

RETROUVER LE GOÛT DES {**MATHS**} GRÂCE AUX OUTILS NUMÉRIQUES

PASCALINE LIARD

MÉMOIRE DSAA 2013-2014

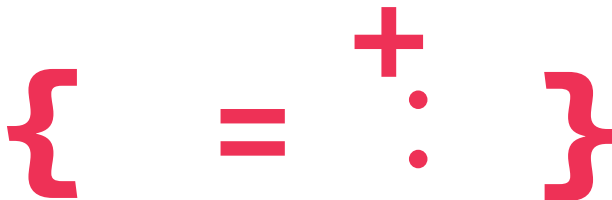
DESIGN GRAPHIQUE MULTIMÉDIA

LYCÉE JACQUES PRÉVERT

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes tuteurs, Delphine Gauly et Anne Mortal ainsi que l'ensemble de l'équipe pédagogique du DSAA, Jérôme Tailhades, Boris Duboullay, Alexia de Oliveira et Manuel Charpy.

Je remercie également Césarine Locret pour ses conseils, Morgane Roche pour son prêt de matériel ainsi que la directrice de l'école Fidélis, Mme Marie-Catherine et l'enseignante de CP, Martine Benoît, grâce auxquelles j'ai pu organiser des ateliers en classe. Je remercie enfin le créateur de jeu de société Frédéric Henry, les réalisateurs d'applications numériques, Pierre Abel et Maryline Mauguin, pour m'avoir accordé un entretien ainsi que mes amis et ma famille pour leurs conseils.



SOMMAIRE

PARTIE I

RETROUVER LE GOÛT DES MATHS GRÂCE AUX OUTILS NUMÉRIQUES

8

INTRODUCTION

8

I. SURMONTER LES DIFFICULTÉS EN MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE

12

1. IDENTIFICATION DES PROBLÈMES RENCONTRÉS

16

Les problèmes d'ordre didactique

Les problèmes d'ordre cognitif

Les problèmes d'ordre psychologiques

2. RECHERCHE DE SOLUTIONS PÉDAGOGIQUES

23

Les solutions d'ordre didactique

Remplacer les maths dans le monde réel

Les différents types de représentations des nombres

Les nombres ne sont pas des « entités » figées

Distinguer les différentes langues

Apprendre à apprendre

Les solutions d'ordre cognitif

Développer l'intuition et la représentation mentale

Utiliser le corps dans l'apprentissage

Muscler sa bosse des maths

Les solutions d'ordre psychologiques

Les blocages personnels

Redonner confiance en soi

L'enthousiasme et le jeu

II. L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES REVISITÉ PAR LES OUTILS NUMÉRIQUES

66

1. LORSQUE PÉDAGOGIES ET TECHNOLOGIES SE RENCONTRENT

67

Les aspects pratiques

L'enseignement sur mesure

- L'e-learning
- Les écoles inversées
- Les ressources personnalisées

La gestion de la classe

- Le tableau Blanc Interactif
- L'espace Numérique de Travail

Les systèmes d'évaluation

Les aspects collaboratifs et connectés

Apprendre les maths en programmant

2. LES LIMITES DES OUTILS NUMÉRIQUES

81

Un enthousiasme déplacé

Le système de la carotte et du bâton 2.0

Transposition de pédagogies lacunaires

La valeur ajoutée didactique

III. RÉFLEXION ÉTHIQUE ET SOCIOLOGIQUE SUR L'ARRIVÉE DU NUMÉRIQUE DANS LES CLASSES DE PRIMAIRE

91

1. UNE MUTATION INÉVITABLE?

92

Le numérique fait déjà parti du quotidien des enfants

Politique de l'innovation

- Être compétitif à un niveau national et mondial
- L'enseignement de masse
- Le numérique providentiel ?

2. LES DANGERS DU NUMÉRIQUE DANS L'ÉDUCATION

99

Perdre le rapport humain

Addiction et perte de «savoirs faire»

Les dangers physiologiques

3. TROUVER UN BON ÉQUILIBRE

111

Varier les activités et les médium

Une réflexion commune

CONCLUSION

114

PARTIE II

LE PARI AUDACIEUX DES APPLICATIONS NUMÉRIQUES MONTESSORI

119

INTRODUCTION

119

Pourquoi étudier le cas de Montessori ?

Quels problèmes pose le cas des applications Montessori ?

Présentation des applications et de leur mise en situation

I. LA PERTE DE LA DIMENSION TACTILE DU MATÉRIEL MONTESSORI NUIT-ELLE AUX PRINCIPES DE CETTE PÉDAGOGIE ?

137

1. QUELLE DIFFÉRENCE FAIT L'ENFANT ENTRE LA « RÉALITÉ VIRTUELLE » DES APPLICATIONS ET LE MATÉRIEL DU MONDE RÉEL ?
2. MODIFICATION DU RÔLE DU SENS DU TOUCHER
3. LE TOUCHER REMPLACÉ PAR D'AUTRES SENS

II. QU'ENGENDRE LE RAPPORT ENFANT-MACHINE ?

151

1. ENTRE UN MEILLEUR ENCADREMENT DES ACTIVITÉS ET UNE MEILLEURE AUTONOMIE ?
2. UN CONTENU, UN SUIVI ET UNE ÉVALUATION PERSONNALISÉE ?
3. DE L'ÉCOLE À LA MAISON : GOMMER OU RENFORCER LES INÉGALITÉS ?

CONCLUSION

162

PARTIE III

UN JEU DE SOCIÉTÉ POUR DONNER OU REDONNER LE GOÛT DES MATHS AUX ENFANTS

COLLECTION DE 8 MINI-JEUX À LA FRONTIÈRE
ENTRE LE TANGIBLE ET LE NUMÉRIQUE

166

INTRODUCTION

Pourquoi le jeu de société?

Liens avec la partie théorique du mémoire

La forme que prendra le projet

EN BREF

ANNEXE

172

PARTIE I

172

Compte-rendu de l'atelier du 17 décembre en classe de CP

PARTIE II

183

L'atelier montessori avec 3 élèves de CP

*Interview de Pierre Abel, créateur d'applications Montessori
(Escapadou)*

PARTIE III

192

Recherches graphiques et croquis

BIBLIOGRAPHIE

198

RETROUVER LE GOÛT DES MATHS GRÂCE AUX OUTILS NUMÉRIQUES

INTRODUCTION

L'apprentissage des mathématiques représente un réel défi pour beaucoup d'entre nous. J'ai eu la «chance» d'être née dans une famille d'amoureux des mathématiques, je suis capable d'apprécier différents concepts tels que les fractales ou le langage binaire et pourtant, j'ai toujours été plus ou moins allergique à cette matière. Dans le milieu des arts appliqués, on observe souvent ce paradoxe étrange où la plupart des élèves proviennent de filières littéraires alors qu'une grande partie des compétences demandées relèvent du domaine des mathématiques : en MANAA (Mise à niveau en



arts appliqués), il est notamment question de nombre d'or et de perspective et en BTS communication visuelle multimédia puis en DSAA multimédia, nous apprenons à coder dans de nombreux langages informatiques (*HTML, CSS, Javascript et ActionScript, Pure Data, Processing*).

Mais l'exemple des arts appliqués n'est pas un cas isolé car dans la plupart des domaines, professionnels ou non, les mathématiques ont un rôle essentiel. Plus largement, leur pratique permet aussi bien de structurer et d'argumenter sa pensée que d'avoir un regard critique sur le monde, qualités dont personne ne devrait faire l'économie.

Les mathématiques : bête noire des écoliers, des étudiants et de bon nombre d'adultes. Et si les outils numériques pouvaient changer la donne ? Donner ou redonner le goût des maths à tout ceux qui regrettent d'y être hermétique ? A la rentrée scolaire de 2013, le ministre de l'éducation a annoncé : « Il

faut faire rentrer l'école dans l'Ère du numérique ». La France, comme la plupart des pays, voit en la démocratisation des nouvelles technologies l'espoir d'une éducation nouvelle, plus égalitaire, plus épanouissante pour les enfants mais surtout plus « efficace ». Il est en effet question pour l'État de faire face à la concurrence internationale en maintenant ou en améliorant un certain niveau de richesse culturelle, intellectuelle et économique. Et tout cela dépend beaucoup de l'éducation.

Lorsque je me suis lancée dans ce sujet, je ne m'attendais pas à ce qu'il transforme à ce point ma vision des mathématiques, de l'école, de l'éducation et des nouvelles technologies. Mais avant de vous transmettre toutes ces découvertes, et surtout, avant d'étudier la pertinence et l'efficacité des outils numériques qui sont actuellement ou seront dans un futur proche à la disposition des élèves, des éducateurs et des parents, il est essentiel de regarder de plus près ce que le monde de la pédagogie a déjà mis

au point pour surmonter les difficultés en mathématiques.

Pour cela, il faut d'abord comprendre quels sont les principaux problèmes que l'on rencontre lorsqu'on est confronté aux mathématiques puis examiner les différentes solutions que propose le paysage éducatif d'aujourd'hui.

Ensuite seulement, il est possible d'étudier la manière dont les outils numériques, ordinateurs, tablettes, TBI, objets connectés, logiciel de e-learning et ressources multimédia, peuvent (ou non) permettre la mise en place de ces solutions ou de les sublimer si elles existaient déjà sans le numérique. C'est aussi l'occasion de tester les limites de ces outils et de réfléchir à la manière dont ils pourraient s'améliorer ou devenir réellement intéressants. Enfin, il est très important de rappeler que l'arrivée du numérique à l'école primaire est un sujet très controversé, qui pose des questions éthiques, sociologiques, philosophiques et d'hygiène de vie. Il est également important de pouvoir questionner le caractère inévitable de cette

transformation de l'éducation, les dangers qu'elle peut représenter ainsi que la nature de l'équilibre que les différents acteurs de l'école devront trouver pour tirer les élèves vers la réussite scolaire, professionnelle et personnelle.

I. SURMONTER LES DIFFICULTÉS EN MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE

« L'homme, même dans les tous premiers stages de son développement, possède une faculté que j'appellerai, faute de mieux, le sens des nombres. Cette faculté lui permet de reconnaître le changement d'une petite collection lorsque, à son insu, on lui ajoute ou lui retranche un objet » écrivait en 1954 Tobias Dantzig dans son livre à la gloire du nombre, *Langage de la Science*.

« A la même époque, la psychologie était dominée par la théorie de Jean Piaget qui déniait aux très jeunes enfants toute compétence numérique. Il fallut attendre les

années 1980 pour que soit contesté scientifiquement le constructivisme piagétien et confirmée l'intuition de Dantzig. Dès leur première année de vie, tous les hommes possèdent déjà l'intuition du nombre (...) Additions et soustractions élémentaires s'avèrent possible dès l'âge de six mois. Dans un certain sens, nous avons tous la bosse des maths »¹

Mais tous les cognitivistes ne sont pas du même avis que Stanislas Dehane. Pour Raphaël Núñez, le subitizing (la reconnaissance immédiate de petites quantités, principe découvert en 1947) ne doit pas être considéré comme du « proto-maths », c'est nécessaire pour faire des mathématiques mais ce n'est pas des maths. Il compare la pratique des mathématiques à celle du snowboard. Savoir marcher est nécessaire pour faire du snowboard mais le snowboard n'est pas une évolution naturelle de la marche (le milieu est hostile, les jambes ne bougent pas

1 DEHANE (Stanislas), *La bosse des maths : 15 ans après*, Odile Jacob, 2010

séparément etc).²

Rafaël Núñez défend donc la théorie selon laquelle faire des mathématiques n'est pas si naturel que l'on le prétend souvent. Il est donc logique qu'autant de gens rencontrent des difficultés dans cette discipline. Difficultés qui, le plus souvent, remontent aux petites classes. Ces problèmes diffèrent en fonction des profils mais la plupart du temps, il s'agit de concepts clés, de notions basiques qui ont été mal assimilés.

C'est au cours élémentaire de première année que l'enfant découvre officiellement les maths, à savoir, le calcul et la géométrie. On lui apprend à compter jusqu'à 10 puis jusqu'à 100, à écrire les nombres, en toutes lettres et en chiffre arabe. On pose les bases de l'addition et progressivement, on fait entrer le concept de soustraction. En ce qui concerne la géométrie, on apprend aux enfants à reconnaître certaines formes basiques et à tracer des traits, à relier des points entre eux, à trouver des erreurs de

2 NÚÑEZ (Rafaël), *D'où viennent les mathématiques? Corps, esprit et imaginaire*, conférence au Télécom Paris Tech, 2014

tracés etc. Facile? Pas si sûr car déjà à ce stade, les enseignants rapportent des cas d'élèves incapables d'effectuer des opérations aussi simples que $3+2$, décèlent le comportement d'enfants qui essaient de deviner plus que de réfléchir, qui abandonnent, qui commencent à mettre au point des stratégies de triche ou de fuite. Et puis il y a tous ceux qui arrivent plus ou moins à s'en sortir et qui, plus tard, souvent dans le secondaire, finissent par se heurter à de sérieux problèmes de compréhension, de motivation, de désintérêt, voire de dégoût total. C'est d'ailleurs par ce biais-là que commence le film d'Olivier Peyon, *Comment j'ai détesté les maths*, sorti mi-novembre 2013. On y voit sur Youtube des adolescents qui crient leur haine pour les mathématiques, des témoignages de jeunes qui, même en filière scientifique, expliquent ne pas réellement *aimer* cette matière.

1. IDENTIFICATION DES PROBLÈMES RENCONTRÉS

On parle souvent de la douleur des enfants confrontés à une matière difficile et au traumatisme que laisse ce sentiment de non-compréhension. Les élèves rencontrent différents types de difficultés et pour apporter des réponses et des solutions efficaces, il est important d'identifier leur nature et leur origine. Cela dit, identifier les problèmes et leurs conséquences n'est pas une mince affaire car ils sont tous plus ou moins connectés.

Il est toutefois possible de dégager trois catégories de problèmes. La première se situe à l'échelle de la classe, il s'agit de problèmes d'ordre pratique et didactique. La deuxième correspond à ce qui se passe dans la tête de l'enfant, on parlera donc de problème d'ordre cognitif. Enfin, la troisième exprime les problèmes d'ordre personnel, émotionnel et psychologique.

Les problèmes d'ordre didactique

On reproche très souvent aux mathématiques d'être trop abstraites, trop déconnectées de la vie réelle. Les jeunes enfants peinent à comprendre la corrélation entre la valeur numérique d'un nombre et la valeur numérique des choses. Plus grave encore, les enfants ont tendance à ne pas concevoir un nombre comme une valeur mais comme un simple chiffre graphique, un numéro : *«à l'issue de la maternelle, 13 est plutôt conçu comme une entité globale»*³ Très rapidement, les différentes notions clés sont confondues, mal identifiées : le langage des mathématiques se mélange avec celui de la vie quotidienne. Le professeur peine aussi fréquemment à trouver le bon chemin pour expliquer telle ou telle chose à telle personne, parce qu'il n'est pas formé pour, parce qu'il n'a pas le temps... Mais surtout, l'école traditionnelle semble peu développer de techniques pour apprendre aux enfants à apprendre.

3 BRISSIAUD (Rémi), « Pour les maths, le redressement commence avec les programmes du primaire », article web, www.cafepedagogique.net, 2013

Les problèmes d'ordre neurologiques et cognitifs

En lien avec ces problèmes didactiques existent aussi des problèmes neurologiques et cognitifs et qui se traduisent par une incompréhension plus ou moins totale des concepts mathématiques et l'incapacité à visualiser et à effectuer un raisonnement mathématique.

Les chercheurs parlent de plus en plus d'enfants atteints de dyscalculie. Ce trouble correspond à une mauvaise compréhension du dénombrement, socle sur lequel se construisent les habiletés arithmétiques ultérieures. Ils ont également des difficultés d'évaluation des grandeurs, de mémorisation et d'apprentissage des tables d'addition et de multiplication. Les travaux de recherche de l'INSERM⁴ notamment démontrent que ce trouble, comme celui de la dyslexie, est repérable dans le cerveau à l'aide de techniques d'imageries mentales.

4 INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), « Troubles des apprentissages : dyslexie, dysorthographe, dyscalculie », www.inserm.fr, 2013

La *théorie des intelligences multiples*⁵ n'évoque pas la question de la dyscalculie mais parle de différentes formes d'intelligences plus ou moins développées chez chaque être humain. Aujourd'hui mondialement utilisée dans de nombreuses écoles⁶, cette théorie révolutionne la manière d'appréhender l'éducation.

Le psychologue du développement et professeur à l'Université d'Harvard Howard Gardner, finit par arriver, il y a déjà une vingtaine d'années, à la conclusion selon laquelle il existerait différents types d'intelligences bien distincts. C'est en faisant des recherches sur les lésions cérébrales qu'il s'aperçoit que des malades qui sont privés d'une faculté intellectuelle bien précise à cause de lésions sont parfaitement capables d'en assumer d'autres. Gard-

5 *Howard Gardner*, psychologue cognitiviste de renommée internationale, *LES INTELLIGENCES MULTIPLES : Pour changer l'école, la prise en compte des différentes formes d'intelligence*, Retz Psychologie, 2000.

6 HOURST Bruno, *A l'école des Intelligences multiples*, Hachette éducation, Profession Enseignant, 2006

 : Une liste conséquente d'école est citée en annexe de l'ouvrage.

ner poursuit ses travaux sur la population qu'il nomme «les idiots savants». Souvent autistes, ces individus sont capables, par exemple, de reproduire exactement un concerto pour piano après une seule écoute. Il en conclut qu'il doit y avoir des formes différentes d'intelligence, indépendantes les unes des autres, dans la mesure où, lorsque certaines sont détruites ou très peu développées, les autres ne sont pas affectées ou hypertrophiées.

Le terme *multiples* veut aussi remettre en question la thèse selon laquelle l'intelligence se définirait par le Q.I., c'est-à-dire par une intelligence psychométrique, mesurable, quantifiable et dont les tests se fondent uniquement sur des compétences langagières et logico-mathématiques. Gardner et son équipe de scientifiques de l'université d'Harvard sont parvenus à distinguer six autres intelligences-compétences: l'intelligence visuo-spatiale, naturalo-écologiste, inter-personnelle, intra-personnelle, corporelle-kinesthésique et musicale (voir annexe de la partie III). Selon lui, «chaque être hu-

main normal détient tous ces potentiels (les potentiels de chaque type d'intelligence), mais, pour des raisons à la fois génétiques et environnementales, les individus se différencient de façon notable par les profils d'intelligence spécifiques dont ils font preuve à chaque moment de leur vie». D'après Gardner, quelqu'un de mauvais en maths en soi serait donc quelqu'un qui n'a pas de prédisposition particulière dans l'intelligence logico-mathématiques, mais, à moins que la cause ne remonte à des lésions cérébrales irréversibles, ce n'est pas une fatalité ; cette intelligence, ce domaine de compétence, peut être travaillée et améliorée.

Problèmes psychologiques

Une dimension psychologique vient s'ajouter, en conséquence et/ou en parallèle à ces problèmes d'ordre didactiques et cognitifs. Angoisse de la non-compréhension, peur de se mettre à réfléchir et de ne pas y arriver, frustration, culpabilisation, dévalorisation... Autant de situations qui amènent à des problèmes plus graves: manque de

confiance en soi, perte de l'estime de soi, manque de motivation, désintérêt total, phobie ou haine.

C'est un cercle vicieux : plus un élève bloquera sur un exercice ou un concept mathématiques pour des raisons didactiques, cognitives ou psychologiques, plus il s'en désintéressera et moins il fera travailler la partie de son cerveau qui correspond aux compétences que la matière requiert.

Car tous les scientifiques s'accordent pour dire aujourd'hui que le cerveau est un muscle. Les recherches neurologiques effectuées autour de la dyscalculie ont mis en évidence l'existence d'un rapport entre la réflexion mathématique et certaines zones du cerveau. «Un muscle qui ne travaille pas s'atrophie ; une intelligence et une mémoire qui ne travaillent pas s'atrophient, elles aussi, encore beaucoup plus vite.»⁷

⁷ Dr ASLAN (Ana), directrice de l'Institut national de gériatrie et de gérontologie de Roumanie (1958-1988)

2. LES SOLUTIONS

Cela fait plus de deux mille ans que la question de l'éducation et de la transmission des savoirs se pose. Dans *Les grands pédagogues, de Socrate aux cyber profs*⁸, l'historien Georges Minois explique qu'il y a toujours eu, quelle que soit l'époque, une pédagogie dominante (parfois officielle) et des pédagogues isolés qui expérimentaient et élaboraient des méthodes avec leur propre personnalité et subjectivité. Georges Minois recense dans son ouvrage plus d'une centaine de pédagogues qu'il replace toujours dans leurs contextes historiques. Et il n'est question que du monde occidental ! C'est dire si la diversité existe en matière d'enseignement. Alors comment chercher, comment sélectionner parmi toutes ces théories, les plus intéressantes ?

La pédagogie étant un ensemble de méthodes qui s'adressent plus à la pratique qu'à la théorie, j'ai préféré orienter mes recherches davantage vers le contact humain. J'ai donc privilégié l'oral à l'écrit, les

8 MINOIS (Georges), *Les grands pédagogues, de socrate aux cyber profs*, Audibert Louis, 2006

conférences aux ouvrages savants, la discussion et l'échange interactif à l'observation anonyme, l'intuition à la raison pure.

Les solutions d'ordre didactique

Replacer les maths dans le monde réel

Einstein disait : « Comment se fait-il que les mathématiques, qui sont pourtant un produit de la pensée indépendant de l'expérience, rendent compte si excellemment de la réalité ? »⁹. L'aspect théorique des mathématiques éloigne du monde réel, et pourtant, il n'y a rien de plus ancré dans le réel que les maths : la nature, le monde entier est écrit en langage mathématique. Mark Dorf, jeune artiste américain récemment diplômé, questionne ce paradoxe à travers le médium photographique en combinant des photos de paysages à des éléments graphiques qui reprennent des codes de représentation scientifique, mathématique et informatique, comme pour rappeler la structure savante qui se cache derrière tout ce qui nous entoure (fig1).

9 EINSTEIN (Albert), *Comment je vois le monde*, Flammarion, 1934



Fig1

François Sauvageot, professeur en mathématiques supérieures au lycée Clémenceau explique que l'enjeu des maths se trouve précisément dans son caractère abstrait et en apparence déconnecté de la réalité. Tout l'enseignement des maths se résume à la manière dont un prof va réussir à transmettre et à faire partager des concepts. C'est très dur, et à la fois merveilleux quand on y parvient. Il faut trouver des analogies, des références. Trouver le bon exemple, c'est La clé pour enseigner. Filmé par Olivier Peyon, on voit le professeur atypique expliquer des problèmes de géométrie complexes en faisant faire à ses élèves des manipulations avec une corde, passée entre leurs doigts. Malheureusement le film ne rentre pas dans les détails et ne nous permet pas de comprendre en quoi cette manipulation éclaire les élèves sur leur leçon mais elle semble, en tout cas, devant la caméra, porter ses fruits.

Isabelle Peloux, enseignante, directrice de l'école primaire dont elle est à l'origine,

l'école des Amanins-Colibri¹⁰ (fig2), parle du fait qu'il est important de faire des parallèles entre les choses abstraites qu'un enfant apprend et son application dans le monde réel. Pour donner un sens à ce qu'il apprend, pour le motiver. Cela peut se limiter à une explication de la part de l'enseignant ou devenir un vrai projet. Historiquement, la pédagogie de projet remonte au philosophe John Dewey. Mais l'idée (project-based learning) a vraiment été précisée par William Heard Kilpatrick, en 1918, dans un article intitulé *The Project Method*. Les élèves mènent à bien leur projet de façon autonome. Ils cherchent les informations, essayent, analysent leurs échecs, leurs réussites, cherchent encore jusqu'à ce que leur projet aboutisse. Les projets font émerger des besoins en matière d'apprentissage. L'intervention dans les écoles de la fondation La main à la pâte est un bon exemple de pédagogie de projet. Elle vise à développer un enseignement des sciences fondé sur l'investigation à l'école primaire



Fig2

10 Barth (Anne), *Quels enfants laisserons-nous à notre planète ?*, film documentaire, 2010

et au collège en mettant en place avec les classes des projets sur le long terme. Guidés par un étudiant ou un spécialiste scientifique, les élèves doivent surtout apprendre à réfléchir et chercher par eux-même au sein d'un groupe. J'ai personnellement eu la chance participer à un projet main à la pâte quand j'étais en CE1. Il ne s'agissait pas dans mon cas de projet mathématiques mais de sciences naturelles : pendant un an, nous avons travaillé sur les stations d'épuration, sous la tutelle d'une étudiante de Polytechnique. Nous avons été répartis en petits groupes de quatre et il nous avait été demandé d'imaginer le matériel nécessaire pour rendre une eau usée apte à la consommation. Je me souviens encore que mon groupe avait opté pour une superposition de divers filtres à café et que nos voisins, mieux renseignés que nous, avaient pensé à des couches de sable et de petits cailloux. Nous avons fabriqué des eaux usées avec de la boue, du produit vaisselle et divers éléments, chaque groupe avait ensuite testé son installation, observé le résul-

tat et comparé avec celui les autres. Plus tard, nous étions allés visiter des stations d'épuration et nous avons fait des comptes rendus de ce que nous avons appris. Nous étions donc amenés à réfléchir par nous-même et à trouver une solution à un problème réel tout en utilisant un raisonnement scientifique (tests, comparaisons, comptes rendus). Cela représente une expérience marquante : il s'agit d'un des souvenirs les plus vivaces de mes années de primaire, preuve que ce genre d'enseignement est très positif.

Le dernier numéro de Peps, le magazine de la parentalité positive, donne la parole à Hélène Keller, une mère de famille qui a découvert le bonheur de faire des maths à l'âge adulte, en accompagnant ses enfants dans leur apprentissage. Elle va plus loin que la pédagogie de projet : pour elle et comme pour des penseurs et pédagogues comme

John Caldwell Holt¹¹, l'apprentissage est indissociable de l'expérience dans le réel. La mère de famille explique « Lorsqu'un enfant apprend à parler, les mots qu'il apprend sont intégrés à sa vie quotidienne, à ses sensations, à toutes sortes d'émotions et de stimulations. Pourquoi faire autrement avec les mathématiques ? Mettez les mathématiques dans votre vie et de la vie dans vos mathématiques (mettez-y du mouvement, de la fantaisie, faites-en des concours rigolos) ». Elle explique ensuite que des activités comme la cuisine et la pâtisserie, le bricolage et le fait d'observer et de participer aux achats permettent d'appréhender les notions essentielles et basiques des mathématiques. La cuisine apprend à l'enfant à mesurer, peser, compter des quantités, surveiller le temps (de cuisson), diviser et multiplier (pour adapter une recette), à faire des portions. Les bricolages et la couture

11 HOLT CALDWELL (John), (1923–1985), est un éducateur et un écrivain américain, l'un des plus grands défenseurs des mouvements du homeschooling (scolarité à la maison) puis du unschooling (non-scolarité), et un pionnier dans la défense des droits des enfants.

utilisent des notions mathématiques de mesure, de calcul, d'estimations. Observer et participer aux achats permet de comparer les prix, d'estimer, de peser, de s'exercer au calcul mental.

Effectivement, les maths sont partout. Les écoles Steiner-Waldorf, bien que sujettes à de fortes controverses sur des questions pédagogiques plus vastes, l'ont compris et proposent aux élèves de CP une introduction originale dans l'univers des mathématiques. L'enseignant lit aux enfants un conte où le nombre prend une place prédominante et apparaît de manière croissante et symbolique. L'enseignant s'attarde d'abord sur le concept d'unité : il y a un soleil, une planète puis sur le concept de dualité : il y a deux parents etc.

Apprendre les différents types de représentations des nombres

Pour se familiariser avec cet univers inconnu, Stella Baruck¹², professeur de mathématiques, chercheuse en pédagogie et

12 BARUCK (Stella), *Échec et maths*, Seuil, 1973

auteure de nombreux ouvrages sur le sujet, préconise d'enseigner aux enfants, dès le plus jeune âge, la représentation visuelle variée des chiffres (représentation sur les doigts, sur la face d'un dé, représentation géométrique etc). Certains manuels scolaires comme J'apprends les maths avec Picbille reprennent cette idée.

Pour une solide mise en place des notions fondamentales, il faudrait aussi passer du temps à expliquer l'origine des noms et des chiffres, leur construction... Stella Baruck estime aussi qu'il est important de présenter le concept des 4 opérations en même temps, puisqu'elles fonctionnent et prennent un sens ensemble (alors que dans le programme classique des CP-CE1, la division vient bien plus tard). Stella Baruk insiste aussi sur l'enracinement de la numération dans la langue et sur l'importance de partir de la langue pour apprendre à compter. Parmi les missions principales de l'école primaire (lire, écrire, compter), les mathématiques ne concernent pas seulement compter, mais en premier lieu lire et écrire

les nombres.

Ne pas considérer les nombres comme des « entités » figées ou des numéros

Rémi Brissiaud, titulaire d'une maîtrise de mathématiques et d'un doctorat en psychologie cognitive a récemment rédigé un article très complet¹³ sur l'origine des mauvais résultats de la France aux tests PISA¹⁴. Chaque année, les résultats s'aggravent et de manière encore plus prononcée en maths. Mais c'est entre 1987 et 1999 que la moyenne des performances des élèves de CM2 connaît sa dégringolade la plus violente en baissant de 66% de l'écart type initial¹⁵.

Avant 1987, les enfants ne commençaient à

13 BRISSIAUD (Rémi), « Pour les maths, le redressement commence avec les programmes du primaire », article web, www.cafepedagogique.net, 2013

14 PISA : séries de tests internationaux qui interrogent des élèves de 3ème et de seconde dans différentes matières, dont les mathématiques

15 A l'époque, le classement PISA n'existait pas. Ces chiffres correspondent à une étude menée par Thierry Rocher, statisticien à la Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance (DEPP) au ministère de l'Éducation et publiée en 2008

découvrir les nombres et le calcul que vers le mois de novembre au CP (contre les premières années de maternelle aujourd'hui). En 1986, une circulaire ministérielle préconise d'enseigner le calcul à l'aide du principe de la file numérotée¹⁶ (fig3), un choix didactique qui, vers le milieu du siècle dernier, était considéré comme le pire qui puisse être envisagé !

Les principaux défenseurs de l'usage d'une file contenant la suite des écritures chiffrées considèrent que celle-ci est traitée par les enfants comme une file qui serait authentiquement numérique, c'est-à-dire une suite d'écritures chiffrées renvoyant chacune aux différentes pluralités que sont les nombres. Ce n'est malheureusement pas le cas. Avec ce système, les élèves ne conçoivent plus le nombre comme renvoyant à une pluralité mais comme une entité globale, figée. Les enfants ne raisonnent alors plus sur des nombres mais sur des numéros !

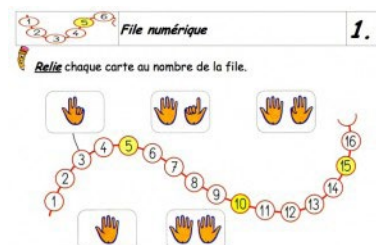
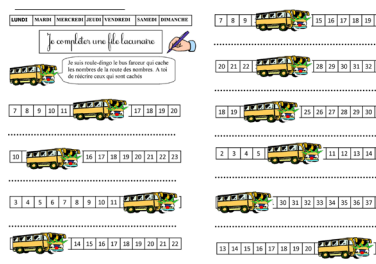


Fig3, exemples de files numériques dans les manuels scolaires

16 File numérotée (ou file numérique) : Frise allant le plus souvent de 0 à 10 ou de 0 à 100 avec laquelle les enfants apprennent aujourd'hui à faire des additions (avancer sur la frise) ou des soustractions (reculer).

Or un nombre n'est pas une "entité-numéro", il renvoie à des pluralités qui s'expriment par les diverses décompositions numériques en nombres moins élevés que lui. Par exemple "trois c'est un plus un plus un" c'est à dire $3 = 1+1+1$ ou $3 = 2+1$ etc.

Sur le plan formel, les additions proposées par les manuels d'aujourd'hui ne requièrent donc pas cette capacité à évoquer mentalement des décompositions numériques. Les enfants n'ont alors pas d'autre choix que d'utiliser la « recette » qu'on leur a montrée (repérer la case de départ et aller vers la droite ou vers la gauche). Il ne s'agit donc pas de calcul. Sans intelligence des nombres, il n'y a pas de mémorisation des relations numériques possibles autrement que par le rabâchage (apprendre les tables d'additions par cœur par exemple), technique qui ne résout d'ailleurs pas le problème, puisque dès que l'enfant sera confronté à des formes de calculs plus complexes il sera désemparé. Par exemple il ne pourra pas résoudre rapidement $8+7$ car il

ne saura pas décomposer mentalement, dans un premier temps $7=2+5$ et dans un second temps $8+2=10$ puis $10+5=15$, ou alors $7+7=14$ puis ajouter un.

Certains professeurs sont bien conscients de cet enjeu et tentent de “contourner le programme officiel” en consacrant beaucoup de temps à l’étude des décompositions-recompositions des cinq premiers nombres (puis des 10, 20 premiers etc.) tout en faisant prendre conscience aux enfants que l’enjeu de l’activité mathématique est d’anticiper le résultat d’actions d’ajout, de retrait, de partage...

Le problème étant que ce travail de fond, essentiel pour la suite de l’apprentissage mathématique, est incompatible, faute de temps, avec les attentes officielles qui exigent que les élèves de CP sachent au moins compter jusqu’à 50. Le comptage est, déplore Rémi Brissiaud, privilégié par rapport au calcul.

Distinguer les différentes langues (usuelle, académique et mathématique)

Un chercheur en mathématiques du film d'Olivier Peyon a dit au sujet des maths « L'utilisation du langage y est assez spéciale : les mots sont précis, ils s'incarnent différemment que lorsqu'on parle. » D'après Stella Baruck, le langage mathématiques et le sens sont d'une importance capitale quand on apprend ou qu'on enseigne les maths.

Selon elle, ce sont principalement des erreurs de langage qui engendrent la perte du sens des notions sur lesquels vont bloquer les enfants. Elle estime qu'à force de ne pas comprendre ce qu'ils écrivent, les élèves deviennent des « automathes » (automates qui reproduisent mécaniquement des objets prétendus mathématiques) et renoncent complètement à trouver du sens aux expressions mathématiques. L'une des causes de cette perte de sens en maths serait la confusion entre trois langues distinctes : la langue usuelle, la langue académique (dans laquelle sont rédigés les

énoncés par exemple) et la langue mathématique elle-même. Le rôle du pédagogue est donc d'explicitier les rapports entre ces trois langues afin de redonner du sens à ce qu'écrivent (et disent) les élèves et d'analyser objectivement leurs erreurs.

Apprendre à apprendre

«Apprendre à penser est la chose la plus difficile à faire mais surtout la plus importante», déclare, devant la caméra, un autre mathématicien anonyme du film d'Olivier Peyon. «L'éducation, les programmes doivent être très empiriques, s'adapter à chaque profil. (...) Cela dit, pour l'école primaire, on devrait déjà avoir trouvé la recette miracle depuis le temps!» s'exclame Cédric Villani, mathématicien français, directeur de l'Institut Henri-Poincaré et professeur à l'université Claude Bernard Lyon. La recette miracle? L'école des Amanins-Colibri, une école atypique privée sous contrat, semble humblement s'en approcher... Là-bas, pour aborder un nouveau savoir, les enfants réalisent un brainstorming qui sera

à la fin du cours confronté aux fruits des recherches des enfants. Il est important de déconstruire l'ancien savoir pour qu'il ne revienne pas. Mais avant cette étape essentielle, les enfants vont chercher par eux-mêmes des informations dans les livres de la classe. Puis, par groupes de trois, ils confrontent leurs recherches et leurs solutions et tentent d'exprimer entre eux le "cheminement mental" qui les a chacun conduit à obtenir un résultat. Apprendre à verbaliser son raisonnement est essentiel. Surtout lorsqu'il s'agit de mathématiques. Prenons l'addition : comment calculer par exemple $9+12$? Une des techniques les plus efficaces est d'effectuer l'opération suivante : $10+12=22$ puis de soustraire un. Cette astuce ne vient pas forcément à l'esprit de tous, c'est pourquoi il faut encourager les enfants à ce type d'échange. L'enseignante vient ensuite écouter leurs raisonnements et essaye de trouver la manière d'expliquer à chaque enfant ce qu'il n'a pas compris. Pour Stella Baruck, comme on part de l'hypothèse que les élèves sont intelligents, l'un

des meilleurs moyens de les rééduquer en maths est d'analyser avec eux leurs erreurs (pour comprendre ce qu'ils ont compris ou non) et de leur faire découvrir le sens de ce qu'ils écrivent. L'erreur ne doit pas être infamante mais fait partie de l'appropriation du savoir. Elle est d'ailleurs indissociable du processus d'apprentissage.

Mais bien sûr, ces méthodes ne peuvent fonctionner que dans un contexte privilégié enseignant-apprenant. C'est pourquoi il serait nécessaire de réduire les effectifs des classes, de faire venir davantage d'A.V.S. (Auxiliaires de Vie Scolaire, sorte d'assistant de l'enseignant) et de renforcer l'aide aux devoirs. Mais malheureusement l'éducation nationale reste limitée en terme de budget.

Développer l'intuition et la représentation mentale

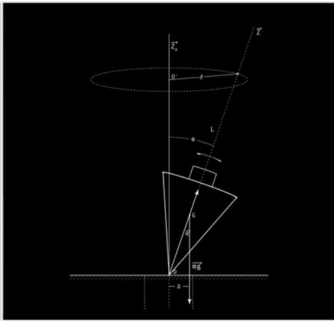
La vidéo *The Beauty of Mathematics*¹⁷ (fig4) est un bel exemple de la matérialisation visuelle d'une représentation mentale que pourrait se faire un mathématicien au sujet de phénomènes de la vie courante. Cette courte vidéo permet de visualiser les mécanismes à l'œuvre au sein de différents phénomènes naturels. L'écran est partagé en trois parties : la formule mathématique du phénomène sur la gauche, sa représentation schématique au centre, et son occurrence naturelle à droite.

La vidéo s'ouvre sur une citation (écourtée) de Bertrand Russel¹⁸ : « Les mathématiques, considérées à leur juste mesure, possèdent non seulement la vérité, mais

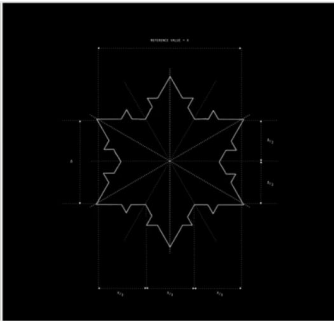
17 PINEILL (Yann) et LEFAUCHEUX (Nicolas), *The Beauty of Mathematics*, Parachutes (studio parisien de graphisme et production vidéo), 2013,

18 RUSSEL (Bertrand), 1872-1970, mathématicien, logicien, philosophe, épistémologue, homme politique et moraliste britannique.

$$\left. \begin{array}{l} \dot{\omega} = \dot{\omega}_0 + \partial \dot{\omega}_1 \\ H_1 = (F \cos / S_1) + C_1 = 0 \\ C_1 = C_0 \Delta \omega \end{array} \right\} \Rightarrow mg \sin \alpha \dot{\omega} - C_0 \partial \dot{\omega} + C_0 \Delta (\dot{\omega} \dot{\omega}) = 0$$



$$Area = \frac{\sqrt{3}}{4} s^2 \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3 \cdot 4^{n-1}}{9^n} \right)$$



$$\left. \begin{array}{l} \dot{\omega} = \dot{\omega}_0 + \partial \dot{\omega}_1 \\ H_1 = (F \cos / S_1) + C_1 = 0 \\ C_1 = C_0 \Delta \omega \end{array} \right\} \Rightarrow mg \sin \alpha \dot{\omega} - C_0 \partial \dot{\omega} + C_0 \Delta (\dot{\omega} \dot{\omega}) = 0$$



Fig4, screen de The Beauty of Mathematics

aussi la beauté suprême, une beauté froide et austère, comme celle d'une sculpture (...) sans les effets d'illusion magnifiques de la peinture ou de la musique (...). »

Développer l'intuition et la représentation mentale est essentiel quand on fait des mathématiques. Découvrir leur beauté fait partie du processus, tout en étant à la fois un moyen et une fin.

Mais ce qu'il y a de très intéressant dans cette vidéo, outre sa beauté, c'est aussi le fait de faire appel à d'autres types de représentation pour expliquer un principe mathématico-scientifique.

Cela rejoint les récents manuels pédagogiques inspirés de la théorie des intelligences multiples¹⁹ dans lesquels sont proposés, pour chaque point du programme scolaire, des exercices-jeux faisant appel aux autres types d'intelligences. Si parfois l'exercice est efficace et l'appel à une autre

19 GARAS (Véronique) et CHEVALIER (Claudine), *Guide pour enseigner autrement, selon la théorie des intelligences multiples-cycle 2*, Retz, 2013

HOURST (Bruno), *A l'école des Intelligences multiples*, Hachette éducation, Profession Enseignant, 2006

intelligence est pertinent, ce n'est pas toujours le cas. Mais ce systématisme n'est, en définitive pas bien grave car les exercices ne se présentent pas comme des formules figées et incitent les enseignants à les adapter à leur guise. Il s'agit donc davantage d'un recueil d'idées, de pistes pédagogiques que de recettes toutes faites. Ce qui est très intéressant également, c'est que ces exercices peuvent rapidement et facilement se mettre en place dans les écoles publiques traditionnelles, sans aller à l'encontre du programme officiel. Ce qui n'est pas le cas avec la plupart des pédagogies alternatives, notamment la pédagogie Montessori qui adopte un rythme, des techniques de travail et un matériel spécialisé très spécifiques.

Utiliser le corps

Maria Montessori a mis au point une grande quantité de matériel dit sensoriel ou concret. En ce qui concerne le développement de la capacité à calculer, le plus célèbre maté-

riel est le “Jeu de base”²⁰. Il contient cent unités (petits cubes de bois), vingt dizaines (baguettes avec dix traits) et dix centaines (plaques quadrillées pouvant accueillir baguettes et cubes).

L'enfant est amené à travailler seul avec cet outil et expérimente ainsi la construction des nombres en base dix. Il évite ainsi l'apprentissage par file numérique que dénonce Rémi Brissiaud et peut décomposer et recomposer les nombres à l'infini. Le matériel est en volume ce qui permet à l'enfant de s'approprier physiquement ce qu'il apprend et de se créer ses propres images mentales.

Apprendre par le mouvement, c'est le défi que s'est lancé l'américain Paul Dennison, Docteur en Sciences de l'Education. Avec l'aide de sa femme Gail Dennison, artiste et danseuse, il a créé ce qu'il appelle la *Brain-Gym*²¹, sorte de yoga spécialisé dans

20 Jeu de base Montessori

21 DENNISON (Paul), *Apprendre par le mouvement : Éducation Kinesthésique et Brain Gym*, Sully, 2006

le déblocage d'apprentissages chez l'enfant et l'adulte et constituée de 26 mouvements et activités. Les principaux mouvements de la *Brain-Gym* portent sur des exercices de respiration pour l'apport d'oxygène, indispensable au cerveau, des mouvements pour faciliter la circulation des informations entre l'hémisphère droit et l'hémisphère gauche, des gestes pour libérer l'expression orale, renforcer l'écoute et la concentration, calmer les montées émotionnelles. Sans oublier des activités de détente musculaire pour se mettre à la bonne distance des données, des personnes, des informations, pour ne pas se perdre dans le détail ou la globalité. D'après les adeptes de la *Brain-Gym*, ces exercices sont très faciles à mettre en place et les résultats se font sentir rapidement : meilleure concentration, mémoire améliorée, fatigue visuelle envolée... Retrouver ce que fais martine avec sa classe !

Muscler sa bosse des maths

Faire quotidiennement des exercices et des

jeux nécessitant de faire du calcul mental permet de développer les parties du cerveau dédiées à cette activité.

Le jeu de société *Diavolo*²² (fig5) est un bon exemple. Il s'agit d'un jeu de dé qui requiert à la fois capacité de calcul mental, adresse, observation et rapidité. Il s'agit de lancer simultanément des dés de plusieurs couleurs (trois dés noirs, trois blancs, trois rouges) ainsi qu'un dé supplémentaire qui indique l'action qu'il faut faire. Chaque couleur de dé est associée à un petit diable qu'il faut attraper en fonction de l'ordre que donne le dé « donneur d'action ». Par exemple : la collection de couleur de dé où il y a le plus de résultats impairs, la collection qui arrive à la plus grande somme lorsqu'on additionne tous les résultats ensembles, la plus haute valeur parmi les résultats d'une collection, etc. Si deux collections sont ex-æquo, il faut attraper un petit diable gris. Le jeu de société *Opération Amon-Rê*²³ (fig6) affiche plus



Fig5



Fig6

22 LEHMANN (Gilles) et LEBRAT(Corentin), *Diavolo*, Asmodée, 2012, fig.4

23 GRUNAU (Jürgen), *Opération Amon-Rê*, Habba, 2013, fig5

clairement une visée éducative mais qu'il relativise par une thématique et un univers affirmé. Les enfants sont invités à devenir des as de la cambriole dans un musée mais il va falloir pour cela désamorcer les codes du système de sécurité. Chaque tuile qui mène au « trésor » porte un nombre. Pour avancer sur une tuile (et donc désamorcer son piège), il faut réussir à trouver, parmi les dés jetés, un résultat qui corresponde à ladite tuile. On peut faire toutes les opérations (addition, soustraction, multiplication et division) possibles entre les valeurs des dés.

Évidemment, *Diavolo* et *Opération Amon-Ré* sont loin d'être les seuls jeux de société à se fonder sur des opérations et des observations mathématiques. En réalité, la plupart des jeux de société font travailler l'esprit mathématiques : prévoir et calculer les potentielles actions de ses adversaires dans les jeux de stratégie, récolter des ressources et gérer des productions dans les jeux de gestion, échanger de la monnaie contre des biens, compter les points de vic-

toire... Tout est bon pour faire travailler sa bosse des maths tout en s'amusant.

Les solutions d'ordre psychologique

Identifier d'éventuels blocages personnels

«On parle profondément de soi quand on fait des maths» explique Anne Siety²⁴, psychopédagogue spécialisée en maths. Sur la question de la confusion des mots de vocabulaire soulignée par Stella Baruck, Anne Siety propose une vision radicalement opposée. Elle estime qu'il faudrait justement utiliser la polysémie des mots de vocabulaire mathématiques pour prendre conscience du sens de tel ou tel terme mathématiques, comprendre leur signification par rapport à une expérience vécue par exemple.

David Bessis, poète, écrivain et chercheur en mathématiques, semble avoir le même point de vue: «On dit «prenons un nombre premier» mais, en réalité, on ne prend rien du tout. Cela fait penser au petit enfant qui use du conditionnel pour entrer dans

24 SIETY (Anne), *Qui a peur des mathématiques ?*, Denoël, Méditations, 2012

son histoire. On incarne les définitions, on se raconte qu'elles fonctionnent. Et ça marche.»²⁵ Lors de la conférence-débat de l'avant première du film d'Olivier Peyon, Anne Siety évoqua l'histoire de ce garçon qui confondait toujours abscisse et ordonnées. «Abscisse» lui rappelait le mot «abysses», alors pour lui, l'abscisse était forcément l'axe vertical. Les définitions prennent sens lorsqu'on y consacre du temps explique Anne Siety: le temps de les déplier, de les décortiquer, d'expliquer pourquoi on a choisi tel mot et pas tel autre. «Il n'y a pas de recette, mais, petit à petit, les difficultés en mathématiques prennent sens. Parfois, même, elles permettent à l'élève d'exprimer ce qu'il vit: ainsi, un enfant qui, au CP, peinait à distinguer le 1 du 2, alors qu'il avait assimilé tous les autres nombres, en est arrivé à évoquer sa difficulté à se séparer de son frère jumeau —à cesser de faire 1 avec lui, pour être enfin 2. L'expérience apprend ainsi que nombre de blocages en

25 DIAKTINE (Anne), «L'intuition mathématique, c'est comme une transe», interview de David Bessis, www.liberation.fr, 2012

mathématiques tiennent à la façon dont les mathématiques font résonner des questions profondes.» Anne Siety raconte aussi l'histoire de cette jeune fille qui n'arrivait pas à assimiler la notion de fonction. La psychopédagogue lui demande alors d'essayer de placer le mot dans une phrase de tous les jours. Et la jeune fille de répondre: «Et bien par exemple, je fais les choses en fonction de ce que me dit ma mère.» Les exemples de cette nature fusent, presque trop «faciles» mais toujours très ludiques. «Élise, une élève de terminale, perdait ses moyens dès qu'elle était confrontée à un graphique statistique. Quand je lui ai proposé d'imaginer un exemple, elle a voulu dessiner un graphique de natalité. Cela lui a permis de réfléchir à la structure de sa famille, à la place qu'elle y tenait... Elle a ainsi pu poursuivre ses progrès en mathématiques, mais aussi commencer à explorer certaines inquiétudes qui l'entravaient jusque dans sa relation aux autres. C'est ainsi que le travail sur un blocage en mathématiques peut aider à s'épanouir, à grandir.»

Redonner confiance en soi

Malgré leurs nombreux différents, tous les pédagogues s'accordent à dire que la confiance en soi est essentielle dans l'apprentissage (et dans la vie en général d'ailleurs). La confiance en soi est un res-senti qui se travaille, se développe. Très tôt, dès le jardin d'enfants selon Howard Gardner, les enfants se comparent entre eux, se jugent. Très facilement, un enfant peut perdre confiance en soi, surtout quand il découvre et fait des maths. Lorsqu'on se trompe en maths, il n'y a pas de solution alternative, on a faux, on a tort, on a raté, point barre. L'important, c'est juste de savoir que ce n'est pas grave...et qu'en plus, c'est normal : il n'y a pas d'apprentissage sans échecs !

Ne pas stigmatiser l'échec et repenser l'évaluation ?

Se heurter à l'incompréhension est très dévalorisant à titre personnel, alors si s'ajoute, sur un plan extérieur, la stigmatisation de l'échec, la sensation s'aggrave incontes-

tablement. C'est pourquoi de nombreux acteurs du milieu éducatif militent pour repenser l'évaluation scolaire. Actuellement à l'école primaire, il existe deux types d'évaluations en parallèle: les notes classiques au quotidien et tout au long de l'année accompagnées d'appréciations ainsi que le LPC (Livret Personnel de Compétence), composé de compétences très détaillées sur chaque discipline que l'enseignant doit valider ou non à l'issue de chaque année. Le LPC apparaît comme fastidieux et inutile à bon nombre de professeurs qui ne comprennent pas bien son intérêt dans la pratique. Stella Baruck, quant à elle, va jusqu'à dénoncer l'excès d'évaluation dans l'enseignement. L'«obsession de la note » l'insupporte et elle rêve d'un système où les enfants ne seraient pas notés avant le CE2 et jamais en phase d'apprentissage. Elle dénonce également les remarques inutilement blessantes qu'utilisent certains enseignants («nul», «affreux», «vous n'avez rien compris»...) et qui incitent les enfants à ne plus exposer leur intelligence, pour ne plus

recevoir ces « blessures ».

Des structures privées comme les écoles Montessori ont une approche encore différente du problème et ont adopté la stratégie de l'auto-évaluation. La plupart du matériel Montessori offre aux enfants la possibilité de contrôler seul l'exactitude de ce qu'il vient de faire. Cela leur permet de découvrir et de surmonter leurs erreurs en évitant que l'évaluation vienne de l'éducateur. L'éducatrice de la Maison des enfants (Montessori) de Montreuil (93) explique qu'elle se garde d'intervenir lorsque les enfants sont au travail. Elle reste très discrète, qu'un enfant soit dans la réussite ou dans l'erreur, elle n'intervient pas dans son travail.

Ralph Tyler, précurseur de la pédagogie par objectif, perpétue l'idéologie Montessori qui consiste à encourager l'autonomie de l'élève. Selon lui, il est vain de vouloir comparer les résultats des élèves. Chacun doit se fixer un objectif par rapport aux programmes et l'évaluation découle de la manière dont on atteint l'objectif.

Déculpabiliser et redonner confiance

A l'école des Amanins, comme on l'a vu précédemment, l'enseignant aide l'enfant à trouver la méthode d'apprentissage qui lui convient le mieux. Mais le but est aussi de déculpabiliser l'enfant lorsqu'il n'arrive pas à comprendre. Ce n'est pas qu'il est bête mais que l'enseignant n'a pas encore trouvé le chemin adapté à son esprit. Même s'il n'est pas simple de mettre en place ce système dans les écoles classiques, le simple fait d'expliquer ce fait-là en classe pourrait en soulager et en décomplexer plus d'un.

Isabelle Peloux utilise régulièrement avec ses élèves ce qu'elle appelle le tableau des 8 intelligences (très largement inspiré de la théorie des Intelligences Multiples d'Howard Gardner). On y voit différents dessins correspondants aux 8 intelligences. On y retrouve l'intelligence verbalo-linguistique qui correspond à l'aptitude à penser avec des mots et à employer le langage pour exprimer ou saisir des idées complexes, l'intelligence logico-mathématique : la capacité de calculer,

de mesurer, de faire preuve de logique et de résoudre des problèmes mathématiques et scientifiques. Il y a aussi l'intelligence corporelle-kinesthésique, l'intelligence du corps, avoir conscience de sa force physique, de son habileté et savoir l'utiliser, l'intelligence visuo-spatiale qui correspond aux aptitudes des artistes et architectes, à la capacité à visualiser en 3D, avoir le sens de l'orientation, l'intelligence Naturaliste-écologiste qui permet d'être sensible à ce qui est vivant et de comprendre l'environnement dans lequel l'homme évolue. C'est la capacité d'apprécier, de reconnaître et de classer la faune, la flore et le monde minéral. Cette capacité s'applique aussi, par extension, à l'univers culturel qu'il permet d'interpréter. L'intelligence musicale correspond à l'aptitude à penser en rythme et en mélodies, à reconnaître des modèles musicaux, à les interpréter et à en créer. L'intelligence inter-personnelle (très développée à l'école du Colibri) correspond à l'intelligence du groupe, c'est la capacité à mettre le projet au centre de l'intérêt et de l'attention. Enfin

l'intelligence intra-personnelle est le fait de savoir prendre conscience de ses émotions, savoir les identifier, les gérer, connaître ses capacités et accepter ses incompétences.

Le travail en coopération, fondement de la pédagogie de l'école des Amanins, amène les enfants à confronter leurs capacités, ce qui peut très souvent provoquer des complexes d'infériorité, des pertes de confiance en soi. Faire prendre conscience à l'enfant de ses forces et de ses faiblesses parmi les différentes intelligences du tableau permet de lui redonner l'estime de lui-même.

L'importance de l'enthousiasme et du jeu
André Stern, musicien, compositeur, luthier, auteur, journaliste, co-directeur du Théâtre de la Tortue et directeur de l'Initiative "Des hommes pour demain" de la Fondation Sinn-Stiftung, rappelle que tous les enfants naissent enthousiastes. Lorsque l'on laisse un enfant tranquille, il joue car il est enthousiaste de nature. Le jeu est ce qu'il y a de mieux pour apprendre. Lui-même ne sait pas dissocier les deux. C'est lorsqu'on interrompt l'enfant dans sa spontanéité qu'il

perd son rythme et devient sournois, paresseux etc. «On a longtemps cru, dit Stern, qu'il existait des cerveaux intelligents et des cerveaux bêtes et on a cru qu'on venait au monde avec un cerveau génétiquement programmé et qu'on s'y tenait toute sa vie. Qu'il y avait des gens intelligents et des gens bêtes». Stern qui travaille avec un neurologue de renom explique que les scientifiques se sont rendus compte, très récemment, que la zone du cerveau qui est responsable du mouvement des pouces est sur-développée chez les jeunes. Pourquoi? André Stern, sourire en coin, l'explique: «Et ce qui est renversant c'est que ça provient de l'usage intensif des SMS. On s'est dit: donc le cerveau peut se développer selon l'usage qu'on en fait, tel un muscle. Donc mettons au point des programmes de musculations cérébrales...et on aura tous des cerveaux gros comme ça. Et...malheureusement, ou par chance, ça n'a pas marché. Et nous nous posions devant un dilemme qui était le suivant: pourquoi ce qui marche pour les SMS ne marche pas pour les

mathématiques... ou le français? Et c'est là qu'a été faite la découverte majeure et c'est vraiment elle qui va devenir centrale dans le paysage éducatif de demain (...), c'est que notre cerveau se développe là où nous l'utilisons avec enthousiasme. Et enthousiasme, voilà le mot clé. Voilà la clé des choses. Voilà ce que nous savons tous depuis très longtemps. Que nous avons tous constaté, que nous savons. Dans l'état d'enthousiasme nous avons des ailes, nous le savons, nous le constatons et la neurobiologie nous en apporte la preuve.»²⁶

La curiosité et la créativité

Susciter de l'intérêt et de la curiosité pour l'univers des mathématiques pour développer l'enthousiasme chez l'enfant est donc évidemment essentiel.

Un autre protagoniste du film *Comment j'ai détesté les maths*, explique que tout le monde adore le mystère, en particulier les enfants et qu'il devrait être, de ce fait, le fil conducteur d'un cours. C'est ce passage

26 STERN (André), *André Stern*, interview MoodStep sur youtube, 2012

du brouillard à la clarté, de l'inconnu à l'évidence qui est finalement merveilleux et stimulant.

L'association Les Petits Débrouillards, La main à la pâte, La cité des Sciences, l'Exploradôme sont toutes des structures qui ont pour but d'offrir aux enfants des expériences créatives et d'investigation ainsi qu'une culture «utile» et qui donne envie d'apprendre, d'aller plus loin.

Le défi et le jeu

Un mathématicien du film d'Olivier Peyon explique l'analogie suivante: si le foot était pratiqué dans le cadre de la classe, qu'il ne se résumait qu'à des exercices théoriques, répétitifs, rébarbatifs... Les gens détesteraient ce sport! Ce qu'il faut à l'enseignement mathématiques, c'est un peu moins de rigueur institutionnelle, il faut essayer de s'amuser et de faire voir aux enfants ce qui leur plaît. C'est dans ce même esprit que sont enseignées les matières scolaires dans les écoles Montessori: on considère l'enfant

comme autonome, on le laisse prendre des initiatives, explorer et choisir d'apprendre ce qui lui plaît.

Un parent dont l'enfant est inscrit à l'école Montessori, toujours dans le film *Comment j'ai détesté les maths*, s'interroge: «Qu'est-ce qui est important? Que mon enfant apprenne les maths de manière traditionnelle pour réussir les tests officiels ou qu'il prenne du plaisir à faire des maths et qu'il développe son esprit créatif dans cette matière?»

Thierry Foquenoey, enseignant à l'école publique de Mons en Baroeul ayant adopté la pédagogie Freinet il y a une dizaine d'années, explique dans un documentaire amateur sur youtube que les enfants abordent ici les mathématiques par des projets créatifs d'initiative personnelle : « On part vraiment de ce que les enfants écrivent. En mathématiques c'est pareil, on part de leurs créations mathématiques, de leurs recherches. Ils inventent avec des lettres, des codes, des chiffres, des signes, un « objet mathématique » à partir duquel ils vont aussi se

poser des questions (...) on est toujours en recherche, on se pose des problèmes mathématiques qu'on essaie ensuite bien sûr de résoudre, individuellement ou collectivement. (...) On va d'abord vérifier la cohérence de ce qui a été écrit par les enfants, voir s'il y a une logique. Moi j'ai tout de suite derrière la tête les notions mathématiques que ça recouvre (...) à partir de là je vais mettre en évidence certaines notions du programme en faisant en sorte que tous les enfants se sentent concernés et acquièrent la notion que j'avais décelée. » Un enfant au tableau présente son projet devant la classe. Thierry Foquenoy demande alors aux autres élèves : « Qui est-ce qui a une autre idée pour continuer sa recherche ? Qu'est-ce qu'il pourrait essayer de faire maintenant ? Quel défi il pourrait essayer de se lancer ? ». Les jeux ont cette caractéristique extraordinaire d'être à la fois un moyen et une fin. Le processus du jeu stimule l'enthousiasme qui lui-même stimule l'envie d'apprendre et en même temps, le jeu est un moyen d'assimiler ou de pratiquer

des connaissances de manière didactique et cognitive.

Il existe donc une grande variété de théories pédagogiques qu'on peut observer ou non en application dans les écoles d'aujourd'hui. En ce qui concerne les solutions d'ordre plutôt didactique, il y aurait donc l'importance de replacer les maths dans le monde réel en manipulant la matière, en faisant des projets, en inscrivant les maths dans la vie de tous les jours, en faisant des connections et des analogies entre la théorie et la pratique. Il serait également essentiel pour les jeunes enfants de varier les différentes représentations des nombres. Les nombres ne doivent pas être perçus comme des entités figées comme le suggère malgré elle l'utilisation de la file numérotée et il est important de préférer mettre l'accent sur la décomposition et recomposition des valeurs des nombres. Il faudrait également apprendre à distinguer les différentes langues usuelles, académique (celle des énoncés) et mathématiques. Enfin, il faudrait mettre

en place des systèmes pour apprendre à apprendre avec des techniques comme le brainstorming collectif, la recherche individuelle, la mise en commun des solutions et des savoirs, le travail de groupe pour notamment expliquer son chemin mental et ainsi clarifier sa propre pensée tout en aidant autrui, la déconstruction de l'ancien savoir si erroné, le renforcement de l'aide personnalisée.

En ce qui concerne les solutions plutôt d'ordre cognitif, il faudrait développer l'intuition et la représentation mentale, à l'aide, par exemple, des intelligences multiples en faisant appel à des intelligences avec lesquelles on est à l'aise pour comprendre des principes mathématiques. Il faudrait également ne pas sous estimer l'importance du corps dans l'apprentissage, comme utiliser du matériel physique (écoles Montessori) ou pratiquer des exercices corporels (Brain-gymn). Enfin, il est important de pratiquer régulièrement, de s'entraîner pour "muscler" sa bosse des maths à l'aide par exemple de jeux de société.

Enfin, il existe beaucoup de théories concernant les solutions psychologiques pour résoudre les problèmes en maths. Il est par exemple essentiel de repérer les blocages personnels car on serait “profondément soi quand on fait des maths”, essentiel aussi de travailler sur la confiance en soi en repensant le système de l'évaluation (la réduire, pas dans les petites classes, jamais en phase d'apprentissage, auto-évaluation ou se fixer des objectifs et être évalué en fonction de l'atteinte des dits objectifs). Cela permet de déculpabiliser les enfants, processus qu'on peut aussi mettre en place en utilisant les intelligences multiples pour « visualiser » ses forces et ses faiblesses. Il est très difficile d'apprendre sans enthousiasme et, d'après André Stern, il ne faudrait pas interrompre un enfant lorsqu'il fait preuve d'enthousiasme dans sa découverte ludique du monde. La curiosité, le mystère, le défi et le jeu seraient ainsi les clés pour stimuler le désir d'apprendre. Il ne s'agit pas là d'un compte-rendu exhaustif mais d'un recueil de documentations suffisantes

pour analyser de manière avisée tous ces nouveaux outils éducatifs qui s'installent à l'école.

II. L'APPRENTISSAGE DES MA- THÉMATIQUES REVISITÉ PAR LES OUTILS NUMÉRIQUES

Lorsque l'on parle des TICE (Technologie de l'Information et de la Communication), il faut bien distinguer les outils, les supports, les ressources et les technologies. Les outils sont par exemple des applications sur tablettes, des programmes d'e-learning, des logiciels de traitement de texte etc. Les tablettes numériques, ordinateurs, tables et sols interactifs, TBI (Tableaux Blancs Interactifs) sont des supports. Les contenus pédagogiques, pdfs interactifs, sites, vidéos, textes et images sont des ressources. Enfin, internet, *Arduino* et la *Kinect* sont des technologies au service des outils, des supports et des ressources.

D'une manière plus générale on peut considérer que tous ces éléments peuvent être également appelés outils puisqu'en définitive, leur usage ne sera déterminé que par les personnes qui les utilisent.

1. LORSQUE PÉDAGOGIE ET TECHNOLOGIES SE RENCONTRENT

Aspects pratiques

Pour un parent désireux de mettre son enfant dans une école à la pédagogie alternative, de lui faire suivre des cours à domicile ou de lui acheter des jeux ou du matériel spécialisé, la solution de l'outil numérique est très économique. Il faut bien sûr oublier le fait qu'une tablette numérique est un investissement plutôt salé et que les applications les plus intéressantes ne sont éditées que sur i-pad (technologie encore plus coûteuse qu'android). Cependant, un cours à domicile coûte jusqu'à 20€ de l'heure alors qu'une application éducative coûtera au maximum 4€ et sera utilisée autant de fois

qu'on le souhaite. Pas de boîte de jeux, de matériel ou de cahier à déballer, tout est dématérialisé. On peut utiliser ordinateurs portables, tablettes, smartphones où l'on veut et quand on veut.

Enseignement sur mesure

E-learning

Les logiciels de répétition espacée tel que SuperMemo, Anki ou Woonoz fonctionnent plutôt bien lorsqu'on veut apprendre des informations par cœur. Ils permettent à leurs utilisateurs de créer leurs propres fiches et QCM et proposent de manière aléatoire des questions, un algorithme proposant de moins en moins souvent les questions dont les réponses sont justes. On peut très facilement imaginer qu'un enfant puisse apprendre ses tables de multiplications avec ce système. Le support de ce mode d'apprentissage est agréable et stimulant mais comme André Stern l'explique, sans enthousiasme directement lié au contenu de ce que l'on apprend, difficile de mettre

en marche son cerveau.

Les écoles inversées

Le mouvement de l'école inversée (*flipped school*) est né dans un lycée défavorisé à Clintondale, au nord de Detroit aux Etats-Unis. Au départ, narre Xavier de la Porte dans un article d'un des blogs du *Monde*²⁷, c'est l'histoire d'un directeur qui envoie à l'équipe de football de son fils des vidéos de stratégies. Les vidéos font un carton, les joueurs assimilent très bien les différentes notions ce qui laisse plus de temps à l'entraînement sur le terrain. C'est à partir de cette expérience que le directeur a l'idée de demander au professeur d'une de ses classes de faire la même chose : se filmer en expliquant des notions théoriques. Les élèves peuvent regarder les vidéos plusieurs fois, jusqu'à ce qu'ils les comprennent, dans les transports sur leur téléphone, chez eux ou dans la salle informatique de l'école. Les

27 (PORTE) de la Xavier, « L'école inversée ou comment la technologie produit sa disparition », blog internet actu, lemonde.fr

heures de cours sont diminuées et laissent plus de temps à l'expérience et à la pratique. Progressivement, toutes les classes furent converties selon ce système et les résultats de l'établissement s'améliorèrent spectaculairement.

Ce modèle ne peut s'appliquer tel quel pour l'école primaire, cela dit, il peut introduire la notion de ressources personnalisées.

Les ressources personnalisées

Il y a dix ans, le rêve d'Howard Gardner qui consistait à créer des écoles fonctionnant sur le principe des Intelligences Multiples paraissait encore utopique. Aujourd'hui, grâce à la technologie, ce n'est plus qu'une question de volonté. Concevoir des bases de données nationales regroupant des ressources multimédia déclinées selon chaque type d'intelligence pour chaque notion du programme n'est pas impossible. On peut également imaginer que chaque enfant établisse son profil d'intelligence et qu'en fonction de ce dernier, la base de donnée lui propose des ressources et des exercices

adaptées à son profil.

Un enfant de CP demande beaucoup d'attention. Les classes surchargées ne permettent pas toujours aux enseignants de savoir quel exemple ou quel exercice donner à un enfant en échec. Avec le système des ressources sur mesure, chaque enfant apprendra les nombres et le calcul et la géométrie avec la manière qui lui correspond le mieux.

Gestion de la classe

Le tableau Blanc Interactif

Le TBI répond à des besoins de visualisation collective et permet de rendre dynamiques les présentations. Ses usages sont multiples mais ce support, aussi performant soit-il reste un support. Il est plus pratique qu'un tableau noir, lui-même plus pratique qu'un tableau velleda combiné à un vidéo-projecteur, dans la mesure où l'on peut directement intervenir et interagir avec le contenu car il est relié à un ordinateur. Mais son intérêt s'arrête là. Au salon EducaTICE

de décembre 2013, les seuls logiciels présentés pour les TBI étaient des éditeurs de formes, de dessins et de textes, une sorte de mélange de paint et de word avec une ergonomie centrée sur les outils de dessins. Etant donné que le TBI n'est qu'un second écran pour ordinateur, il est étrange que si peu de logiciels conçus spécifiquement pour la classe n'aient pas été présentés au salon. Une telle profusion technologique pour si peu d'applications est un peu déroutant et prouve à quel point le marché est jeune.

L'espace Numérique de Travail

Les ENT répondent à une problématique pratique. Elles permettent de gérer administrativement la communauté de la classe, de développer la communication parents-professeurs-élèves, de garder des traces des leçons (possibilité pour l'enseignant de publier ses cours sur la plateforme des devoirs par exemple) et d'encourager la création collaborative (possibilité pour les enfants de publier des articles dans des blogs internes).

Les systèmes d'évaluation

L'agence de web design Pixel Cookers réfléchit actuellement à la mise en place de nouvelles options à intégrer dans l'ENT qu'elle a créé. Ce nouveau projet prendrait forme en plusieurs étapes. La première étape consisterait à créer un nouveau module dans l'ENT qui porterait sur le suivi personnalisé²⁸, regroupant la gestion des absences et surtout la gestion du LPC, le livret Personnel de Compétences qui répertorie très précisément toutes les compétences que doivent valider chaque enfant à la fin de chaque année scolaire.

La seconde étape serait de créer des jeux éducatifs pour chaque partie du programme, ou d'obtenir des partenariats avec des créateurs existants. La troisième étape, la plus importante, serait de créer un lien entre ces jeux et le LPC. L'enfant pourrait consulter son LPC comme un joueur

28 Objet de la première partie de mon stage en entreprise de 2013. Le brief était très court, j'avais carte blanche et comme seule contrainte les documents du SDET (ensemble de réglementations déterminées par le ministère de l'Éducation)

de *RPG*²⁹ consulte son *arbre de talent*³⁰ et voit immédiatement les *skills* qu'il possède, ceux qu'il n'a pas et le chemin à parcourir pour les obtenir. L'enfant prendrait ainsi conscience véritablement de ses forces et de ses faiblesses et se sentirait davantage impliqué dans son travail. En revanche ce dispositif poserait la question du rôle véritable du LPC ainsi que de sa légitimité : que se passe-t-il par exemple si un enfant ne valide pas toutes ses compétences ? Redouble-t-il ?

En attendant, repenser les systèmes d'évaluation avec le numérique est une vraie question d'actualité. De plus en plus d'enseignants prennent l'initiative de proposer aux élèves de consulter en ligne leurs propres résultats sous la forme de bilan personnalisés (courbes, histogrammes, barres et nuages de points remplaçant la simple note

29 *RPG signifie en anglais « role playing game » et est en général utilisé pour parler des jeux de rôle vidéos*

30 *L'arbre de talent est un élément récurrent des RPG. Souvent présent dans une fenêtre à ouvrir dans le jeu, il représente tous les skills (les compétences) du personnage avec une ergonomie codifiée.*

sur 20). Toutefois, ni la note sur 20, ni les courbes et autres dispositif de data visualisation ne peuvent être considérés comme des indices parlants s'ils ne sont pas expliqués et commentés par un enseignant.

Aspects collaboratif et connectés

Le TBI ne cesse d'être critiqué mais il est devenu, peut-être malgré lui, l'occasion, pour les enseignants de partager leurs expériences pédagogiques.

Le site PrimTICE en est un bel exemple. Il s'agit d'une plateforme collaborative du ministère de l'éducation nationale qui recueille des scénarios d'utilisation des TBI, créés et expérimentés en classe par des enseignants.

« Un relevé en juin 2008 permet de décompter 915 scénarios pédagogiques dont 133 concernent les maths (76 cycle 3, 31 cycle 2 et 13 cycle 1). En ce qui concerne les domaines du programme, on s'aperçoit que « géométrie » et « grandeurs -mesures » dominent très fortement alors que le calcul et les nombres sont peu pris en compte par

les enseignants dans leur exploitation des outils numériques, au moins pour le côté innovant. »³¹ Il est très probable que ce constat s'explique par le fait que la géométrie est une discipline très visuelle et facile à manipuler, à l'inverse du calcul.

Deux jeunes diplômés d'HEC ont récemment réuni une cinquantaine de personnes pour concevoir la première encyclopédie scolaire en ligne. L'ergonomie du site est claire et efficace (fig7) : on choisit un niveau d'étude puis une matière, ce qui déploie sur la gauche un nouveau menu vertical dans lequel il est possible de visualiser puis de sélectionner le chapitre de son choix. Des quiz et des exercices sont proposés après un cours documenté. Les ressources sont conformes au programme officiel, le site couvre toutes les classes et toutes les matières de la sixième à la terminale. Si les créateurs de Kartable n'ont pas (encore)

31 DURPAIRE (Jean-Louis), « Enseigner et apprendre les mathématiques avec les TICE : enjeux didactiques et évolutions », *Les TICE au service des élèves du primaire*, SCEREN CNDP, Les dossiers de l'ingénierie éducative, 2008

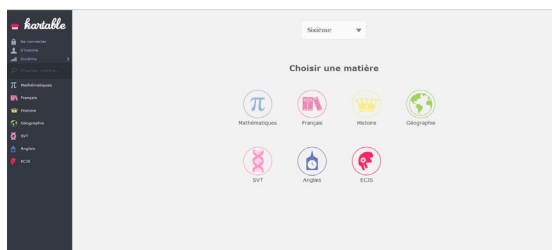
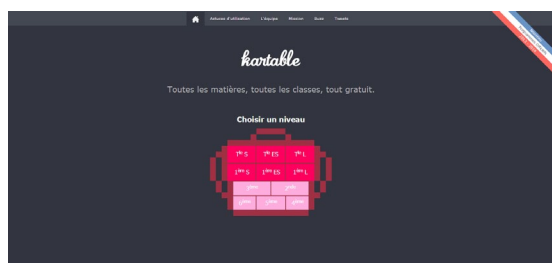


Fig7



pris la peine de proposer les programmes de l'école primaire, c'est qu'ils ont certainement dû estimer que le médium du site internet n'était pas forcément très adapté aux enfants. Cet avis semble très partagé bien que de plus en plus d'outils se développent pour les primaires.

Apprendre en programmant

Pour Conrad Wolfram, les technologies apportent de nouvelles modalités d'apprentissage. « 80 % du temps accordé aux mathématiques à l'école est dédié au calcul « à la main » (...) Les mathématiques devraient être plus pratiques et plus conceptuelles, en étant moins mécaniques (...) Nous pourrions par exemple demander jusqu'à quel point on peut compresser une photographie avant de percevoir un changement ? Ou le nombre d'amis qui nous séparent les uns des autres sur Facebook ? Voilà des problèmes qui peuvent attirer les enfants », explique le chercheur.

Utiliser la puissance de calcul des ordina-

teurs pour libérer la créativité mathématique dont sont capables les enfants, c'est la réforme pour laquelle milite Conrad Wolfman. Elle rejoint les principes de la pédagogie de projet de Freinet, observée à l'école de Mons en Baroeul.

« Apprendre les mathématiques grâce à la programmation enseigne la compréhension et la réflexion. En effet, avec la programmation, si vous ne comprenez pas ce que vous êtes en train de faire, le programme ne fonctionnera pas. Cette réforme est essentielle et le pays qui la mettra en place passera devant tous les autres. » conclut Conrad Wolfman.

L'apprentissage par la programmation privilégie l'apprentissage individuel. On progresse à son propre rythme, on explore seul et l'évaluation est auto-corrective : si ça coince quelque part, c'est qu'une erreur a été commise dans le code. L'apprentissage passe aussi par le processus de recherche de l'erreur. Ces principes rejoignent encore une fois la pédagogie de Montessori.

A la fin des années soixante est né le pro-

jet Logo. Très inspiré des courants cognitivistes et des théories sur l'apprentissage issues de travaux de Jean Piaget³², Logo est un langage destiné à l'enseignement de la programmation et initie les enfants à la géométrie. Des ordres simples sont donnés à une "tortue" qui dessine à l'écran.

Pour dessiner un carré, il faudra par exemple rentrer une suite de codes qui signifieront :

Avance de 50, tourne de 90

Avance de 50, tourne de 90

Avance de 50, tourne de 90

Avance de 50, tourne de 90

Apprendre les maths avec Logo permet de replacer les maths dans un contexte réel, de développer l'intuition et la représentation mentale et d'apprendre à apprendre.

Il s'agit d'un bel exemple de la rencontre entre pédagogie et numérique. Mais les possibilités de Logo sont infinies et le langage ne s'avère pas aussi simple qu'il en a

32 PIAGET (Jean), psychologue, biologiste, logicien et épistémologue suisse connu pour ses travaux en psychologie du développement et en épistémologie à travers ce qu'il a appelé l'épistémologie génétique.

l'air. De plus, gérer un atelier logo n'est pas une mince affaire : il faut d'abord soi-même bien connaître le langage et savoir proposer des projets adaptés aux enfants.

Il ne s'agit pas d'une solution miracle et, bien qu'abordable vers la fin de l'école primaire, cette technique d'apprentissage ne concerne pas les CP. Il en va de même pour le serious game *Codecombat*³³ qui permet d'apprendre les bases du javascript en reprenant l'esprit des RPG médiévaux fantastiques : on incarne un chevalier qui doit tuer des méchants dans un donjon et récupérer des objets. Pour se déplacer et pour donner des coups d'épées, il faut recopier des lignes de code et, progressivement, adapter les codes à des situations.

2. LES LIMITES DES OUTILS NUMÉRIQUES

Le 17 décembre, j'ai organisé une première intervention dans une classe de CP. J'ai mis en place plusieurs ateliers dont un avec des

33 *Codecombat*, jeu open source communautaire

applications sur tablettes numériques. J'ai pu observer les limites de ces applications et examiner le comportement des enfants face à ces outils. Les détails de l'intervention sont à retrouver en annexe.

Un enthousiasme déplacé

Les serious games ou jeux éducatifs plaisent-ils pour l'univers qu'ils proposent ou pour leur contenu éducatif ? L'aspect séduisant de l'aventure de l'application *Math Mathews - Calcul mental*³⁴, fonctionne, c'est indéniable. Mais l'enthousiasme n'est pas créé par une découverte liée au plaisir de faire des maths. Pire, ce jeu pourrait bien développer ou confirmer un désintérêt latent pour le calcul puisque, ce qu'il y a d'intéressant et de stimulant dans cette application, c'est le jeu et non les maths !

Le système de la carotte et du bâton 2.0

Le logiciel éducatif *Adi Sciences*³⁵ retrans-

34 Math Mathews - Calcul mental, Kiupe, 2013

35 *Adi Sciences*, Cocktail Vision, 1999

crit bien ce malaise : il y a d'un côté les exercices et de l'autre des mini-jeux à découvrir en explorant la chambre d'*Adi*, qui se débloquent au fur et à mesure que l'enfant résout les exercices. Ce n'est, ni plus ni moins que le système de la carotte et du bâton 2.0. Comme pour *Math Mathews - Calcul mental*, c'est l'univers développé qui « sauve » le jeu. Il y a aussi ce rituel de l'utilisation de la technologie en elle-même : l'enfant y entretient en affect très fort, il n'a pas vraiment l'impression qu'il va travailler car le support change du traditionnel papier-crayon. Mais n'est-ce pas tromper l'enfant avec des artifices et l'éloigner encore plus de l'envie d'apprendre réellement ? Le numérique entré dans le scolaire ne perd-t-il pas son aspect ludique extra-scolaire en scolarisant?

Transposition de pédagogies lacunaires

L'autre problème majeur réside dans le fait que les créateurs d'applications et de logiciels éducatifs pour l'initiation aux maths se

basent le plus souvent sur les programmes scolaires qui contiennent, comme on l'a vu précédemment, de nombreuses lacunes (comme par exemple l'apprentissage des opérations par l'usage de la file numérotée). Le problème est donc simplement déplacé sur un autre support et l'aspect numérique sert simplement à « faire passer la pilule ». Certaines applications, comme *Play and Learn to Count*, poussent le vice encore plus loin en proposant des scénarios de jeux-exercices qui génèrent la confusion. Voici une mare riche en éléments de décor, surplombée d'une série de chiffres de 1 à 10. Une voix indique de placer successivement les nombres sur les nénuphars, la grenouille, etc. Or, il n'y a aucune relation entre la quantité numérique que représente chaque nombre et l'élément de décor auquel il est affilié spatialement. Pourtant dans la mare il y a une grenouille, deux nénuphars, trois roseaux... Mais non, la voix ordonne de placer le nombre « 4 » sur les trois roseaux ! Ce n'est peut-être qu'un détail, mais un détail suffisant pour semer le trouble dans

l'esprit d'un enfant.

Il serait très intéressant de connaître les processus de créations d'applications éducatives et de découvrir qui se cache vraiment derrière elles. *Play and Learn to Count*, par exemple est éditée par Loupiote édition et se revendique application montessori. Or l'exercice aberrant de la mare évoqué précédemment ne reprend aucunement la méthode Montessori. Cette pédagogie n'est pas un label et, comme toute science humaine, elle est en constante mutation. N'importe quel développeur peut donc se revendiquer de telle ou de telle école pédagogique dans l'océan qu'est le marché des applications. Sur le site de Loupiote éditions on apprend qu'il s'agit d'une équipe française familiale : le mari est développeur, sa femme graphiste, leur enfant de quatre ans s'occupe de tester les jeux et c'est une de leur amie, éducatrice Montessori qui conçoit le scénario.

Pas de valeur ajoutée didactique ?

Le problème avec la plupart des applications numériques qui sont aujourd'hui éditées, c'est qu'elles ne font que transposer des exercices et des jeux sur une interface (vaguement) interactive.

L'application Math Mathews - Calcul mental en est, encore une fois, un bon exemple. Plébiscitée sur un site de référence en matière d'application pour enfants pour son aspect graphique, immersif et attractif, Maths-Matthew ne fait en réalité qu'alterner des phases de jeux de plateforme 2D d'ailleurs assez pauvre en terme d'inventivité (Nintendo a fait bien mieux dès les premiers opus de Super Mario Bros, il y a maintenant plus d'une vingtaine d'années) et des phases d'exercices très classiques constituées de calculs standards à résoudre. Aucune innovation. Les exercices sur papier ont été simplement transposés sur écran.

Il est essentiel de partir d'une pédagogie efficace et réfléchie pour réaliser des applications intelligentes. Observons donc la multitude d'applications Montessori qui

fleurissent sur le play et l'apstore. Pour la plupart, il s'agit de la simple transposition sur tablette du matériel Montessori. Cette dématérialisation d'objets physiques semble aussi aller à l'encontre du concept du matériel Montessori qu'on appelle de surcroît matériel concret, créé pour sortir du plan horizontal classique de l'apprentissage et développer l'usage des sens dont le toucher. L'interactivité physique du matériel Montessori serait donc de surcroît diminuée par le support numérique qui dématérialise.

Nous ne sommes encore qu'aux débuts de la révolution numérique.

Les pédagogues, enseignants, parents, développeurs informatiques et scénaristes sont de plus en plus amenés à travailler main dans la main pour inventer les usages pertinents des supports numériques d'aujourd'hui et de demain. C'est d'ailleurs le travail que mène actuellement Microsoft. Baptisée « De la craie à l'écran », cette

expérience de classe immersive, premier espace d'apprentissage 100% numérique accueille tous les quinze jours les élèves d'une école primaire à Issy-les-Moulineaux (fig8). Le magazine web Regards Sur Le Numérique édité par Microsoft France relate l'expérience : «Équipée des dernières avancées technologiques et entièrement repensée, la classe entend favoriser la réussite scolaire en développant de nouveaux outils pédagogiques et de nouvelles méthodes d'apprentissage. Aujourd'hui au programme, un cours sur le mystère de la construction des pyramides. Les élèves sont réunis au centre de la classe, dans une semi-pénombre. Sous leurs pieds et sur les murs, une carte de l'Égypte est projetée. C'est Noé qui est aux commandes : il repère d'un coup d'œil les pyramides de Gizeh et zoome dessus en écartant les bras. D'un revers de la main, il transforme la carte en photo satellite et la classe se lance à la recherche des vestiges d'une rampe de construction. D'un geste du doigt, l'enseignant fige l'image sur un mur et de-

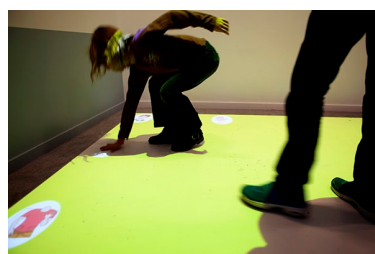
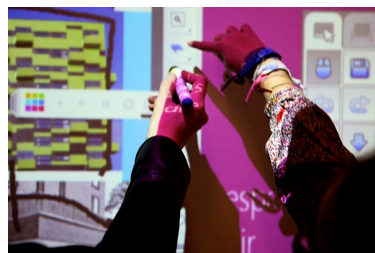


Fig8

mande à ses élèves, stylets à la main, de l'annoter. L'exercice terminé, une animation 3D se lance, dévoilant l'énigme de la construction des pyramides. Un scénario de science-fiction dans une salle de classe en 2025 ? Pas du tout, c'est tout simplement un exemple d'utilisation de la classe immersive, un espace grandeur nature dédié à l'école à l'heure du numérique (...). Unique en Europe, cette vraie classe rassemble les dispositifs numériques les plus innovants en matière d'apprentissage - technologie Kinect, immersion dans l'information, expérimentation et manipulation de modèles en 3D, expériences virtuelles à partir d'objets réels, tablettes, serious games, manuel numériques... - pour offrir aux élèves et aux enseignants une utilisation simple et fluide des nouvelles technologies. Et surtout pour en inventer les nouveaux usages. Car ce laboratoire grandeur nature de la pédagogie d'aujourd'hui et de demain, développé notamment en partenariat avec le groupe de recherche Compas, adossé à l'Ecole Normale Supérieure, n'est pas une

vitrine. Il a pour but d'expérimenter en format réel, avec de vrais élèves et de vrais enseignants dans le cadre de vrais cours, pour pouvoir retenir les outils pédagogiques innovants les plus utiles et les plus efficaces pour l'école de demain. » Cette expérience semble être une exception car il semble y avoir un fossé entre les solutions pédagogiques qui existent et les TICE actuellement sur le marché. Lorsqu'on observe ces derniers, les aspects pédagogiques d'ordre pratique et psychologiques sont plus développés que les aspects didactiques. Cela se ressent d'autant plus dans le secteur des jeux éducatifs. Il n'y a pas encore de réelle révolution en terme d'expérience d'apprentissage.

Beaucoup de jeux vidéos semblent encore à l'heure actuelle plus efficaces que les jeux éducatifs standards. L'odyssée des zoombinis³⁶, jeu PC de logique est un exemple de jeu qui développe l'esprit mathématique sans être vraiment un jeu éducatif.

Malgré tous ses défauts, le numérique ap-

36 *L'Odyssée des Zoombinis*, Mindscape, 1996-2001

paraît comme l'outil de cours le plus attractif. Les enseignants parlent d'élèves plus attentifs et plus actifs. Le mot « outil » est essentiel. Car le numérique n'est pas une solution en soi : il ne peut rien faire seul, sans l'engagement pédagogique et la relation privilégiée entre le professeur et l'élève. Dans le domaine de l'éducation, et surtout des maths au CP, il reste beaucoup à faire.

III. RÉFLEXION ÉTHIQUE ET SOCIOLOGIQUE SUR L'ARRIVÉE DU NUMÉRIQUE DANS LES CLASSES DE PRIMAIRE

« Science sans conscience n'est que ruine de l'âme », François Rabelais, Pantagruel, 1532

Si rares sont ceux qui remettent en question l'utilité du numérique pour le secondaire et l'universitaire, il n'en est pas de même pour son arrivée récente dans les classes de l'école primaire.

1. UNE MUTATION INÉVITABLE?

Le numérique fait déjà parti du quotidien des enfants

La mutation de l'école surprend finalement peu. Comme dit la formule populaire « Il faut vivre avec son temps » et puis, le numérique fait déjà parti du quotidien des enfants. Une étude menée aux États-Unis par une association d'éducation aux médias (Common Sense media) révèle que 38 % des enfants de moins de deux ans ont déjà utilisé une tablette ou un smartphone en 2013. En France, selon une étude de l'observatoire Orange-Terrafemina publiée en septembre 2012, 71% des enfants de moins de 12 ans utilisent régulièrement la tablette de leurs parents.

Marc Prensky, un écrivain américain s'étant intéressé de très près au monde de la pédagogie et étant à l'origine de l'expression « digital native » a récemment dit :

« L'école doit aller au-delà du monde actuel, c'est-à-dire du présent. L'école d'aujourd'hui

doit ressembler au monde de demain. L'école de demain doit donc ressembler au monde d'après-demain. Il faut préparer les jeunes pour ce qui va venir. Il ne faut pas enseigner uniquement les choses qui sont utiles pour les adultes d'aujourd'hui, mais plutôt chercher et transmettre les choses qui seront utiles pour les adultes de demain.»

Le site internet Regards Sur le Numérique ajoute que d'après le Département d'état américain du Travail, 65% des écoliers d'aujourd'hui pratiqueront, une fois diplômés, des métiers qui n'ont même pas encore été inventés.

La politique de l'innovation

Être compétitif à un niveau national et mondial

Par nécessité « marketing », les écoles, placées de plus en plus en concurrence les unes avec les autres, semblent vouloir s'équiper à tout prix et quel que soit le gain pédagogique réel. A l'échelle internationale, c'est surtout le programme PISA qui sème la panique chez les pays mal classés.

L'APMEP (l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public) s'inquiète : « Déjà, dans plusieurs pays, on observe une incitation des responsables des systèmes éducatifs à modifier l'enseignement, la formation des enseignants et même les programmes, pour s'adapter aux conceptions et aux tests de PISA ». Ces tests ont été conçus à partir de l'an 2000 par l'OCDE (L'Organisation de coopération et de développement économiques), une organisation internationale d'études économiques, dont les pays membres (des pays développés pour la plupart) ont en commun un système de gouvernement démocratique et une économie de marché. L'OCDE a mis en place le programme PISA pour répondre à trois objectifs : comparer les compétences, identifier les facteurs de succès et suivre l'évolution de l'enseignement dans les pays membres. Les compétences sont définies comme celles dont tout citoyen européen moyen peut avoir besoin pour réussir dans sa vie quotidienne, il est par exemple question de « culture mathé-

matique » ou de « savoir lire ». Il s'agit plus d'évaluer la façon dont les jeunes de l'âge de quinze ans sont capables d'exploiter leurs connaissances dans leur pratique quotidienne que leur niveau théorique dans tel ou tel domaine des sciences ou des lettres. Mais les mauvais résultats de la France, et particulièrement ceux en mathématiques inquiètent et contribuent au fait que le ministère de l'Éducation se tourne vers le numérique, comme une alternative à une réforme de fond, bien plus difficile à mettre en place.

Enseignement de masse

L'autre grande préoccupation de l'État, c'est aussi le coût de l'éducation. Si on additionne le budget annuel³⁷ de l'enseignement (46,42 milliards d'euro) avec celui de l'enseignement supérieur et de la recherche (31,11 milliards d'euro), l'éducation nationale est ce qui coûte le plus cher à l'État et, compte tenu de l'essor démographique actuel (65 820 916 habitants en 2014 contre 65 542 916 en 2013, croissance en

37 BARUCH (Jérémie), « Comment le budget 2014 est-il réparti ? », *le Monde.fr*, janvier 2014

constante augmentation depuis plus de vingt ans)³⁸, il va devenir de plus en plus difficile de financer la scolarisation des français.

Encore une fois, l'intervention du numérique est perçue comme une manière d'aider l'enseignant à gérer des effectifs scolaires plus chargés encore.

Le numérique providentiel ?

Le gouvernement a annoncé que faire rentrer l'école dans l'Ère du Numérique³⁹ permettrait de développer des pratiques pédagogiques diversifiées, de renforcer le plaisir d'apprendre et d'aller à l'École, de permettre aux élèves de s'insérer dans la société en tant que citoyens et dans la vie professionnelle et de favoriser l'implication des parents dans la scolarité de leurs enfants. Les parents peu à l'aise avec la technologie risquent d'être cependant vite embarrassés. L'article dit aussi que les nou-

38 « Évolution de la population », INSEE, 2014

39 « Faire entrer l'école dans l'ère du numérique », pdf en ligne, Ministère de l'Éducation Nationale (education.gouv.fr)

velles technologies permettent de réduire les inégalités sociales, territoriales et numériques. Mais les outils seront-ils réellement répartis équitablement dans les collectivités et dans les familles ? Il se trouve que j'avais commencé à prendre contact dernièrement avec une école d'Issy-les-Moulineaux qui venait de recevoir des TBI pendant que la directrice d'une école de Bobigny m'expliquait qu'ils avaient très peu d'ordinateurs dans son établissement. Ce n'est qu'un exemple à comparer avec les chiffres des budgets des différentes collectivités. Mais le risque est, qu'effectivement, le fossé entre les milieux aisés et modestes ne se creuse que davantage... Tout dépend de la manière dont les institutions prendront le problème. Dans certains cas, l'utilisation du numérique peut vraiment être utile pour des populations défavorisées. Nicholas Negoponte, cofondateur du MIT Lab et fondateur de l'ONG « One laptop per child » propose par exemple une vision humanitaire du numé-

rique⁴⁰. Son ONG apporte de l'aide à des villages non-alphabétisés et où il n'y aura pas d'instructeurs avant longtemps. Elle donne des ordinateurs portables à manivelles à des enfants qui apprennent seuls, à l'aide d'un logiciel de e-learning. Nicholas Negonponte explique que 500000 enfants de 6 à 12 ans au Pérou avaient non seulement appris à lire et à écrire mais en plus transmis ce savoir à leurs parents.

La mutation du système éducatif semble bien inévitable. Les jeunes d'aujourd'hui sont tellement impliqués dans le monde du numérique qu'on les appelle « digital natives », la plupart des métiers qu'ils exerceront à l'âge adulte n'ont pas encore été inventés et seront certainement profondément liés au multimédia. Dans ce climat de compétitivité à l'échelle nationale et mondiale, la carte du numérique reste un atout de choix bien qu'elle soit trop souvent, à tort, considérée comme une solution miracle unique. Cette mutation du système s'explique aussi

40 « Confier des ordinateurs portables à des enfants et faire grandir leur estime de soi », article de presse, *Amusement*, 2012

d'un point de vue économique. En effet, le numérique permettrait d'alléger le budget de l'État et même d'enseigner à des enfants de pays défavorisé qui n'ont pas les moyens d'aller à l'école. Mais réduire ou supprimer le rapport humain dans l'enseignement est un changement de paradigme qui a de quoi dérouter et inquiéter.

2. LES DANGERS DU NUMÉRIQUE DANS L'ÉDUCATION

Le rapport humain

Des dispositifs d'apprentissage comme celui que propose l'ONG « One laptop per child » vont-ils se généraliser à l'enseignement scolaire français dans un futur proche ?

Cela fait un certain temps déjà que la machine a globalement remplacé l'Homme dans son interaction avec les objets. Les métiers de l'artisanat ont par exemple été remplacés par des usines et ce sont, dans

la plupart des cas, des structures robotisés qui façonnent la matière pour produire des objets. Le secteur du « service » est aujourd'hui lui aussi concerné par la révolution technologique. Remplacer l'Homme dans son interaction avec d'autres hommes est en effet, de plus en plus « envisageable ». On observe d'ailleurs déjà des caisses automatiques dans les supermarchés, des robots aspirateurs etc. Bientôt des cyber-profs? Sacrilèges crieraient les enseignants. Lors d'une conférence de Stella Baruck sur les « Maths et le bonheur des sens », j'ai demandé à la conférencière ce qu'elle pensait de l'arrivée du numérique à l'école primaire. « Les logiciels éducatifs sont figés. L'apprentissage se fait d'humain à humain. », a-t-elle répondu catégoriquement. Michel Serres, pourtant fervent défenseur des nouvelles technologies ne nie pas l'importance et l'influence du rapport affectif dans l'enseignement. Toutefois, contrairement à Stella Baruck, il en souligne les inconvénients : « Je suis devenu un mathématicien convenable parce que je suis tombé amoureux

de ma professeur de mathématiques et je crois bien qu'elle me le rendait bien. Je suis devenu un angliciste abominable parce que je haïssais mon professeur d'anglais qui me le rendait au centuple. (...) Le présentiel (à opposer au virtuel ou à l'interface informatisée) a beaucoup de vertus mais aussi beaucoup de désavantages »⁴¹ Il est vrai en effet, qu'un logiciel informatique ne juge pas, n'a pas d'émotions et que son rapport à l'apprenant est strictement didactique. Le rôle du professeur est souvent double, il transmet des connaissances d'une part et de l'autre part, il éduque, il s'adapte à son élève, il fait preuve d'humanité. Et si la machine pouvait débarrasser l'enseignant de son rôle de savant et de transmetteur de connaissances pour lui permettre de consacrer plus de temps et d'énergie à son rôle d'éducateur humain? Un peu comme cette école-inversée aux Etats-Unis où le rôle du professeur est de répondre à des questions personnalisées et mener des projets avec sa classe,

41 SERRES (Michel), Les nouvelles technologies : révolution culturelle et cognitive, conférence youtube, 2007

le cours ayant déjà été « donné » par vidéo. Mais même si le professeur ne disparaît pas, cette transformation de l'éducation est, symboliquement dérangeante. L'exemple de la Corée du Sud en est frappant : trente robots ont remplacé les professeurs d'anglais d'élèves de primaire pour des raisons budgétaires (fig8). D'ici deux ans, 400 écoles primaires de Corée seront équipées d'un robot⁴². « Le Japon a toujours fortement encouragé les développements de ce que l'on nomme les “robots de compagnie”, destinés à assister les handicapés ou les personnes âgées, accomplir des tâches domestiques et assurer l'accueil. (...) Le gouvernement nippon a récemment investi plusieurs dizaines de millions d'euros dans ce secteur et voudrait que les robots entrent dans les foyers japonais d'ici à 2015. Aussi bien certaines études considèrent que dans 10 ans, le Japon comptera 1 robot pour 10 japonais, tous robots compris (industriels, scientifiques ou domestiques). (...) Saya, le robot professeur, a été mise au point



Fig8

42 SIGRIST (Sidonie), « Do you speak Engkey ? », madame.lefigaro.fr, 2010

depuis déjà une quinzaine d'années par Hiroshi Koyabashi et une équipe de l'Université de Tokyo. Présentée en 2005 dans des fonctions de réceptionniste, elle est à l'essai depuis 2008 dans une école primaire de Tokyo. Disposant d'un masque en latex animés par 18 moteurs, le robot manifeste une palette d'humeurs, comme le ferait une institutrice en chair et en os. Si les adultes se disent initialement un peu réservés, il semblerait qu'au contraire, les enfants se sentent immédiatement à l'aise, sans pour autant manipuler la machine au risque de la mettre en panne. Pour le moment, un enseignant humain supervise l'expérience et prend note des conclusions à en tirer. Comme de nombreux autres robots, Saya (fig9) dispose d'une intelligence artificielle développée qui lui permet la compréhension et la synthèse de l'image et de la parole, ainsi que les mimiques appropriées. Une base de connaissance lui est reliée grâce à laquelle elle peut retransmettre un nombre non limité d'informations, un peu



Fig9

sur le mode des centres d'appels. »⁴³

Quel avenir pour une société dont la politique est de supprimer les rapports humains, pour des raisons financières et de performance ?

Addiction et perte de «savoirs faire»

L'autre aspect négatif du numérique est son potentiel de séduction, présent aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte. Tout paraît magique, facile. Lors d'un atelier à la Cantine⁴⁴ organisé par le Silicon Sentier⁴⁵ sur le thème de « Peut-on éduquer avec le numérique ? », la parole a entre autre été donnée à l'une des responsables de l'association

43 BAQUIAST (Jean-Paul) et JACQUEMIN (Christophe), « Le robot professeur », *automatesintelligents.com*, 2010

44 La Cantine est à la fois un lieu de travail et un projet collaboratif dédiés aux nouvelles technologies. Ouverte à tous, La Cantine propose aux acteurs de l'écosystème numérique un environnement propice à leur rencontre et leur collaboration.

45 SiliconSentierestuneassociationd'entreprises innovantes qui incarne l'identité numérique parisienne depuis 2000. Créée pour promouvoir les start-up et mutualiser des ressources, aujourd'hui l'association diffuse largement la culture du numérique et favorise l'émergence de projets individuels ou collectifs en Ile-de-France.

Temp'O Jeune. Elle expliquait que beaucoup de parents venaient la voir, désespérés face aux addictions à la technologie de leur ado, addiction qui se ressentait dans leurs résultats scolaires mais aussi dans leur hygiène de vie. « Il faut un temps pour le rêve et un temps pour l'ennui, l'utilisation excessive du numérique supprime ces moments là », explique la représentante de Temp'O Jeune.

Le neurologue Michel Desmurget explique, dans une conférence retransmise sur youtube⁴⁶, comment la télévision exerce des effets néfastes sur l'individu, études et preuves scientifiques à l'appui. Lorsque l'on regarde la télévision, bien sûr, on est bien plus passif que sur internet mais c'est le passage sur les vidéos éducatives qui est ici intéressant. Michel Desmurget donne quelques exemples de DVD éducatif dont « Baby Einstein, DVD pour les 1 an et plus, enrichit le vocabulaire de l'enfant à travers

46 DESMURGET (Michel), conférence youtube sur le livre du même auteur : *TV Lobotomie - La vérité scientifique sur les effets de la télévision*, Max Milo, 2012

la beauté de la poésie, de la musique et de la nature ». La recherche donne un son de cloche tout autre. Plusieurs échantillons de familles avec des enfants de douze à dix-huit mois ont été répartis en trois groupes. Dans le premier groupe, aucune directive particulière n'était donnée aux parents. Dans le second, il leur était donné une liste de vingt-cinq mots à faire apprendre à leurs enfants en un mois. Les parents du troisième groupe devaient simplement faire visionner le DVD éducatif de quarante minutes (contenant la même liste de mots). Les vingt-cinq mots étaient répétés trois fois et le visionnage devait se faire cinq fois par semaine pendant quatre semaines. Chaque mot était donc entendu au final soixante fois par les enfants du troisième groupe. Au bout d'un mois, à la fin de l'expérience, les parents du deuxième groupe avaient réussi à apprendre à leurs enfants tous les mots de la liste sans problèmes. Les enfants du troisième groupe, ceux qui avaient le DVD ont en revanche appris moins de mots que ceux du premier groupe qui n'avaient reçu

aucune consigne particulière ! « Le langage, c'est très complexe, c'est de l'horlogerie fine, c'est de l'orfèvrerie évolutive, je ne sais pas comment appeler ça, c'est un miracle » explique le conférencier. L'apprentissage de la parole se déroule dans un rapport très intime et interactif entre l'enfant et le parent. Un DVD ne sera pas à l'écoute des réactions de l'enfant. Autre chose très importante : les humains sont doués pour savoir vers où se dirige le regard des autres humains. Le parent, quand il voit que l'enfant regarde un objet, nommera immédiatement l'objet. A l'inverse, la vidéo nommera les images des objets qu'elle présente, sans se préoccuper de ce que l'enfant regarde, ce qui provoquera de graves confusions chez l'enfant. Une autre étude montre qu'une heure de vidéo éducative par jour entre huit et seize mois se traduit par un appauvrissement du lexique de l'ordre de 10%.

Le paradoxe se fait plus que jamais ressentir dans les choix éducatifs pour lesquels ont opté les cadres supérieurs des entreprises high-tech de la Silicon Valley. Le Directeur

Technique d'eBay, un grand nombre de cadres d'Apple, de Google, de Hewlett-Packard envoient leurs enfants dans des écoles Steiner-Waldorf, écoles privées où ordinateurs et outils numériques y sont totalement interdits et déconseillés à la maison. Les enfants y apprennent entre autre des choses très manuelles, comme tricoter et faire du pain.

Le magazine web *Speechi, les solutions interactives*, donne son avis sur le phénomène :

« Celui qui va sur Internet – ou qui utilise un IPAD – rentre dans une entreprise de distraction, au sens premier du terme, qui est celui de détournement. Au bout de quelques minutes, il a toutes les chances de se retrouver à faire autre chose que de la recherche (lire la bourse, les résultats sportifs, chatter sur MSN...). Les concepteurs des machines que sont Google, l'IPAD ou encore eBay sont parfaitement conscients du phénomène d'addiction qu'ils créent et veulent en préserver leurs enfants. C'est d'un cynisme génial. »

De plus, le soucis de productivité qui motive l'avancement de la technologie a fait perdre une quantité impressionnante de savoirs faire. Par exemple un architecte qui faisait jadis tous ses plans à la main est aujourd'hui assisté par un ordinateur. Les capacités de visualisation en trois dimensions sont reléguées à la technologie. Un chercheur a justement posé, à l'issue d'une conférence de Michel Serres sur la révolution des nouvelles technologies, la question suivante : « Vous dites que grâce à internet et aux ordinateurs, nous avons externalisé notre cerveau dans l'ordinateur, que nous avons « perdu notre tête » en quelque sorte et gagné le fait de ne plus avoir besoin de se souvenir. Mais ce n'est pas mon vécu. J'ai l'impression d'avoir fait simplement grossir ma tête et que j'ai perdu mon corps. »

Michel Serres lui répond que « nous sommes virtuels dans les trois quarts de nos actions, bien avant les nouvelles technologies, bien avant l'imprimerie, bien avant l'écriture. » La question se pose depuis que nous stockons, que nous recevons et traitons des informa-

tions et qu'elle revient dès qu'on transforme le rapport, le couplage entre corps et esprit. Au Moyen-âge, le moine copiste, penché sur son écritoire avait déjà en quelque sorte « perdu le corps ».

Les dangers physiologiques

Mais à la différence du Moyen-Âge, nous vivons dans un monde où les ondes électromagnétiques sont omniprésentes. Les études sur les risques physiologiques que représentent les ondes wifi et téléphoniques chez les jeunes enfants et même chez les adultes sont souvent très controversées. Cela dit, même les fabricants de téléphones portables préconisent l'utilisation des kits mains libre et un usage modéré chez les jeunes enfants. De la même manière, l'OMS a récemment classé les ondes électromagnétiques dans la catégorie « probablement cancérigène pour l'homme » mais, pour beaucoup d'associations de santé, ce n'est pas suffisant car les risques seraient bien réels.

Les dangers du numérique sont donc nombreux mais ouvrent aussi la porte à des débats philosophiques fondamentaux. Cela commence par la troublante diminution ou perte de l'interaction humaine dans l'éducation. Elle pose par exemple la question de la déshumanisation de nos sociétés. Les risques d'addictions et d'appauvrissement du savoir sont bien réels mais pas toujours forcément propres au numérique. À chaque grande innovation, la même question se pose : que perdons nous ? Que gagnons nous ? Notre époque se démarque aussi des dialectiques du passé par le caractère potentiellement néfaste pour la santé des ondes électromagnétiques qui vont très souvent de paire avec le numérique.

3. TROUVER UN BON ÉQUILIBRE

Varier les activités et les médiums

Si la mutation du système éducatif vers un emploi systématisé des outils numériques est aujourd'hui inévitable alors il faut que

ceux qui les mette en place veillent à s'en servir avec parcimonie et limiter les excès. Pour ne pas oublier l'importance de l'aspect humain dans l'éducation, il est important de varier les activités des enfants, les modes et les médium d'enseignements. Raisonner uniquement en terme de profit, surtout dans le domaine de l'éducation est profondément pernicieux.

Une réflexion commune

Beaucoup d'entreprises profitent justement de cet engouement pour les outils numériques. Jusqu'où va leur légitimité en terme d'éducation ? Le marché est vaste et encore jeune. Quel sera leur degré d'implication dans les programmes scolaires ? Quelle est la limite entre la technologie au service de l'individu et la technologie au service de la rentabilité d'une entreprise ? L'expérience *De la Craie à l'écran* menée par Microsoft représente bien cette dualité. Cette classe immersive rend en quelque sorte service à des élèves qui prennent certainement

plaisir à expérimenter des dispositifs high-tech, mais ces élèves sont également utilisés, comme des cobayes. Les enseignants et les élèves partagent leurs impressions et expriment leurs besoins à l'équipe de la classe immersive qui s'adapte à leurs attentes, recherchent et expérimentent. Ce programme est à suivre de très près pour voir dans quelles mesures les équilibres éthiques sont respectés et aussi, bien sûr, pour découvrir les fruits de cette expérience collaborative.

Vers un monde plus connecté, collaboratif et coopératif

Internet et les nouvelles technologies permettent aux divers acteurs de l'éducation de partager des informations, comme par exemple des techniques de pédagogies comme c'est le cas sur le portail de l'éducation nationale dédiée aux scénarios d'utilisation des TBI. Les outils numériques permettent de collaborer et de coopérer sur des projets à grande échelle, autrefois tota-

lement utopiques. Le partage et l'échange, voilà les maîtres mots de l'avenir de notre société.

CONCLUSION

Rémi Brissiaud et sa critique de la file numérique, Howard Gardner et sa théorie des intelligences multiples, Stella Baruck et ses recommandations sur la représentation des nombres et sur l'importance de la distinctions des différents langages, Isabelle Pe-loux et sa pédagogie coopérative, Montessori et ses matériels sensoriels, Freinet et ses projets centrés sur l'élève, Anne Siety et son point de vue psychologique sur les blocages en maths, André Stern et son analyse neurologique sur l'enthousiasme et le jeu... Toutes ces pédagogies et théories sur l'apprentissage des mathématiques ont profondément changé la vision que je me faisais de mes faiblesses en cette discipline. Et je pense qu'elles seraient bénéfiques à tous ceux qui se trouvent dans la même situation. L'objectif de cette recherche était

de voir comment ces idées et ces points de vue pédagogiques pouvaient être mis en pratique ou améliorés par les outils numériques. J'avais donc classé les dispositifs numériques en cinq catégories : les aspects pratiques, l'apprentissage sur mesure (logiciels d'e-learning, écoles inversées, ressources personnalisées), la gestion de la classe (TBI et ENT), le système d'évaluation (un RPG pour le LPC), les aspects collaboratifs et l'apprentissage par la programmation. Beaucoup de ces outils ou dispositifs avaient un point commun : ils misaient trop sur des aspects de la pédagogie liés à l'enthousiasme de l'outil en lui-même ou de la forme du contenu qu'il proposait et pas assez sur le fond. Il y a donc peu d'innovations en termes d'expérience d'apprentissage et une grande disproportion entre la quantité de solutions pédagogiques existantes et les « innovations » du marché du numérique éducatif. Mais cet engouement pour le numérique à l'école est encore très neuf, en plein essor et c'est peut-être justement l'occasion pour moi de m'y essayer.

J'aimerais élaborer mon propre outil, un jeu de société entre le physique et le numérique, quelque chose qui serait la synthèse de mes recherches de cette année. Lorsque je me suis attaquée à la partie sur les aspects éthiques, sociologiques et philosophiques de l'arrivée à l'école du numérique, je me suis vraiment posé des questions sur la déontologie de mes projets professionnels futur. J'ai recensé presque autant d'aspects positifs que d'aspects négatifs relatifs à ce phénomène. A défaut de pouvoir réellement trancher, je pense qu'être déjà consciente et avertie de tous les aspects d'un même sujet est déjà un bon début pour éviter les pièges les plus grossiers. Parler de précaution, de mesure, d'équilibre dans l'utilisation du numérique m'est donc apparu comme la meilleure des solutions. Et comme le dit si bien Jean Piaget dans *Six études de psychologie* : « La tendance la plus profonde de toute activité humaine est la marche vers l'équilibre. ».

LE PARI AUDACIEUX DES APPLICATIONS MONTESSORI

EST-IL JUDICIEUX DE NUMÉRISER LE MATÉRIEL
PÉDAGOGIQUE MONTESSORI ?

INTRODUCTION

*Pourquoi étudier le cas de
Montessori ?*

La pédagogie Montessori, phénomène à la mode dans les milieux aisés, fait parfois polémique. Ses détracteurs accusent sa dimension marketing et commerciale ainsi que son aspect très élitiste (5500 € l'année, seulement pour la maternelle). Mais la pédagogie Montessori existe depuis plus d'un siècle et sa « récupération » commerciale ne devrait pas altérer le jugement porté sur son efficacité. De plus, si les écoles Mon-

tessori coûtent si cher, c'est parce qu'elles ne sont pas reconnues par l'éducation nationale et qu'elles ne sont en conséquence pas prises en charge par l'état. Le budget est donc loin d'être exorbitant si on le compare à celui du public : « Un élève, dans une maternelle publique, coûte actuellement à l'État environ 4970 € par an (chiffres de 2007 du site du ministère de l'éducation) »¹ Et paradoxalement, au Sri Lanka comme en Inde, seules les écoles Montessori, très répandues là-bas, sont gratuites ! Mettre en place un système éducatif qui favorise notamment l'autonomie et l'entraide des enfants est à la fois positif d'un point de vue pédagogique et d'un point de vue économique car ce modèle permet une éducation à faible coût dans les pays défavorisés. C'est aussi grâce à la dimension sociale de son travail que Maria Montessori fut décorée de la légion d'honneur en 1947 par Léon Blum et qu'elle fut nominée 3 fois pour le prix Nobel de la paix entre 1949 et 1951.

La France a tendance à avoir une très mauvaise image de la pédagogie alternative mais ce n'est pas le cas du reste du monde : on compte plus de 22 000 écoles Montessori dans de très nombreux pays, dont un bon nombre de publiques, sans compter toutes les écoles qui s'en inspirent.

Mais les choses sont en train de changer : le paysage éducatif français commence à s'ouvrir à la pédagogie alternative. Encouragée par les résultats de sa classe de maternelle de Gennevilliers (résultats validés par des tests réalisés par des chercheurs du CNRS), Céline Alvarez, jeune institutrice séduite par la méthode Montessori a réussi à susciter un intérêt certain dans le milieu de l'éducation publique, à tel point qu'une équipe pédagogique et scientifique, le

PREM² , s'est formée très récemment (vers octobre 2013) autour d'elle pour approfondir les aspects neurologiques et cognitifs de la pédagogie Montessori.

Je me suis également aperçue que les solutions pédagogiques en matière d'apprentissage des mathématiques que j'ai découvertes lors de mes recherches précédentes rejoignaient à merveille les scénarios d'apprentissages élaborés par Maria Montessori.

Beaucoup critiquent aussi le danger que représente un autre des principes fondamentaux de la pédagogie Montessori : la liberté de choisir son activité. Mais il s'agit d'un principe qui est, selon moi, à dissocier des scénarios d'apprentissages mis au point par la pédagogue. Laisser l'enfant choisir ce

2 (PREM) Programme de Recherche Expérimentale pour la Maternelle. Consortium scientifique du PREM : Stanislas Dehaene, Psychologue cognitif et neuroscientifique, Professeur au Collège de France, Manuela Piazza, Chercheuse, unité de neuroimagerie cognitive, INSERM, Catherine Billard, Neuropédiatre spécialiste des Troubles des Apprentissages, CHU Bicêtre, Eric Debarbieux, Délégué ministériel chargé de la prévention de la violence en milieu scolaire, François Taddéi, Directeur de Recherche, INSERM

qu'il apprend est de l'ordre de la psychologie alors que le matériel et les scénarios dédiés aux mathématiques sont de l'ordre du didactique. Et c'est surtout sur les aspects didactiques que cette étude portera.

Dans les années trente, Maria Montessori écrivit : « N'élevons pas nos enfants pour le monde d'aujourd'hui. Ce monde n'existera plus lorsqu'ils seront grands. Et rien ne nous permet de savoir quel monde sera le leur : alors, apprenons-leur à s'adapter »³. Cette citation, bien qu'intemporelle, est plus que jamais d'actualité aujourd'hui. Nous sommes effectivement au cœur d'une révolution, une révolution numérique que le philosophe Michel Serres compare à celles qu'ont été l'invention de l'écriture dans l'Antiquité puis l'invention de l'imprimerie au XV^{ème} siècle.

Au fil de ses expériences empiriques avec des enfants, handicapés ou non, Maria Montessori parvint à mettre au point une multitude de matériels pédagogiques auto-

3 MONTESSORI (Maria), *Pédagogie scientifique*, 1926

didactiques pour l'apprentissage scolaire et pré-scolaire. On compte environ, pour l'apprentissage des nombres et du calcul pour les deux à sept ans, une dizaine de matériels et une trentaine de scénarios d'utilisations spécifiques.

Dans les milieux montessoriens, on parle de matériel « sensoriel » ou « concret » (fig1), car il s'agit toujours d'ancrer l'apprentissage dans le réel, par la manipulation et le toucher à l'aide de cubes de bois, de perles, de bâtons, de jetons, de fiches, de tables puis, progressivement, d'amener l'enfant à l'abstraction, faculté essentielle à la pratique mathématique.

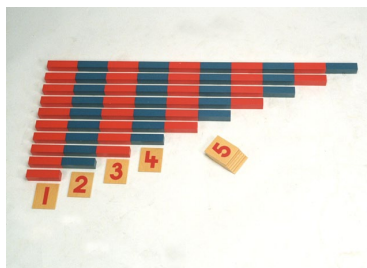


Fig1. Matériel « sensoriel »

Quels problèmes pose le cas des applications Montessori ?

Aujourd'hui, de plus en plus d'applications mathématiques Montessori pour smartphones ou tablettes apparaissent sur le marché. On observe donc une sorte de mutation des produits pédagogiques phy-

siques Montessori, une mutation en parfaite cohérence avec les bouleversements technologiques de notre société.

Mais, au-delà de l'effet de mode ou de l'engouement naturel pour la technologie, il est important de se demander si le fait de numériser le matériel Montessori est une idée judicieuse. En effet, lorsqu'on transpose des objets du monde réel dans une interface numérique, on perd un certain nombre de choses, à commencer par l'aspect concret, tactile et sensoriel de ces objets. Or, c'est justement essentiellement sur les sens physiologiques que la pédagogie Montessori repose.

Parents et éducateurs sont donc en droit de se demander si la perte de la dimension tangible (dans le sens « réel », concret) et tactile du matériel peut rendre caduques les principes mêmes de la pédagogie Montessori. Pour répondre à cette interrogation, je me suis posée trois questions. Premièrement, quelle différence l'enfant fait-il entre la « réalité virtuelle » et le matériel du monde

réel ? Deuxièmement, comment la tablette modifie-t-elle le rôle du sens du toucher ? Et enfin, quelles stratégies ont-elles pu mettre en place les applications numériques Montessori pour remplacer le « feedback » du sens du toucher ?

J'évoquais précédemment le fait que la transposition numérique engendrait de nombreuses pertes. Mon deuxième axe de recherche sera donc focalisé sur la disparition d'un autre grand facteur d'apprentissage : l'interaction humaine, remplacée, avec l'usage de la tablette, par un rapport « enfant-machine ». Trois questions découlent de ce nouveau paradigme : premièrement en quoi les applications Montessori renforcent-elles l'encadrement des activités et celui de l'autonomie et pourquoi cela est-il profitable aux principes montesoriens ? Deuxièmement, comment les applications Montessori permettent-elles un suivi personnalisé et fournissent-elles un contenu adapté ? Et enfin, comment ces applications peuvent-elles permettre aux

enfants de faire une meilleure transition entre l'école et la maison et dans quelles mesures cela favorisera ou réduira les inégalités sociales ?

Présentation des applications et de leur mise en situation

Afin de répondre à ces problématiques, j'ai sélectionné les quatre applications numériques du marché qui semblent s'approcher le plus fidèlement du matériel Montessori. Ces applications ne se font presque jamais concurrence en terme de contenu et se complètent au niveau des activités abordées. Trois d'entre elles, *Numberland*⁴ (fig2), *Mes 1ères Opérations* (fig3) et *Additions et soustraction des grands nombres* (fig4) ont été réalisées par Les3Elles, une agence française créée par des enseignantes Montessori. La quatrième, *Les nombres Montessori – Apprendre les bonnes bases en*



Fig 2. Numberland



Fig 3. Mes 1ères Opérations

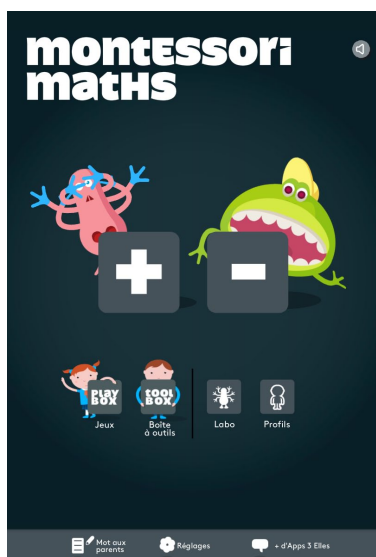


Fig 4. Additions et soustractions de grands nombres

*maths (fig5)*⁵ a été créée par l'Escapadou qui, contrairement à Les3Elles qui a fait appel à des développeurs extérieurs et à une agence de graphisme, a tout réalisé du début à la fin. J'ai réussi à contacter Pierre Abel, le créateur de l'Escapadou qui m'a accordé un entretien écrit. Mes questions tournaient autour des processus mis en œuvre lors de la création de son application et plus exactement, les procédés mis en place en terme de didactique, de scénario d'interactivité et d'ergonomie. L'interview est en annexe mais j'y ferai parfois appel pour étayer ma réflexion.

Lundi 13 janvier 2014, j'ai également organisé à l'école primaire Fidelis (Montreuil, 93), un atelier en petit comité avec trois enfants de différents niveaux d'une même classe de CP. Je voulais réduire au maximum l'effectif de mon intervention pour pouvoir observer et analyser en détail le comportement et les réactions de chaque enfant. L'enseignante,



Fig 5. Les nombres Montessori – Apprendre les bonnes bases en maths

⁵ ESCAPADOU, *Les nombres Montessori – Apprendre les bonnes bases en maths*, Apple Store, 2012

Martine Benoit, avait choisi trois profils « archétypaux » : Eva, l'enfant éveillée et en avance sur son âge, Rebecca, l'enfant « dans la moyenne », un peu réservée et Axel, l'enfant en « grave » difficulté.

Quelques semaines plus tard, j'ai rencontré Maryline Mauguin, la fondatrice de Les3Elles à qui j'ai exposé rapidement la démarche globale de mon macro-projet. Lorsque je lui ai parlé de cet atelier, elle m'a expliqué que trois enfants n'étaient pas assez représentatifs, qu'il en fallait plutôt une dizaine et qu'un seul atelier n'était pas suffisant, qu'il fallait en faire sur la durée pour voir la progression des enfants. Mais malheureusement, je n'ai pas les moyens d'organiser autant d'ateliers. Maryline Mauguin me proposa alors de l'accompagner au prochain « focus group » de Les3Elles. L'agence met en place des focus group pour étudier sur le terrain (dans des écoles) l'efficacité de leurs applications. Seulement voilà, le prochain focus group n'est pas prévu avant plusieurs semaines et je ne sais pas encore si je pourrai y participer. Pour l'heure, l'échange

avec Maryline Mauguin m'aura surtout permis de tempérer le ton de cette enquête : l'atelier que j'ai mis en place le 13 janvier à l'école Fidelis est loin de pouvoir être apparenté à une étude d'expert en sociologie ou en cognition. Elle ne remplit aucun critère, aucun protocole scientifique. En revanche, elle constitue une véritable mine d'or d'information et d'inspiration pour l'orientation de mes choix de réflexion. Elle m'a permis de me poser les bonnes questions, d'illustrer mes propos mais aussi de me plonger personnellement dans la pédagogie Montessori : à l'occasion de cet atelier j'ai dû fabriquer et récupérer du matériel concret et acheter les applications numériques de Les3Elles et de l'Escapadou. Mais savoir quoi et comment fabriquer du matériel, quoi et comment « s'en faire prêter » et quelles applications acheter nécessite un très long travail de recherche. Plus que les livres, c'est le contact de particuliers investis dans l'univers de la pédagogie alternative que j'ai avant tout recherché (création et distribution de questionnaires en ligne, conver-

sations groupées sur les réseaux sociaux, rencontres fortuites dans une boutique de jeu de société dans laquelle j'ai travaillé occasionnellement, consultation de blog de parents, etc) avec, comme aboutissement, cet atelier qui est, de manière toujours plus ou moins latente, le fil conducteur de cette étude de cas.

Avant de rentrer dans le vif du sujet, il est important de présenter succinctement les applications que j'ai choisi d'étudier et de présenter aux enfants de l'atelier du 13 janvier.

Dans *Numberland* (Les3Elles) l'enfant découvre les nombres (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 0) de manière contextualisée (chaque nombre fait l'objet d'une activité-jeu à part entière où il est question de retrouver des éléments, en nombre équivalent au nombre ciblé, dans un décor très illustré), s'exerce au traçage des chiffres et découvre les « barres numériques » (fig6) et les « fuseaux » (fig7), matériel utilisé pour apprendre à compter. Il s'adresse aux 3-5 ans mais peut

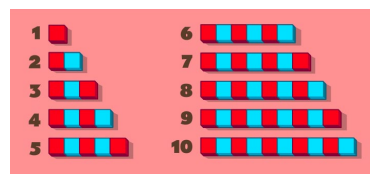


Fig 6. Les barres numériques

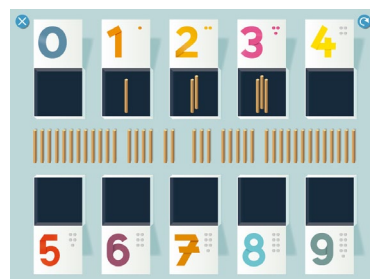


Fig 7. Les fuseaux (en haut version numérique, en bas version physique)

convenir pour des élèves de CP en difficulté.

Mes 1ères Opérations (Les3Elles) introduit la notion d'addition et de soustraction à l'aide des « barres numériques » (fig8) et au concept du pair et de l'impair à l'aide des «jetons»(fig9)

Les nombres Montessori (Escapadou) permet l'appropriation du système décimal, développe le sens du calcul et propose elle aussi d'apprendre à tracer les chiffres.

Additions et soustractions des grands nombres (Les3Elles) s'adresse plutôt à des CE1 et plus, elle s'inspire de la «table numérique» qui permet d'avoir une vue d'ensemble sur toutes les tables d'addition et de soustraction (fig10), des «timbres» (fig11) et du «boulier» (fig12) qui introduisent aux concepts d'unité, de dizaines, de centaine et de millier et à terme à l'addition et à la soustraction de grands nombres (opérations posées). Ces activités permettent le passage à l'abstraction et font la transition avec des exercices de calculs plus classiques.

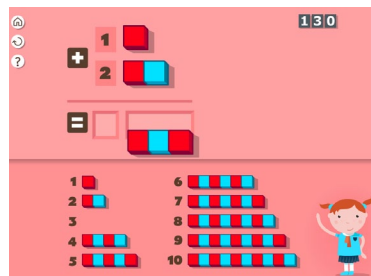


Fig 8. Additionner et soustraire avec les barres numériques

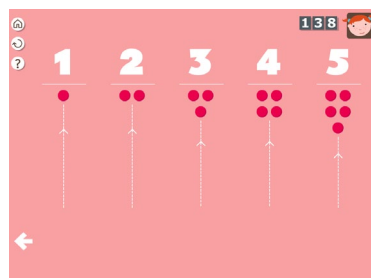


Fig 9. Les jetons pour le concept des nombres paires et impaires (en haut version numérique, en bas version physique que j'ai fabriquée pour l'atelier)

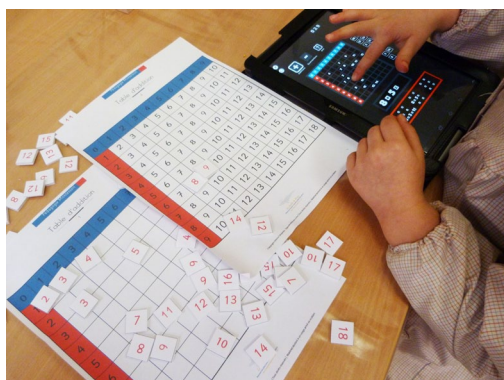
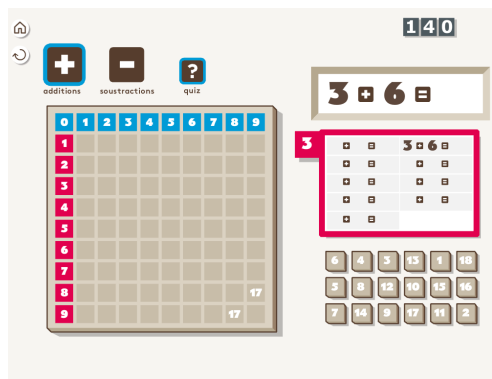
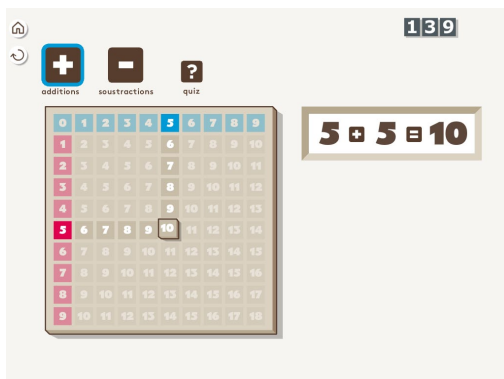


Fig 10. La table numérique (screen de l'application et version physique fabriquée par mes soins)



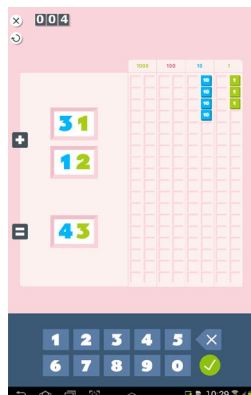
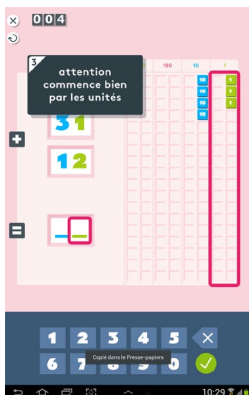
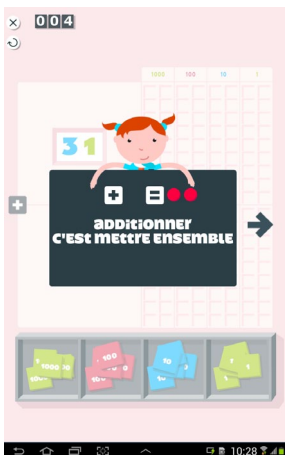


Fig 11. Les timbres



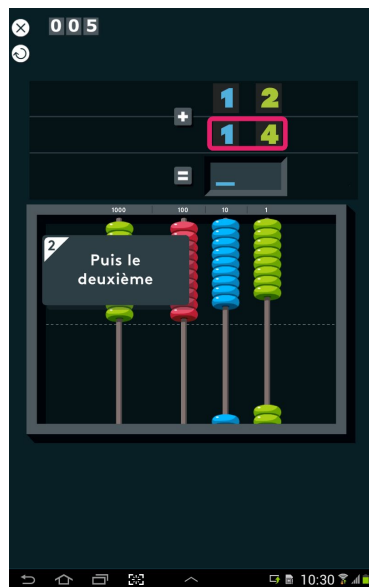
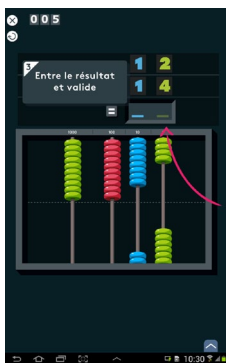
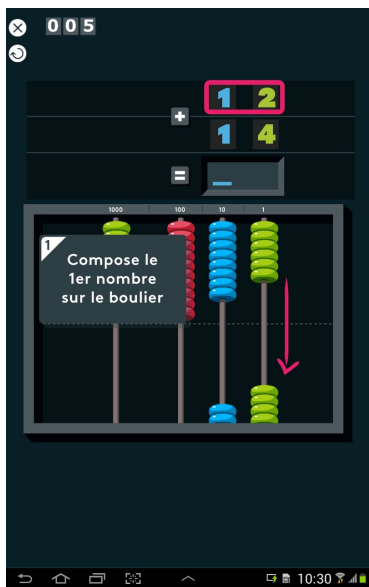


Fig 12. Le boulier

On retrouve, dans ces applications, un design du matériel très fidèle à l'original et des consignes sonores et visuelles ainsi que des dispositifs d'interactivité identiques aux scénarios d'utilisation « officiels »⁶... Mais la perte de la dimension tactile de ce matériel, à présent numérisé et réduit à un écran nuit-elle aux processus d'apprentissage de l'enfant ?

I. LA PERTE DE LA DIMENSION TACTILE DU MATÉRIEL MONTESSORI NUIT-ELLE AUX PRINCIPES MÊMES DE CETTE PÉDAGOGIE ?

1. QUELLE DIFFÉRENCE FAIT L'ENFANT ENTRE LA « RÉALITÉ VIRTUELLE » DES APPLICATIONS ET LE MATÉRIEL DU MONDE RÉEL ?

6 DORANCE (Sylvia), *Montessori pas à pas : Le calcul et les maths*, École Vivante, 2012

Avant même de devoir poser la question de la dimension tactile, c'est le fait même de recevoir des informations d'une « réalité virtuelle » qui semble poser problème. Un enfant apprend-il mieux lorsqu'il est confronté au « vrai monde » qu'à un monde virtuel ? Étant donné que les sens sont les seuls vecteurs de l'information et donc de l'appropriation d'un savoir, j'aurais en effet tendance à penser qu'un écran numérique ne peut transmettre, a priori, autant d'informations sensorielles que notre réalité. La réalité communique à chaque instant des sensations visuelles, auditives, olfactives, gustatives et tactiles et, bien que la recherche développe une énergie colossale à reproduire artificiellement ces sens. Nous sommes en effet actuellement capables de reproduire la qualité de la rétine humaine avec des objectifs photographiques de grande qualité, les avancées du cinéma 3D imitent de mieux en mieux la réalité, les enregistrements sonores sont, depuis des années, d'un réalisme prenant et les chimistes savent depuis

longtemps créer des odeurs et des goûts de synthèse. Enfin, les ingénieurs développent depuis une dizaine d'années des exosquelettes et des gants à retour d'effort ou retour haptique (fig 13) qui permettent de matérialiser les objets présents dans le monde virtuel en appliquant, sur la partie du corps en contact avec l'objet virtuel, la force réciproque de la force qu'exercerait l'utilisateur sur l'objet réel⁷. Cela dit, je ne pense pas qu'on arrivera un jour à imiter la réalité à la perfection. Et si on y arrivait, les facultés dédiées à l'apprentissage seraient-elles aussi bien sollicitées qu'elles peuvent l'être dans le monde réel ?

Je pense par exemple à une application de Les3Elles que je n'ai pas encore présentée. Il s'agit de *Géométrie Montessori* (fig 14), une application inspirée de la méthode de Maria Montessori pour initier à la géométrie. Traditionnellement, l'éducateur donne à l'enfant des solides en bois ou en plastique (sphère, cube, pavé, pyramide, cylindre) et



Fig 13. Gants à retour haptique (et casque immersif)

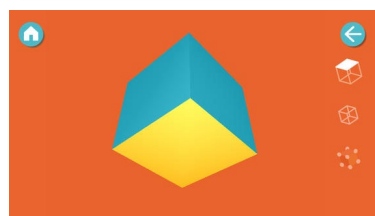
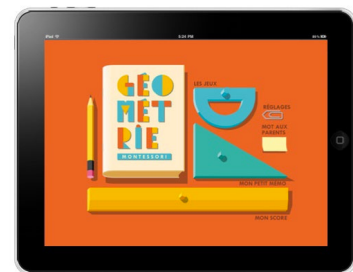


Fig 14. Application *Géométrie Montessori*

7 FUCHS (Phillippe) et RICHIR (Simon), *Réalité virtuelle et conception*, Ed. Techniques Ingénieur, 2003

lui apprend par le toucher les formes de ces figures géométriques. On peut même bander les yeux pour apprendre à reconnaître les formes uniquement par le toucher. Évidemment, cette étape cruciale de la méthode n'est pas retranscrite dans l'application qui ne fait « que » proposer une boîte à outil où l'on peut « visiter » en 3D une figure sous toutes ses coutures. Mais, dans un futur hautement technologisé, proposer à un enfant de toucher des figures géométriques avec des gants à retour haptique reviendrait-il au même que de lui faire toucher de « vrais » solides ?

L'Université de Cambridge a récemment publié un article sur la différence entre l'imaginaire et la réalité⁸. Les chercheurs ont examiné les IRM cérébrales d'un grand groupe d'adultes en bonne santé. Ils cherchaient le sillon frontal para-cingulaire (PCS pour *paracingulate sulcus* en anglais), un pli à l'avant du cerveau qui déterminerait notre

8 Dr SIMONS (Jon), *Keeping track of reality*, University of Cambridge's Department of Experimental Psychology and Behavioural and Clinical Neuroscience Institute, 5 novembre 2011

capacité à faire la distinction entre des souvenirs de l'ordre de la réalité et d'autres de l'ordre de l'imaginaire. Un certain nombre de personnes, à la suite de nombreux tests étaient moins aptes à faire la distinction réel et imaginaire, ce qui mènerait donc à penser que le cerveau pourrait très facilement être « dupé » par le « virtuel ».

A priori donc, en ce qui concerne l'assimilation de savoirs, le caractère virtuel des applications Montessori ne serait pas problématique en soi. Mais parler de gants à retour haptique est encore, pour le grand public, du domaine de la science-fiction. Comment les développeurs des applications Montessori gèrent-ils alors le problème de la perte de la dimension tactile ?

2. MODIFICATION DU RÔLE DU SENS DU TOUCHER

Tout le monde le sait, la tablette est un objet tactile. Mais les images, les objets qu'on peut y observer n'ont rien à voir avec les choses du monde réel. Lorsqu'on touche

une tablette numérique, c'est pour interagir avec son contenu et non assimiler un certain nombre de données sensorielles tactiles. Il est classique de différencier deux types de perception tactile manuelle⁹ : la perception cutanée et la perception haptique. La perception cutanée correspond plutôt aux sensations que transmettent une texture, un grain, une température alors que la perception haptique (ou tactilo-kinesthésique) correspond aux informations qu'on perçoit lorsqu'on appréhende des formes dans l'espace.

L'application de l'Escapadou propose, dans l'une de ses activités (fig 15), de tracer les chiffres avec le doigt. Cette activité rappelle celle des chiffres rugueux de Montessori. De nombreuses boutiques proposent ce matériel mais il est possible d'en fabriquer soi-même avec du papier de verre très fin. Le but est que l'enfant enregistre la forme des chiffres, avec la perception cutanée,

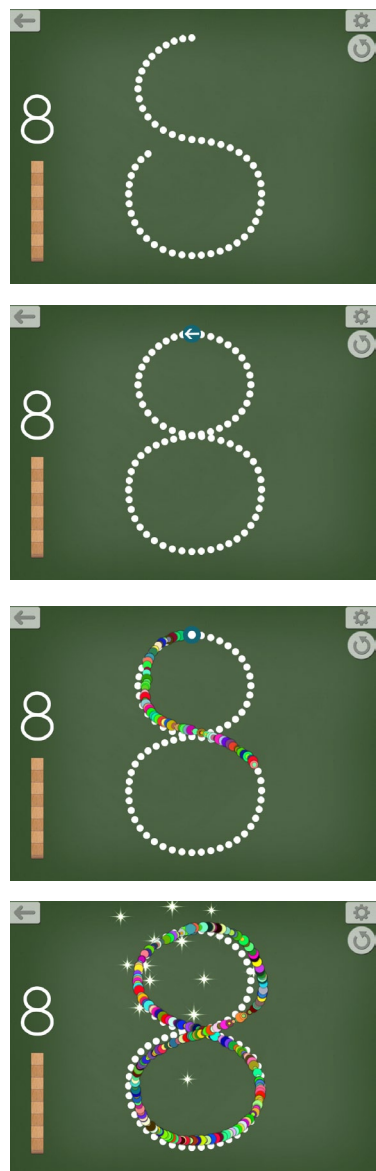


Fig 15

9 HATWELL (Yvette), STRERI (Arlette), GEN-TAZ (Edouard), *Toucher pour connaître*, Psychologie cognitive de la perception tactile, Puf, 2000

par la différenciation de deux formes de textures : rugueuse et lisse.

Or la tablette ne peut retranscrire des sensations de texture : l'application de l'Escapadou invite l'enfant à tracer avec son doigt un chiffre mais le doigt est utilisé comme outil et non comme « capteur sensoriel ». L'application est cela dit très bien programmée : le tracé de l'enfant suit à la lettre le mouvement de son doigt et s'arrête s'il s'écarte trop du modèle. S'il s'agit par exemple de faire un huit et que l'enfant effectue mal la deuxième boucle, le tracé de cette dernière s'effacera et l'enfant devra recommencer à l'intersection de la boucle. De plus, de petites flèches en mouvement indiquent le sens du tracé afin de guider les moins habiles.

Tous ces détails apportaient une véritable valeur ajoutée aux cahiers de copies standards, mais ne me semblaient finalement pas propres à la pédagogie Montessori et surtout, le toucher ne prenait pas le même sens que pour l'activité des chiffres rugueux...

3. LE TOUCHER REMPLACÉ PAR D'AUTRES SENS

Alors j'ai demandé à Pierre Abel, l'homme qui se cache derrière l'Escapadou, des détails sur sa vision du problème. C'est là qu'il m'apporta une réponse lumineuse : « J'ai remplacé le sens du toucher par l'ouïe ». Et en effet, un petit son de harpe accompagne le tracé du chiffre ! Si on devait faire référence à la théorie des Intelligences Multiples d'Howard Gardner, Pierre Abel a remplacé l'intelligence kinesthésique que sollicite l'activité du chiffre rugueux par l'intelligence musicale.

J'avais fabriqué, pour mon atelier à l'école, des chiffres rugueux (fig16) avec une sorte de tulle rigide (du brise-vue). J'ai d'abord proposé aux enfants de tracer le « chemin » des chiffres avec leurs doigts puis d'utiliser l'application de l'Escapadou et celle de Les3Elles qui s'appelle Numberland. L'activité qui consiste à tracer des chiffres dans Num-



Fig 16

berland est moins interactive mais plus libre que celle de l'Escapadou (fig17) : l'espace est divisé en deux parties. Dans la première partie, l'enfant doit tracer le chiffre demandé à l'aide d'un modèle et dans la deuxième, l'espace vide lui permet de refaire l'exercice avec davantage d'autonomie. Mais l'activité n'est pas auto-corrective comme celle de l'Escapadou et ne fait pas non plus appel à un sens qui pourrait remplacer celui du toucher.

Dans les manuels de pédagogie Montessori, il est dit que les chiffres rugueux, sont, une fois intégrés par l'enfant, à associer avec des barres numériques ou dites barres rouges et bleues, afin que l'enfant puisse faire la distinction et le rapprochement entre le symbole (le chiffre) et la valeur (le nombre).

Les barres numériques constituent un ensemble de baguettes de un à dix. La baguette représentant le « un » est longue de dix centimètre et peinte en rouge, la barre du « deux » mesure vingt centimètres de

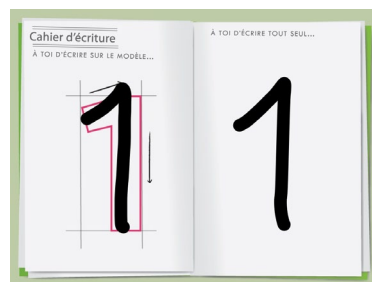


Fig 17

long et est divisée en deux parties : rouge et bleue, la barre trois en trois parties : rouge, bleue, rouge, etc (*fig6*)

Les enfants sont invités à concevoir un escalier avec ces barres dans le but de percevoir le caractère croissant de la suite décimale. Le nombre est un concept abstrait car il est à la fois quantité, chiffre écrit et nom oral. Les barres numériques parviendraient à matérialiser cette abstraction.

Elles permettent à l'enfant d'apprendre véritablement à compter, c'est-à-dire non pas à réciter mécaniquement les nombres : un, deux, trois, quatre... mais à percevoir les quantités dans leur "taille", leur "grandeur". Là encore il s'agit de toucher et de comparer les nombres physiquement, en relation les uns par rapport aux autres.

La veille de l'atelier à l'école Fidelis, j'avais passé des heures à scier et à peindre du bois (avant de réaliser que j'aurais pu utiliser du carton plume mais passons) pour fabriquer ces fameuses barres rouges et bleues, version miniature pour le transport.

Le lendemain, je proposai aux trois enfants

d'examiner les barres, de les classer, de les compter, d'y associer les chiffres rugueux. Les deux filles comprirent immédiatement ce que je demandais mais pour Axel, c'était plus compliqué. Depuis le début de la séance, cet enfant m'avait tout de suite paru un peu différent. Lorsque j'ai expliqué aux enfants qu'on allait faire des maths d'une façon un peu différente qu'en classe et qu'on allait utiliser du matériel « Mon-tes-so-ri », Eva, toute pétillante, s'est empressée de me dire qu'elle était allée dans une maternelle montessori, justement, et qu'elle « connaissait bien ». Et là, les premiers mots d'Axel furent « Oui et moi j'ai fabriqué un costume de pompier ». Bredouillant d'autres détails qui n'avaient a priori aucun rapport avec ce que je venais de dire, Axel, les yeux dans le vague semblait gêné et perdu. La maîtresse, avant de me confier ces enfants m'avait prévenue : « Axel, il fait des efforts mais... Il a beaucoup de problèmes de compréhension. »

Lorsque j'ai montré aux enfants comment faire une pyramide avec les barres et ex-

pliqué à quoi elle correspondait, Axel avait dit « Ah, c'est comme dans Tarzan ». Décontenancée, je commençais à m'inquiéter sérieusement sur le cas de cet enfant. Alors je lui ai demandé pourquoi il disait cela. « C'est un épisode où Tarzan cherche un trésor dans une pyramide » avait répondu Axel. Il faisait donc simplement une analogie avec un dessin animé sans aller au bout de sa pensée, sans l'expliquer. Mais cela ne semblait toutefois pas expliquer pourquoi il ne comprenait pas trop le sens de l'exercice que je proposais, ni surtout l'intérêt même de ces barres et de ce qu'elles représentaient. Alors je lui ai montré successivement l'application Numberland et 1ères Opérations.

Dans Numberland, on pouvait choisir un nombre et voir apparaître sa barre correspondante, mais sans couleurs. Il fallait passer son doigt de manière à traverser toute la barre. Au passage du doigt, les cases de couleur se remplissaient et une voix énumérait à chaque case remplie « Un, deux, trois, quatre... » jusqu'à ce que la barre



Fig 18

retrouve toutes ses couleurs. Elle grossissait ensuite rapidement puis revenait à son échelle principale pendant que la voix annonçait le nombre auquel la barre correspondait (*fig18*). Pour Axel, c'était déjà un peu plus clair, puisqu'il pouvait constater de ses propres yeux (et autres sens : mouvement du doigt et ouïe) que chaque case correspondait à un nombre et que l'ensemble des cases, donc l'ensemble des nombres formait un nombre plus grand.

L'application 1ères Opérations met en scène des opérations simples à l'aide de ces barres numériques (*fig19*). L'écran est divisé en deux. En haut une addition est posée, à la droite des deux chiffres se trouvent leur occurrence en barre numérique. En bas, on retrouve tous les chiffres et leurs occurrences en barres numériques qu'il faut sélectionner pour donner le résultat de l'opération. Axel essaye un peu tous les résultats. Oui, même pour une opération aussi simple que $1+2$. Il finit par trouver le bon, une animation se déclenche, les barres du 1 et du 2 se déplacent à l'endroit

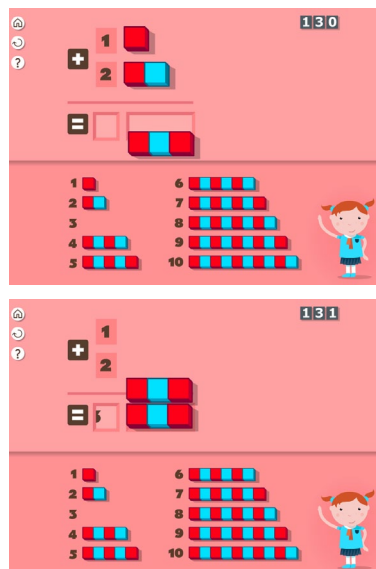


Fig 19

où est censé s'afficher le résultat, l'une à la suite de l'autre, elle se combinent pour former « 3 ». Le chiffre apparaît à côté de la barre, un petit son énergique accompagne le tout. Petit à petit, Axel passait par moins d'erreurs avant de trouver le résultat. Mais cet exemple illustre aussi les limites d'un outil, d'une méthode de travail, face aux stratégies d'évitement : Axel essaye toutes les solutions afin de trouver par hasard la bonne au lieu de réfléchir par lui-même. La meilleure pédagogie ne peut faire l'économie de ce type de comportement en marge. Peut-être aussi que ce qui semble réussir pour Axel, plus que la méthode innovante, c'est la répétition de l'exercice.

À l'issue de cet atelier, je me suis rendue compte, à ma grande surprise, que les enfants ne faisaient pas tant usage que cela de leur perception cutanée et haptique lorsque je leur présentais la version tangible du matériel et que, finalement, les stratégies employées par les applications qui consistaient à faire appel à la vue, à l'ouïe et au

déplacement du doigt dans l'espace (mais sans retour d'effort) étaient très efficaces, voire plus efficace que la version matérielle. Ensuite tout dépend aussi bien sûr du profil de l'enfant et des dispositions sensorielles qui lui sont propres.

II. QU'ENGENDRE LE RAPPORT ENFANT-MACHINE ?

1. ENTRE UN MEILLEUR ENCADREMENT DES ACTIVITÉS ET UNE MEILLEURE AUTONOMIE ?

La formation d'éducateur montessori dure plusieurs mois et nécessite un très fort investissement personnel. Lorsque j'ai entrepris mon expérience à l'école Fidelis, cela ne faisait que quelques semaines que je m'intéressais en détail à cette pédagogie, en lisant un livre sur le matériel dédié aux mathématiques, des articles, en testant des applications, en regardant des documentaires et en discutant avec des mamans.

Mais mon manque d'expérience en pédagogie Montessori et en pédagogie « tout court » se fit cruellement ressentir.

Et particulièrement pendant l'exercice-jeu sur le concept des « pairs et des impairs » (fig20). J'avais commencé à expliquer à Axel la méthode à suivre : on dispose les chiffres rugueux de 1 à 10 sur la table et on place, sous chaque chiffre, le nombre équivalent de jetons (faute de moyens j'avais fabriqué des petits carrés en carton plume). La disposition des jetons était très importante : il fallait qu'en ligne, les jetons soient placés deux par deux. Pour le nombre trois par exemple, le troisième jeton, le jeton qui est « tout seul », doit être positionné au milieu, de telle sorte qu'on ne puisse « tracer de chemin » avec le doigt de haut en bas car le dernier jeton bloque le « passage ». Possible de faire comprendre cela à Axel et encore moins le fait que si le « passage » est « barré » par un jeton, c'est que le chiffre est impair. Je lui proposais pour chaque nombre de tracer le chemin avec son doigt mais il contournait les jetons



Fig 20

de manière complètement aléatoire, bref, il n'arrivait pas du tout à comprendre l'exercice Montessori que je lui proposais.

Je lui montrai alors l'exercice équivalent sur *1ères Opérations* (fig21).

Plusieurs étapes décortiquaient l'explication. D'abord on pouvait voir à l'écran tous les chiffres avec tous leurs jetons respectifs bien disposés. Apparaissait ensuite un petit enfant avec une tablette qu'il se mettait à secouer. Je secouai alors la tablette pour Axel (ne prenant aucun risque car on m'avait prêté la tablette). Tous les jetons se détachèrent de leurs emplacements comme s'ils tombaient et se mirent à rebondir avec légèreté, comme des balles. Les emplacements des jetons étaient toujours visibles et une des balles se mit à bouger pour aller jusqu'à l'unique emplacement du nombre « un », pour montrer l'exemple. Axel commença alors à placer tous les jetons de cette manière. Puis, une fois tous les emplacements remplis, une « démo » expliqua ce que j'avais eu tant de mal à transmettre. Une image de doigt glissa entre les deux



Fig 21

jetons du nombre « deux ». Le mouvement fut accompagné d'un bruit d'épée qui fend l'air et de l'image d'une déchirure blanche qui s'évanouit en quelques dixièmes de seconde. Immédiatement, les jetons tombèrent, chacun de leur côté, et une voix énonça « 2 est pair ».

Le doigt passa ensuite sur le cinq. Un petit bruit, évoquant alors l'erreur, accompagna le léger tremblement du cinquième jeton afin de faire comprendre que ce dernier bloquait la séparation en quantité équivalente du nombre cinq en deux. « Cinq est impair ». Les jetons reviennent à leur place et la voix annonce : « A ton tour, maintenant, trouve tous les nombres pairs ». Je pouvais à présent laisser Axel explorer les pairs et les impairs en autonomie et m'occuper des deux filles qui étaient en train de détourner le matériel du système décimal que j'avais sorti.

Le matériel du système décimal (fig22) ou dit « de base » permet à l'enfant de véritablement toucher la structure du système décimal et de faire l'expérience des équiva-



Fig 22

lences entre les différentes catégories : une dizaine est matérialisée par exactement dix unités (des perles ou des cubes selon les versions) ; la centaine par dix dizaines ou cent unités, mille par dix centaines ou cent dizaines ou mille unités.

Une maman et vendeuse de jeux de société m'avait prêté la version « cube de bois » de ce matériel qu'Eva et Rebecca s'étaient réappropriées en s'amusant à faire des constructions, comme s'il s'agissait de kaplas. Dans la pédagogie Montessori, lorsqu'un enfant est dans une phase d'apprentissage précise, il ne doit pas détourner l'utilisation du matériel sinon ce dernier perd l'intérêt pour lequel il a été conçu.

La grande force de la numérisation du matériel Montessori réside dans le fait que l'enfant ne peut plus détourner le matériel car il est impossible de sortir du cadre défini et programmé d'un logiciel.

Dans l'activité « Chiffres 1, 2, 3 » de l'application de l'Escapadou par exemple (fig23), une voix accompagnée d'un chiffre demande « Déplace le nombre d'objets

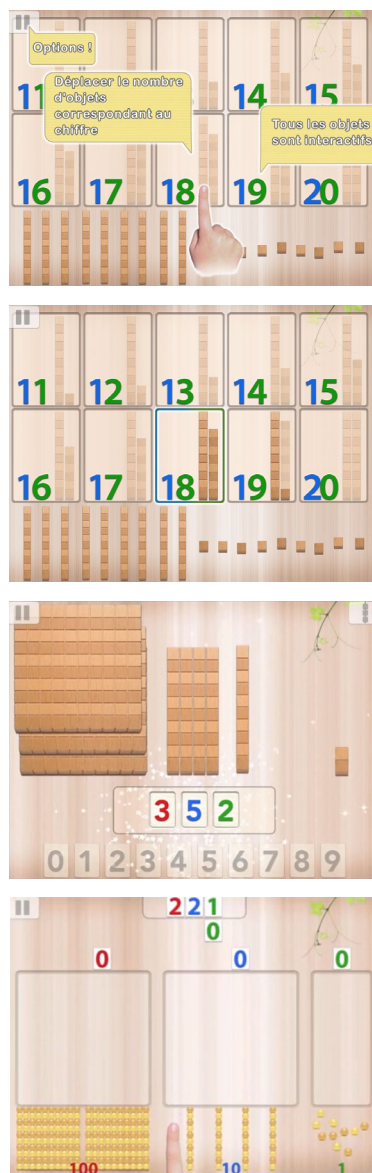


Fig23

correspondant au chiffre ». Les possibilités d'action de l'enfant sont réduites à ce nombre d'objets qu'il doit déplacer. Pour compenser l'extrême rigueur et le manque de liberté qu'implique un logiciel programmé, l'application Numberland et celle de l'Escapadou ont créé des espaces de liberté où l'enfant peut, dans un cas dessiner dans un bac à sable virtuel (*fig24*) et dans l'autre s'amuser librement à déplacer n'importe où les chiffres, les cubes ou les perles, bref, détourner à volonté tous les objets présents dans l'application (*fig25*). Mais ces espaces sont bien séparés des autres activités pour éviter toute confusion.

L'aspect très directionnel qui permet un encadrement et une meilleure autonomie n'étouffe donc pas la liberté d'expression de l'enfant, d'autant plus qu'il s'agit, ne l'oublions pas, d'outils de travail et non d'objets de divertissement.

Non seulement la nature même de ces applications empêche le détournement du matériel Montessori, mais en plus, le



Fig24



Fig25

caractère interactif des applications Montessori permet une meilleure autonomie de l'enfant dans le déroulement de l'activité. Or l'autonomie est, pour Maria Montessori, extrêmement importante dans le développement d'un enfant car elle encourage le fait d'apprendre et de découvrir des concepts par soi-même, de comprendre ses erreurs seul et sans jugements extérieurs. J'ai également observé la grande autonomie dont peuvent faire preuve les applications en elles-mêmes. Si elles sont bien scénarisées et programmées, et c'est le cas pour celles que j'analyse ici, elles expriment à elles seules, tout ce que l'enfant doit comprendre sur une notion. Le rôle de l'éducateur est donc complètement transformé. Dans le cas de l'atelier que j'ai organisé, j'ai très bien accueilli cette place prépondérante de la tablette puisque, comme je l'ai relaté précédemment, je n'avais pas les compétences pédagogiques pour expliquer, en tout cas pas aussi bien qu'un professionnel, les activités Montessori, et encore moins à un enfant en difficulté.

Le rôle de l'éducateur, face à ces nouvelles technologies consisterait donc plutôt à apporter à l'enfant tout ce qu'un logiciel ne peut transmettre. Et notamment l'échange et le rapport humain qui sont fondamentaux. Si la machine fait « le gros du travail » didactique, cela permet aussi à l'éducateur de se consacrer à des échanges humains avec les enfants, à des réponses psychopédagogiques et intuitives. Dans le cas d'Axel et des nombres pairs et impairs, bien que la réalisation de cette activité soit au maximum de sa performance, j'ignore s'il a fini par réussir à réellement comprendre ce qu'il faisait car il se trompait très souvent. Cette manière de représenter le concept des pairs et impairs n'était peut-être pas adapté à Axel, auquel cas seul un être humain peut avoir l'intuition de savoir ce qui lui correspond le mieux et le lui proposer en s'adaptant à sa personnalité.

2. UN CONTENU, UN SUIVI ET UNE ÉVALUATION PERSONNALISÉE ?

Les applications de Les3Elles proposent, à chaque ouverture, de créer un profil pour chaque utilisateur (*fig26*). Elles permettent une approche progressive avec un « algorithme de progressivité dynamique » qui s'adapte à la progression de l'enfant en lui proposant des exercices à son niveau.

Il est possible pour les parents d'adapter manuellement les différents paramètres (*fig27*). Les enfants, en réalisant les exercices-jeux des applications récoltent des points (qui sont répertoriés en haut à gauche à la manière d'un score). Les points permettent aux enfants de réaliser des « cadavres exquis » de petits personnages et aux parents de surveiller la progression de leurs enfants.

3. DE L'ÉCOLE À LA MAISON : GOMMER OU RENFORCER LES INÉGALITÉS ?

Pour un enfant déjà inscrit dans une école Montessori classique, l'utilisation de la tablette à la maison crée une continuité école-maison efficace et qui lui permettra peut-être d'aller encore plus loin dans sa progression.

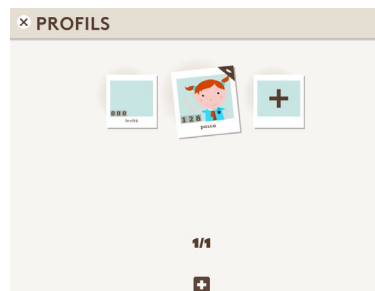


Fig26

✕ RÉGLAGES

LANGUE

☐  ☐ 

☐  ☐ 

☐  ☐ 

☐  ☐ 

☐  ☐ 

☐ 

CHIFFRE MAXIMUM

☐ 0-10 ☒ 0-20 ☐ 0-50 ☐ 0-99

LIENS INTERNET

☐

Désactive tous les liens internet

CHRONOMETRE

☐

Désactive le chronomètre dans les jeux

OPÉRATIONS

Additions ☐

Soustractions ☐

Doubles & Moitiés ☐

Désactive les activités correspondantes

TABLES

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☒ Doubles

Désactive les tables correspondantes (+ et -)

✕ RÉGLAGES

ADDITIONS

LES TIMBRES ☐

LE BOULIER ☐

L'ARDOISE ☐

SOUSTRACTIONS

LES TIMBRES ☐

LE BOULIER ☐

L'ARDOISE ☐

LANGUE

☐  

☐  

☐  

☐  

☐  

☐ 

RÉGLAGES AVANCÉS

LIENS INTERNET ☐

Désactive tous les liens internet

CHRONOMETRE ☐

Désactive le chronomètre dans les jeux

✕ RÉGLAGES AVANCÉS

RÉGLAGES AVANCÉS ☐

Ces réglages se substituent aux niveaux automatiques dans les jeux

CHIFFRES

Minimum ☐ 100 ☐ 1 000

Maximum ☐ 999 ☐ 9 999

NOMBRE DE TERMES (LIGNES)

Minimum ☐ 3 ☐ 4

Maximum ☐ 3 ☐ 4

TYPE D'OPERATION

STATIQUE (SANS RETENUE) ☐

DYNAMIQUE (AVEC RETENUE) ☐

ZERO ☐

Inclut des nombres avec des zéros

Fig27

Dans l'idéal, Axel, qui est très en retard par rapport à son niveau scolaire, aurait tout à gagner à continuer de s'entraîner à la maison sur les applications que je lui ai fait découvrir. Les tablettes tactiles se démocratisent de plus en plus de nos jours et si ses parents en ont déjà acheté une pour un usage personnel, l'ensemble des applications présentées et analysées ici ne leur reviendrait à guère plus d'une dizaine d'euros, c'est à dire moins qu'une seule séance de cours particulier et évidemment bien moins qu'acheter en boutique le matériel traditionnel ou de l'inscrire dans une école Montessori. Cette pédagogie si « élitiste » en France pourrait enfin se démocratiser grâce aux applications!

Évidemment, il n'est encore question que d'une petite minorité de familles concernées : la plupart des parents ne comptent pas acheter de tablettes pour des raisons le plus souvent financières, mais aussi éthiques ou, tout simplement de priorité et de centre d'intérêt (ou alors ne souhaitent pas la mettre entre les mains de leurs enfants). Aussi, ce système a ce fâcheux désavantage de favoriser,

comme toute innovation, la fracture numérique.

CONCLUSION

En définitive, les deux versions, physiques et numériques pourraient bien être complémentaires, chacune compensant les défauts de l'autre. La version numérique permet de renforcer l'encadrement des activités ainsi que d'assurer l'autonomie que nécessite la pédagogie Montessori. Elle permet aussi un suivi personnalisé de l'enfant et facilite la continuité école-maison pour les familles qui en ont les moyens. La version physique traditionnelle garde ce formidable avantage de pouvoir être bricolé avec trois fois rien, être mis en place soi-même et ajusté au caractère et au profil de son enfant. La version numérique ne peut également pas (encore) remplacer l'aspect tactile du matériel physique mais propose d'autres manières d'utiliser le sens kinesthésique et en profite pour faire appel, en fonction des besoins, à d'autres sens, plus adaptés au multimédia, tel que l'ouïe par exemple.

Les applications numériques Montessori permettent la communication et la démocratisation d'une pédagogie qui n'a pas (pas encore) réussi

à trouver sa place dans les écoles publiques françaises et qui est, pour des raisons financières et culturelles, encore trop réservée à une élite. Plus largement, les pédagogies alternatives pourront trouver, dans les outils numériques, une nouvelle voie d'expression et se feront peut-être, grâce aux nouvelles technologies, une place dans l'éducation nationale de demain.

Grâce à cette étude, je sais à présent vers quelle direction orienter mon projet de mémoire. J'ai envie de créer un jeu qui réunira le physique, pour ses avantages conviviaux et sensoriels et le numérique, pour ses bénéfices en terme d'enthousiasme (aspect magique), d'encadrement didactique, de contenu et de suivi personnalisé. Le format de la tablette me semble cependant limiter les possibilités de création et n'est pas conçu pour la configuration d'un groupe qu'implique le jeu de société(fig:photo de l'atelier). La pédagogie Montessori aura certainement une grande influence sur mon projet puisque ses méthodes dédiées aux mathématiques m'ont semblé très abouties. Je tiens également à m'inspirer de toutes les pédagogies étudiées dans mes recherches précédentes, et, bien sûr, de toutes les autres idées qui pour-

ront potentiellement venir se greffer à mes réflexions, au fur et à mesure que le projet prendra forme.

UN JEU DE SOCIÉTÉ POUR DONNER OU REDONNER LE GOÛT DES MATHS

UNE COLLECTION DE 8 MINI-JEUX À LA
FRONTIÈRE ENTRE LE TANGIBLE ET LE NUMÉRIQUE

INTRODUCTION

Pourquoi le jeu de société?

Tout le monde le sait, le jeu est le meilleur des vecteurs d'apprentissage. Concevoir un jeu de société comme projet de mémoire m'est donc très vite venu à l'esprit. De plus, comme la création graphique, le jeu de société réunit à la fois le fond et la forme, le concept et l'esthétique. Et comme dans le milieu de la communication, un bon jeu de société se base sur un concept disruptif, un changement de paradigme.

Le défi, à présent lancé, est aussi pour moi

l'occasion de m'orienter dans un secteur qui me plaît et qui a, aussi bien humainement qu'économiquement, de l'avenir¹.

Le but sous-jacent de ce projet de jeu serait éducatif mais il ne peut être néanmoins

l'unique point de départ de mes recherches.

En effet, pour qu'un jeu soit intéressant et plaisant, il faut trouver un concept simple

et innovant. **L'aspect éducatif ne doit**

être qu'une conséquence, qu'un effet

secondaire du jeu.

Liens avec la partie théorique du mémoire

Les pédagogies que j'étudie dans le mémoire

me semblent être un bon point de départ

pour la réalisation de ce projet. Ce dernier

s'inspirera donc des théories de Stella

Baruck, d'Anne Siety, d'Isabelle Peloux, de

Maria Montessori et surtout de la théorie

1 Asmodée, un des plus grands éditeurs français du jeu de société, emploie aujourd'hui près de 180 personnes et a réalisé en 2012 un chiffre d'affaires de 110 millions d'euros, en croissance de 13% par rapport à l'année précédente et multiplié par 2,6 en 5 ans - Boursier.com

des intelligences multiples du psychologue
du développement Howard Gardner.

La forme que prendra le projet

Les notions qu'abordera le jeu s'inspireront
du programme mathématiques du cours
primaire (écriture des chiffres, addition,
soustraction, échelles de grandeur, formes
géométriques, traçage de formes).

Je voulais également que le projet s'inspire
dans sa structure de la théorie des
intelligences multiples d'Howard Gardner.
Cette théorie qui suggère qu'il existe 8
formes d'intelligences différentes que nous
avons tous plus ou moins développées en
nous, permettrait d'aborder une même
discipline, les mathématiques, sous 8 angles
différents.

Au lieu de créer un unique jeu patchwork
qui tenterait de combiner l'esprit des huit
intelligences, les pédagogies évoquées
précédemment et toutes les notions
mathématiques du programme du CP,

Frédéric Henry, un auteur de jeu de société, m'a conseillé de préférer le format de la collection. Chaque mini-jeu aurait donc sa propre spécificité et s'inspirerait d'une des intelligences de Gardner. Le terme « s'inspirer » est très important : il ne s'agit pas de se calquer sur cette théorie mais de la concevoir comme un point de départ. Pour s'en éloigner, un travail sur le vocabulaire est donc primordial. Les intelligences sont renommées (ex : « verbo-linguistique devient « papot'idée »). La collection s'appellera quant à elle : « Les intelli-trucs, 8 trucs pour reprendre goût aux maths ». Le joueur pourra ainsi trouver, parmi ces 8 angles d'approche, celui qui lui correspond le mieux, celui qui lui plaît le plus, ou la combinaison de mini-jeux qui lui plaît le plus. Inversement, un joueur peut vouloir approfondir des intelligences qu'il estime trop peu développées chez lui. Chaque mini-jeu serait donc à la fois autonome et inscrit dans une cohérence de groupe. Enfin, le principe de la collection est attrayante chez les enfants, intéressante à

traiter graphiquement mais permet aussi de relativiser l'ampleur que prend le projet. En effet, j'ignore encore si en quatre mois j'aurais le temps de concevoir entièrement les 8 mini-jeux : certains seront sans doute plus approfondis que d'autres mais l'esprit de la collection sera présent.

EN BREF

Chaque mini-jeu s'inspirera d'une des 8 intelligences de Gardner (+ de certaines pédagogies), et comprendra un thème (une histoire), un graphisme, des règles, un matériel physique et une dimension numérique.

Je compte éventuellement concevoir la communication de ces jeux.

ANNEXE

PARTIE I

Compte-rendu de l'atelier du 17 décembre en classe de CP

ATELIERS EN CLASSE DE CP

JEUX & ACTIVITÉS AUTOUR DES MATHS

Un objectif pédagogique double :

D'une part le but était de proposer aux enfants de découvrir les mathématiques à travers des supports variés et qui sortent des moyens utilisés habituellement en classe.

D'autre part je souhaitais initier les enfants à la notion d'intelligences multiples à travers un travail de création artistique.

Ces expériences furent également bénéfiques pour mes recherches dans la mesure où j'ai pu observer l'accueil qu'on fait les enfants à chaque type d'ateliers et à la théorie des I.M.

Quelles activités?

En ce qui concerne les activités mathématiques:

J'ai mis en place trois ateliers:

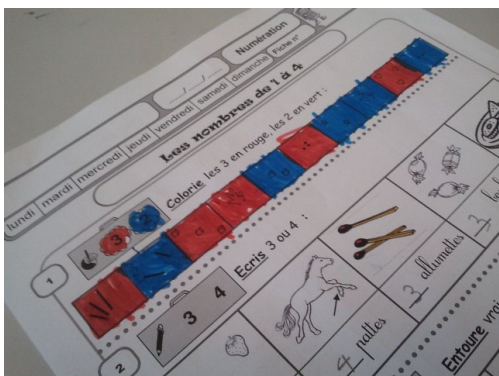
- n°1 : médium papier, atelier d'exercices-jeux tirés des manuels de Stella Baruck (enfants en autonomie), 15 enfants
- n°2 : atelier avec des jeux de société (semi-encadré), 4 enfants
- n°3 : atelier avec des outils numériques (encadré et surveillé), 4 enfants

En ce qui concerne l'atelier sur les intelligences multiples:

- n°4 : atelier d'art plastique (7 enfants)

Introduction des ateliers

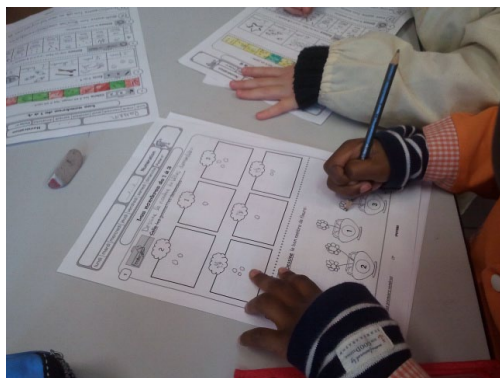
- Explication de ma venue dans la classe (2min)
- Échanges avec les enfants sur le numérique («avez-vous déjà joué/ utilisé des tablettes, des ordinateurs?», «vos parents vous ont-ils acheté des jeux sur tablettes?»)
- Présentation et explication de chaque atelier (8 min)



← Atelier n°1 Exercices-jeux sur papier



La maîtresse est sollicitée par des enfants qui n'ont pas compris les consignes écrites des exercices (alors que je pensais que les enfants seraient davantage autonomes pour cet atelier).



→ Atelier n°2 Jeux de société

Make 'n' break



Dobble



Fait travailler :
-Les réflexes
-la mémoire
-la logique

Ces deux jeux font travailler :
-la «géométrie»
-la visualisation dans l'espace
-la logique

Gagne ton papa



JEUX AYANT OBTENU
LE PLUS DE SUCCÈS

**Matériel concret
montessori- jeu de base**

Fait travailler :
-l'appropriation du système décimal
-Le sens du calcul de jeu.



Little circuit



Fait travailler :
-Le rôle du zéro, le déplacement
sur un plateau de jeu.



Jeux conseillés et prêtés par :



Compte-rendu de l'atelier :

Une fois les principes des jeux de construction expliqués, les enfants ont fait preuve d'une grande autonomie et se sont bien amusés.







Le dobble a bien fonctionné mais créait beaucoup de conflits. La durée de vie de Little Circuit était très faible (les enfants s'en sont très vite lassés).

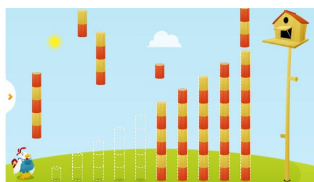
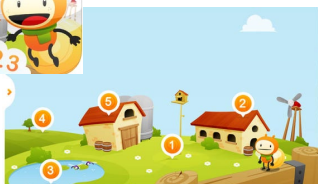
Quant au matériel Montessori, je n'avais pas encore les connaissances adéquates pour mener cette activité.

De plus ce matériel ne s'adresse pas à un groupe et, comme il ne s'agit pas vraiment non plus d'un jeu de société, personne n'a eu envie d'y toucher. C'est pourquoi je compte retourner très prochainement dans cette classe afin d'organiser un atelier en petit comité avec plusieurs matériels Montessori pour pouvoir bien prendre le temps d'accompagner les enfants.

→ Atelier n°3 Applications éducatives



Play & learn to count

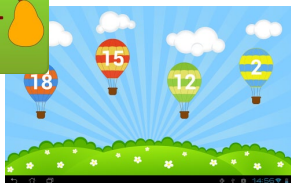


J'ai sélectionné les applications suivantes :

SamSam Mission Héros
Cosmique (édition Bayard),
Calcul Mental avec MathMathews
(édition Kiupe), deux applications
inspirées de la pédagogie
montessori, Play & Learn to
Count (édition Loupiote) et Les
Nombres montessori (édition
l'Escapadou) et une application
indépendante, Kids Numbers and
Math (édition Intellijoy).



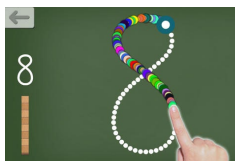
Kids numbers and maths



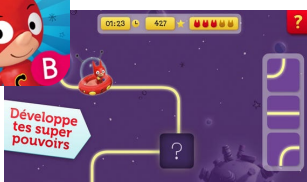
Calcul Mental avec MathMathews



Les Nombres montessori



SamSam Mission Héros Cosmique



Compte-rendu de l'atelier :

L'application la plus appréciée fut celle de Sam Sam, l'application la moins «éducative» et la plus «ludique» de ma sélection. Comme on pouvait s'y attendre, l'application indépendante fut la moins jouée par les enfants («Kids Numbers and maths»).

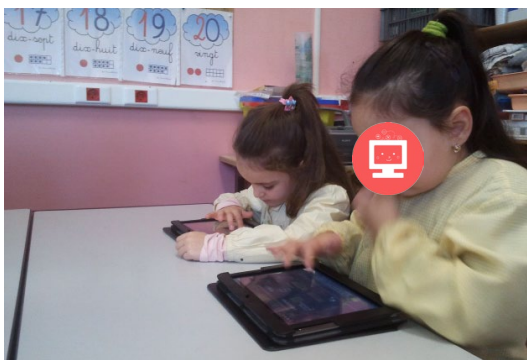
L'application «Les nombres montessori» aurait sans doute mieux fonctionnée si il n'y avait pas eu des problèmes de réglages sonores (le jeu est guidé par une voix). Comme pour le matériel Montessori, cette application nécessite un approfondissement dans une nouvelle intervention.

Je suis mitigée quant à Play and Learn to Count. Les activités s'inspirant de la pédagogie montessori fonctionne bien mais d'autres sont vraiment mauvaises : voici une mare riche en éléments de décor, surplombée d'une série de chiffres de 1 à 10. Une voix indique de placer successivement les nombres sur les nénuphars, la grenouille, etc. Or, il n'y a aucune relation entre la quantité numérique que représente chaque nombre et l'élément de décor auquel il est affilié spatialement. Pourtant dans



la marre il y a une grenouille, deux nénuphars, trois roseaux... Mais non, la voix ordonne de placer le nombre « 4 » sur les trois roseaux ! Ce n'est peut-être qu'un détail, mais un détail suffisant pour semer le trouble dans l'esprit d'un enfant.

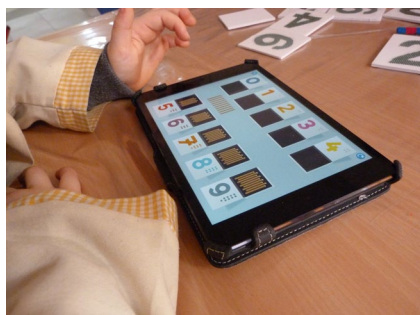
La déception la plus inattendue demeure celle de MathMathews. Plébiscitée sur un site de référence en matière d'application pour enfants pour son aspect graphique, immersif et attractif, MathsMathews ne fait en réalité qu'alterner des phases de jeux de plate-forme 2D d'ailleurs assez pauvre en terme d'inventivité (Nintendo a fait bien mieux dès les premiers opus de Super Mario Bros, il y a maintenant plus d'une vingtaine d'années) et des phases d'exercices très classiques constituées de calculs standards à résoudre. Aucune innovation. Les exercices sur papier ont été simplement transposés sur écran. L'aspect séduisant de l'aventure de l'application Math Mathews - Calcul mental, fonctionne, c'est indéniable. Mais l'enthousiasme n'est pas créé par une découverte liée au plaisir de faire des maths. Ce n'est, ni plus ni moins que le système de la carotte et du bâton 2.0. Pire, ce jeu pourrait bien développer ou confirmer un désintérêt latent pour le calcul puisque, ce qu'il y a d'intéressant et de stimulant dans cette application, c'est le jeu et non les maths !

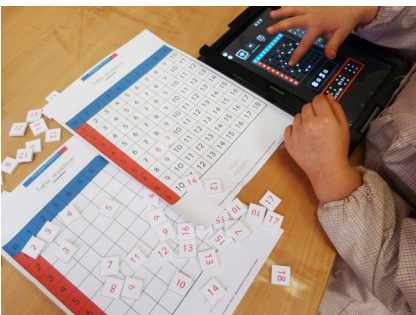
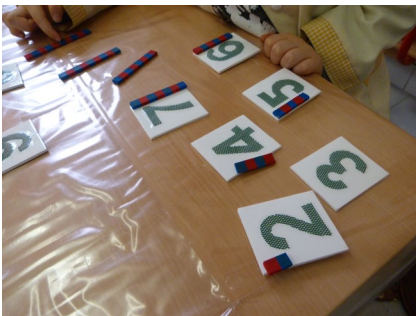
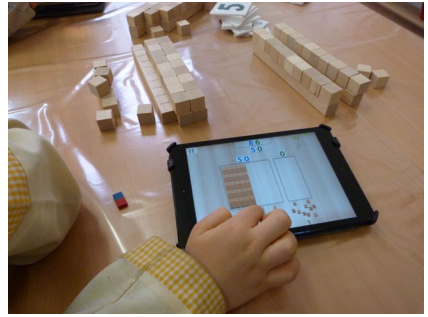
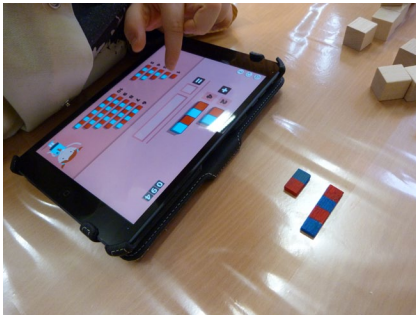


ANNEXE

PARTIE II

L'atelier Montessori avec 3 élèves de CP





INTERVIEW DE PIERRE ABEL, CRÉATEUR DE L'ESCAPADOU

> L'APPELLATION MONTESSORI

Quelles ressources avez-vous utilisées pour adapter le matériel mathématique Montessori sur tablette ? (conseil d'un éducateur Montessori, formation, livres, expériences sur le terrain?)

En premier : apprentissage de l'utilisation du matériel physique avec livres et éducateurs montessori, puis expérience sur le terrain avec ce matériel (mes enfants).

Ensuite, je fais l'adaptation pour exploiter les fonctionnalités offertes par la tablette. C'est alors un travail pour voir ce qui peut être automatisé pour pouvoir offrir une réelle autonomie à l'enfant.

Il y a aussi tout un travail pour rendre l'application intéressante pour les enfants (si c'est trop «sec» les enfants ne vont pas accro-

cher), notamment à travers des interactions amusantes.

L'appellation Montessori est-elle soumise à un contrôle? (Label?)

Non

> RÉALISATION DE L'APPLICATION

Comment avez-vous sélectionné, parmi les nombreux matériels Montessori dédiés aux mathématiques celui que vous utilisez dans votre application?

C'est celui de base pour la compréhension des nombres, et celui qui me semblait le plus se prêter à une adaptation sur tablette.

Pourriez-vous me résumer chronologiquement vos étapes de travail : de l'idée créative à la réalisation ? (comment formalisez-vous les scénarios d'interactivité avant des les programmer puis de les habiller ?)

1 - analyse du marché et des besoins (il n'y a pas que la création qui est importante mais aussi la rentabilité !)

2 - Je fais rapidement les personas et les

scénarios d'utilisations (use cases) car j'ai pas mal d'expérience en la matière, donc ce sont vraiment des brouillons sur lesquels je reviens rarement. Ceci n'est pas à faire quand on est débutant !

3 - prototypes sur papiers - très nombreux prototypes !

4 - prototypes interactifs - et très nombreuses itérations (50?). J'ai la chance de pouvoir faire toutes les étapes du travail, mais celle-ci est vraiment celle qui «forme» l'application. L'utilisation d'un prototype interactif, même basique, est vraiment ce qui donne le plus d'idées, d'intuition et permet aussi de bien tester (avec des enfants et des parents) assez tôt.

5 - habillage (mais qui se fait plutôt en parallèle avec le 4)

L'activité qui consiste à écrire les chiffres avec le doigt s'inspire-t-elle du matériel des «chiffres rugueux»?

Oui - et on peut voir que le sens du toucher a été remplacé par l'ouïe (vu que le feedback du toucher est impossible sur tablette)

Si vous deviez ajouter une autre activité

à l'application, qu'elle serait-elle?

Les opérations, mais d'un point de vue business il faut mieux faire une autre applications vu le très bas prix des apps.

> LA CONCURRENCE

Qu'est-ce qui vous démarque des autres Montessori Apps qui portent sur les maths?

(pas de réponse)

> LE MATÉRIEL ORIGINAL/

CONCLUSION

Comment se positionne votre application par rapport au matériel original dit «concret» ou «sensoriel»? (fonctionne-t-elle comme une continuité du matériel original ou au contraire, en est-elle indépendante?)

Pour moi, le matériel est une base de départ et permet de partir sur des bases pédagogiques solides - ce n'est donc pas indépendant puisque qu'on réutilise le matériel. Une continuité, je ne sais pas. Le mot est un peu fort. L'idée est d'apporter un peu de magie à ce matériel, de faire ce que ferait un «faci-

litateur»/profs Montessori en guidant et en montrant comment marche le matériel pour que l'enfant soit autonome dans son apprentissage.

Que gagne le matériel Montessori à être sur écran d'après-vous?

C'est un autre outil une fois sur l'écran. Il y gagne en «magie» comme j'ai dit précédemment, il permet d'être interactif. Il y perd en manipulation qui est moins «physique» . On peut (on doit) aussi ajouter du «fun» pour pousser les enfants à l'utiliser.

Avez-vous des éléments, des anecdotes à ajouter?

Il y a des éducateurs Montessori qui adorent mes applications, d'autres qui ne jurent que par le matériel en bois. A la fin, j'ai beaucoup de retours très positifs sur mes apps par des parents et des éducateurs, et c'est le principal ! D'autre part, je pense que beaucoup de gens découvrent le matériel Montessori à travers des apps, et c'est donc positif vu que je pense que c'est un matériel très intuitif.

ANNEXE

PARTIE III

Recherches graphiques et croquis

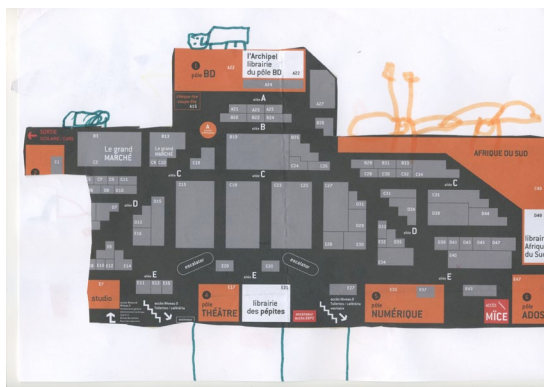
J'ai commencé des recherches graphiques pour définir l'identité de la collection de jeu. Pour cela, j'ai organisé un atelier sur les intelligences multiples avec la classe de CP avec laquelle je travaille depuis le début de l'année. J'ai élaboré des moods-board sur les intelligences multiples que j'ai présenté aux enfants. Je leur ai ensuite demandé de choisir un thème (=une intelligence) et de faire un dessin (collage, feutres, crayons de couleurs). Vous pouvez retrouver le compte-rendu de cet atelier sur la page facebook que j'ai créé sur mon mémoire ([facebook.com/mathsetnumerique](https://www.facebook.com/mathsetnumerique)).





Sélection de dessins





*Je me suis ensuite inspirée des dessins
des enfants pour créer des pictogrammes
d'intelligences multiples.*



Visuo-spatial



Corporel-kinesthésique



Logico-mathématiques



Verbal-linguistique



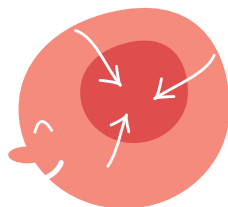
colo-naturaliste



Musicale

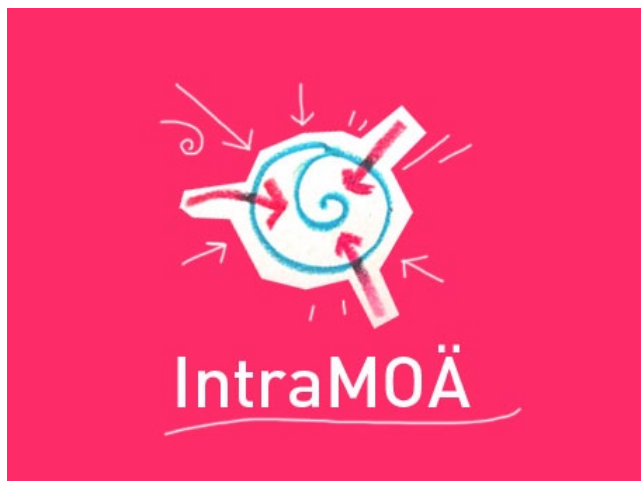


Inter-personnelle

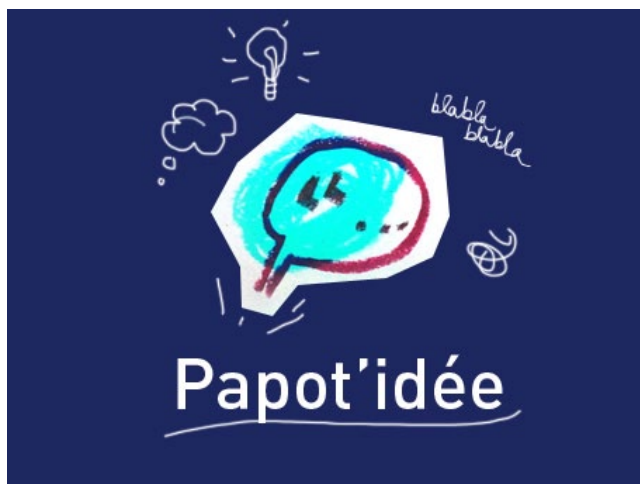


Intra-personnelle

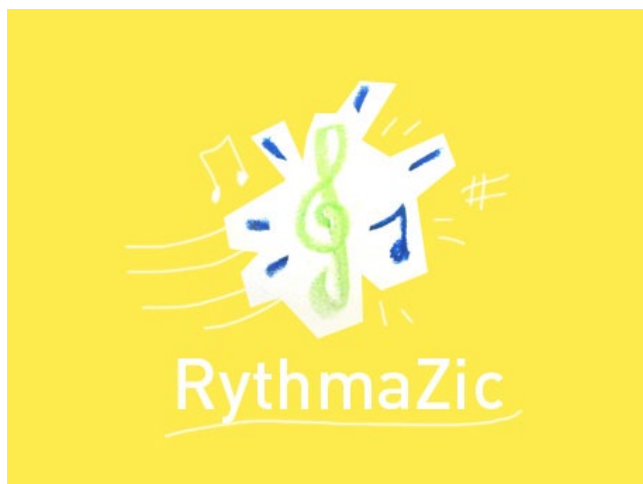
Autre axe de recherche :



(intelligence intra-personnelle)



(intelligence verbalo-linguistique)



(intelligence musicale)

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- > *La bosse des maths : 15 ans après*, Stanislas Dehaene, Odile Jacob, 2010
- > *Les grands pédagogues : de socrate aux cyberprofs*, Georges Minois, Audibert, 2006
- > *Les intelligences multiples, pour changer l'école: la prise en compte des différentes formes d'intelligence*, Howard Gardner, RETZ, 1993
- > *Échec et maths*, Stella Baruk, Seuil, 1973
- > *Mes premières mathématiques avec Némoto et Mila CP*, livre d'exercice, Stella Baruk, Magnard, 2012
- > *La bosse des maths*, Stanislas Dehaene, Odile Jacob, 2010
- > *Qui a peur des mathématiques?*, Anne Siety, Denoël Méditations, 2012
- > « Enseigner et apprendre les mathématiques avec les TICE : enjeux didactiques et évolutions », *Les TICE au service des élèves du primaire*, Jean-Louis Durpaire, SCEREN CNDP, Les dossiers de l'ingénierie éducative, 2008
- > *Montessori pas à pas : Le calcul et les maths*, Sylvia Dorance, École Vivante, 2012

> *Réalité virtuelle et conception*, Philippe Fuchs et Simon Richir, Ed. Techniques Ingénieur, 2003

ARTICLES DE PRESSE

- > «Edition spéciale: Génération numérique ces enfants mutants», Sciences humaines, Oct./nov.
- > «La pédagogie Montessori», Aude Chabrier, Bubblemag, magazine trimestriel, 2013

ARTICLES WEB

- > « Troubles des apprentissages : dyslexie, dysorthographe, dyscalculie », www.inserm.fr, 2013
- > « OSONS LA pédagogie numérique! » article web rédigé par Jean-Michel Fourgous, député-maire d'Elancourt, lemonde.fr, 2011
- > « Quelles écoles pour demain? » recueil d'articles web, Regards sur le numérique (www.rslnmag.fr)
- > « Pour ou contre le numérique à l'école ! » article web, Bibliothèque Centre Pompidou (www.bpi.fr)
- > « Faire entrer l'école dans l'ère du numérique », pdf en ligne, le Gouvernement (education.gouv.fr)

- > « Pour les maths, le redressement commence avec les programmes du primaire », Rémi Brissiaud, article web, www.cafepedagogique.net, 2013
- > «L'intuition mathématique, c'est comme une transe», Anne Diakhtine, interview de David Bessis, www.liberation.fr, 2012
- > « L'école inversée ou comment la technologie produit sa disparition », Xavier de la Porte, blog internet actu, lemonde.fr
- > «Keeping track of reality», Dr Jon Simon, University of Cambridge's Department of Experimental Psychology and Behavioural and Clinical Neuroscience Institute, 5 novembre 2011

DOCUMENTAIRES & VIDÉOS

- > *Quels enfants laisserons-nous à notre planète?* Anne Barth, film documentaire, 2010
- > *Être et avoir*, Nicolas Philibert, film documentaire, 2002
- > *André Stern*, interview youtube pour Moodstep, 2013
- > *La smart école d'EM Normandie*, vidéo youtube, TheEmnormandy, 2013
- > *Comment j'ai détesté les maths*, Olivier Peyon, film documentaire, 2012

CONFÉRENCES, EXPOS & ATELIERS

- > *D'où viennent les mathématiques? Corps, esprit et imaginaire*, Raphaël Núñez, conférence au Télécom Paris Tech, 2014
- > *Les nouvelles technologies : révolution culturelle et cognitive*, conférence youtube de Michel Serres, 2007
- > *Peut-on étudier avec le numérique?*, forum participatif à la Cantine (75), 16/09/13
- > *L'univers des mathématiques, mathématiques de l'univers*, ateliers, conférences, expositions, projections et spectacles pour enfants et adultes à Issy-les-moulineaux pendant le mois d'Octobre 2013
- > *Mathématiques et bonheur des sens*, conférence, Stella Baruk
- > *Regards dans les espaces de dimension 3*, Soirée-exposition interactive, Pierre Berger (CNRS) et son équipe d'ingénieurs, 2013
- > *1, 2, 3 : Nous irons au bois*, Françoise Kimmich, atelier pour enfants
- > *Salon du livre de la jeunesse*, à Montreuil, 2013
- > *Salon éducaTICE*, porte de Versailles, 2013

ICONOGRAPHIE ARTISTIQUE

- > *The Beauty of Mathematics*, Parachutes, vidéo réalisée par un studio parisien de graphisme et production vidéo, 2013
- > *Axiom and simulation*, série photographique, Mark Dorf, 2012

**PAGE FACEBOOK CONSACRÉE À MES
RECHERCHES THÉORIQUES ET PLASTIQUES :**

FACEBOOK.COM/MATHSETNUMERIQUE