : l'enseignante est au tableau et montre aux élèves ce qu'ils vont devoir faire. Ensuite, on remarque que l'usage, montré par l'enseignante, est impossible à transposer en papier crayon par les élèves : le rapporteur réel n'est pas redimensionnable et on ne peut pas tracer au travers. Même dans une démarche de type monstration, cet usage du TNI n'est pas pertinent et induit des biais dans la réalisation de la tâche des élèves.

Dans une deuxième partie de la vidéo, la démonstratrice s'adresse à des enfants jeunes, du niveau de la maternelle. Elle utilise un stylet et écrit en encre blanche sur fond blanc le chiffre 6. Puis elle demande aux élèves de dire quel chiffre elle a écrit. Pour valider, elle prend l'outil « pot de peinture » et remplit le fond avec la couleur bleue. Tout l'écran se remplit à l'exception du tracé en couleur blanche, faisant apparaître le chiffre 6 (Figure 2).

A priori, il peut s'agir d'une démarche originale pour fournir un rétrocontrôle aux élèves sur ce qu'ils pensent avoir vu, mais deux problèmes se posent : d'abord, c'est encore une fois l'enseignante-démonstratrice qui assume tout le processus de validation, mais surtout il faut se demander comment les élèves peuvent comprendre ce système de validation. En effet, il faut avoir l'habitude d'utiliser des logiciels de dessin sur ordinateur, non seulement pour comprendre comment fonctionne l'outil « pot de peinture », mais aussi ce que veut dire écrire en blanc sur blanc. Sans cette compréhension fine de l'usage du logiciel, la manipulation réalisée par l'enseignante s'apparente à de la magie.

Cette vidéo met aussi assez clairement l'accent sur la dimension motivation des élèves avec des exclamations du type « ce n'est pas formidable ça ! », mais elle semble induite par la scénarisation de l'enseignant plus que par l'usage réel de l'outil.

Ce n'est pas l'artefact TNI qui est en cause ici, mais bien les usages promus qui posent de nombreuses questions sur sa place comme médiateur dans le processus d'apprentissage, du côté de l'enseignant ou du côté de l'élève, sur ce que l'élève doit avoir construit comme relation avec l'artefact pour comprendre certaines interactions (que l'on peut interpréter en termes de genèses instrumentales des élèves), sur la motivation, son origine et sa place dans le processus d'apprentissage.

Cela nous conduit à une deuxième question : à quoi former les enseignants ? Quels usages et quels artefacts ?

Pour troisième exemple, nous avons extrait des informations des travaux et des réponses de nos étudiants ce qui, sans valeur statistique aucune, nous amène à poser une troisième question.

3 Quelques travaux d'étudiants stagiaires

Voici un extrait tiré d'une analyse de séance rendue cette année par un étudiant, en master 2¹⁹ : « Intégrer des TICE au sein de ses séquences est un travail conséquent. Cela nécessite une lucidité sur les difficultés que les élèves vont rencontrer. Or, cette lucidité ne s'acquiert qu'avec l'expérience. N'en ayant pas en

¹⁹ Étudiant fonctionnaire stagiaire, en deuxième année de master MEEF (Métier de l'Enseignement, Éducation et de la Formation), parcours second degré. À mi-temps en formation et à mi-temps en responsabilité de classes. Pour valider les unités d'enseignement liées au numérique, ces étudiants rendent des analyses de séances de classe.

étant jeune professeur, il est nécessaire de parler avec les collègues de mathématiques qui ont déjà rencontré ces écueils et peuvent donc éviter des fiascos potentiels. »

Cette vision de formation peut nous interroger : manifestement, cet étudiant considère que ce n'est que par accumulation de l'expérience, au fil des années et des rencontres des collègues que l'on apprend à enseigner, notamment avec les technologies. Si la place de l'expérience et de la pratique sont indéniables, comment faire pour accumuler les connaissances sur l'enseignement, les mutualiser, les partager, les extraire des contextes particuliers pour les rendre réellement partageables et exploitables par d'autres. Il nous semble que c'est bien la place de la recherche et de la formation que de faire ce travail de prise de distance et d'accélération de la construction de la professionnalité des enseignants.

Nous avons également mis en place un dispositif permettant de faire émerger, en début de formation, les représentations de nos étudiants de l'enseignement avec les technologies. Pour cela, nous utilisons un dispositif appelé contraposée (Emprin & Jourdain, 2010) qui permet d'éviter que les étudiants ne répondent ce qu'ils pensent que l'enseignant attend comme réponses. Au lieu de les questionner sur « comment faire réussir une séance avec les technologies ? », nous leur demandons de répondre, via un dispositif de post-it permettant de favoriser les échanges, à « comment faire échouer une séance avec les technologies ? ». Les réponses à cette question ne peuvent pas être issues de lectures ou d'anticipation des réponses attendues et sont ainsi plus révélatrices de ce qu'ils pensent vraiment. Nous obtenons, en faisant regrouper les idées par les étudiants, cinq catégories :

- Ne pas préparer sa séance (pas suffisamment)
 - Ne rien préparer/Contenus mal adaptés
- Faire une séance où le numérique n'est pas adapté
 - Pas d'intérêt : transformer la séance en jeu/ne pas la transformer en jeu
- Être confronté à un impondérable extérieur/logistique
 - Ne pas s'y être préparé
- Ne pas assurer la gestion de la classe
- Ne pas maîtriser la technologie

La formation peut alors s'appuyer sur ces catégories, bien évidemment en prenant leur négation. Une catégorie nous intéresse particulièrement, celle qui correspond à l'intérêt d'utiliser les technologies et qui contient d'ailleurs des affirmations qui sont contradictoires comme, transformer la séance en jeu et ne pas transformer la séance en jeu. Cela nous amène à faire préciser, aux étudiants, les raisons d'utiliser les technologies. Ils en proposent trois : pour préparer les élèves aux besoins de la société et à l'avenir, pour motiver les élèves, parce que c'est nouveau.

Préparer des élèves de maternelle à ce à quoi ils seront confrontés dans leur vie professionnelle ou dans la société pose le problème de l'anticipation. À quoi seront-ils confrontés dans 15 ou 20 ans (si on considère une entrée dans la vie active entre 18 et 23 ans) ? Mais si on regarde les artefacts numériques qui nous semblent actuellement naturels, combien d'entre eux existaient il y a 15 ou 20 ans ? Le 4 septembre 1998 naissait Google®, le 20 août 2002 Moodle®, Skype® en 2003, Facebook® en 2004, Twitter en 2006, quant à l'iPad, il était présenté le 27 janvier 2010. Un formateur ou un enseignant technophile de juin 1998 connaissait vraisemblablement l'ordinateur : il avait par exemple un PC avec un processeur Pentium II® avec 2 Go de disque dur (une petite clef USB actuelle) et il lui avait coûté sans doute son premier salaire, un minitel sorti en 1982, il pouvait aussi faire partie des 6,1 % de français à avoir un abonnement à internet (contre plus de 85 % aujourd'hui), grâce à un modem 56k qu'il pouvait utiliser une heure par mois à condition de ne pas téléphoner en même temps et il avait peut-être été formé sur le TO7 de Thomson qui avait été présenté en 1982. Comment cet enseignant ou formateur de 1998 pouvait-il anticiper sur les usages mobiles et les réseaux sociaux auxquels ses élèves sont maintenant confrontés en 2018 ? En conséquence, comment justifier les usages scolaires de 2018 par ce que sera la société de 2038 ?

Pour ce qui est de la motivation, sans entrer dans des recherches approfondies de psychologies, nous pouvons distinguer une motivation intrinsèque et une motivation extrinsèque. La première étant évidemment plus intéressante pour les apprentissages puisqu'elle est engendrée par la situation

d'apprentissage, par un processus interne à l'élève. En revanche la seconde, celle qui était proposée dans la vidéo de présentation du TNI, doit être sans cesse entretenue par l'enseignant qui doit alors, se renouveler, changer pour donner un aspect nouveau au risque de dévier les élèves des objets réels de l'apprentissage. Réduire la question des technologies à celle de la motivation, c'est donc les limiter à un statut cosmétique ou de récompense.

Enfin, l'idée de suivre la nouveauté, ce qui est à la mode, soumet l'enseignant à un risque de changement incessant qui n'est pas propice à l'approfondissement et à l'analyse des effets sur le long terme.

Cela nous amène à ces dernières questions : comment former les enseignants ? Quelle est la place de la formation ? de la recherche ? Que sait-on déjà ?

Ce sont les questions mises en avant dans ce premier chapitre qui vont nous guider dans cette conférence et, tout d'abord, au travers d'une analyse des technologies introduites au fil des années.

II - REGARD VERS LE PASSÉ

Le regard que nous proposons n'a pas la prétention d'être exhaustif. Nous avons choisi des éléments qui nous semblent significatifs par rapport aux questions que nous venons de mettre en évidence.

1 La formation à distance

1.1 *Origine de la formation à distance*

À quand peut-on dater le début de la formation à distance ? En nous appuyant sur Glikman (2002), Holmberg (2005), Peraya (2003) et Blandin (2004), nous pourrions proposer la date de 1728, car il s'agit de la publication sous forme de livre de la première méthode d'enseignant proposée par Caleb Philips pour apprendre la sténo. Mais 1840 nous semble une date bien plus importante, car c'est l'apparition du timbre-poste en Angleterre (le Penny black). Ce timbre permet à Isaac Pitman de proposer réellement une méthode de sténo en apprentissage par correspondance. Antérieurement à cette date, le courrier était payé par le destinataire et dépendait de la course qui avait été effectuée. Avec l'apparition du timbre, le coût de l'envoi est unique pour toute l'Angleterre et assumé par l'expéditeur. La méthode de Sténo de Pitman²⁰ (et donc l'enseignement par correspondance) profite de l'apparition d'une forme simplifiée et plus commode de médiation pour se développer. En 1858, l'université de Londres reconnaît les diplômes à distance. En France, est créé, en 1939, un service de scolarisation primaire et secondaire par correspondance²¹, pour les réfugiés du Nord et de l'Alsace dans les régions méridionales, ce service deviendra le Centre national d'enseignement par correspondance (CNEPC en 1944) puis, après plusieurs évolutions, le Centre national d'enseignement à distance (CNED en 1986). Ce second morceau d'histoire nous amène à une deuxième conclusion sur ce qui a induit le développement de la formation à distance, le fait que les personnes ne puissent pas accéder à l'école parce qu'elles sont déplacées, réfugiées ou handicapées. La facilité du vecteur de communication et l'empêchement des individus à accéder au présentiel sont donc deux moteurs importants du développement de la formation à distance. Cela peut paraître une évidence, mais cela signifie en creux que des résistances vont apparaître lorsque les personnes formées se sentent en décalage vis-à-vis de ces deux aspects. Par exemple, lorsque des enseignements à distance sont mis en place pour remplacer, à l'identique, des cours en présence pour des raisons économiques ou quand le vecteur de communication n'est perçu comme pratique et facilitateur.

²⁰ Voir des exemples à l'adresse https://www.gracesguide.co.uk/Sir_Isaac_Pitman_and_Sons

²¹ Voir les évolutions sur le site du CNED : <http://www.cned.fr/le-cned/institution/histoire/>

1.2 Avec l'audiovisuel

Nos points d'appui sont, pour cette partie, Alzouma (2012) ou Albero (2004). **L'enseignement utilisant l'audiovisuel peut aussi sembler récent, mais en réalité les premières méthodes, sans remonter au XVIII^e avec la lanterne magique, peuvent être attribuées à l'enseignement des langues entre 1913 et 1918 avec le Pathégraphe (Figure 3).**



« Le Pathégraphe consiste dans la combinaison d'un nouveau Pathéphone et d'un système particulier permettant le déroulement d'une bande de papier où sont imprimés les mots que prononce le Pathéphone en mouvement. ». Tandis que l'élève écoute l'enregistrement de la leçon sur disque, il peut en lire le texte sur un rouleau de papier qui défile de manière synchrone ; l'ensemble de ces textes sont compilés dans un livre que l'élève peut placer devant lui sur une tablette escamotable. Outre des langues étrangères (allemand, anglais, espagnol, portugais), le Pathégraphe a pu servir à l'apprentissage de la diction et du solfège.

<https://gallica.bnf.fr/html/und/objets/premiers-temps>

Figure 3 : Source Gallica BNF ; Collection Charles Cros. Phonographes (média : son). Pathégraphe ou « Autodidacte »

Carou, cité par Fumet (2012) indique que cet appareil « [...] menace le monopole de la parole savante du maître dans sa classe ». Cette polémique a eu pour effet de faire modifier le dispositif et d'intégrer des blancs dans la méthode pour que l'enseignant puisse mener sa classe et faire répondre des élèves. L'exemple du Pathéphone illustre les volontés des concepteurs de produire des outils permettant un apprentissage sans interventions humaines et les résistances des enseignants face à des artefacts qui les déposent du monopole du savoir.

En 1912, à l'Ohio State University, les premiers cours Radio (Bordeleau, 1999) sont dispensés. Ils sont précurseurs, avec l'apparition de la télévision, du développement de cours audiovisuels. En 1945 est créé, en Grande-Bretagne, un service de télévision pédagogique qui passe en 1951 sous la tutelle du MEN (Ministère de l'Éducation Nationale), qui le confie à l'IPN (Institut de Pédagogie Nationale) puis, en 1962, est créée la Radio Télévision Scolaire (RTS) dirigée par Henri Dieuzeide. Ces programmes sont accompagnés de fiches pédagogiques distribuées par les Centres Régionaux de Documentation Pédagogiques (CRDP). Ce qui est visé est donc une exploitation médiatisée par un enseignant. En 1994, la chaîne de télévision La Cinquième est créée pour devenir « la télévision du savoir, de la formation et de l'emploi ». En 2014, le CRDP devient le réseau Canopé. Ce parcours, jonché de transformations de structures, montre la difficulté à positionner la diffusion de programmes éducatifs, malgré la très bonne insertion du média (que ce soit la radio et la télévision), et cela même s'ils ne se mettent pas en concurrence avec l'enseignement, mais en appui et en complémentarité. La question de la conception des programmes, par des spécialistes de l'audiovisuel, par des enseignants ou par des équipes mixtes s'est naturellement posée. Des démarches ont été expérimentées comme le fait de filmer des cours donnés par des enseignants reconnus ou de construire des programmes illustrant des sujets spécifiques, en les accompagnant de fiches pédagogiques pour les enseignants. Quels enseignements ont pu être tirés de cette longue histoire alors que des dispositifs de formation en ligne reproduisent cette démarche en diffusant, via le web, des cours, des conférences ou des capsules explicatives de points spécifiques ? Il nous semble important de tenir compte des expériences et des recherches qui ont pu être menées à une grande échelle et sur un temps long.

De même, l'informatique pédagogique a également une longue histoire dont nous pouvons tirer des leçons.

2 L'informatique pédagogique

Nous nous appuyons sur les travaux de Bates (2005), Bordeleau (1999) et Garrison (1993). À partir de l'analyse de Zampa (2003), nous proposons de dater aux années 1920, l'apparition de l'enseignement automatisé avec la création de la Drum Tutor de Sidney Pressey. En effet, cette machine automatisée, à corriger les QCM, permet de conserver trace des actions, tout en laissant chaque apprenant travailler à son rythme et en lui donnant des rétroactions personnalisées, ce qui la rapproche de bien des logiciels exercices ou de la machine lexicdata²² utilisés actuellement.

D'après Alvarez (2007) et en se limitant à l'informatique à proprement parler, le premier jeu est OXO créé en 1952 par A.S. Douglas, il s'agit d'un jeu de morpion contre l'ordinateur. L'odyssée, créée en 1972 par la société Magnavox, popularise un jeu de pong. Dans les mêmes années, Seymour Paper développe le courant du constructionnisme (Harel & Papert, 1991) basé sur l'idée d'apprendre en se confrontant à l'action sur un artefact (c'est un néologisme pour l'époque), mais aussi par la construction de quelque chose de spécifique. Le langage LOGO et la tortue logo sont symboliques de cette époque et de ce courant qui perdure notamment avec le développement de Scratch (Resnik & al. 2009) de nos jours. Les caractéristiques de ce qui est appris via ces artefacts sont assez proches de ce que l'on peut rencontrer maintenant, et pourtant, ils ont été introduits dans les programmes d'enseignement puis ont disparu. Comment est-il possible d'expliquer ces phénomènes au regard des études menées à cette époque ?

Le premier monde virtuel se nomme Habita, il date de 1986 et a été créé par Lucasfilm Games en collaboration avec Quantum Computer Services (qui est devenu ensuite America Online [AOL]). Ce qui nous semble intéressant, avec cet exemple, c'est de voir que des innovations qui arrivent à certains moments ne s'imposent pas alors que « second life », un autre monde virtuel (créée en 2003) aura un très grand succès 20 années plus tard.

On peut considérer que le premier jeu sérieux est le fruit de sérendipité ; en effet, le jeu de combat de chars Army Battlezone, créé par Atari, en 1980, est programmé avec un fonctionnement suffisamment rigoureux pour que l'armée américaine choisisse de l'utiliser pour l'entraînement de ses militaires. Ce n'est donc pas une demande de formation de l'institution, mais plutôt un choix par opportunité ; c'est parce que l'artefact existe qu'il est utilisé. Depuis, ce type d'usage a continué, par exemple le jeu America's Army de la société MOVES créé en 2002 est utilisé comme un outil de recrutement à la Naval Postgraduate School de Monterey, Californie (Etats-Unis).

De grandes sociétés se sont intéressées au jeu sérieux en 1993. L'Oréal développe le Jeu Brandstorm pour promouvoir de nouvelles techniques dans la coiffure, la Renault Academy en 2006²³, la banque BNP et EDF pour des jeux de rôle, EDF en 2011 pour travailler les « Entretiens annuels de progrès »²⁴.

Avec le développement de l'Internet apparaissent les premiers MOOC (Massively Online Open Courses) basés sur l'idée d'exporter pour l'enseignement la grande réussite des MMOG (*massively multiplayer online game*) tel que *World of Warcraft*. Dans ces jeux, des millions de joueurs interagissent, collaborent ou s'affrontent. Les MOOC exploitent ces interactions massives pour favoriser l'apprentissage. Là encore, c'est le jeu vidéo qui inspire de nouvelles stratégies de formation.

Un autre artefact est emblématique de l'utilisation des technologies, le TNI.

²² <http://www.lexidata.fr>

²³ Voir par exemple l'interview <https://www.journaldunet.com/solutions/intranet-extranet/serious-games-en-entreprise/serious-game-chez-renault-retour-d-experience.shtml>

²⁴ Voir par exemple l'article : <https://www.journaldunet.com/solutions/saas-logiciel/edf-serious-game-et-entretien-annuel-d-evaluation.shtml>

3 Le TNI

Il ne s'agit pas une invention si récente que l'on peut penser. En 1988 Xerox Pac développe le Liveboard, qui sera commercialisé en 1991. En Grande-Bretagne, son déploiement sera accéléré par l'opération TBI PrimTice qui prévoyait de passer de 2500 TNI en 2001 à 14 000 en 2008.

Ce qui est intéressant de noter c'est le décalage entre la Grande-Bretagne et la Grande-Bretagne. En effet, au moment où nous engageons des moyens, les Anglais avaient déjà bien équipé leurs classes comme l'illustre la *Figure 4*. Ce décalage de trois années aurait pu nous permettre de tenir compte des résultats obtenus outre-Manche pour faire des choix éventuellement différents ou pour conforter nos propres choix.

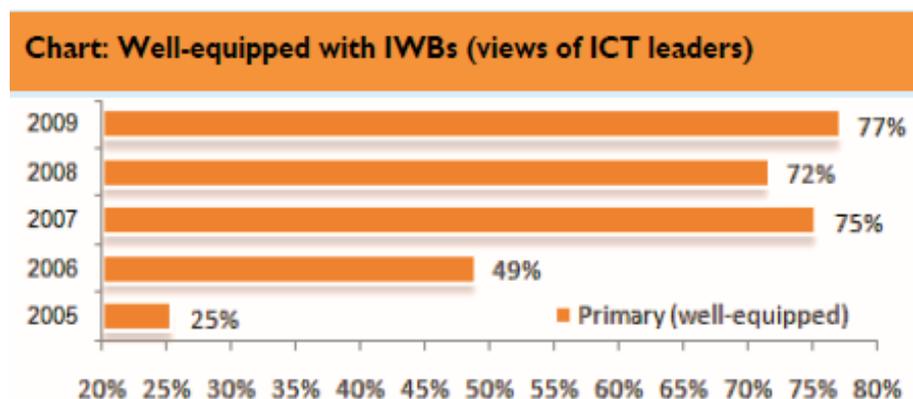


Figure 4 : BESA ICT in UK State Schools 2009 summary report <http://www.besa.org.uk/besa/documents/view.jsp?item=1326>

Ces trois exemples : formation à distance, informatique pédagogique et TNI, nous laissent penser que nous pourrions trouver des recherches, des études, des expériences récentes ou plus anciennes desquelles nous pourrions tirer des résultats et des enseignements.

4 Des recherches existantes

Des recherches existent effectivement sur la TV éducative pour adulte (Glikman, 1995 ; Cros, 1961 ; Prost, 1981 ; Egly, 1984) et sur le TNI, notamment citées dans l'article de Lagrange (s.d.) ou des travaux sur la formation des enseignants depuis le plan informatique pour tous (IPT) (Abboud, 1995 ; Emprin, 2007) qui a été un marqueur important dans le système éducatif français.

4.1 La TV éducative pour adultes (Glikman, 1995)

Glikman (1995) explique que l'objectif principal du plan expérimental d'extension des moyens audiovisuels d'enseignement de 1963-64, avec un budget de dix millions de francs, est de pallier le manque d'enseignants et la formation insuffisante de beaucoup d'entre eux, dans le cadre de la réforme d'un système scolaire caractérisé par l'accroissement de la demande sociale en matière d'éducation et la prolongation de la scolarité obligatoire (Cros, 1961 ; Prost, 1981).

Il met également en avant des réticences des acteurs du système éducatif eux-mêmes : le ministère de l'Éducation nationale et la direction de l'IPN (Institut Pédagogique National), pour lesquels « l'audiovisuel, ça coûte cher et ce n'est pas sérieux », se méfient de ces innovations qui paraissent remettre en cause les modèles de l'enseignement traditionnel. De même, la majorité du corps enseignant est soit indifférente, soit très réticente, considérant ces émissions « palliatives » comme un moyen de contourner ses revendications en matière de recrutement et de formation et affirmant, par la voix de ses syndicats, que « la machine ne remplacera jamais le maître » (Egly, 1984).

Pour Glikman (1995), les responsables de la radiotélévision scolaire pour les adultes (RTS/Promotion) à l'IPN sont des enseignants et, à leur manière, des militants de l'éducation populaire et de la promotion sociale. Convaincus que la télévision peut assurer une mission éducative, c'est à travers leur désir d'enseigner qu'ils se passionnent pour l'audiovisuel : ils y voient le moyen de transmettre des savoirs au

plus grand nombre et pensent même, au début, que l'éducation peut engendrer un langage nouveau qui modèlera les formes de la communication télévisée.

Enfin, il attribue l'échec de cette télévision scolaire à son expansion rapide avec des enseignants non formés qui finit par être soumise à une logique de marché. Cette augmentation du nombre d'émissions induit une baisse de la qualité qui la fait rentrer dans un cercle vicieux.

Nous tirons trois enseignements de cette analyse :

- Utiliser une technologie pour pallier les manques de moyen (enseignants et formation des enseignants) n'a pas fonctionné dans le passé.
- Ne pas prendre en compte ou associer les enseignants, vouloir remettre en cause leur façon d'enseigner sans eux et sans les former, c'est risquer que les enseignants n'adhèrent pas, ou même, s'opposent.
- Il est normal que les technologies se développent grâce à des personnes, des enseignants spécialistes et convaincus ; mais limiter le développement à ces personnes risque de couper la technologie des usages réels.

4.2 *Le TNI (Lagrange, s.d.)*

Lagrange (s.d.) distingue deux périodes de recherche en Grande-Bretagne : 2000-2006 et 2006-2009.

Dans la première période, les façons, dont les TNI, sont analysées comme problématiques (Becta, 2010). Même si les usages des ressources numériques sont présents dans 50 % des leçons, la qualité des usages est très variable. Les TNI sont utilisés principalement pour présenter et non pour améliorer l'enseignement et l'apprentissage. En ce qui concerne les mathématiques enseignées, les observations des inspecteurs (OFSTED, 2008), dans les rapports qu'ils réalisent en 2001 et 2002, montraient que la plupart des élèves avaient l'occasion d'utiliser les TICE comme outil de résolution ou d'exploration de problèmes mathématiques. Ce n'est plus le cas en 2008 : la contribution des maths au développement de compétences TICE est relativement limitée. De plus, en dépit des avancées technologiques, le potentiel des TICE pour enrichir l'apprentissage des mathématiques est trop rarement réalisé.

Dans la deuxième période, l'impact du TNI dans la classe est caractérisé par un rythme plus rapide, mais avec des résultats contradictoires quant aux gains pour les apprentissages. Pour Shaw (2006), ces gains ne sont pas prouvés. De même pour Smith et al. (2006) :

after observing 184 primary school lessons conclude that lessons have a faster pace and that discourse is affected by interactive whiteboard use but that the impact on attainment is not yet proven.

Pour Somekh (2007), il y a un gain sur un temps long quand le TNI devient partie prenante (embedded in) de la pédagogie de l'enseignant. Pour Miller & Glover (2007), beaucoup d'enseignants deviennent performants pour les fonctionnalités de présentation mais n'utilisent pas vraiment les possibilités du numérique, d'où des occasions perdues. Enfin, la formation est souvent réduite à l'information des fournisseurs ce qui peut poser question au regard de notre analyse de la vidéo de construction analysée en introduction.

Ces travaux nous montrent la difficulté à montrer un gain à l'usage des technologies, mais surtout l'importance d'en faire un élément partie prenante de la démarche d'enseignement apprentissage de l'enseignant. Cela nous renvoie à la question de la formation.

4.3 *Les travaux sur la formation (Abboud-Blanchard, 1994) (Abboud-Blanchard et Emprin, 2009)*

Le plan IPT (Informatique pour tous) a été caractérisé par un effort d'équipement des établissements mais aussi de formation des enseignants et de production de ressources. C'est donc un moment particulièrement intéressant à analyser en termes de formation aux technologies. Nous disposons de travaux sur la formation des enseignants de mathématiques au numérique à deux moments : Abboud-Blanchard (1994) sur le plan IPT et Emprin (2007) sur les années 2000. Ces études ont, toutes deux, montré que les formations étaient essentiellement menées par des formateurs militants, convaincus. Ce sont des formations qui sont souvent basées sur l'homologie (Houdement & Kuzniak, 1996) et la

confrontation entre les stagiaires et l'ordinateur est vue comme intrinsèquement formatrice. Au niveau des interactions dans la formation, les apports d'information et de situations modèles du formateur dominant et il y a peu d'échanges entre stagiaires. Les pratiques, au sens de Robert (1999 ; 2005), sont très peu questionnées alors que les questions des stagiaires révèlent un besoin. Il y a confusion des genèses instrumentales (Rabardel, 1995). Par exemple, il n'est pas distingué, durant ces formations, ce que doit savoir faire un concepteur d'outil, un enseignant ou un élève. Un décalage entre les attentes des enseignants et les potentialités des TICE présentées par le formateur est identifié (Ruthven & Hennessy, 2002 ; Lagrange & Dedeoglu, 2009)

Assude & Emprin (2013) mettent également en évidence que les résistances des enseignants sont de plusieurs types (personnelles, institutionnelles, symboliques, etc.) et que l'adhésion des enseignants semble plus grande s'ils « voient » une plus-value de ces outils dans le travail en classe (observé sur l'intégration de la calculatrice).

Connan & Emprin (2011) ont analysé tous les échanges entre formateurs et enseignants stagiaires sur un portfolio numérique de formation, au moyen d'un traitement statistique : la méthode Reinert (1986) qui consiste en une analyse factorielle sur les cooccurrences de mots dans les textes. Cette méthode permet de définir des univers lexicaux mettant en évidence les mots fréquemment utilisés ensemble ou au contraire les absences significatives (au sens de la métrique du χ^2) dans les formulations. Les 12 255 textes extraits de l'artefact numérique entre 2006 et 2010 mettent en évidence que le discours sur le numérique est complètement isolé des autres discours formatifs. Il est caractérisé par la présence des termes techniques tels que fichier, FOAD, Zipper, ressources, information et par l'absence des termes « enseignement », « élève », « séance ».

Ce résultat a été confirmé par une étude interne²⁵ utilisant la même démarche d'analyse statistique au moyen du logiciel IRaMuTeQ (Ratinaud & Marchand, 2012) de 320 rapports d'évaluation des stages en responsabilité du premier et du second degré. Là encore, le discours sur le numérique est complètement isolé des autres et centré sur un discours technique.

Des mémoires de recherche, que nous avons encadrés, mettent en évidence des éléments qui pourraient être une base intéressante pour de nouvelles recherches. En effet, ils mettent à jour, sur des corpus évidemment limités, des points qui doivent attirer notre attention. Un premier mémoire²⁶ analyse les pratiques de formateurs, soumis à une obligation institutionnelle de mise à distance de tout ou partie de leur formation, montre qu'ils reproduisent les démarches présentesielles. De plus, il y a un décalage important entre les démarches qu'ils souhaitent mettre en place et celles qu'ils proposent réellement. Ces constats ont pu être faits avec des formateurs déjà impliqués dans la formation à distance avant l'obligation institutionnelle, comme avec des formateurs moins proches des outils numériques. Par ailleurs, le temps de formation spécifique à l'enseignement à distance dont ont pu bénéficier ces formateurs est très faible dans tous les cas.

Sur l'analyse des pratiques de formation lors de cours en visioconférence, un autre mémoire de master²⁷ montre que les démarches de formation habituelles sont également reproduites, mais avec des modifications de forme liées à la perte de la rétroaction sur l'attention et les émotions (visage) des étudiants. Les formateurs interrogent les sites distants pour prendre de l'information. Ils compensent ainsi la perte d'information, s'assurent du ressenti et de la compréhension des auditeurs. Ils vérifient également que la connexion est toujours opérationnelle. Ces stratégies ont été observées à l'échelle d'une formation à distance et donc au sein d'un groupe de formateurs. Ces formateurs adhèrent à cette démarche de formation non pas par conviction de son efficacité mais par ce qu'elle permet à des étudiants qui n'auraient jamais pu reprendre d'études, de le faire.

²⁵ Réalisé par la direction de la formation et du numérique de l'ESPE de l'académie de Reims, Emprin F. et Masson P.

²⁶ Mémoire de Master Pratiques et ingénierie de la formation parcours CIREF de F. Bisilliat-Donnet

²⁷ Mémoire de Master Pratiques et ingénierie de la formation parcours CIREF de P.-A. Sportiello

L'ensemble de ces travaux mettent en évidence que des recherches et surtout des résultats existent mais cela nous conduit à la question suivante : qu'est-ce qui rend leur exploitation difficile ? Peut-on les exploiter avec les artefacts actuels ?

4.4 Conclusions sur les recherches existantes

Pourquoi est-il difficile d'exploiter tous les travaux existants, sur des artefacts anciens, comme la télévision, ou plus récents, comme le TNI, mais issus du contexte anglo-saxon ?

Il semble y avoir des difficultés à atteindre, pour les sciences dans lesquelles ces travaux ont été produits, une réelle dimension cumulative. Oppenheimer (1955) met en évidence au moins deux raisons au caractère cumulatif de la science :

Une découverte relative au monde naturel ne supprime pas ce que nous savions auparavant, mais le transcende, parce que l'on se trouve dans un nouveau domaine d'expérience auquel on n'a pu accéder souvent que par la pleine utilisation des connaissances antérieures.

[...]

Dans le progrès scientifique, on s'aperçoit à chaque pas que ce qui était hier objet d'étude et d'intérêt pour soi devient aujourd'hui une sorte de postulat, compris et digne de foi, connu et familier, un outil de recherches et de découvertes nouvelles

Oppenheimer développe ces idées à propos de sciences exactes et naturelles comme les mathématiques, la physique, la biologie mais la question de la relation entre anciennes connaissances et nouvelles, ainsi que la façon dont on s'appuie sur les travaux antérieurs pour construire de nouveaux résultats, appartient également aux démarches de la didactique et des sciences de l'éducation. Les exemples mis en avant dans toutes les parties précédentes montrent que le processus d'accumulation est freiné.

Quelles peuvent en être les causes ?

Tout d'abord il nous semble que la sensibilité des recherches aux changements de contextes rend la transposition des résultats difficiles. Si on prend les résultats d'études réalisées, même dans des pays proches comme l'Angleterre, les conditions d'enseignement, le statut des inspecteurs, les distinctions entre le privé et le public, les programmes sont autant de points à prendre en compte pour exploiter les études qui sont produites. Les questions de langues et de lieux de publication des recherches sont aussi à prendre en compte dans cette difficulté notamment pour accéder à des recherches qui ne sont pas publiées en anglais dans des revues internationales.

Des recherches transnationales ou visant la mise en réseau entre les théories à travers l'extension de la notion de praxéologie (Artigue et al., 2011), issue de la théorie anthropologique de la didactique (TAD) (Chevallard, 1999), donnent des perspectives intéressantes pour aborder la complexité de cette question.

Pour ajouter à la difficulté, les recherches impliquant les apprentissages des élèves nécessitent un temps long, lié au temps de l'apprentissage. Ce temps long est difficilement compatible avec la rapidité d'évolution des technologies numériques. La conjecture de Moore²⁸ prédisait, dès 1975, que le nombre de transistors des microprocesseurs sur une puce de silicium doublerait tous les deux ans augmentant ainsi la puissance de calcul et diminuant le coût de ces machines. Cette prédiction, qui s'est avérée assez exacte au moins jusque dans les années 2010, donne une échelle de la vitesse des transformations des capacités des outils numériques (tout comme notre petite et non exhaustive description des outils du paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Comment rendre compatible cette vitesse des emps de recherche sur le long terme, des temps de publications (et donc de validation des résultats) également longs et le temps de la décision politique d'investissement ?

Qu'est-ce qui a changé par rapport aux outils plus anciens ?

L'accès à l'information, son ampleur et sa vitesse peuvent être résumés en disant que l'on a accès « à tout, partout et tout le temps ». La télévision ou la radio donnent accès à des informations mais limitées

²⁸ Du nom de Gordon Earle Moore, cofondateur de la société Intel

en nombre et dans leur disponibilité. Là où il fallait accéder à une formation ou à une bibliothèque spécialisée pour disposer de certaines informations, internet les rend accessibles à la demande. Par ailleurs, ces informations ne sont plus filtrées par un processus d'édition et de publication, le vrai et le faux se côtoient. Cela peut donc changer la place de l'enseignant par rapport au savoir, de dépositaire exclusif à sélectionneur d'informations ou formateur permettant aux étudiants ou aux élèves de trouver, trier et comprendre l'information.

La communication interpersonnelle a également changé, là où un élève des années 80 pouvait passer un coup de fil à un camarade assis à côté du téléphone au milieu du salon (les téléphones avaient des fils de longueur limitée) pour se faire aider, il a maintenant accès à des réseaux d'entraide, des espaces de partage et de collaboration qui regroupent des millions de personnes.

Par ailleurs, la logique de marché, comme avec la télévision éducative, est beaucoup plus présente et peut-être à la fois plus masquée au travers des moteurs de recherche et des réseaux sociaux dont la gratuité apparente peut rendre les logiques de fonctionnement obscures pour l'utilisateur.

Nous tentons d'apporter quelques propositions issues de ces constats et de ces analyses.

III - PROPOSITIONS POUR LA FORMATION DES ENSEIGNANTS À ET AVEC LE NUMÉRIQUE

Il nous semble qu'une métaphore, utilisée par notre collègue Hussein Sabra, est particulièrement éclairante pour illustrer notre démarche : quand le cinéma a été inventé, on ne s'est pas contenté de filmer le théâtre. Mais alors pourquoi est-ce que la formation et l'enseignement avec les outils numériques devraient être, comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, des transpositions des démarches sans outils numériques. Il nous semble plus pertinent d'aborder la question de la formation à et par le numérique en essayant d'inventer de nouvelles démarches et de nouvelles stratégies, de questionner et de repenser la formation.

1 Hypothèses pour repenser les formations

Les recherches que nous avons menées nous invitent d'abord à prendre en compte les réticences des enseignants et à ne pas se centrer sur les artefacts. Cela veut dire qu'il faut comprendre les pratiques et les modifications que vont induire l'introduction et l'usage des outils numériques pour adapter la formation. Par exemple, dans une recherche que nous avons menée dans le cadre d'un projet de construction d'un logiciel de simulation informatique de maison à domotiser Home I/O (Emprin & Riera, 2014 ; Riera & al., 2016), nous avons pu analyser les représentations des enseignants de la discipline « technologie » en lien avec l'usage des outils numériques conjointement au développement de l'artefact lui-même et des scénarios de formation. Il est apparu quatre types de visions des finalités de la discipline : comprendre comment ça marche ; comprendre les concepts (par exemple les économies d'énergie), faire avec des objets réels ou être capable de programmer un automate. Ces visions nous ont permis de développer l'artefact et de mettre en avant des scénarios permettant par exemple, de relier la maison virtuelle avec des systèmes réels ou de programmer au moyen d'une interface, I/O connect et récemment Scratch, la domotique de la maison. D'autres problèmes ont pu être mis en avant comme le choix que nous avons fait d'avoir un artefact aux standards du jeu vidéo en termes de qualité graphique, sonore et même de déplacement à l'intérieur de la maison. Ce choix gêne certains enseignants et même certains étudiants, minoritaires néanmoins, car il questionne la frontière entre le jeu et l'apprentissage. Sans remettre en cause notre choix, cela nous indique que la formation ne peut pas ignorer ce questionnement, elle doit donc permettre aux enseignants de le formuler et de l'analyser.

La question de la plus-value des technologies est également importante à régler et notamment l'idée de réduire le décalage entre les potentialités des technologies et leur usage. Nous proposons que la formation mette également ce questionnement en évidence pour dépasser les arguments que nous avons pu extraire avec nos étudiants au paragraphe I-3.

Prendre en compte l'enseignant peut passer, quand cela est possible, par le fait de l'associer au travail de conception et de développement des outils. Une autre démarche peut être d'aborder, en formation, ses

pratiques dans toutes leurs dimensions. Dans le cadre de la double approche (Robert & Rogalski, 2002), les pratiques peuvent être vues comme la recombinaison, le tout étant supérieur à la somme des parties, de cinq composantes. Deux composantes sont visibles : la composante médiative (les échanges les interactions...) et la composante cognitive (les mathématiques qui sont enseignées) des pratiques. Trois composantes sont à accès indirect : personnelle (ce que l'enseignant pense, sait, croit sur les mathématiques, sur l'enseignement.), institutionnelle (ce qu'il perçoit comme demandes, injonctions, obligations liées aux institutions programmes, inspection...) et sociales (les habitudes, ce qui se fait ou ne se fait pas dans l'établissement...). En regardant les pratiques avec ce cadre et en cherchant à aborder en formation les pratiques dans plusieurs de leurs dimensions, notre hypothèse est que l'on peut mieux les faire évoluer.

De cette hypothèse en découle une autre, c'est qu'il n'est pas souhaitable de centrer le travail sur les technologies... sur les technologies elles-mêmes. Nous proposons de les considérer au sein des pratiques et non isolément.

Reste néanmoins un point aveugle, que nos recherches actuelles cherchent à mieux comprendre, celui de l'identification et la caractérisation des savoirs et des connaissances de formation. Qu'est-ce qu'un enseignant doit connaître ou savoir pour enseigner avec les outils numériques ? Quels sont les savoirs qu'un formateur doit avoir et doit transmettre ? Les référentiels de formation mettent en évidence des compétences professionnelles à acquérir, mais si on prend comme caractérisation d'une compétence le triplet : connaissance/capacité/attitude, il nous semble que les connaissances ne sont pas clairement identifiées.

Nous faisons maintenant des propositions de plus-values des technologies.

2 Trois raisons d'utiliser les technologies

2.1 Quand on ne peut pas faire sans (ou pas de façon raisonnable)

Il y a des domaines pour lesquelles les technologies permettent de faire des choses qui ne sont pas, ou quasiment pas, possibles sans, c'est le cas par exemple des logiciels de géométrie dynamique (LGD), la simulation, l'impression 3D, la visioconférence ou de la réalité augmentée.

Nous avons déjà mis en avant que la visioconférence ou la formation à distance permettait à des personnes de suivre des formations auxquelles elles ne pourraient pas assister en présentiel. C'est d'ailleurs ce qui a été le moteur du développement de l'enseignement à distance (§ **Erreur ! Source du envoi introuvable.**). L'impression 3D permet aux élèves et aux enseignants de produire au sein de la classe des objets qui auraient nécessité des outils spécifiques et dangereux ; ils peuvent même, dans une certaine mesure, en utilisant des stylos d'impression 3D, dessiner dans l'espace en 3D (des squelettes de solides par exemple). Nous détaillons ici trois artefacts : les LGD, la simulation et la réalité augmentée.

La géométrie dynamique

Lorsque les élèves font le dessin d'un carré sur une feuille, ils obtiennent un ensemble de tracés unique. Ce tracé peut être produit par l'élève de façon conforme aux attentes sans que l'élève n'utilise d'instruments, comme l'équerre, qui montreraient qu'il cherche à conférer à son dessin des propriétés caractéristiques du carré. Mais comment peut-il produire un tracé correct sans connaître des propriétés de l'objet mathématique ? Simplement en ayant une image prototypique du carré en mémoire. Dans un logiciel de géométrie dynamique, l'enseignant peut construire un contrat de validation lié à la résistance des objets (Laborde et Caponi, 1994 ; Laborde, 2000 ; Restrepo, 2008). Un dessin correct dans un LGD est un dessin qui conserve ses propriétés lorsque l'on bouge ses points mobiles. Pour obtenir un dessin résistant, l'élève doit utiliser des primitives de construction telles que « perpendiculaire à ... passant par ... », « point sur un objet », « point à l'intersection de deux objets ». L'obtention d'un dessin résistant est donc un critère de rétroaction et de validation puisqu'il garantit que l'élève a utilisé des propriétés caractéristiques de l'objet.

De plus, le dessin obtenu dans un LGD est une sorte de classe d'équivalence de « tous » les dessins ayant les mêmes propriétés. Ainsi l'élève manipule un nouvel objet entre le dessin et la figure (Duval, 1988 et 1993), entre le représentant unique et l'objet mathématique. De plus, le LGD fournit des outils de mesure et de vérification des propriétés qui favorisent la conjecture. La question pourrait être de savoir si les convictions obtenues au moyen d'un artefact numérique ne risquent pas de gêner le processus de démonstration mathématique au sens de Arzac (1987), Balacheff (1988) et plus récemment Pedemonte (2006), les élèves étant convaincus par le logiciel.

La simulation

Les logiciels de simulation permettent de mettre en place des situations qui ne pourraient pas être facilement organisées sans.

Home I/O

Le logiciel de simulation Home I/O (Figure 5) (Emprin & Riera, 2014), développé par le laboratoire CRESTIC et la société Real Game permet aux élèves d'agir sur l'ensemble des systèmes d'une maison comme le chauffage, l'alarme, les volets, le portail, les automatismes, le climat extérieur (température, humidité, ensoleillement...) et de voir en temps réel ou accéléré, l'effet sur la consommation énergétique ou la température des pièces.



Figure 5 : vue extérieure et intérieure de la maison du logiciel HOME I/O. <http://www.teachathomeio.com>

Il est clair que de telles manipulations sont impossibles à faire sur un environnement réel.

Les artefacts produits par l'Équipe ERMEL

Les artefacts comme « mets-toi à la place » ou « va à ma place »²⁹ permettent aux élèves de voir une salle de classe, assis à la place d'un élève (à 360 degrés, cf. Figure 6) ou allant à la place d'un élève. Ils doivent ensuite retrouver, sur une photo de la classe vue de dessus, la place de la prise de vue. Pour cela, ils doivent faire des déductions en prenant appui sur une analyse de la vue : « il y a une table entre moi et le tableau donc je suis au deuxième rang. Quand je regarde à droite, je vois deux tables donc... ». Comment organiser ce travail sans utiliser des outils vidéo ? il faudrait bander les yeux à un élève, l'emmener dans une salle qu'il ne connaît pas, lui faire regarder la classe mais que faire des autres élèves pendant ce temps-là ?

²⁹ Développés par l'équipe ERMEL, Ifé Ens Lyon et disponible gratuitement en interface web (<http://fabien-emprin.pagesperso-orange.fr/index2.htm>) ou via l'application gratuite pour tablettes et smartphones Tiny Tap (<http://www.tinytap.it>)



Figure 6 : vue interactive à 360° assis à la place d'un élève et vue de dessus de la classe

De la même façon, nous avons produit un outil qui permet de se déplacer dans un labyrinthe virtuel ou dans la ville de Châlons-en-Champagne (ERMEL, 2006). Les élèves doivent, en mettant en relation ce qu'ils voient en se déplaçant et les informations du plan, déterminer où ils sont, puis rejoindre des lieux donnés.

Dans ces deux cas, les enseignants qui le souhaitent peuvent tout à fait remplacer notre artefact par une vidéo prise assis à la place d'un élève ou l'usage de Google Street view® pour les déplacements dans une ville. L'artefact n'a que peu d'importance, mais en revanche il permet de faire émerger des stratégies de repérage dans l'espace, de les faire formuler à partir d'une expérience de l'élève.

La réalité augmentée

HP Reveal³⁰ (anciennement Aurasma) permet d'intégrer des éléments de réalité augmentée dans l'environnement des élèves au moyen d'un smartphone ou d'une tablette. Les élèves doivent chercher et pointer avec la caméra de la tablette des éléments de la réalité et ils voient s'incruster sur la réalité des éléments choisis par l'enseignant. La différence par rapport à l'utilisation de QR code est que l'information est ajoutée directement sur un élément de la réalité en 3D et avec des éléments sonores au lieu de renvoyer vers un lien à partir d'un code.

Ces artefacts numériques ajoutent des possibilités de conception de situations qui n'existaient pas auparavant, mais faut-il encore s'assurer de leurs potentialités en termes d'apprentissage.

2.2 Quand l'apprenant travaille de façon plus individuelle et autonome

Faire travailler un élève sur un artefact numérique procure, comme pour la machine à corriger des QCM, des possibilités d'individualisation des apprentissages. Ce qui est nouveau par rapport à la machine de Pressey, c'est la richesse du système d'interaction possible entre les réponses de l'apprenant et celles de la machine. Le projet ANR NéOPRÆVAL vise par exemple à :

« outiller les enseignants pour gérer l'hétérogénéité des apprentissages en mettant à leur disposition des outils d'évaluation diagnostique automatique utilisables dans leurs classes ainsi que des ressources appropriées aux besoins repérés des élèves. »

Les bases d'exercices en ligne peuvent fournir plus ou moins d'interaction. Elles sont souvent produites de manière collaborative et ouverte, ce qui peut permettre aux enseignants et aux chercheurs de se les approprier. Nous pouvons citer par exemple, WIMS, Hotpotatoes, Clic 3.031, App inventor³²...

³⁰ <https://studio.hpreveal.com/landing>

³¹ <https://clic.xtec.cat/legacy/en/index.html>

³² <http://appinventor.mit.edu/explore/>

Sans aller jusqu'à ce que le logiciel analyse les réponses des élèves, l'utilisation d'un exerciceur, avec des rétroactions basiques, permet néanmoins une plus-value par rapport au papier-crayon. Prenons l'exemple de l'activité droite numérique sur TinyTap³³ (Argaut et *al.*, à paraître), comme on peut voir en Figure 7 :

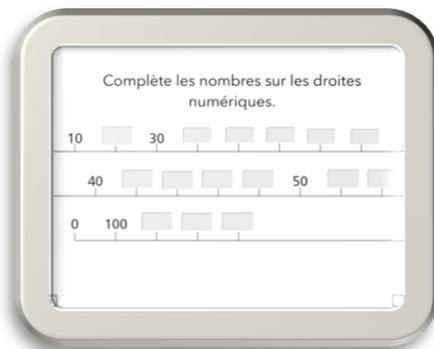


Figure 7 : copie d'écran d'un page de l'application « droite numérique » sur tinytap

Dans un extrait de vidéo³⁴, on peut voir comment un élève commence à remplir la première ligne en mettant évidemment 20 entre 10 et 30, puis 40, 50, etc. Il passe ensuite à la deuxième ligne et écrit 50 après 40. Le logiciel refuse sa réponse et l'empêche de continuer. Il retente puis repère le 50, réfléchit et écrit 42. Cette réponse acceptée par le logiciel, il continue avec 44, 46 et 48. À la troisième ligne, il ne se trompera pas.

Que se serait-il passé en papier crayon ? Puisqu'aucune rétroaction n'existe, l'élève aurait tout à fait pu remplir la feuille complètement avec des réponses erronées puis passer à un autre exercice. Il se serait rendu compte de son erreur lors d'une mise en commun ou par la rectification individuelle de l'enseignant qui aurait ramassé sa feuille. Il aurait donc perdu beaucoup de temps et la rétroaction différée aurait sans doute eu moins d'effet.

Pour qu'une forme d'autonomie et d'individualisation s'instaure, il faut que l'enseignant puisse définir des parcours personnalisés pour les élèves et qu'il puisse récupérer de l'information sur ce qui s'est passé sur le logiciel. C'est possible sur tinytap avec le module « courses » qui permet de choisir un itinéraire entre les exercices et un score minimal pour passer de l'un à l'autre, mais cela peut aussi être réalisé au moyen d'une feuille de route que l'élève remplit et qui lui indique les activités à réaliser et les conditions pour considérer qu'il a réussi la tâche. D'autres logiciels comme ceux du Terrier-Abuledu, notamment « à nous les nombres », permettent également d'organiser des parcours et de suivre de façon précise les résultats de l'élève. Ces outils ont été déjà présentés et analysés lors de précédents colloques COPIRELEM, notamment par Guedet (2009) et Margolinas (2012).

Les artefacts numériques actuels permettent assez simplement de concevoir des dispositifs d'enseignement, notamment pour l'entraînement, s'adaptant aux élèves (de façon plus ou moins automatisée) et offrant à l'enseignant plus de disponibilité pour différencier, aider les élèves ou gérer les différents niveaux dans sa classe, par exemple.

Les exemples que nous venons de mettre en avant utilisent des outils déjà conçus, mais une spécificité de plusieurs d'entre eux est d'être ouverts, c'est-à-dire de laisser la place à la modification par l'enseignant qui les utilise ou même à la production de ressources. C'est un des aspects qui nous semble nouveau dans les technologies actuelles : le partage de ressources à grande échelle et la possibilité de conception pour des non-informaticiens.

³³ <https://www.tinytap.it/activities/g2kwi/play/> tiré des Essentielles ERMEL CE2

³⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=Sof3wPxcQU>

2.3 Quand la technologie a changé la donne

En nous demandant ce que les technologies actuelles ont de spécifique par rapport à ce qui existait, nous avons identifié l'existence de réseaux de partage à grande échelle. Si ces réseaux existent pour les apprenants, c'est également le cas pour les enseignants qui peuvent mettre à disposition et bénéficier de multiples ressources. Ce phénomène, couplé à l'existence d'artefacts permettant à des non-informaticiens de produire leurs propres artefacts (on parle d'outil half-baked, littéralement à moitié cuit), donne aux enseignants de nouvelles possibilités dont il nous semble important qu'ils s'emparent.

Produire ses propres artefacts, c'est possible.

Dans Tynytap, par exemple, les personnes qui produisent une application ont la possibilité soit de la vendre, soit de la laisser en libre accès, mais non modifiable, soit de la fournir gratuitement et modifiable. C'est cette dernière solution que nous choisissons et qui nous semble la plus pertinente. Un enseignant peut ainsi adapter la consigne, modifier les réponses acceptées... Tynytap est très facile à utiliser pour concevoir des applications. N'utilisant aucun langage de programmation, elle en est, par la même, limitée dans les systèmes d'interactions possibles. D'autres plateformes existent, comme App Inventor du MIT (Massachusetts Institute of Technology) qui permet de programmer en scratch des applications pour le système d'exploitation Android. Il est possible, par exemple, de télécharger l'application « grand esquimau »³⁵ réalisée avec cette plateforme et de l'installer sur son portable ou sa tablette Android. Toute personne ayant un compte (gratuit) sur App Inventor peut accéder au programme dans la « gallery » des applications et ainsi aux blocs de programmation (Figure 8) sous forme de blocs, les copier, les modifier et produire sa propre application.

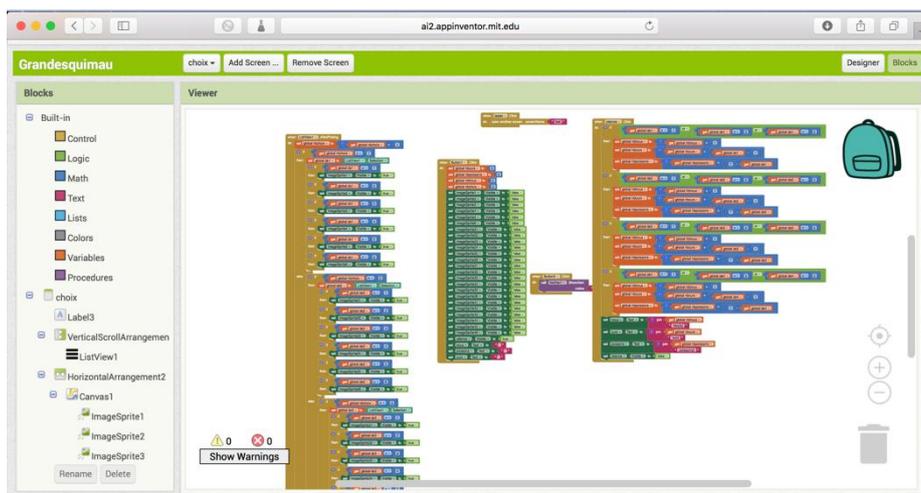


Figure 8 : copie d'écran des blocs de construction d'une des pages de l'application « grand esquimau » sous app inventor.

Même si seulement 1 % des plus de 300 000 enseignants du primaire en France produisait une ressource et la mettait à disposition de la communauté enseignante, le nombre d'applications disponibles serait de plus de 300, par niveau de classe.

L'enseignant comme ressource par rapport aux connaissances et aux savoirs

La disponibilité des connaissances et des savoirs amène de nouvelles questions qui sont peut-être un peu moins prégnantes à l'école que pour le collège, le lycée et l'université. Néanmoins une nouvelle problématique et un nouvel enjeu peuvent apparaître pour l'enseignement : celui de donner aux élèves les moyens de trouver, de sélectionner et de comprendre les informations. Ceci s'inclut dans l'éducation à l'information et aux médias et répond à la question de préparer les élèves à l'avenir comme l'ont proposé nos étudiants au I-3 mais, au lieu de leur donner des connaissances techniques sur les outils

³⁵ <http://fabien-emprin.pagesperso-orange.fr/Grandesquimau.apk>

actuels, l'objectif est de leur donner des clefs de compréhension qui leur seront utiles indépendamment des artefacts présents ou futurs.

Parmi ces apprentissages, celui du code informatique nous apparaît un bon exemple. Il s'agit plus de comprendre comment un programme, un algorithme, un automate fonctionne et non pas apprendre à maîtriser un langage spécifique (qui ne sera sans doute plus utilisé dans dix ans).

Pour atteindre ce type d'objectifs, les artefacts numériques sont propices au développement d'approches différentes des connaissances.

Des approches différentes des connaissances

Il n'est pas (plus) question de faire un cours d'informatique, un cours d'électronique ou de programmation. En revanche, les artefacts numériques favorisent des démarches telles que l'approche par projet, le cours inversé ou les cours hybrides.

Il y a une grande variété de projets possibles dépendant des opportunités de chaque école. Par exemple, fabriquer un programme répondant à un besoin, une question spécifique ou un but artistique, peut constituer un projet qui amène les élèves à mobiliser des connaissances mathématiques ou d'autres disciplines. C'est ainsi que fonctionnent également les challenges tels que la coupe de robotique des écoles primaires à Lille³⁶. Nous donnons ici un exemple parmi d'autres, celui de l'interface MakeyMakey qui permet de « faire de n'importe quoi, une touche d'ordinateur » (n'importe quoi de conducteur). Avec cette interface, il est possible d'interagir avec n'importe quel logiciel, par exemple Scratch. Puisque le graphite des crayons de papier est conducteur, il est possible d'agir sur des dessins ; l'humain, qui touche le dessin pour répondre, sert à fermer les circuits. Des exemples d'utilisations possibles existent déjà en ligne, mais les élèves et l'enseignant peuvent exploiter leur imagination.

Nous ne développerons pas ici les autres démarches, comme le cours inversé ou l'hybridation des cours. Nous renvoyons aux travaux, par exemple, de Lebrun (2015a ; 2015 b).

Dans une troisième partie, nous passons de l'enseignement à la formation avec les artefacts numériques.

3 Pour la formation avec le numérique ?

Les éléments que nous venons de développer donnent des pistes pour former les enseignants au numérique et nous proposons maintenant des pistes pour répondre aux questions de formation avec le numérique.

Par exemple, nous avons mis en évidence la perte de rétroaction liée à la visioconférence. Les artefacts de nouvelle génération permettent de résoudre ce problème, notamment la visioconférence immersive, qui diffuse l'image des personnes à distance à l'échelle 1 : 1 et donne donc l'illusion de la présence.

Cette amélioration de qualité ne change pas fondamentalement les stratégies de formation, contrairement aux deux outils que nous exposons maintenant.

3.1 Un constat de départ : les difficultés de mise en lien de la formation et du terrain

La formation des professeurs des écoles se déroule, en Master 2, en alternance avec un mi-temps à l'université dans une ESPÉ (École Supérieure du Professorat et de l'Éducation) et à mi-temps en responsabilité dans une classe (ou plusieurs classes). Que ce soit dans le cadre de l'évaluation des formations par les étudiants, les rapports de l'IGAENR, les évaluations de DGSIP, la difficulté à mettre en relation pratique et formation est avancée. En analysant les rapports de validation des stagiaires (voir au II-4.3), nous avons mis en évidence que cette difficulté caractérisait les stagiaires en difficultés.

Comment favoriser ce lien ? Comment faire entrer la pratique dans la formation en présentiel et réciproquement ? Une des premières pistes que nous avons exploitée (Emprin, 2007) est d'utiliser la vidéo de séance de classe dans les formations puis, nous nous sommes orientés vers les outils de simulation qui sont utilisés dans de nombreuses professions, même pour des métiers en lien avec des

³⁶ <http://crep.plil.net>

êtres humains (simulateur de relation client vendeur, d'entretien professionnel, de patient dans les soins infirmiers). Nous avons cherché les simulateurs existants tels que Sim School³⁷, TeachLive³⁸ et nous nous sommes intéressés aux travaux de Morge (2008), mais aucun de ces outils ne correspondait à nos attentes : simuler les interactions didactiques et permettre de questionner les différentes dimensions des pratiques. Nous avons dû nous résoudre à concevoir notre propre simulateur.

3.2 SIC : Simulateur Informatique de Classe

Nous avons donc conçu un simulateur informatique de classe (Emprin, 2011) disponible en ligne³⁹ permettant aux enseignants de voir les effets de leurs choix didactiques et pédagogiques sur les apprentissages des élèves. Il s'agit d'un simulateur à échelle partielle au sens de Pastré (2005) centré sur la réflexivité (Schön, 1994). Les choix se font à droite (Figure 9) dans une liste déterminée par les choix d'enseignants réels ayant mis en place cette situation et l'utilisateur observe, à gauche, les effets de ses choix sur les apprentissages des élèves.

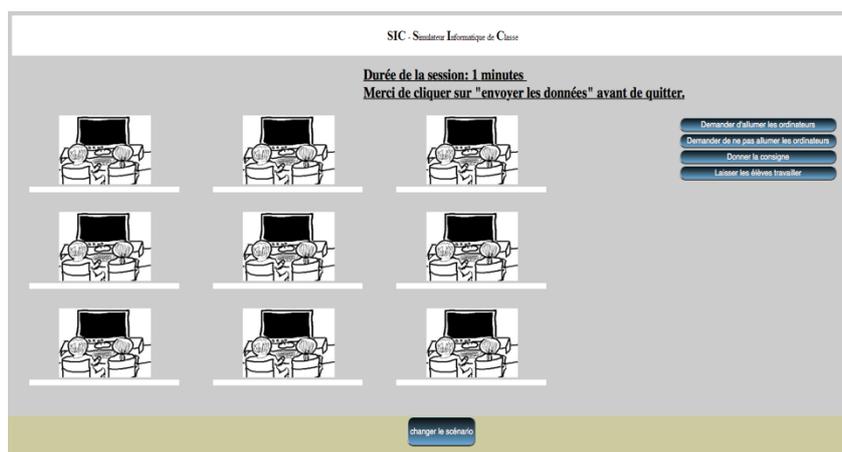


Figure 9 : copie d'écran de l'interface de SIC.

Il voit ce qu'ils font sur leur écran, il peut les interroger individuellement ou collectivement. À la fin de la simulation, il reçoit une information lui décrivant où les élèves en sont de la réalisation de la tâche, ce qu'ils ont appris et ce dont ils se souviennent une semaine plus tard.

Nous avons utilisé ce logiciel avec des étudiants de Licence 3 (pré pro), de M2 (MEEF 2D maths), des PE2 (avant la maîtrise des formations) et en formation continue premier et second degré. Les analyses nous montrent que le simulateur est reconnu comme un outil d'analyse de pratiques par les stagiaires et un accélérateur d'expérience (avec une moyenne de 4,8 essais par étudiant). Les contenus attendus émergent pendant la formation, tant au niveau des connaissances didactiques que celles sur les gestes professionnels, et les enseignants abordent bien plusieurs dimensions des pratiques.

Pour nous, ce travail vaut pour preuve de concept et vérification de nos hypothèses initiales de recherche (Sabra et Al, 2014 ; Emprin & Sabra, 2016 ; Emprin, 2018).

La relation entre formation et terrain peut être simulée autrement que par la simulation de classe, elle apparaît dans le cadre de l'analyse de pratiques. C'est le second outil de formation que nous avons développé.

3.3 SAP : Simulateur d'Analyse de Pratiques

Mattéi-Mieusset (2013) et Brau-Antony et Mieusset (2013) identifient quatre dilemmes associés à l'activité d'analyse de pratique : transmettre le métier ou faire réfléchir pour permettre à l'Enseignant Stagiaire (ES) de construire sa réponse ; pointer les erreurs et les réussites de l'ES ou l'aider à les faire

³⁷ <http://simschool.org>

³⁸ <http://teachlive.org>

³⁹ <http://cerp-sic.univ-reims.fr>

émerger ; soutenir l'ES ou l'évaluer ; guider, imposer un cadre, des outils à l'ES ou le laisser libre de ses choix

SAP est programmé pour que l'utilisateur prenne conscience de ces dilemmes et qu'il identifie des savoirs qui permettent de mettre en évidence le rôle des technologies dans les apprentissages des élèves. Nous avons fait le choix de nous centrer sur l'usage d'un logiciel de géométrie dynamique (LGD) dans le cadre d'une conjecture puis d'une démonstration.

Ainsi la programmation du logiciel utilise-t-elle des connaissances et des savoirs visés dans la formation qui se traduisent par des choix déterminés pour l'utilisateur en fonction des différentes postures par rapport aux dilemmes et permettant ou non de faire émerger les connaissances visées chez l'enseignant.

Nous avons utilisé le logiciel Virtual Training Software⁴⁰ qui permet de simuler une situation d'entretien avec un ou plusieurs avatars. L'utilisateur choisit parmi une liste les interventions et les actions qu'il veut faire, cette liste peut être par exemple sur la gauche, comme sur la Figure 10.

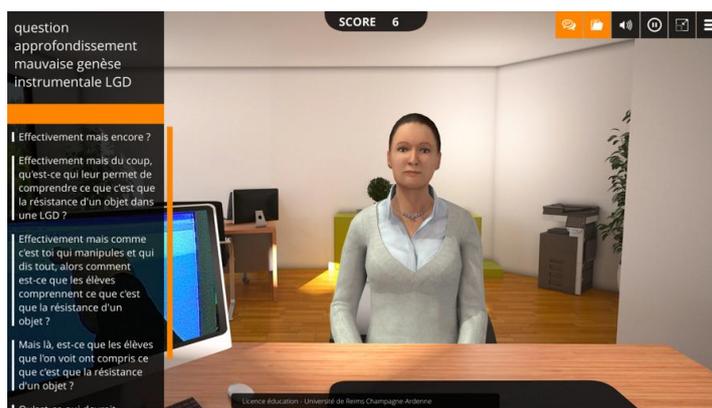


Figure 10 : capture d'écran de la simulation d'analyse de pratique.

Le contexte de l'entretien a été choisi pour correspondre aux usages de maîtres de stages qui indiquent s'installer dans un lieu isolé au calme avec leur stagiaire.

Les questions et les réponses sont entendues par l'utilisateur, les avatars présents sont animés et peuvent exprimer différents sentiments par la voix, mais aussi par les attitudes faciales, comme sur la Figure 11 ci-dessous :



Figure 11 : attitudes faciales dans le logiciel VTS

À la fin du scénario, l'utilisateur reçoit des informations sur les effets de l'entretien. D'abord par un temps de questions-réponses, ils doivent dire s'ils pensent que leur stagiaire a repéré différents éléments pouvant être en jeu lors de l'entretien, comme indiqué dans la capture d'écran Figure 12. La stagiaire répond pour dire si elle a effectivement repéré ou non les différents éléments.

⁴⁰ <https://www.seriousfactory.com/virtual-training-suite/>, licence accordée à l'université de Reims Champagne Ardenne (URCA)



Figure 12 : questionnaire final, identifier ce que la stagiaire a repéré ou non.

Une fois le travail terminé, le logiciel renvoie à l'utilisateur son positionnement, tiré de ses choix, par rapport aux différents dilemmes. Par exemple, pour transmettre ou faire réfléchir, transmettre est au centre du diagramme radar et faire réfléchir à l'extérieur. Dans la Figure 12, on voit clairement que l'utilisateur est du côté de transmettre, pointer les erreurs, guider et plutôt vers évaluer. Le dernier score concerne l'appropriation des contenus didactiques possibles dans la séance. Le score de 2 sur 60 possible montre que la stagiaire n'a quasiment pas travaillé sur les concepts didactiques lors de cet entretien.



Figure 13 : diagramme final : positionnement dans les différents dilemmes.

Il est clair pour nous que ce positionnement final est discutable, chaque choix pouvant être interprété en fonction du contexte, mais c'est justement l'intérêt de ce travail qui doit permettre lors d'une formation d'engager une discussion entre stagiaires et formateur. Ces échanges doivent prendre en compte les composantes institutionnelles, personnelles et sociales des pratiques. Notre choix est donc de susciter des discussions qui mettent en jeu réellement ces composantes et qui nécessitent donc, de la part des stagiaires, de formuler des éléments personnels, liés à leurs contextes d'enseignement, leurs représentations du métier, des mathématiques, etc.

En travaillant avec un avatar et non une personne réelle, la simulation réduit les éléments affectifs à la perception des émotions programmées dans le logiciel, elle permet ainsi de se centrer sur les éléments professionnels.

Notre hypothèse peut sembler paradoxale, mais en travaillant dans un contexte neutre et dépersonnalisé, nous pensons que les utilisateurs sont plus amenés à préciser des composantes personnelles qui ont guidé leurs choix.

Nous sommes pleinement impliqués dans le développement d'artefacts et de scénarios de formation utilisant les technologies numériques, mais nous conservons une vigilance et une attention particulière quant aux exploitations et aux dérives possibles. Nous amenons quelques-unes de ces réflexions pour conclure.

IV - UNE RÉFLEXION POUR CONCLURE

Les artefacts numériques actuels ont une capacité inédite à stocker les informations liées aux apprentissages des apprenants. Cela ouvre un champ de recherche, mais aussi d'exploitation de ce gisement de données : les learning analytics.

Il s'agit notamment d'exploiter les données d'apprentissage des MOOC et des plateformes pour déterminer les processus d'apprentissage et anticiper la réussite en fonction des comportements des utilisateurs. Des études actuelles visent, par exemple, à comprendre les comportements de l'apprenant vis à vis de son dispositif numérique de formation, concevoir des algorithmes et des méthodes de rétroaction et d'adaptation qui favorisent l'apprentissage.

Le consortium APEREO développe depuis plusieurs années un projet ouvert d'analyse des données d'apprentissage⁴¹. Suite aux financements du M.E.N.E.S.R., pour l'étude de cette solution au sein de l'enseignement supérieur français, le consortium national ESUP-Portail commence la mise en place de la plateforme « Apero Learning Analytics Initiative ». Elle est destinée à étudier et évaluer les possibilités offertes par les Learning Analytics dans un contexte français⁴².

Ces initiatives visent à améliorer la compréhension des processus d'apprentissage et ainsi l'aide à apporter aux étudiants, mais leur potentiel prédictif, c'est-à-dire leur capacité à anticiper sur la réussite ou l'échec d'un étudiant à partir d'un échantillon de son comportement sur une plateforme, pourrait conduire à certaines dérives.

Le rappel de la CNIL (Commission National Informatique et Liberté) de mai 2017⁴³ nous semble un bon garde-fou par rapport à d'éventuelles dérives :

Dans le cadre de l'initiative Charte de confiance portée par le Ministère de l'Éducation, précisant que « compte tenu de la sensibilité de ces données, cette charte devrait se traduire par un encadrement juridique contraignant tant en ce qui concerne la non-utilisation des données scolaires à des fins commerciales, l'hébergement de ces données en France ou en Europe ou encore l'obligation de prendre des mesures de sécurité conformes aux normes en vigueur. ». Concernant l'analyse de l'apprentissage et plus particulièrement les modèles prédictifs qui en découleraient, l'article 10 de la loi informatique et libertés, propose qu'aucune « décision produisant des effets juridiques à l'égard d'une personne ne peut être prise sur le seul fondement d'un traitement automatisé de données destiné à définir le profil de l'intéressé ou à évaluer certains aspects de sa personnalité. ».

Nous terminerons sur une note plus optimiste par une citation d'Albert Einstein : « Si tu fais toujours ce que tu as l'habitude de faire, tu récolteras ce que tu as toujours récolté ».

V - BIBLIOGRAPHIE

Abboud-Blanchard, M. (1994). *L'intégration de l'outil informatique à l'enseignement secondaire : symptômes d'un malaise*, Thèse de doctorat, université Paris 7.

Abboud-Blanchard, M. & Emprin, F. (2009). Pour mieux comprendre les pratiques des formateurs et de formations TICE. *Recherche et formation*, 62, 125-140.

Albero, B. (2004). Technologies et formation : travaux, interrogations, pistes de réflexion dans un champ de recherche éclaté. *Savoirs*, 2 (5), 9-69.

Alvarez, J. (2007). *From Video Games to Serious Game*. Thèse de doctorat de l'Université Toulouse. Consultée à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01240683>.

⁴¹ <https://www.apereo.org/communities/learning-analytics-initiative>

⁴² <http://www.sup-numerique.gouv.fr/>

⁴³ cité par Régis Chatellier, chargé des études prospectives CNIL tiré de : <https://linc.cnil.fr/en/node/23673>

Alzouma, G. (2012). Technologies éducatives et développement : une brève histoire de la télévision scolaire au Niger, *tic&société* [En ligne], Vol. 5, n° 2-3 | 2e sem. 2011 / 1er sem. 2012, mis en ligne le 18 juin 2012, consulté le 8 juin 2018. URL : <http://journals.openedition.org/ticetsociete/1025> ; DOI : 10.4000/ticetsociete.1025

Argaut, H.-C., Douaire, J., Emprin, F., Gerdil-Margueron, G. (à paraître). *Les essentielles ERMEL CE2*. Hatier.

Arsac, G. (1987). L'origine de la démonstration : essai d'épistémologie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 8(3), 267-312.

Artigue M., Bosch, M., Gascón J. (2011). Research praxeologies and networking theories. In, M. Pytlak, T. Rowlad & E. Swoboda (Eds), *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 281-2390. Poland: University of Rzeszów.

Assude, T. & Emprin, F. (2013). Repenser la formation aux TICE : dialectique entre recherche et formation. In J.-B. Lagrange (dir.), *Les Technologies Numériques pour l'Enseignement ; usages et genèses*, 225-240. Toulouse : Octares.

Balacheff, N. (1988). *Une étude des processus de preuve en mathématiques chez des élèves de collège*, Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG, Université Joseph-Fourier-Grenoble I.

Baron, G.-L. (2014). Élèves, apprentissages et "numérique". Regard rétrospectif et perspectives. *Recherches en Éducation*, 18, 91-103. <http://www.recherches-en-education.net/IMG/pdf/REE-no18.pdf>.

Bates, T. A. W. (2005). *Technology, E-learning and Distance Education (2nd ed.)*. Routledge.

Becta (2010). *Harnessing Technology Review 2009 The role of technology in further education and skills*. Coventry. Becta. <http://publications.becta.org.uk/display.cfm?resID=41523&page=1835>.

Blandin, B. (2004). Historique de la formation "ouverte" et à "distance". *Actualité de la formation permanente*, 189, 69-71.

Bordeleau, P. (1999). *Technologies éducatives : déjà une longue histoire*. L'éducation saisie.

Brau-Antony, S. & Mieusset, C. (2013). Accompagner les enseignants stagiaires : une activité sans véritables repères professionnels. *Recherche et formation*, 72, 27-40.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *RDM*, 19(2), 221-266.

Connan, P. Y., Emprin, F. (2011). Le portfolio numérique : quelles évolutions des usages et des représentations chez les formateurs d'enseignants ? *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation - STICEF*, 18, 229-262.

Cros, L. (1961). "L'explosion" scolaire. Sevpen.

De Gennes, P. G. (1992). Soft matter (Nobel lecture). *Angewandte Chemie International Edition in English*, 31(7), 842-845. DOI : <https://doi.org/10.1002/anie.199208421>.

Duval, R. (1988). Approche cognitive des problèmes de géométrie en termes de congruence. In *Annales de Didactique et de Sciences cognitives*, 1, 57-74.

Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. In *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5, 37-65.

Egly, M. (1984). *Télévision didactique : entre le kitsch et les systèmes du troisième type ?*. Edilig.

Emprin, F. (2007). *Formation initiale et continue pour l'enseignement des mathématiques avec les TICE : cadre d'analyse des formations et ingénierie didactique*, Thèse de didactique des disciplines, Université Paris VII – Denis Diderot.

Emprin, F. (2011). Construction d'un Simulateur Informatique de Classe (SIC) pour la formation des enseignants. *Conférence EIAH 2011 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain)*, MONS - Belgique, 25 au 27 mai 2011.

Emprin, F. (2018). Un simulateur informatique de classe pour la formation et la recherche. Quelle place des recherches en didactique dans la conception et l'expérimentation ?, in Lagrange, J.-B. et Abboud-Blanchard, M. *Environnements numériques pour l'apprentissage, l'enseignement et la formation : perspectives didactiques sur la conception et le développement*, IREM de Paris. <http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/up/IPS18001.pdf>.

Emprin, F., Jourdain, C. (2010). Les représentations des enseignants sur l'échec scolaire : étude à partir d'une question contraposée, *Congrès international AREF (Actualité de la recherche en éducation et en formation)*, du 13 au 16 septembre 2010, Genève.

Emprin, F. & Riera, B. (2014). Process of creating educational uses by teachers from a 3D simulation of a house home automation to teach technology. *In proceedings of the 3rd international constructionism conference* (pp. 247-257).

Emprin, F., Sabra, H. (2016) Simulateur informatique de classe pour la formation des enseignants : l'enseignement de la résolution de problèmes, *In actes du XLII^{ème} colloque international des formateurs de professeurs des écoles en mathématiques COPIRELEM : former et se former... quelles ressources pour enrichir les pratiques et améliorer les apprentissages mathématiques à l'école primaire ?* ARPEME.

ERMEL (2006). *Ermel-Apprentissages Géométriques et résolution de problèmes au cycle 3*. (Dir. Charnay, R. & Douaire, J.). Hatier.

Fumet, J.-C. (2012).

<http://www.cafepedagogique.net/lexpresso/Pages/2012/11/30112012Article634898584502318913.aspx>

Garrison, D. R. (1993). Multifunction microcomputer enhanced audio teleconferencing: Moving into the third generation of distance education. In K. Harry, M. John, & D. Keegan (Éd.), *Distance Education: New Perspectives*, 200-208. New-York : Routledge.

Glikman, V. (1995). Les avatars de la télévision éducative pour adultes en France : histoire d'une "non-politique" (1964-1985). *Revue française de pédagogie*, 110, 63-74.

Glikman, V. (2014). Pédagogies et publics des formations à distance. Quelques touches historiques. Distances et médiations des savoirs. *Distance and Mediation of Knowledge*, 2(8). <https://doi.org/10.4000/dms.902>.

Gueudet, G. (2009). Ressources en ligne, enseignement et apprentissage des mathématiques au premier degré. *In XXXVI^{ème} colloque COPIRELEM. L'enseignement des mathématiques à l'école : où est le problème ?* ARPEME.

Harel, I. E., Papert, S. E. (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing.

Holmberg, B. (2005). *The evolution, principles and practices of distance education*. Oldenburg : Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg.

Houdement, C. & Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16(3), 289-322.

Jacquinet, G. (1993). Apprivoiser la distance et supprimer l'absence ? ou les défis de la formation à distance. *Revue française de pédagogie*, 55-67.

Laborde, C. (2000). Dynamic geometry environments as a source of rich learning contexts for the complex activity of proving. *Educational Studies in Mathematics*, 44(1-2), 151-161.

Laborde C. et Capponi B. (1994) : Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 14(12), 165-210.

- Lagrange, J.-B. (dir.). (2013). *Les technologies numériques pour l'enseignement. Usages, dispositifs et genèses*. Toulouse : Octarès.
- Lagrange, J.-B. (s. d.). *Le tableau noir, l'ordinateur et l'internet*. Consulté mai 10, 2011, de http://jb.lagrange.free.fr/site/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=51.
- Lagrange, J.-B. & Dedeoglu, N. (2009). Usages de la technologie dans des conditions ordinaires. Le cas de la géométrie dynamique au collège. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 29(2), 189-226.
- Lebrun, M. (2015a). L'hybridation dans l'enseignement supérieur : vers une nouvelle culture de l'évaluation ?. *e-JIREF*, 1(1), 65-78.
- Lebrun, M. (2015 b). L'école de demain : entre MOOC et classe inversée. *Institut de pédagogie universitaire et des multimédias, université catholique de Louvain, Belgique*, 156, 41-47.
- Margolinas, C. (2012). Des savoirs à l'école maternelle. Oui, mais lesquels ?, in *Actes du XXXIX^{ème} colloque COPIRELEM*. ARPEME.
- Mattéi-Mieusset, C. (2013). *Les dilemmes d'une pratique d'accompagnement et de conseil en formation. Analyse de l'activité réelle du maître de stage dans l'enseignement secondaire*, Doctoral dissertation, Université de Reims Champagne Ardenne.
- Miller, D., & Glover, D. (2007). Into the unknown: The professional development induction experience of secondary mathematics teachers using interactive whiteboard technology. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 319-331.
- Morge, L. (2008). *De la modélisation didactique à la simulation sur ordinateur des interactions langagières en classe de sciences*. Habilitation à Diriger des Recherches, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- Office for Standards in Education [OFSTED] (2008). *How well new teachers are prepared to teach pupils with learning difficulties and/or disabilities*. London: HMSO.
- Oppenheimer, J. R. (1955). *La science et le bon sens* (Vol. 30). Gallimard.
- Pastré, P. (dir.) (2005). *Apprendre par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse : Octarès.
- Pedemonte, B. (2006). Quelques outils pour l'analyse cognitive du rapport entre argumentation et démonstration. *Recherches en didactique des mathématiques*, 25(75), 313.
- Peraya, D. (2003). De la correspondance au campus virtuel : formation à distance et dispositifs médiatiques. In Charlier B., Peraya D. (Éd.), *Technologie et innovation en pédagogie. Dispositifs innovants de formation pour l'enseignement supérieur*, 79-91. Paris : De Boeck.
- Prost, A. (1981). *Histoire de l'enseignement et de l'éducation depuis 1930*. Paris : Perrin.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, Paris.
- Ratinaud, P. & Marchand, P. (2012). Application de la méthode ALCESTE à de "gros" corpus et stabilité des "mondes lexicaux" : analyse du "CableGate" avec IRaMuTeQ. *Actes des 11^e Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles*, 835-844.
- Reinert, M. (1986), Un logiciel d'analyse lexicale. *Les Cahiers de l'analyse des données*, 11 (4), 471-481.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67
- Restrepo, A. M. (2008). *Genèse instrumentale du déplacement en géométrie dynamique chez des élèves de 6^e*, Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I.

Riera, B., Emprin, F., Annebicque, D., Colas, M., Viagio, B.T. (2016). HOME I/O: a virtual house for control and STEM education from middle, *Proceeding of the 11th IFAC Symposium on Advances in Control Education*, Bratislava, Slovakia, June 1-3.

Robert, A. (1999). Recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré et leurs pratiques en classe, *Didaskalia*, n° 15. DOI : 10.4267/2042/23878.

Robert, A. (2005). Sur la formation des pratiques des enseignants de mathématiques du second degré, *Recherche et Formation*, 50, 5-90. DOI : 10.3406/refor.2005.2103

Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 2(4), 505-528.

Ruthven, K. & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational studies in mathematics*, 49(1), 47-88.

Sabra, H., Emprin, F., Connan, P.-Y., Jourdain, C. (2014). Classroom Simulator, a new instrument for teacher training. The case of mathematical teaching, in Futschek, G. & Kynigos, C. (eds). *Proceedings of the 3rd international constructionism conference*, August 19-23, 2014 Vienna, Austria.

Schön, D.-A. (1994). *Le praticien réflexif*. (J. Heynemand & D. Gagnon, Trads.) les éditions Logique.

Shaw, M. (2006). Board fun fails to raise game. *Times Educational Supplement*, (4673): 5.

Somekh, B. (2007). *Pedagogy and learning with ICT: Researching the art of innovation*. Routledge.

Smith, F., Hardman, F., Higgins, S. (2006). The impact of interactive whiteboards on teacher – pupil interaction in the National Literacy and Numeracy Strategies. *British educational research journal*, 32(3), 443-457.

Zampa, V. (2003). *Les outils dans l'enseignement : conception et expérimentation d'un prototype pour l'acquisition par expositions à des textes*, Thèse de doctorat, Université Pierre-Mendès-France, Grenoble.