

# L'apprentissage à la Renaissance numérique

IDRISS ABERKANE, SERGE SOUDOPLATOFF [1]

*Les modèles traditionnels d'organisation, très hiérarchisés, sont en voie d'obsolescence, concurrencés par les réseaux, plus horizontaux et donc plus propices à la diffusion de l'information, maître mot des temps nouveaux. Dans le même temps, la connaissance du cerveau humain a considérablement progressé, nous révélant que les TIC pourraient bien être mieux adaptées aux capacités d'apprentissage de ce dernier, par leur faculté à en mobiliser d'autres zones que celles du seul langage, oral ou écrit. Le cerveau aussi travaille en réseau...*

## Dans le temps

Le numérique et l'apprentissage ont toujours eu des relations passionnelles. Rappelons que le numérique est né vers le II<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., lorsque des humains décidèrent d'arrêter de communiquer par des dessins, créant alors un ensemble de symboles abstraits, un alphabet.

La manière dont ces alphabets ont été créés est relativement bien connue, et est décrite dans divers ouvrages. Leurs chronologies, leurs interdépendances, leurs filiations forment un complexe mêlant des systèmes symboliques, des systèmes cunéiformes, des systèmes alphabétiques (voir « En ligne »).

L'Égypte antique utilisait en parallèle un système figuratif, les hiéroglyphes, lequel mêlait des transcriptions phonétiques et des représentations symboliques, comme le chinois, et un système cursif, le hiéroglyphique, qui simplifiait la tâche d'écriture [1]. Le hiéroglyphique a donné à son tour naissance au démotique, plus proche d'un alphabet, vers - 650.

Deux siècles plus tôt, les Grecs, à l'inverse, ne poursuivent pas le trop complexe linéaire B, et stabilisent un alphabet, directement issu de l'alphabet phénicien. De cet alphabet, ils gardent la forme des lettres, les sons associés,

[1] Cofondateurs de Scandéria, développeur de « jeux qui permettent à la fois de s'amuser et de s'instruire » ([www.scanderia.com/fr](http://www.scanderia.com/fr)). Courriels : [idriss@scanderia.com](mailto:idriss@scanderia.com) ; [serge@scanderia.com](mailto:serge@scanderia.com).

et la séquence alphabétique. Surtout, ils ajoutent une immense innovation : la voyelle. L'alphabet grec est simple et efficace.

Cette simplification est importante pour le partage des connaissances, et donc pour l'évolution de la civilisation. Un alphabet trop complexe le réserve à une élite, qui a le temps de passer par un apprentissage sophistiqué. À l'inverse, un système plus simple non seulement permet son appréhension par le plus grand nombre, mais libère le cerveau pour appréhender les usages de l'alphabet, au lieu de le monopoliser sur son décodage.

Au contraire des hiéroglyphes, réservés à une caste supérieure, l'alphabet grec a vocation à être diffusé plus largement. On le voit par exemple au travers d'une des lois du législateur grec semi-légitime Charondas, sur l'enseignement : « Il ordonna que tous les fils de famille apprendraient à lire et à écrire sous des maîtres gagés par le public : car il jugeait bien que, sans cette condition, ceux dont les parents ne seraient pas en état de payer les maîtres seraient privés de cet avantage. Il était persuadé avec raison que cette connaissance doit précéder toutes les autres : car c'est par l'écriture que s'exécutent les choses les plus utiles de la vie » (Diodore de Sicile, *Histoire universelle*, trad. abbé Terrasson).

Il est d'ailleurs intéressant de citer la suite de l'analyse de Diodore de

## mots-clés

éducation, pédagogie

Sicile à propos de l'art de l'écriture : « C'est par lui seul que les actions des morts illustres demeurent dans la mémoire des vivants ; que ceux qui sont les plus séparés les uns des autres par la distance des lieux, se rendent présent à leurs amis, et conversent avec eux ; que les guerres les plus vives se terminent entre les rois et les nations, et se changent par la foi des traités et des signatures mutuelles en une paix solide et durable ; que les sentences et les maximes des sages, les réponses des dieux, les leçons de toute espèce de philosophie passent dans tous les pays et sont transmises à la postérité la plus éloignée. » On pourrait remplacer « l'art de l'écriture » par « le numérique » sans changer le sens profond de cette phrase ; on attend juste que les gouvernements actuels en comprennent l'importance pour signer des traités via Internet...

La simplicité de cet alphabet, lié à une diffusion élargie, permet entre autres l'explosion des connaissances, qui se cristallise à Alexandrie. Elle facilite l'émergence de penseurs qui ne sont pas forcément issus d'une grande noblesse ou d'une élite. Pythagore est fils de ciseleur, Socrate fils de sculpteur, Épicure fils d'enseignant, Aristophane fils de soldat-citoyen, Archimède fils d'astronome, et on ne sait pas grand-chose de l'origine d'Euclide.

Néanmoins, il faut citer Socrate, qui refusait l'alphabet parce qu'« il ne véhicule pas la connaissance, mais

HIÉROGLYPHIQUES	HIÉRATIQUES	HIÉROGLYPHIQUES	HIÉRATIQUES	HIÉROGLYPHIQUES	HIÉRATIQUES

[1] Le passage de l'écriture hiéroglyphique à l'écriture hiératique (d'après Champollion)

l'illusion de la connaissance », d'où son enseignement purement oral, avec des jeunes gens qui marchaient autour de lui, les péripatéticiens. Socrate était l'un des premiers enseignants conservateurs, qui refusaient le numérique.

Il y a une autre raison à l'importance de cette simplification. Depuis peu, les neurosciences nous permettent de mieux comprendre les mécanismes mis en œuvre dans le cerveau pour réaliser des tâches complexes. Le rôle fondamental dans l'apprentissage de l'écriture de la relation entre les phonèmes et les graphèmes a été montré (voir, sous la dir. de Stanislas Dehaene, *Apprendre à lire : Des sciences cognitives à la salle de classe*, Odile Jacob, 2011). Apprendre à lire nécessite un « recyclage » d'une partie du cerveau, qui était initialement destinée à la reconnaissance des formes, essentiellement des objets et des messages. On peut penser que plus ce recyclage est facilité, plus le cerveau garde sa capacité d'effectuer d'autres tâches complexes. À l'inverse, lorsque la tâche d'association des formes visuelles, des phonèmes et du sens est compliquée, le cerveau est trop mobilisé pour ce décodage, et l'est moins pour d'autres processus.

Sans alphabet, il n'y aurait pas d'informatique : les ordinateurs sont les supports de programmes qui eux-mêmes sont basés sur de la logique mathématique, et traitent des 0 et des 1 ; ces programmes s'écrivent selon des langages qui obéissent à des grammaires formelles. Les ordinateurs, et les réseaux, sont basés sur des alphabets qui, eux aussi, ont été conçus pour représenter le plus efficacement des connaissances, sous formes de contenus textuels, audio, images, vidéo, et maintenant sensoriels.

Cette faculté de transmettre de l'information et du savoir autrement que par le texte est l'une des plus grandes opportunités d'innovation pédagogique que le numérique nous offre, puisqu'elle permet de communiquer avec le cerveau par bien d'autres canaux que le texte, réalisant ainsi ce que les chercheurs nomment la *brain ergonomics*, qui sera décrite plus loin. Par un retour amusant de l'histoire, c'est la revanche de Socrate qui se produit actuellement.

## Dans l'espace

Les innovations technologiques ont toujours permis, in fine, de faire face aux grands challenges qui se présentaient à l'humanité. Les technologies qui ne correspondent à aucun usage n'ont jamais prospéré.

La vie est un constant frottement entre la technologie et ses usages. D'un côté, la technologie, tout comme la science qui la supporte, construit un corpus de connaissances qui s'appuie sur lui-même. À l'inverse, dans le champ social ou celui des sentiments, on aime, on déteste, on commet des erreurs qui semblent toujours les mêmes depuis des milliers d'années. La lecture des auteurs grecs anciens nous impressionnera toujours par leur jeunesse éternelle, comme si les sentiments et les situations n'avaient pas pris une ride, et pouvaient s'appliquer à notre société moderne sans rien y perdre.

Ce qui change, en revanche, c'est le contexte. Nous faisons face, depuis le milieu du xx<sup>e</sup> siècle, à une énorme rupture : la croissance de la population. Le premier janvier 1950, il y avait 2,5 milliards d'individus sur terre. Soixante et un an plus tard, nous dépassons les 7 milliards. Cela a un impact énorme : nous sommes dans un monde où les interactions ont explosé. Nous avons plus d'élèves, plus de clients, plus de partenaires, plus de salariés. Les rues sont de plus en plus saturées de voitures, les transports en commun de plus en plus bondés. Nous vivons dans un monde sous une énorme contrainte.

Un monde sous une telle contrainte doit se réorganiser pour résister à la pression. C'est un système qui est loin de son équilibre thermodynamique, et l'une des conditions pour survivre est de faire circuler l'information efficacement. En prenant le problème à l'envers, beaucoup de grands dysfonctionnements systémiques ne sont pas dus à des manques de qualité, mais à une mauvaise circulation de l'information entre des équipes différentes, que ce soit lors du design ou lors d'opérations. L'échec d'Apollo 13 en 1970 (« *Houston, we've had a problem* ») en est un parfait exemple : un changement de voltage sur le pas de tir n'a pas été transmis à l'équipe de design

de la capsule, ce qui a provoqué une surchauffe et fait fondre une résistance dans un réservoir d'oxygène.

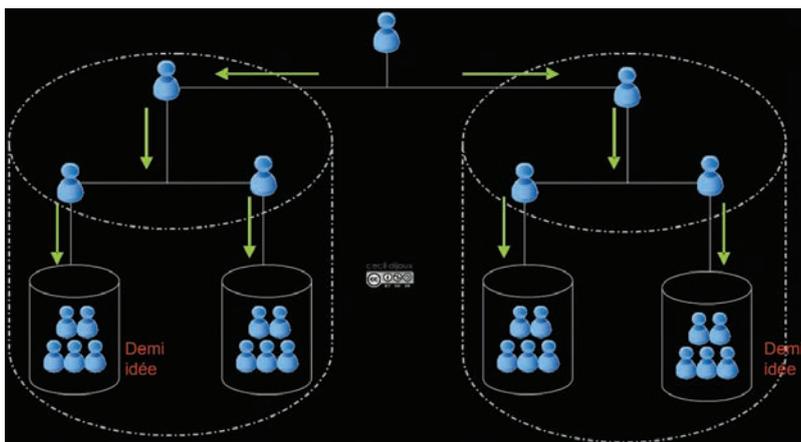
Il y aurait plein d'autres exemples pour montrer que la bonne marche des systèmes nécessite une circulation efficace de l'information, non pas au niveau de managers de haut niveau, mais bien entre toutes les personnes travaillant le long d'un même processus. En ce sens, le modèle hiérarchique se révèle être une catastrophe dans un monde surcontraint, puisqu'il ne fait pas bien circuler l'information. Ceux qui travaillent dans des organisations qui fonctionnent « par silos », divisés en services cloisonnés, le constatent au quotidien **2**.

Internet, parce qu'il est le support de la communauté, parce qu'il permet les échanges entre individus le long d'un processus, parce qu'il est le support d'une intelligence collective, est l'outil dont nous avons besoin. C'est parce que le monde est complexe, et très contraint, que le numérique s'impose comme un nouveau langage, et non l'inverse.

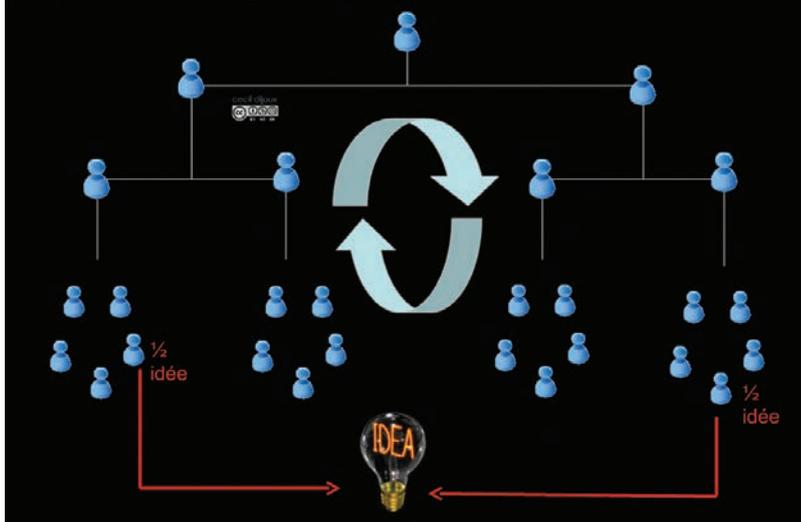
Il nous faut donc abandonner un certain nombre d'idées du passé : la linéarité, la prédictibilité, la reproduction à l'infini de schémas standardisés. Dans une conférence TED célèbre, « *Build a School in the Cloud* », Sugata Mitra nous parle d'un monde « qui repose sur un ordinateur, la bureaucratie. Et pour alimenter cet ordinateur, nous avons inventé un autre ordinateur : l'école » (voir « *En ligne* »). C'est parfaitement légitime dans un monde stable, beaucoup moins dans un monde en équilibre dynamique, en homéostasie. Ce l'est encore moins dans un monde où il faut constamment inventer de nouvelles formes pour maintenir cet équilibre, en autopoïèse.

Dans un tel monde, les organisations hiérarchiques, en silos, ne peuvent plus maintenir cet équilibre, et créer de nouvelles formes. En revanche, des équipes partageant un même objectif sont à même de créer les outils nécessaires pour faire face. Le logiciel libre en est un des exemples les plus évidents.

Dans un tel monde, l'environnement devient plus accidentogène, et



« La suppression des silos agit comme un catalyseur pour l'innovation »  
 (Delphine Manceau) – Rapport sur l'innovation



**2 L'organisation en silos, frein à l'innovation**

chaque erreur peut devenir une catastrophe. L'apprentissage traditionnel, qui développe des automatismes dans une reproduction du passé, doit faire place à la simulation, qui permet la réactivité nécessaire lorsque les changements de l'environnement sont de plus en plus imprédictibles.

Cependant, la révolution technologique n'est rien si elle ne s'accompagne pas de changements de modes d'organisation, voire de culture. Et cela ne se fait pas sans peine. La Renaissance, qui fut un moment d'extrême tension entre la technologie, la science et l'art qui faisaient de magnifiques avancées, l'a été aussi avec les modes de vies très inspirés du religieux qui avaient du mal à accepter le changement ; tout comme en 2014, année où les tensions entre les anciens modèles et les nou-

veaux atteignent un paroxysme qui fige nos sociétés. Nous sommes en train de vivre une Renaissance, une Renaissance numérique.

De même qu'à la Renaissance le rapport au corps a changé, celui-ci pouvant être disséqué, c'est le rapport au cerveau qui est notre plus grand challenge, source de nos plus belles innovations. Tout comme à la Renaissance, cela ne se fait pas sans peurs quant au futur et crispations sur le passé.

**Dans le cerveau**

On croit souvent que les révolutions technologiques sont le fruit d'un ordre immuable, que l'on n'aurait jamais pu faire émerger une nouvelle technologie plus tôt. L'apparition des technologies à travers l'histoire nous prouve pourtant que ce n'est pas tant pour

des raisons matérielles que pour des raisons psychologiques qu'apparaissent les révolutions industrielles. Une technologie est adoptée quand l'humanité est prête à la recevoir, sinon elle est rejetée. Ainsi, les économistes des années 50-60 (Zvi Griliches, Edwin Mansfield, notamment), puis les sociologues (Everett Rogers) ont montré que l'adoption d'une nouvelle technologie au cours de l'histoire a une dynamique sigmoïdale, c'est-à-dire que le moment historique où la moitié d'une population a adopté la technologie est un moment instable, qui précède soit l'adoption massive, soit le rejet massif (voir « En ligne ») **3**.

Si la théorie des ensembles aurait pu naître deux mille ans avant Cantor, que la pile électrique a bien existé au III<sup>e</sup> siècle avant notre ère (la fameuse « pile de Bagdad »), ou que la machine de Pascal aurait pu être inventée dans l'Antiquité, comme le prouve le mécanisme d'Anticythère daté du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C., c'est que les révolutions technologiques posent avant tout un problème intensément psychologique à l'humanité. Comme le prouve l'expérience de conformité de Solomon Asch (voir « En ligne ») et d'autres menées au XX<sup>e</sup> siècle, lorsqu'un individu, ou un groupe, doit choisir soit l'acceptation de la vérité et la sortie de sa zone de confort soit le rejet de la vérité et le maintien dans sa zone de confort, il choisit presque systématiquement le second. Ce principe d'inertie psychologique explique un phénomène très connu dans l'adoption des technologies ou des révolutions scientifiques : tout changement de paradigme passe par trois étapes. Il est d'abord considéré comme ridicule, puis comme dangereux, enfin comme évident. Le droit de vote des femmes ou l'abolition de l'esclavage nous donnent de bonnes illustrations de ce principe, et nous ne devons pas oublier qu'il est toujours à l'œuvre : toute révolution technologique sera considérée comme ridicule par la majorité de la population. Si une idée n'a pas été considérée comme ridicule, puis comme dangereuse par les masses, elle ne peut pas être révolutionnaire.

Comme toutes technologies, les neurotechnologies sont neutres. Elles ne sont ni bonnes ni mauvaises, mais elles sont puissantes. Elles permettent de prédire des comportements, de manipuler des individus comme des foules, et donnent un levier exceptionnel à la pensée et à la décision humaine. Comme la psychologie a été une arme à la fois pour Goebbels et pour la CIA (le tristement célèbre programme MK-Ultra est là pour en témoigner), les neurotechnologies sont aujourd'hui massivement étudiées par le complexe militaro-industriel américain. Mais ce n'est pas une raison pour en rejeter les applications fantastiques, qui vont profondément marquer le XXI<sup>e</sup> siècle, au même titre que la biomimétique et les nanotechnologies, avec lesquelles elles vont grandement interagir.

Le principe des neurotechnologies est l'application concrète des découvertes en neurosciences, c'est-à-dire les sciences qui étudient le système nerveux, bien au-delà du seul neurone. Le système nerveux est une colonie de cellules qui interpénètre notre corps du cuir chevelu à la voûte plantaire, des intestins à la peau, et qui forme, avec notre cerveau et la colonne vertébrale (le système nerveux central, dont l'apex est le cerveau), le corrélat biologique de nos décisions, de nos émotions, de notre pensée, de notre langage, de nos apprentissages, de toute notre activité intellectuelle et de notre personnalité.

Encore aujourd'hui, notre ignorance du cerveau est abyssale – comme à toute époque, l'ignorance de l'humanité est infiniment plus grande que sa

connaissance. Ce que nous connaissons du cerveau nous donne pourtant l'illusion de presque tout en connaître. Mais de même que la physique de 1901 attendait encore la relativité et la théorie quantique, les neurosciences d'aujourd'hui ont encore des découvertes inimaginables devant elles. Et de même que Lord Kelvin refusait de croire à l'existence des rayons X ou au vol d'engins plus lourds que l'air, ce sont les neuroscientifiques d'hier et d'aujourd'hui qui s'opposeront le plus certainement aux neurosciences de demain. La science humaine est ainsi faite, toujours parce que les changements de paradigmes doivent nécessairement être considérés comme ridicules puis comme dangereux avant d'être cyniquement acceptés comme évidents.

La révolution neurotechnologique ne peut plus être arrêtée aujourd'hui. Elle va certes passer dans ce que l'on appelle le « chiasme d'adoption » en économie de l'innovation, moment historique qui peut durer plus d'une décennie durant lequel une technologie est fonctionnelle mais également anonyme, pour diverses raisons dont notamment l'inertie psychologique des foules et des individus. Nous sommes peut-être aujourd'hui dans ce chiasme, qui fait que les neurotechnologies sont encore « sous le radar », ou bien « dangereuses », dans le cas du « neuromarketing », par exemple (voir « En ligne »).

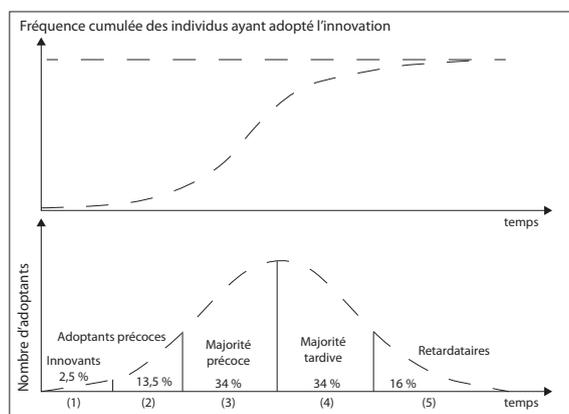
Ces technologies apportent pourtant une meilleure adéquation de la connaissance au cerveau. Pendant des millénaires, nous n'avons pratiquement utilisé que le langage – une fenêtre minuscule sur le cerveau, et qui sature très vite – pour transférer la connaissance. Or soyons très clair : nos modes d'enseignement ne sont absolument pas ergonomiques. Si le cerveau était une main ouverte, nos modes d'enseignement ne stimuleraient qu'une partie du petit doigt. Là se situe le principe de l'ergonomie cérébrale : redistribuer la charge de la connaissance sur plusieurs aires cérébrales physiques et sur plusieurs modules de l'esprit. Cela, bien que des pionniers l'aient expérimenté depuis

des temps immémoriaux, nous apprenons tout juste à le faire scientifiquement (c'est-à-dire d'une façon testable et reproductible) à l'échelle du cerveau, à l'échelle du neurone et de la cellule gliale. Les conséquences en sont absolument fascinantes.

Si les cours d'hier, disons-le clairement, ont chimiquement tordu notre cerveau par leur manque profond d'ergonomie, les cours de demain nous rappelleront un principe simple : jouer est le mode naturel d'apprentissage des mammifères, et la souffrance n'est en aucun cas un corollaire nécessaire de l'ardeur à l'apprentissage.

Or, la connaissance mondiale double en moins de neuf ans – le temps de doublement du nombre de publications scientifiques en Chine se situe entre quatre et cinq ans. Cette croissance exponentielle de la connaissance, qui est une expression de plus de la complexité du monde, nous force à innover dans nos modes de transmission. Là encore, au risque assumé de placer certains lecteurs en dehors de leur zone de confort psychologique, les principes d'enseignement de la III<sup>e</sup> République qui constituent encore, du moins en théorie, l'essentiel de notre système éducatif, sont issus de la révolution industrielle : en aucun cas les humanistes, de Victorin de Feltre à Montaigne en passant par Rabelais, de Vinci, Budé ou Pascal, n'enseignaient ainsi. Ces principes sont totalement dépassés.

Aujourd'hui, en effet, il faut adapter l'enseignement au cerveau, et non pas le cerveau à l'enseignement, ce que nous avons fait pendant les deux derniers siècles. Aujourd'hui, il faut transmettre à la fois beaucoup plus et beaucoup mieux la connaissance. Aujourd'hui, il ne faut plus attendre qu'une connaissance soit morte, c'est-à-dire établie dans des programmes, pour l'enseigner. Il faut au contraire, par exemple, enseigner l'existence de la matière noire et de l'énergie noire dès le plus jeune âge, ce que nos principes d'enseignement en France nous interdisent strictement. Aujourd'hui en effet, et demain plus encore, il faut raccourcir au maximum le temps entre une découverte scientifique et son enseignement. Il faut surtout



**E** La courbe de diffusion d'une innovation selon Everett Rogers

rendre les cours plus agréables au cerveau, s'intéresser à la motivation des élèves, à leur système limbique, aux voies dopaminergiques que les jeux vidéo stimulent très efficacement, et les cours traditionnels pratiquement pas. Aujourd'hui, nous opposons trop souvent encore un monde du divertissement de plus en plus excitant, immersif et profond émotionnellement à une éducation toujours aussi plate qu'en 1905.

Or, si le fils de paysan de 1905 préférerait largement l'émotion d'apprendre la géographie à celle de former des meules de foin, l'étudiant d'aujourd'hui trouve l'enseignement pétri de platitude à côté de ce que les technologies peuvent lui offrir. Nous aurions tort de considérer ces technologies comme dangereuses, puisqu'elles sont, au contraire, potentiellement riches en apprentissage, et qu'un jour leur utilisation sera la norme d'une époque moins barbare que la nôtre. Un jour, en effet, nos cours seront plus compétitifs sur le plan émotionnel que les jeux vidéo eux-mêmes. La réalisation de ce principe est la clé de l'apprentissage moderne. Sa concrétisation est l'enjeu de l'ergonomie cérébrale.

### Dans la classe

Dans le passionnant rapport *L'enfant et les écrans* (voir p. 10 et 40-43), l'académie des sciences met en opposition la culture du livre (favorisant l'unicité, la temporalité, l'identité unique et le refoulement) et la culture des écrans (favorisant la multiplicité, la spatialité, les identités multiples et le clivage). Plus important, il préconise le mélange des deux. Ainsi, lorsqu'un enfant a joué à un jeu vidéo, typiquement une culture de l'écran, il conseille aux parents de lui faire raconter ce qu'il a vécu, le plongeant ainsi dans le narratif, ce qui constitue la culture du livre.

L'apprentissage n'est donc pas un choix entre plusieurs théories, il est un aller-retour, qui devrait se baser sur un couple intuition-rationalisation. La rationalisation est nécessaire : sans elle, nous fabriquerions un monde de fausse science, qui créerait d'un côté des esclaves, de l'autre des dictateurs, et rien entre les deux. Mais

la rationalisation sans intuition crée la science desséchante, elle épuise, donc appauvrit les esprits, et crée d'un côté des élites, de l'autre des rejetés du système. C'est dans cette systémique que l'apprentissage efficace se situera, fait d'allers-retours entre le cerveau gauche et le cerveau droit, pour mieux les connecter.

Les neurosciences montrent que le cerveau utilise une grande partie de ses capacités pour décoder la parole et l'écrit. Il est donc moins disponible pour le véritable travail de structuration nécessaire à tout apprentissage, dans sa phase rationnelle. Tout travail effectué en amont pour faciliter ce travail est bienvenu, d'où l'importance de la phase d'intuition.

C'est dans cette phase d'intuition que le jeu se révèle d'une immense utilité, puisqu'il met en œuvre trois principes qui se révèlent fondamentaux : le « fun », l'engagement, le travail collaboratif. Il ne doit pas essayer de parler au cerveau rationnel. Loin des sudokus, *serious games*, et autres jeux ludo-éducatifs, le jeu doit procurer du plaisir, tout en créant les bonnes connections dans le cerveau, favorisant ainsi un apprentissage rationnel futur. Lorsque celui-ci aura lieu, le cerveau gauche pourra puiser dans les zones du cerveau travaillées par le jeu les éléments nécessaires à la rationalisation, laquelle deviendra moins ardue.

C'est tout l'enjeu des neurotechnologies que de savoir créer les jeux qui peuvent réaliser cette ouverture d'esprit. La plupart des jeux sont soit amusants, comme de lancer des oiseaux sur des cochons, mais ils ne laissent alors aucune trace utilisable, soit au contraire demandent un effort, pour aligner des chiffres dans les cases d'un carré, par exemple, mais ne procurent pas forcément une jouissance. Seule la connaissance scientifique des mécanismes du cerveau permet de créer les jeux qui possèdent les bonnes qualités. Les neurotechnologies sont un domaine encore balbutiant.

### Dans la vie

L'éducation innove beaucoup dans cette Renaissance numérique que nous

vivons actuellement. Comme dans toute phase de tectonique des plaques, rien n'est vraiment stable : Mooc, classe inversée, codesign, travail collaboratif sont autant de tentatives de construire l'éducation non pas de demain, mais d'aujourd'hui ; c'est urgent, car la planète est en surchauffe...

En revanche, cette Renaissance numérique, qui se base sur l'intelligence collective et la féconde, passe par la mise en réseau de toutes les intelligences. Cette mise en réseau nécessite la compréhension de deux fondamentaux : de la systémique d'un ensemble complexe, d'où le rôle important de l'information bien distribuée, et de ce qu'est une intelligence, d'où l'avènement des neurotechnologies.

Nous sommes bel et bien en train de donner naissance à la noosphère de Pierre Teilhard de Chardin. ■

### En ligne

Les biographies des auteurs :

[www.scandieria.com/fr/propres-de-scandieria-2/the-team/](http://www.scandieria.com/fr/propres-de-scandieria-2/the-team/)

Digital Renaissance, le blog de Serge Soudoplatoff :

<http://blog.almatropie.org>

« L'aventure des écritures », un exposition virtuelle de la BnF :

<http://classes.bnf.fr/ecritures>

MITRA (S.), « Build a School in the Cloud », conférence TED :

[www.ted.com/talks/sugata\\_mitra\\_build\\_a\\_school\\_in\\_the\\_cloud](http://www.ted.com/talks/sugata_mitra_build_a_school_in_the_cloud)

LEYMARIE (S.), « Diffusion de l'innovation et GRH : Pour un modèle interactif d'accompagnement de l'innovation » :

[www.reims-ms.fr/agrh/docs/actes-agrh/pdf-des-actes/2003leymarie076.pdf](http://www.reims-ms.fr/agrh/docs/actes-agrh/pdf-des-actes/2003leymarie076.pdf)

L'expérience d'Asch :

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Exp%C3%A9rience\\_de\\_Asch](http://fr.wikipedia.org/wiki/Exp%C3%A9rience_de_Asch)

MUSEL (S.), « Neuromarketing, neuro... : Un piège manipulateur ? », Les Échos.fr, 25 octobre 2013 :

<http://lecercle.lesechos.fr/entreprises-marches/management/autres/221182986/neuromarketing-neuro-piege-manipulateur>

Retrouvez tous les liens sur

<http://eduscol.education.fr/sti/revue-technologie>