

Apprendre avec le numérique : quels apports pour les élèves à besoins éducatifs spécifiques ?¹

André Tricot
ESPE Toulouse Midi-Pyrénées
Laboratoire Cognition Langues Langages Ergonomie
UMR 5263 CNRS et Université de Toulouse
Andre.Tricot@univ-tlse2.fr

L'apprentissage avec des outils numériques, informatiques, multimédias, présente un paradoxe intéressant. D'une part, il s'agit clairement d'un appauvrissement de la médiation entre un élève et les connaissances qu'il ou elle apprend, s'il s'agit de remplacer l'enseignant.e par une machine. Toute l'informatique pédagogique qui a voulu concevoir ce type d'outil comme une médiation a abouti à une longue liste de déceptions. Les machines à enseigner imaginées dans les années 1970 ou 1980 n'ont jamais vu le jour. Les logiciels capables d'évaluer les connaissances d'un élève, la réussite à une tâche, pour contribuer à une définition de son « profil », n'ont pas eu plus de succès. Cette longue liste d'échecs a conduit les chercheurs du domaine à complètement repenser la question du numérique pour l'apprentissage à partir des années 1990. L'outil numérique n'était plus conçu comme un outil de médiation entre l'élève et la connaissance, excluant en quelque sorte l'enseignant.e, mais comme un outil de médiation entre l'élève, l'enseignant.e et les connaissances. D'autre part donc, avec une ambition beaucoup plus modeste, on a commencé à percevoir concrètement l'intérêt des outils numériques pour l'apprentissage, non pas à la place mais au sein d'une médiation humaine, enrichissant celle-ci. Il faut donc distinguer le numérique comme outil de présentation, de communication, de diffusion, et enfin de régulation.

Comme outil de présentation de l'information, le numérique présente bien des avantages quand on le compare au support papier. Il permet d'agencer les images, fixes ou animées, des sons, des textes, d'une manière extrêmement riche. Cependant les travaux dans le domaine montrent que cette richesse agit parfois au détriment des élèves, submergés par trop d'information à la fois. Si on veut utiliser le numérique pour cette fonction, alors il faut bien connaître les conditions d'efficacité de cet outil comme média.

Comme outil de communication, le numérique présente un enrichissement de la relation à distance, permettant à certains d'élèves (hospitalisés par d'exemple) d'accéder à des situations d'enseignement moins dégradées. Mais, de façon évidente, ces solutions correspondent à un appauvrissement quand on les compare à la relation en présence.

Comme outil de diffusion de la connaissance, le numérique représente une révolution dans l'histoire de la culture comparable à celle de l'invention de l'écrit ou de l'imprimerie. Mais l'ampleur de cette révolution a parfois fait oublier que diffuser des connaissances, les mettre à disposition, même gratuitement, n'a à peu près rien à voir avec l'enseignement. En améliorant la diffusion, on n'améliore en rien les apprentissages scolaires.

¹ Ce chapitre reprend Amadieu, F., & Tricot, A. (2014). Apprendre avec le numérique : mythes et réalités (chapitre 7). Paris : Retz, ainsi que, pour la partie sur la dyslexie Tricot, A., Vandenbroucke, G., & Sweller, J. (sous presse). Using cognitive load theory to improve text comprehension for students with dyslexia beyond grade 3. In A.J. Martin, R.A. Sperling, and K.J. Newton (Eds.), Handbook of educational psychology and students with special needs. New York: Routledge.

Comme outil de régulation des apprentissages enfin, le numérique présente des plus-values intéressantes à condition d'être très peu ambitieux : en l'état actuel ces outils ne peuvent réguler que la réalisation de tâches bien définies, appelant un nombre limité de réponses... à condition qu'elles soient univoques.

L'objectif de ce chapitre est de discuter de ces plus-values du numérique pour les apprentissages scolaires avec les élèves à besoins éducatifs spécifiques. Avant d'examiner ces plus-values je vais définir ce qu'est le numérique.

1 Les technologies de la mémoire et de la communication

Les outils de la mémoire et de la communication sont utilisés par *Homo Sapiens* depuis les débuts d'*Homo Sapiens* : c'est même une des façons de définir notre espèce que de considérer que nous utilisons des techniques spécifiques comme la parole ou la coopération pour échanger et transmettre. Le développement des peintures rupestres ou pariétales, puis des inscriptions pour attester de transactions, l'écriture, les tablettes d'argile, le papyrus, le codex, l'imprimerie, la photographie, le cinéma, l'enregistrement magnétique sont autant de technologies qui accroissent notre capacité à échanger, transmettre et mémoriser (Tricot, Salut & Lemarié, 2016). L'accroissement de cette capacité s'accompagne systématiquement de craintes : ne prenons-nous pas le risque de diminuer notre mémoire, nos connaissances, notre capacité à communiquer avec d'autres humains ? Dès l'invention de l'écriture, cette crainte est présente. On trouve cette méfiance chez Socrate (dans Phèdre) : « Elle [l'écriture] ne peut produire dans les âmes, en effet, que l'oubli de ce qu'elles savent en leur faisant négliger la mémoire. Parce qu'ils auront foi dans l'écriture, c'est par le dehors, par des empreintes étrangères, et non plus du dedans et du fond d'eux-mêmes, que les hommes chercheront à se ressouvenir. Tu as trouvé le moyen, non point d'enrichir la mémoire, mais de conserver les souvenirs qu'elle a. Tu donnes à tes disciples la présomption qu'ils ont la science, non la science elle-même. Quand ils auront, en effet, beaucoup appris sans maître, ils s'imagineront devenus très savants, et ils ne seront pour la plupart que des ignorants de commerce incommode, des savants imaginaires au lieu de vrais savants. » On retrouvera cette crainte avec l'invention de l'imprimerie, de la photographie, du cinéma et de la télévision bien sûr. Cette crainte est systématiquement accompagnée de nouveaux espoirs dans le domaine de l'éducation et de l'enseignement. On trouve par exemple cette réponse de Thomas Edison en 1913 à un journaliste du *New York Dramatic Mirror* qui l'interrogeait sur les potentialités pédagogiques du cinéma : « Les livres seront bientôt obsolètes dans les écoles. Les élèves recevront un enseignement visuel. Il est possible d'enseigner tous les domaines de la connaissance humaine par le cinéma. Notre système scolaire va complètement changer d'ici dix ans. Nous travaillons depuis un certain temps sur les films scolaires. Nous avons étudié et reproduit la vie de la mouche, du moustique, du vers à soie, de la mite brune, des papillons et d'autres insectes, ainsi que cristallisation chimique. Nos travaux montrent de façon concluante la valeur des films dans l'enseignement de la chimie, de la physique et d'autres domaines, ce qui rend les connaissances scientifiques, difficiles à comprendre dans les livres, claires et simples pour les enfants. »

La « révolution numérique »

Après la seconde guerre mondiale, le développement de l'informatique va provoquer une nouvelle révolution des technologies de la mémoire et de la communication (Tricot, Salut & Lemarié, 2016). Bush (1945) invente Memex (pour *MEMory EXTender*), un outil personnel de stockage de données. L'article est intitulé *As we may think*, et, d'après l'auteur lui-même, c'est un écrit d'anticipation où il imagine un système documentaire qu'il échouera à mettre au point du fait des limites techniques de l'époque. Bush situe Memex (ainsi que d'autres de ses inventions, comme la caméra cyclope – le scanner – ou la supersecrétaire, un logiciel de traitement de textes couplé à une reconnaissance vocale) dans la lignée

des machines qui aident l'homme (comme les machines à calculer de Leibnitz ou de Babbage). Memex est décrit comme étant à la fois un système de fichiers et une bibliothèque, où un individu peut stocker ses livres, ses enregistrements, et autres documents. Constitué d'un ensemble de microfilms, cette mémoire documentaire « multimédia » est mécanisée de sorte qu'elle puisse être consultée de façon très rapide et très souple. L'utilisateur scanne les documents qui l'intéressent et peut les annoter, les compléter, les relier. La principale caractéristique de Memex est que l'on peut sélectionner un item à partir d'un autre item (la partie index n'est pas séparée de la partie contenu).

L'argumentation de Bush repose sur l'imitation de la pensée humaine : il condamne les systèmes indexés alphabétiquement et strictement hiérarchiques parce que « l'esprit humain ne fonctionne pas comme cela. Il opère par association » (p. 101). Bush va plus loin dans l'analogie : « chaque fois qu'un item est sélectionné, il happe instantanément l'item voisin suggéré par association d'idées, en accord avec le réseau intriqué de chaînes de cellules nerveuses » (p. 101).

Bush a eu une indéniable influence sur la réflexion de pionniers de l'informatique tel Engelbart (1962), qui a lu *As we may think* dès 1945. Cet ingénieur américain est responsable jusqu'en 1976 du projet Augment à Stanford, qui vise à développer des outils augmentant les capacités et la productivité des êtres humains. A la tête de cette équipe, Engelbart invente quelques-uns des concepts fondamentaux de l'informatique moderne, ou plus précisément de l'informatique de bureau : le traitement de texte et les systèmes en ligne, l'aide contextuelle, l'interactivité ainsi que... la souris et les touches de fonction. Parmi ces outils, NLS (*oN-Line System*) est le premier système documentaire en ligne : Engelbart et ses collaborateurs y stockent toute leur production écrite, tous leurs documents. Les documents sont gérés à partir de références croisées : 100 000 items sont stockés, et cette base sert réellement au travail de l'équipe. Une des idées fondamentales d'Engelbart est que l'ordinateur doit aussi (et surtout) assister l'humain dans les activités de collaboration.

L'invention d'Internet puis du Web correspondent à la réalisation des idées de Bush et d'Engelbart. Nos capacités de mémoire et de communication sont démultipliées, comme jamais. La plus grande encyclopédie de l'histoire de l'humanité (Wikipédia) est créée en quelques années, sans maison d'édition, sans véritable coordination, sans payer les auteurs. Le temps que les humains des pays riches passent à lire a été multiplié par 3 ou 4 entre le début des années 1970 et 2010 (White, 2010). Et comme à chaque révolution des technologies de la mémoire et de la communication, on se pose la question d'une part des dommages qu'elles pourraient occasionner sur notre capacité de mémoire et de communication (voir par exemple l'enquête HBSC pour ce qui concerne spécifiquement les jeunes), et, d'autre part, sur les éventuels effets positifs dans les domaines de l'éducation et l'enseignement. Ce sont ces derniers que nous allons examiner maintenant, pour le cas des élèves à besoins éducatifs spécifiques.

2 Le numérique pour les élèves à besoins éducatifs spécifiques : pour compenser, contourner ou apprendre

Les élèves sourds, malvoyants, dyslexiques, dysphasiques, à mobilité réduite, dyspraxiques ou porteurs de troubles autistiques : voilà la population qui doit le plus bénéficier du numérique pour l'apprentissage. Dès les premiers développements de l'informatique personnelle, le public des enfants en situation de handicap à l'école a été visé par les chercheurs et les concepteurs. Plus précisément, deux branches de l'informatique se sont intéressées à cette question :

- le domaine de l'interaction humain machine, plus spécialement centré sur les handicaps moteurs et sensoriels, où l'on essaie de concevoir des technologies qui compensent ou contournent le handicap ;
- le domaine de l'informatique pédagogique, plus spécifiquement centré sur les troubles de l'apprentissage, où l'on tente d'améliorer l'apprentissage ou de compenser le trouble.

On peut résumer les espoirs liés à l'adaptation aux handicaps et troubles des élèves, de la manière suivante :

- la technologie permet de compenser : si l'enfant est habituellement en situation de handicap, la technologie va permettre d'alléger le handicap, parfois de façon importante, en donnant accès à ce qui ne l'est pas habituellement ;
- la technologie permet de contourner : la technologie donne accès à autre chose que ce qui ne l'est pas habituellement, mais qui vient permettre l'apprentissage ou la réalisation de la tâche scolaire ;
- la technologie permet d'apprendre : la technologie contribue à une stratégie plus globale de réduction ou de « rééducation » du handicap ou du trouble de l'apprentissage lui-même.

Le numérique pour compenser et pour contourner

Le cas des handicaps sensoriels est sans doute celui où les attentes sont les plus directes et les plus évidentes. Le numérique permet en effet de générer assez aisément des médias adaptés : passage de la parole à l'écrit ou à la Langue des signes pour les élèves malentendants ou sourds ; passage de l'écrit à la parole pour les enfants malvoyants ou aveugles. Par exemple, dans une synthèse assez ancienne, Hasselbring et Glaser (2000) montraient que les principales fonctionnalités utilisées par les élèves malvoyants ou aveugles étaient :

- des stratégies de compensation : le grossissement des caractères, la colorisation des lettres, le changement de luminosité pour les élèves avec vision préservée ;
- des stratégies de contournement : les audio-descriptions de vidéos ; les synthèses vocales, couplées ou pas avec des logiciels de reconnaissance de caractères ; la génération de textes (ou autres contenus) en Braille et la prise de notes en Braille.

Dans une étude conduite à Singapour auprès d'élèves aveugles scolarisés et de leurs enseignants, Wong et Cohen (2011) montrent que la connaissance limitée des enseignants sur les technologies d'assistance pour les élèves a des résultats très négatifs. L'enseignement présente des incohérences et des insuffisances. Les élèves eux-mêmes peuvent avoir une faible maîtrise de ces technologies. Pour ces auteurs, la formation des enseignants aux technologies d'assistance et la collaboration avec les personnes chargées de l'intégration (l'équivalent de nos AVS) constituent une priorité. Une étude conduite en Malaisie montre que ces technologies, quand elles sont bien maîtrisées par leurs usagers, sont bien acceptées par eux parce qu'elles sont utiles (Aziz, Roseli & Mutalib, 2011). En particulier, les élèves plébiscitent le grossissement des caractères, l'audio-description, les synthèses vocales et l'interaction directe (écran tactile et souris).

Des travaux plus récents tentent de développer des outils pour aider les élèves qui ne lisent pas le Braille, en générant automatiquement des documents verbaux sonores à partir de documents écrits (à partir d'un langage alphabétique ou non, Tang, 2013). Les résultats obtenus sont extrêmement prometteurs.

Banf et Blanz (2013) ont développé un système qui permet de sonoriser des images. Ces dernières sont présentées sur une tablette. La personne touche l'image. Selon la partie de l'image qui est touchée, la personne reçoit une information verbale assez rudimentaire (par exemple la couleur, les bords, la rugosité) ou au contraire élaborée (contenu de l'image). Ce dernier aspect, lié à la reconnaissance des formes, semble encore poser des problèmes techniques non négligeables quand les formes ne sont pas préalablement « codées » (c'est le cas avec les images « naturelles »).

De plus en plus de travaux sont consacrés à l'amélioration de l'accès, pour les personnes aveugles et malvoyantes, aux formations « en ligne » (Cooper, 2006), tandis que dans de nombreux pays, l'accès aux établissements scolaires ordinaires reste une priorité en termes de politique éducative, les innombrables barrières techniques, sociales, logistiques et culturelles étant loin d'être tombées partout (voir par ex. Yusop et al., 2013).

Enfin, l'utilisation de la réalité augmentée peut aussi représenter un potentiel extrêmement intéressant pour l'apprentissage chez des personnes aveugles ou malvoyantes, qu'elles soient adultes ou encore à l'école (Fitzgerald et al. 2012). En effet, la réalité augmentée permet à un individu de se mouvoir et

d'agir dans un environnement où différents aspects sont augmentés d'informations (visuelles traditionnellement, auditives pour le cas présent) qui sont jugées utiles. L'individu interagit ainsi avec un environnement enrichi, où il peut apprendre bien plus que s'il interagissait avec ce même environnement « naturel ».

Un exemple de compensation : adapter les claviers pour des personnes en situation de handicap moteur

L'équipe de Nadine Vigouroux à Toulouse travaille depuis de nombreuses années au développement de technologies pour les personnes en situation de handicap. Parmi les solutions conçues par ces collègues, un ensemble concerne les claviers virtuels pour les personnes handicapées motrices (nous avons notamment travaillé avec eux sur un projet pour les personnes myopathes). En effet, la fatigue due à la saisie est dépendante non seulement du clavier comme objet physique (inaccessible à certaines personnes), mais la configuration AZERTY du clavier (conçue à l'époque des machines à écrire pour éloigner les touches des lettres co-fréquentes) est particulièrement fatigante. Ces auteurs ont montré qu'une réduction de la fatigue est corrélée à la minimisation de la distance à parcourir par le curseur dans une tâche de saisie de texte.

Nous pourrions prendre comme cela des centaines d'exemples de technologie, dans toute catégorie de handicap, qui tendent à compenser ou à contourner la difficulté qui pénalise les élèves à besoin particulier en classe. Cependant, dans l'exemple des claviers virtuels pour personnes handicapées motrices comme dans celui des technologies pour les élèves malvoyants, on observe souvent le même phénomène : ce n'est pas parce que la technologie existe et qu'elle est efficace qu'elle trouve réellement sa place dans le quotidien de la classe. L'organisation du temps, de l'espace, les ressources disponibles, la formation des professionnels, les valeurs des usagers font parfois obstacle à l'intégration de ces solutions.

Un exemple de contournement : sonoriser des textes pour des élèves dyslexiques

Wood et ses collaborateurs (2018) ont publié une méta-analyse² sur les effets de la sonorisation de documents textuels sur la compréhension de la lecture chez les élèves dyslexiques. L'hypothèse de base de ces approches est que la sonorisation de documents écrits diminue les exigences de la lecture, ce qui permet la compréhension (Olson, 2000). Les revues de la littérature précédentes ont conclu que les résultats dans ce domaine sont incohérents. La méta-analyse de Wood et al. porte sur 22 études. Elle montre que l'utilisation la synthèse vocale a un impact significatif sur les résultats de compréhension de la lecture avec une taille d'effet faible ($d = 0,35$). L'analyse de Wood et al. montre, comme les synthèses précédentes, que les résultats dans le domaine sont incohérents, ce qui explique en partie la petite taille de l'effet. Pour les analyses des modérateurs, un seul modérateur significatif est obtenu : celui du design expérimental. Pour les plans d'expérience inters-sujets, $d = 0,61$. Pour les études intra-sujet, $d = 0,15$. Dans leur méta-analyse, Wood et al. n'ont pas abordé deux aspects importants. Les participants ont-ils pu faire une pause pendant l'écoute ? Le texte a-t-il été écouté plusieurs fois et si oui, combien de fois ? Il n'a pas été facile de discuter de ces deux aspects, car, dans plusieurs expériences qu'ils ont examinées, ces aspects ne sont pas décrits avec précision. Par exemple, Meloy, Deville et Frisbie (2002) ont obtenu

² Quand on dispose de plusieurs dizaines de résultats expérimentaux réalisant la même comparaison entre des conditions ou des outils d'enseignement A et B, alors on peut réaliser une méta-analyse, c'est-à-dire un calcul de l'effet moyen (en gros, on comptabilise le nombre de fois où $A > B$ et le nombre de fois où $A < B$, on prend en compte la taille des $>$ et des $<$, et on calcule la moyenne ; il faut noter au passage que les auteurs de ces méta-analyses se permettent parfois de collecter toutes les études qui comparent A à autre chose, rangeant sous B à peu près n'importe quoi, faisant dire à leur méta-analyse à peu près n'importe quoi). Généralement, on utilise le d de Cohen comme indice. Quand $d = 0,2$ la taille d'effet est considérée comme « faible », autour de 0,5 elle l'effet est « moyen » et à 0,8 il est « fort » (Tricot, 2017).

une taille d'effet forte ($d = 1,10$, calculée par Wood et al.), mais dans cette étude, les textes ont été présentés « plusieurs fois ». En lisant l'article de Meloy et al., il est difficile de déterminer quel texte et quelle question ont été présentés « plusieurs fois » et à combien correspond ce « plusieurs ». Dans une étude récente (Vandenbroucke & Tricot, 2018), nous avons étudié l'effet positif supposé de la présentation orale avec des textes longs, avec des lecteurs MP3, en utilisant le type de texte qui est fréquemment présenté oralement : les histoires. Dans une deuxième expérience, nous avons allongé le temps de présentation, en ajoutant des pauses choisies par les élèves ou imposées (incluses dans le fichier mp3). Nous avons comparé la compréhension des histoires pour les élèves de CM2 avec ou sans dyslexie. Pour chaque expérience, nous avons demandé à 20 élèves dyslexiques de lire une histoire, puis d'en écouter une autre (ou, à l'inverse, d'écouter d'abord, de lire après), et 20 élèves sans dyslexie du même âge ont été invités à faire de même. Les 40 élèves dyslexiques (20 par expérience) ont été diagnostiqués par l'unité des troubles spécifiques d'un hôpital pédiatrique ou par un orthophoniste. Les tests diagnostiques n'ont révélé aucun déficit de l'attention ou déficit discret de l'attention, aucun déficit intellectuel, du langage oral ou de la coordination motrice. Tous les élèves avaient le français comme langue maternelle.

Deux histoires (textes narratifs) conçues par le Ministère de l'Education Nationale pour l'évaluation nationale de la compréhension ont été utilisées (466 mots et bande son 3'52" pour l'une ; 275 mots et bande son 2'26" pour l'autre). Dans la condition « lecture », il n'y avait pas de limite de temps. Les questions de compréhension ont été présentées oralement, de même que les réponses des élèves qui ont été enregistrées.

Pour la première expérience, chaque élève a lu un texte et écouté l'autre. Pour la deuxième expérience, dans un test de l'effet des pauses, chaque élève écoutait un texte sans pause et écoutait l'autre avec des pauses imposées (chaque pause durait 7 secondes, une pause après chaque phrase) ou à son propre rythme (l'élève arrêta la bande son quand il le voulait).

Chaque participant a répondu à 9 questions immédiatement après la lecture ou l'écoute : 3 questions de compréhension littérale (information explicite dans le texte), 3 questions de compréhension locale (traitement des inférences et des relations entre les différentes informations du texte), 3 questions de compréhension globale (l'élève devait utiliser ses connaissances pour comprendre l'ensemble du texte). Un score total a été mesuré pour chaque texte dans chaque condition. Le temps de lecture a été enregistré.

Les résultats de l'expérience 1 sont les suivants : que le texte soit présenté sous forme écrite ou orale, les élèves dyslexiques comprennent moins bien que les élèves non dyslexiques. La sonorisation n'améliore pas la compréhension chez les élèves dyslexiques (le taux de réponses correctes est de 0,44 en lecture et de 0,46 en écoute). Leur temps de lecture est plus de deux fois plus long (moyenne = 5'46") que celui des participants sans dyslexie (moyenne = 2'08"). Le temps de lecture pour les élèves dyslexiques est plus long que le temps d'écoute, avec le résultat inverse pour les élèves ordinaires.

Les résultats de l'expérience 2 montrent que les élèves dyslexiques obtiennent de meilleurs résultats avec les pauses imposées. Les élèves dyslexiques ont obtenu le même résultat moyen que les élèves non dyslexiques (taux de réponses correctes = 0,51). Dans le cas des pauses libres, les élèves dyslexiques (sauf 1 sur 10) n'ont pas fait de pauses. Comme on pouvait s'y attendre, le taux de réponses correctes (0,37) est donc très proche de la condition d'écoute continue (0,40). Dans le cas des pauses libres, 7 élèves sans dyslexie sur 10 ont fait une ou plusieurs pauses et leur taux de réponses correctes était bien meilleur (moyenne = 0,62) que celui des élèves dyslexiques. En résumé, avec les pauses imposées, les élèves dyslexiques et non dyslexiques ont obtenu les mêmes résultats au même niveau, alors que les élèves dyslexiques sont deux fois moins performants que des élèves non dyslexiques avec les pauses libres.

Le temps est un paramètre important pour les élèves dyslexiques. Selon Gabrieli (2009), c'est la deuxième source importante de difficulté pour les élèves dyslexiques, avec un déficit phonologique,

même pour les adultes. Lorsqu'il n'y a pas de limite de temps, les adultes dyslexiques obtiennent des scores de compréhension similaires à ceux des bons lecteurs (Parrila, Georgiou, & Corkett, 2007).

3 Le numérique pour apprendre

Un exemple : la reconnaissance des émotions pour des enfants souffrant de Troubles du spectre autistique

Un exemple de stratégie où la technologie est utilisée pour soutenir l'apprentissage peut être trouvé par exemple dans l'entraînement à la reconnaissance des émotions, et plus généralement l'apprentissage, chez les enfants souffrant de troubles du spectre autistique (voir la synthèse de Boucena et al., 2014). Baron-Cohen, Golan et Ashwin (2009) ont été parmi les premiers à développer un programme d'entraînement sur ordinateur à la reconnaissance des émotions chez les enfants autistes. Les participants étaient répartis selon trois groupes : un d'enfants typiques, un d'enfants autistes sans intervention et un groupe d'enfants autistes avec intervention. Le support d'apprentissage, un programme d'ordinateur sur DVD, entraînait l'enfant à reconnaître les émotions. Ensuite, quatre tâches étaient utilisées afin de mesurer l'effet de l'intervention. On demandait aux participants d'apparier une situation émotionnelle suivant plusieurs niveaux de difficulté.

Au début de l'expérimentation, les enfants atteints de Troubles du spectre autistique avaient des performances plus faibles que les enfants typiques. À la fin, les enfants autistes ayant reçu l'entraînement rejoignaient le niveau des enfants typiques alors que ceux qui n'en avaient pas bénéficié ne progressaient pas.

D'autres études ont été menées (Bekele et al., 2014 ; Hopkins et al., 2011), utilisant des vidéos ou des visages « virtuels » (*i.e.* dont l'ensemble des caractéristiques peut être manipulé), et produisent des résultats très encourageants : non seulement un effet positif est obtenu avec le groupe expérimental, mais une amélioration hors contexte d'apprentissage est observée.

Le Centre Ressource Autisme PACA Nice a développé un jeu sérieux intitulé JeStiMulE (Serret et al., 2012). Les jeux sérieux, par rapport aux autres dispositifs d'apprentissage pilotés par ordinateur, favoriseraient la motivation, rendraient l'apprentissage plus actif, fourniraient de nombreux retours, immédiats ou différés, sur les actions de l'apprenant.

JeStiMulE, pendant la phase d'apprentissage, est composé d'une série de jeux de complexité croissante. Les participants apprennent à reconnaître les émotions d'avatars exprimées par un visage ou un geste. Au cours de la phase d'expérimentation, l'enfant joue dans un environnement virtuel et circule dans différents domaines de la vie courante : un square, un théâtre, un restaurant, un jardin et un magasin. L'enfant doit reconnaître ou anticiper l'expression émotionnelle des avatars dans diverses situations sociales grâce à l'apprentissage réalisé préalablement.

Le jeu est adaptable pour les personnes ayant un fonctionnement cognitif fortement altéré ou non, de sorte qu'il est possible de choisir une modalité de réponse adaptée aux capacités cognitives des enfants. Les modalités incluent un mode utilisant des codes de couleur pour les non lecteurs, un mode utilisant des mots émotionnels pour les lecteurs, ou des expressions idiomatiques pour les personnes atteintes du syndrome d'Asperger.

Pour chaque situation sociale, le joueur doit reconnaître ou anticiper les émotions du personnage. Si la réponse est correcte, le joueur gagne une pièce de puzzle.

JeStiMulE a été évalué auprès de 40 enfants et adolescents atteints de TSA. L'intervention durait quatre semaines, à raison de deux séances d'une heure par semaine. La reconnaissance des émotions était évaluée avant et après l'intervention, au niveau des visages, des gestes en lien avec l'expression des émotions et lors de situations sociales. Les résultats obtenus ont montré l'amélioration significative de la reconnaissance des émotions chez l'ensemble des participants ainsi que l'adaptabilité du jeu sérieux pour des patients TSA à la fois de haut et de bas niveau de fonctionnement (Serret et al., 2012).

Un autre exemple : la reconnaissance des mots écrits pour des élèves dyslexiques

Un autre exemple de stratégie où la technologie est utilisée pour soutenir l'apprentissage est sans doute plus connu : celui de l'apprentissage de la lecture par des élèves dyslexiques. L'équipe d'Annie Magnan et Jean Ecalte à Lyon (par exemple : Ecalte, Kleinsz, & Magnan, 2013 ; Potocki, Magnan, & Ecalte, 2015) travaille dans ce domaine depuis plus de dix ans et a produit un ensemble de résultats très encourageants. Leurs travaux ont notamment montré qu'un système qui permet un entraînement audiovisuel à la reconnaissance et à la segmentation des sons et aux contrastes vocaux pouvait améliorer la reconnaissance des mots écrits, c'est-à-dire la lecture des mots.

Les travaux récents de cette équipe sont probablement encore plus encourageants car les chercheurs commencent aussi à aborder des tâches de compréhension. En outre, et c'est très important, cette équipe conduit maintenant des évaluations de l'effet de leurs outils sur le long terme (de plusieurs mois à un an).

Play-on, un des outils utilisé par Magnan et Ecalte, consiste à piloter un apprentissage par ordinateur en mettant l'accent sur l'opposition sonore entre deux items pour six paires de phonèmes : / p /- / b / ; / t /- / d / ; / k /- / g / ; / f /- / v / ; / s /- / z / et / ch /- / j /. Trois types de d'items sont utilisés : mono-, bi- et trisyllabiques. La position du phonème est manipulée (initial vs final). Les participants écoutent une syllabe consonne - voyelle (/ pa /) et doivent choisir entre deux syllabes imprimées (pa ou ba), qui ne diffèrent que par la sonorité de la consonne. Immédiatement après avoir écouté la syllabe, les participants voient un ballon de basket en haut de l'écran et l'enfant appuie sur une des deux touches (gauche ou droite) pour placer la balle dans le panier correspondant à pa ou ba.

Colé, Casalis et Dufayard (2012) ont développé le logiciel d'apprentissage « Morphorem » pour les élèves dyslexiques de début de cycle 4. Avec cet outil, les élèves améliorent leurs performances dans plusieurs domaines : analyse morphologique, compréhension des mots suffixes et décodage. Cette approche est intéressante quand on considère que les capacités morphologiques des élèves dyslexiques seraient moins dégradées que leurs compétences phonologiques (Casalis, Colé & Sopo, 2004) et que les connaissances morphologiques déterminent l'efficacité de la lecture (Kirby et al., 2012).

L'entraînement des compétences en décodage a donné des résultats positifs auprès de lecteurs en difficulté pour le décodage et la conscience phonémique (McCandliss, Beck, Sandak, & Perfetti, 2003 ; Torgesen et al., 2001). Une méta-analyse confirme ces résultats : l'enseignement de la conscience phonémique a un impact positif sur la lecture pour les jeunes enfants (enfants d'âge préscolaire, élèves de maternelle et de première année), même pour les lecteurs en difficultés (Ehri et al., 2001).

Une autre proposition repose sur l'idée que les lecteurs dyslexiques ont des difficultés à traiter rapidement les sons (Tallal, Merzenich, Miller, Miller et Jenkins, 1998). « *Fast Forward* » est un programme d'intervention en lecture et en langue pour les lecteurs en difficulté, mais il semble que les améliorations, en particulier en ce qui concerne la conscience phonémique et la lecture, ne sont pas maintenues dans le temps (Hook, Macaruso & Jones, 2001).

4 Conclusion

Le domaine des technologies adaptées aux élèves à besoins éducatifs spécifiques, dans le domaine des handicaps et des troubles, produit des résultats très encourageants. Des effets positifs sont obtenus quelle que soit la stratégie utilisée : compensation, contournement et rééducation. Le plus surprenant dans le domaine est qu'il y ait relativement peu d'outils alors que la preuve de leur efficacité est souvent apportée.

Mais pour qu'il y ait plus-value, il faut que les acteurs (enseignants et élèves) maîtrisent ces technologies et leurs fonctions pédagogiques.

Je suis par ailleurs convaincu que ce domaine en est à ses débuts et que d'ici quelques années on verra l'aide aux apprentissages des élèves à besoins spécifiques comme relevant d'autre chose que de

l'entraînement : ces élèves sont capables, exactement comme les autres, d'apprendre en comprenant, en conceptualisant, en explorant, en découvrant, en prenant conscience, et pas uniquement en s'entraînant, en répétant. Il y a donc beaucoup à faire dans le domaine, sans doute en couplant les approches centrées sur les apprentissages à celles centrées sur l'ergonomie des supports eux-mêmes : les meilleures solutions en théorie deviennent les pires en pratique quand on oublie que l'ajout d'informations et/ou de fonctionnalités augmente le coût cognitif du traitement du support et, par-là, détériore l'apprentissage. De même, les meilleurs outils resteront dans les placards chaque fois que les concepteurs oublieront qu'un bon outil n'est pas seulement efficace : il est aussi facile à prendre en main et à utiliser, compatible avec l'organisation du temps, de l'espace, des ressources et des valeurs des situations (scolaires par exemple) où on veut l'intégrer.

5 Références

- Amadiou, F., & Tricot, A. (2014). Apprendre avec le numérique : mythes et réalités. Paris : Retz.
- Aziz, N., Roseli, N. H., & Mutalib, A. A. (2011). Visually impaired children's acceptances on assistive courseware. *American Journal of Applied Sciences*, 8, 1019-1026.
- Banf, M., & Blanz, V. (2013, March). Sonification of images for the visually impaired using a multi-level approach. In *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference* (pp. 162-169). ACM.
- Baron-Cohen, S., Golan, O., & Ashwin, E. (2009). Can emotion recognition be taught to children with autism spectrum conditions ? *Philosophical Transaction Royal Society. Biological Science*, 364, 3567-3574.
- Bekele, E., Crittendon, J., Zheng, Z., Swanson, A., Weitlauf, A., Warren, Z., & Sarkar, N. (2014). Assessing the utility of a virtual environment for enhancing facial affect recognition in adolescents with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44, 1641-1650.
- Boucenna, S., Narzisi, A., Tilmont, E., Muratori, F., Pioggia, G., Cohen, D., & Chetouani, M (2014). Interactive Technologies for Autistic Children: A Review. *Cognitive Computation*, 6, 722-740.
- Bush, V. (1945). As we may think. *The Atlantic Monthly*, 176, 101-108
- Casalis, S., Colé, P., & Sopo, D. (2004). Morphological awareness in developmental dyslexia. *Annals of dyslexia*, 54(1), 114-138.
- Colé, P., Casalis, S., & Dufayard, C. (2012). MORPHOREM. www.orthoedition.com/evaluations/morphorem-705.html
- Cooper, M. (2006). Making online learning accessible to disabled students: An institutional case study. *Association for Learning Technology Journal*, 14(1), 103-115.
- Ecalte, J., Kleinsz, N., & Magnan, A. (2013). Computer-assisted learning in young poor readers: The effect of grapho-syllabic training on the development of word reading and reading comprehension. *Computers in Human Behavior*, 29(4), 1368-1376
- Ehri, L.C., Nunes, S.R., Willows, D.M., Schuster, B.V., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Reading research quarterly*, 36(3), 250-287.
- Engelbart, D.C. (1962). Augmenting human intellect: A conceptual framework. Summary Report AFOSR-3223 under Contract AF 49 (638)-1024, SRI Project 3578 for Air Force Office of Scientific Research. Stanford Research Institute.
- FitzGerald, E., Adams, A., Ferguson, R., Gaved, M., Mor, Y., & Thomas, R. (2012). Augmented reality and mobile learning: The state of the art. In *CEUR Workshop Proceedings*, 955, 62-69.
- Gabrieli, J. D. (2009). Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science*, 325(5938), 280-283.

- Hasselbring, T. S., & Glaser, C. H. W. (2000). Use of computer technology to help students with special needs. *Future of Children*, 10, 102-122.
- Hook, P.E., Macaruso, P., & Jones, S. (2001). Efficacy of Fast ForWord training on facilitating acquisition of reading skills by children with reading difficulties—A longitudinal study. *Annals of Dyslexia*, 51(1), 73-96.
- Hopkins, I. M., Gower, M. W., Perez, T. A., Smith, D. S., Amthor, F. R., Wimsatt, F. C., & Biasini, F. J. (2011). Avatar assistant: Improving social skills in students with an ASD through a computer-based intervention. *Journal of autism and developmental disorders*, 41, 1543-1555.
- Kirby, J. R., Deacon, S. H., Bowers, P. N., Izenberg, L., Wade-Woolley, L., & Parrila, R. (2012). Children's morphological awareness and reading ability. *Reading and Writing*, 25(2), 389-410.
- McCandliss, B., Beck, I.L., Sandak, R., & Perfetti, C. (2003). Focusing attention on decoding for children with poor reading skills: Design and preliminary tests of the word building intervention. *Scientific studies of reading*, 7(1), 75-104.;
- Meloy, L.L., Deville, C., & Frisbie, D.A. (2002). The effect of a read aloud accommodation on test scores of students with and without a learning disability in reading. *Remedial and Special Education*, 23(4), 248-255.
- Olson, R. K. (2000). Individual differences in gains from computer-assisted remedial reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(3), 197–235.
- Parrila, R., Georgiou, G., & Corkett, J. (2007). University students with a significant history of reading difficulties: what is and is not compensated? *Exceptionality Education International*, 17(2), 195-220.
- Potocki, A., Magnan, A., & Ecalle, J. (2015). Computerized trainings in four groups of struggling readers: Specific effects on word reading and comprehension. *Research in developmental disabilities*, 45, 83-92
- Serret, S., Hun, S., Iakimova, G., Lozada, J., Anastassova, M., & Askenazy, F. (2012). Présentation d'un « serious game » : « JeStiMule » visant à améliorer la cognition sociale des personnes avec un trouble envahissant du développement. *Le Bulletin scientifique de l'ARAPI*, 30, 18-22
- Tallal, P., Merzenich, M.M., Miller, S., & Jenkins, W. (1998). Language learning impairments: integrating basic science, technology, and remediation. *Experimental Brain Research*, 123(1-2), 210-219.
- Tang, J. (2013). Using ontology and RFID to develop a new Chinese Braille learning platform for blind students. *Expert Systems with Applications*, 40, 2817-2827.
- Torgesen, J.K., Alexander, A.W., Wagner, R.K., Rashotte, C.A., Voeller, K.K., & Conway, T. (2001). Intensive remedial instruction for children with severe reading disabilities: Immediate and long-term outcomes from two instructional approaches. *Journal of learning disabilities*, 34(1), 33-58.
- Tricot, A. (2017). *L'innovation pédagogique*. Paris : Retz, collection Mythes et réalités.
- Tricot, A., Sahut, G., & Lemarié, J. (2016). *Le document. Communication et mémoire*. Louvain la Neuve : De Boeck.
- Tricot, A., Vandenbroucke, G., & Sweller, J. (sous presse). Using cognitive load theory to improve text comprehension for students with dyslexia beyond grade 3. In A.J. Martin, R.A. Sperling, and K.J. Newton (Eds.), *Handbook of educational psychology and students with special needs*. New York: Routledge.
- Vandenbroucke, G., & Tricot, A., (2018). La présentation orale de textes narratifs améliore-t-elle la compréhension d'élèves dyslexiques de CM2 ? *Analyse Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 152, 111-121.
- White, S., Chen, J. & Forsyth, B. (2010). Reading-related literacy activities of American adults: Time spent, task types, and cognitive skills used. *Journal of Literacy Research*, 42, 276-307.
- Wong, M. E., & Cohen, L. (2011). School, family and other influences on assistive technology use Access and challenges for students with visual impairment in Singapore. *British Journal of Visual Impairment*, 29, 130-144.

A paraître dans les actes du colloque de la FNAME, éditions Retz, 2018.

Wood, S. G., Moxley, J. H., Tighe, E. L., & Wagner, R. K. (2017). Does use of text-to-speech and related read-aloud tools improve reading comprehension for students with reading disabilities? A meta-analysis. *Journal of learning disabilities*, 51(1) 73-84.

Yusop, F. D., Cheong, L. S., Abdullah, H. S. L., Muhamad, A. S., Tsuey, C. S., & Wei, C. S. (2012). Challenges among individuals with visual impairment in an institution of higher learning in Malaysia. *European Journal of Special Needs Education*, 2, 99-107.