Quel avenir pour petite Poucette ? Mutation numérique, quel impact pour les fonctions cognitives ?

Comment les principales fonctions neuro-cognitives sollicitées dans l'enseignement (attention - motivation & émotion - mémoire & apprentissage - écriture & lecture - structures mentales et schémas de pensée…) vont-elles évoluer ou être modifiées par l'avènement du numérique ? Ces fonctions seront-elles facilitées ou appauvries, question urgente alors qu'aujourd'hui cette mutation numérique est en évolution exponentielle ?

Nous nous faisons des représentations a priori bien différentes, entraînant chez certains un scepticisme voire un pessimisme (avec même des Cassandre qui voient déjà le déclin de notre civilisation du livre) et d'autres qui font preuve d'un optimisme certain comme Michel Serres « Petite Poucette ». Nous sommes tiraillés entre un pessimisme démobilisant et un optimisme parfois naïf. [1]

Le numérique serait-il, comme l'était l'invention de l'écriture pour Socrate (voir le dialogue platonicien « *Phèdre* »[2]), un « *pharmakon* » (notez la polysémie tout à fait particulière de ce mot grec… comme un oxymore), à la fois remède bénéfique mais en même temps poison ? Cela pourrait avoir des conséquences importantes sur la manière d'éduquer nos jeunes.

Trois parties

I. Fonctions neurocognitives et plasticité cérébrale
II. La mutation numérique
III. Impact du numérique sur les fonctions neurocognitives

I. Fonctions neurocognitives et plasticité cérébrale

Le concept de plasticité : l'un des plus féconds et des plus importants en neurosciences aujourd'hui. Il se réfère aux propriétés de « modifiabilité » des systèmes de traitement d'information de l'encéphale humain… L'Esprit-Cerveau… est et sera toujours un chantier en cours ! Cette plasticité intervient tant au niveau des formes et volumes des modules cérébraux qu'au niveau des mécanismes cellulaires et moléculaires (modifiant l'efficacité des connexions synaptiques). Rappelons à cet égard les nombreuses études qui ont abouti à une consécration remarquable avec l'octroi du prix Nobel de médecine en 2000 à Eric Kandel qui a poussé ses investigations sur la plasticité jusqu'au niveau de la génétique moléculaire.

Pour résumer la problématique des neurosciences (relations de causalité entre le cerveau et le comportement), on peut distinguer deux types de causalité reliant cerveau et comportement, ou entre le micro niveau (l'encéphale avec les neurones et les connexions synaptiques) et le macro niveau (l'expression, au niveau du comportement global de l'organisme, des traitements de l'information réalisés au niveau des réseaux de neurones). Les relations entre ces niveaux sont de deux types :

---

[1] Michel Serres, *La petite poucette*, Le Pommier 2012 - Byung-Chul Han, *Dans la nuée*, Acte Sud 2015. Luc Fauville nous propose sa lecture de ce dernier ouvrage en pages 50-51.

[2] **Citation de Platon** : Un passage fameux du Phèdre, rapportant le mythe de l'invention de l'écriture par le dieu égyptien Theuth, insiste sur la menace que représente l'écrit pour la pratique philosophique : « *Car, à mon avis, ce qu'il y a de terrible, Phèdre, c'est la ressemblance qu'entretient l'écriture avec la peinture. De fait, les êtres qu'engendre la peinture se tiennent debout comme s'ils étaient vivants ; mais qu'on les interroge, ils restent figés dans une pose solennelle et gardent le silence. Et il en va de même pour les discours [logographies]. On pourrait croire qu'ils parlent pour exprimer quelque réflexion ; mais, si on les interroge, parce qu'on souhaite comprendre ce qu'ils disent, c'est une seule chose qu'ils se contentent de signifier, toujours la même. Autre chose : quand, une fois pour toutes, il a été écrit, chaque discours va rouler de droite et de gauche et passe indifféremment auprès de ceux qui s'y connaissent, comme auprès de ceux dont ce n'est point l'affaire ; de plus, il ne sait pas quels sont ceux à qui il doit ou non s'adresser. Que par ailleurs s'élèvent à son sujet des voix discordantes et qu'il soit injustement injurié, il a toujours besoin du secours de son père ; car il n'est capable ni de se défendre ni de se tirer d'affaire tout seul* » (275d-e). Celui qui possède la science du juste, du beau et du bien, « *il n'ira donc pas sérieusement « écrire sur l'eau » ces choses-là [...] pour faire naître des discours incapables de se tirer d'affaire par la parole, incapables en outre d'enseigner comme il faut la vérité* » (276c).

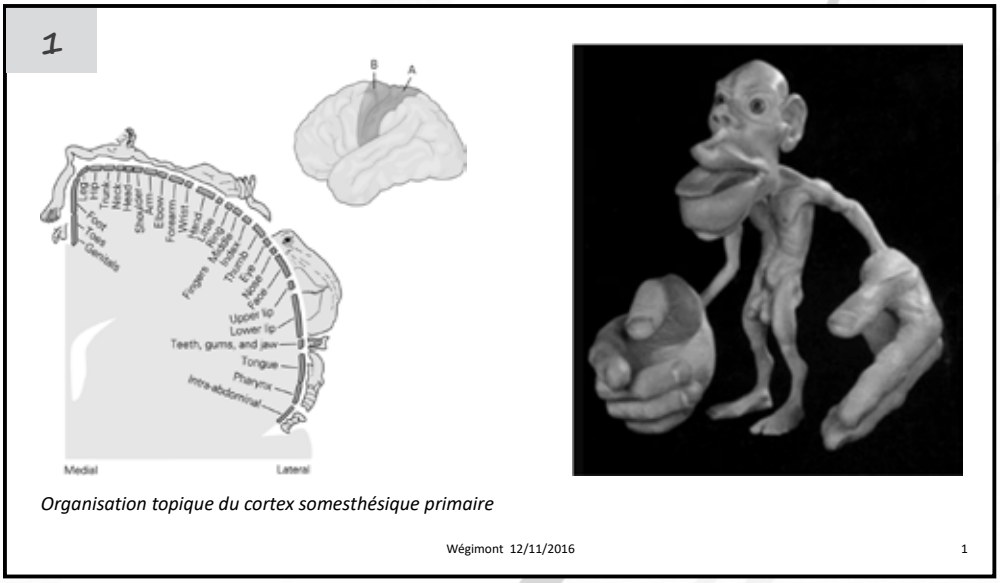
- les relations de « causalité ascendante » : le macro niveau, c'est-à-dire l'ensemble des conduites et des processus mentaux (la production du langage par exemple) est déterminé (« causé ») par le micro niveau, c'est-à-dire par le fonctionnement des réseaux cellulaires spécifiquement impliqués dans le contrôle de ces processus mentaux et comportementaux (l'aire de Broca au niveau de l'hémisphère dominant, dans l'exemple évoqué).
- les relations de « causalité descendante », plus intéressantes et stimulantes lorsqu'elles interrogent les interactions entre neurosciences et éducation (enseignement). De quoi s'agit-il ? Ce qui est produit comme propriété émergente du cerveau humain - le langage, l'écriture ..., toute la culture développée et accumulée depuis l'apparition de homo sapiens - tout cela, qui dépend bien sûr de l'activité cérébrale (« causalité ascendante »), peut influencer en retour le micro niveau (« causalité descendante ») et devenir par là un levier de transformation non seulement de nos comportements, mais aussi de nos cerveaux grâce aux mécanismes de plasticité. Transformation toute relative bien sûr au sein d'une « enveloppe » stable qui reste comme une « constante » caractéristique de l'espèce, un cerveau donc toujours entre stabilité et plasticité…

Le travail sur ces deux causalités est précisément ce qui est passionnant dans la recherche en neurosciences et dans les recherches plus philosophiques et épistémologiques. Il est également intéressant de montrer, surtout chez l'humain, comment, par ces mécanismes de plasticité, une partie de l'immense réseau de connexions entre les neurones (le nombre estimé de synapses est de l'ordre de 10^{15} , c'est-à-dire un million de milliards) se modifie sans cesse. L'horizon de la recherche est gigantesque mais la question qui se pose ici est de savoir plus précisément si le numérique, en tant qu'innovation et en tant qu'émergent culturel, aura la capacité de modifier le cerveau. En fonction du corpus théorique à notre disposition, la réponse est clairement affirmative, même si les données empiriques ne sont pas encore très nombreuses à ce jour.

Quelques exemples classiques de la plasticité cérébrale :

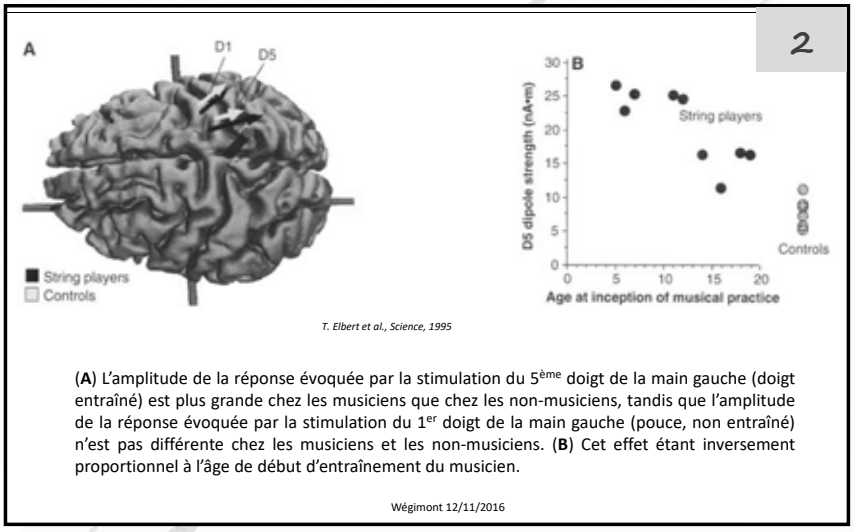
Pour le dire brièvement, « au sortir d'une conférence comme celle-ci, votre cerveau ne sera plus tout à fait le même qu'en entrant » (sauf si vous deviez soudainement être atteint d'un ictus amnésique). Plus sérieusement : il existe donc un ensemble de phénomènes d'inscription, grâce aux mécanismes de plasticité cérébrale (à plus ou moins long terme), inscription de traces de l'interaction de l'organisme avec le milieu... ce qui est fondamental dans l'enseignement. Depuis deux décennies au moins, de très nombreuses recherches en neurosciences ont mis en lumière les propriétés remarquables de cette plasticité cérébrale.

Ainsi, évoquons brièvement un exemple parmi tant d'autres : l'apprentissage intensif de l'habileté des 4 doigts de la main gauche chez des violonistes virtuoses modifie la représentation de ces 4 doigts au niveau de la carte corticale somesthésique (S1), carte dont la « géométrie » (somatotopie) est pourtant génétiquement préprogrammée.



Dia 1 : L'information sensorielle

Le cortex traduit en sensations ce qui nous vient de la peau. Le cablage qui permet cette traduction est préprogrammé in utero. Mais comme on peut le constater sur le schéma ci-dessous, l'organisation topique n'est pas proportionnelle à la surface de la peau des différentes parties du corps, loin s'en faut. La bouche, la main et les doigts ont un territoire énorme. Et on peut projeter cette disproportion sur une statuette.



Dia 2 : La carte corticale peut être modifiée par apprentissage.

Les travaux les plus fascinants concernent les mécanismes de plasticité par « recyclage » des cartes corticales chez l'enfant en cours d'apprentissage de la lecture[3] : ainsi un module faisant au départ partie d'un réseau d'aires corticales impliquées dans le traitement visuel des visages, peut être « recyclé » au cours d'une période critique du développement afin de prendre en charge, non plus les visages, mais les caractères d'écriture. Cette plasticité se ferme à un moment donné de l'existence, comme cela a été montré dans les cas d'illettrisme.

II. Pourquoi ce terme de mutation numérique et dans quel contexte ?

Dans un design expérimental, le numérique serait la variable indépendante et la plasticité cérébrale, la variable dépendante.(Les termes variable dépendante et variable indépendante s'appliquent surtout en recherche expérimentale où l'on manipule des variables, qui en ce sens sont «indépendantes» de la réaction initiale, des caractéristiques, des intentions, etc... de la part des individus. On s'attend à ce que d'autres variables soient «dépendantes» de la manipulation ou des conditions expérimentales, c'est-à-dire qu'elles dépendent de «ce que l'individu fera en réponse». Les variables indépendantes sont celles qui sont manipulées, tandis que les variables dépendantes sont seulement mesurées ou enregistrées : http://www.statsoft.fr/concepts-statistiques/glossaire/v/variables-independantes-dependantes.html)

1. Pourquoi parler de mutation numérique ? Cette mutation fait partie des grandes mutations culturelles. Ces innovations apparaissent au cours de l'histoire et ont changé de manière radicale la logique du monde (connaissance et éthique). Elles sont toujours un subtil mélange de nouvelles conceptions du monde, de nouveaux savoirs, de nouveaux concepts (volet théorétique), mais aussi et surtout de nouveaux savoir-faire, de nouvelles pratiques, de nouvelles techniques, voire souvent de nouveaux outils (aspects matériels)… souvent les nouvelles techniques modifient ou reconfigurent les manières de penser (voir les inventions de l'horloge et de la carte… une nouvelle façon de penser l'espace et le temps, en faisant entrer ces dimensions existentielles dans la mesure et l'abstraction)
2. Pour donner une idée approximative de la logique de ces mutations culturelles, on pourrait proposer une classification de celles-ci en deux principales catégories :
   - un ensemble de savoirs et de techniques qui ont pour but de remodeler la nature (élevage, agriculture);
   - un ensemble de savoirs et de techniques grâce auxquels l'homme prolonge et amplifie ses propres capacités corporelles permettant ainsi d'augmenter sa maîtrise sur la nature et d'orienter sa propre histoire. Ce phénomène touche trois principaux domaines : le domaine moteur (développement d'outils pour développer les forces, les énergies… des leviers à la machine à vapeur et au nucléaire) ; le domaine sensoriel ou perceptif (nos capteurs sensoriels – l'œil par exemple- qui sont prolongés par la technique du microscope au télescope géant…); enfin le domaine cognitif, celui du cerveau et de la pensée (construction d'outils qui développent les aspects cognitifs afin de maîtriser le monde).

Qu'est-ce qui est en jeu dans l'invention et le développement de ces savoirs/techniques cognitifs ? Il s'agit d'externaliser nos contenus mentaux non seulement par la parole ou les comportements mais en les inscrivant, par des techniques adéquates, sur des supports matériels permettant de les conserver

[3] S. Dehaene, « Les neurones de la lecture », O. Jacob, 2007

de manière pérenne et de les transmettre de génération en génération. C'est ainsi que s'est constitué le noyau dur et transmissible de la culture humaine. Quelques exemples :

- invention de la peinture (peintures rupestres au paléolithique supérieur),
- invention de l'écriture (environ 3500 ans av. J-C en Mésopotamie, notamment), invention extraordinaire qui nécessita d'abord l'analyse et l'inventaire des phonèmes d'une langue donnée avant de les traduire en un code graphique (graphèmes) et les spatialiser sur la surface des supports pour fixer les paroles, les représentations mentales, etc... La transmission de ces compétences culturelles (écriture-lecture) met en œuvre des mécanismes de plasticité cérébrale tout à fait particuliers qui sont actuellement bien mis en lumière grâce aux techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle.
- évolution des supports de l'écrit : du rouleau (volumen) au codex.
- invention de l'imprimerie au milieu du XVe siècle
- invention du numérique : cette dernière invention, toute récente et en pleine évolution, est une véritable mutation. Avec le numérique, une autre logique s'installe et supplantera très probablement à terme les anciennes (actuelles ?) techniques de transmission et de communication. Avec le numérique, tout type d'information peut être transformé en code binaire, dans une succession de 1 et de 0.... Il apparaît aujourd'hui comme la nouvelle forme d'écriture, de stockage et de transmission de tout le stock culturel, cette nouvelle forme d'extériorisation de l'esprit dont parle M. Serres dans « Petite Poucette ».

Trois concepts de la révolution numérique (variable indépendante) :

1. **Disponibilité** de l'information : l'estimation de la quantité d'informations sur la « toile » serait équivalente à 500 millions, voire davantage, de BNF[4] (la BNF ou Bibliothèque nationale de France contient environ 14 millions de volumes). Le problème se situe à la fois dans la quantité voire la surcharge d'informations (ex. : plus de 90 millions d'occurrences pour « numérique » sur Google !) mais aussi dans la gestion du stock culturel laissée au commercial (à qui nous aurions tendance à faire confiance pour hiérarchiser cette masse d'informations !). On assiste à une entropie (désordre) de l'information ou de la communication. L'information n'est plus le produit rare, c'est l'attention qui devient rare. Pour aller plus loin : Y. CITTON, Pour une écologie de l'attention, Ed. Seuil, 2014.
2. **L'accessibilité** est devenue exceptionnelle et rapide 2G>3G>4G>… On en veut de plus en plus et la technique suit (compression de fichiers, miniaturisation, gratuité des applications, …), ou plutôt c'est parfois la technique qui crée le besoin ! On comprend alors que le smartphone soit devenu le compagnon de vie « life companion ». Un ado consulterait son smartphone +/- 220 fois par jour et cette consultation est souvent déclarée dans les enquêtes être le premier geste de la journée. Voir ici les statistiques de l'Institut IPSOS Junior Connect de 2015
3. **La variabilité** : tout type d'information peut être codé, transmis, stocké, partagé en temps réel.

III. Numérique et plasticité cérébrale (variable dépendante).

Aujourd'hui, encore relativement peu de données expérimentales, mais beaucoup d'hypothèses. Quelques exemples pour lesquels une documentation existe :

1. **Les jeux vidéo.** Les jeux d'actions se développent avec des technologies fascinantes, des enjeux économiques importants et des implications personnelles (du moi) dans ces jeux (avatar). A partir de 2003, une première recherche est publiée dans Nature et est suivie depuis d'une trentaine d'articles[5]. Daphnée Bavelier et ses équipes de recherche se sont spécialisées dans ces études. Les conclusions de ces travaux montrent des effets bénéfiques liés à l'utilisation de ces jeux malgré les usages extrêmes. Parmi ces modifications on peut citer : l'hyperconcentration requise dans ces jeux assure l'inhibition des distracteurs, le développement de stratégies de jeux sollicite/développe les fonctions corticales préfrontales par l'intermédiaire du repérage d'éléments importants du jeu parmi les éléments distracteurs, le développement de coordinations visuomanuelles, l'augmentation du volume de la mémoire de travail (mémoire utile)… Néanmoins, il convient de noter les multiples effets néfastes qui doivent être pris en compte : la corrélation négative entre les heures passées au jeu et le rendement à l'école, l'augmentation des réac-

[4] Voir notamment l'excellent « Mémoire et oubli », Fr. Eustache et al., Le Pommier, 2014, et plus particulièrement ici le chap. 5 de J.G. Ganascia

[5] Green C.S. and Bavelier D., Action video games modify visual selective attention. Nature , 423 : 534-537, 2003

tions agressives, une diminution de la sensibilité empathique, l'augmentation du stress, le désengagement de la relation à l'autre, le flou entre le réel et le virtuel dû au réalisme fascinant. Nous sommes alors face à un pharmakon[6] (remède bénéfique mais poison à la fois) qui provoque un retournement de situation de l'apprentissage : les satisfactions immédiates sont privilégiées au détriment des buts et bénéfices à plus long terme.

2. **Hypothèses sur les relations entre la motivation et le plaisir** : les jeunes s'attachent à leur smartphone qu'on le veuille ou non. La punition totale serait d'en interdire son usage.

3. **La mémoire** : comme on ne fait plus assez étudier par cœur, la mémoire risque, à terme, de devenir superficielle. Bien sûr, la mémoire n'est pas la pensée, mais elle en est le terreau. Je ne peux pas simplement me dire que j'ai un livre dans ma bibliothèque pour penser, je dois avoir des acquis pour garder actif le plaisir d'apprendre. La pensée elle-même pourrait devenir plus superficielle : ceci est clairement défendu dans le récent livre de Nicholas Carr[7]. La mémoire à long terme stocke des faits, non seulement des événements avec leur contexte, mais aussi des concepts complexes, des schémas. En organisant à partir d'informations éparses et particulières, il y a formation de schémas conceptuels (travail de John Sweller). Ceci demande structuration, classement, organisation (conceptuel, historique, etc)

4. **L'attention** : on peut se référer à l'ouvrage de Jean-Philippe Lachaux Le cerveau attentif, déjà cité plus haut. L'être humain devient asservi à ces stimuli de notifications (sms – mail - …) et doit faire un effort important pour ne pas répondre tout de suite (on sait que ce sont les fonctions exécutives qui sont à ce moment-là mises en œuvre, notamment au niveau du cortex préfrontal)[8]. Les recherches en neurosciences montrent clairement que les capacités attentionnelles sont contraintes par les propriétés du traitement nerveux et que le traitement « multitâche » (qui est constamment sollicité par tant de media) est nettement moins performant. Les mécanismes de filtrage attentionnel présentent des contraintes structurelles fortes et le multitâche ne peut se réaliser en partie que si l'une des tâches au moins est automatisée. Si la distraction n'est pas un problème en soi (la pensée vagabonde permet parfois de s'échapper du monde contraignant des stimuli : on parle dans le vocabulaire technique des sciences cognitives de SIC – stimulus indépendent cognition), la dispersion, elle, est préjudiciable pour le bon fonctionnement du cerveau

5. **Lecture et schémas de pensée :** sinon disparition en tous cas appauvrissement de la pensée « linéaire » (lire une page au complet, en faire la synthèse… analyse et résumé d'un texte et dès lors développement d'une capacité d'écriture structurée… la dissertation) au profit d'un nouveau type de démarche qui « aspire à recevoir et à diffuser par brefs à-coups une information décousue et souvent redondante – plus c'est rapide, mieux c'est »[9]. On blogue, on surfe, on texte, on twitte… le survol ! (il faut dire en peu de temps… alors qu'il faut le « long détour» par la pensée)

6. **Fragmentation et redondance des contenus :** pharmakon des hyperliens/hypertextes (à la fois source de d'informations et d'approfondissement) mais tentation de se perdre dans la circularité des liens (dispersion… et à la fin de ne plus conserver l'objectif). Ex. des multiécrans, des bandes défilantes avec de nombreux canaux d'information en parallèle. On parle parfois d'un outil de distraction- dispersion massive !

Impact des jeux video

3

Aspects bénéfiques

- hyper-concentration et inhibition des distracteurs
- prise de décision
- développement de stratégies de jeux (cortex préfrontal)
- acuité visuelle
- coordinations visuo-manuelles
- mémoire de travail

Aspects délétères

- rendement scolaire
- augmentation de réactions agressives
- impulsivité
- stress et diminution de réactions empathiques
- désengagement de la relation à l'autre
- porosité entre réel et virtuel (le soi et l'avatar ou "moi virtuel")

[6] Fr. Eustache, op. cit., voir ici le chap. 4 de B. Stiegler

[7] N. Carr, The Shallows, 2010, trad. française : Internet rend-il bête ?, Laffont, 2011

[8] voir pour ces questions l'ouvrage intéressant de J-Ph. Lachaux « Le cerveau attentif », O. Jacob, 2011, 2013

[9] N. Carr, id., p. 29, voir aussi p. 195 , étude de University College London sur les modifications de la lecture

Motivation – émotions : 4

- circuit court de la recherche de plaisir immédiate (circuit limbique dopaminergique)
- difficulté de postposer l'obtention de renforcements (contrôle exécutif préfrontal)
- attachement (addiction) à une technique, un objet (companion of life)I

Aspects délétères :

- fonctions exécutives et priorité de traitement
- difficulté d'inhibition (asservissement aux stimuli de « notification »)
- piège du « multi-tâche » (multi-écrans, bandes défilantes)
- dispersion

Mémoire : 5

- désengagement de la mémoire à long terme
- mémoire superficielle
- risque d'affaiblissement du stock mnésique (formation et stockage de schémas conceptuels, de repères temporels « la mémoire n'est pas la pensée mais elle en est le terreau »)
- Temporalité : privilège à l'instant présent

Lecture/écriture et schémas de pensée

- lecture superficielle (étude University College London) et fragmentée
- écriture : le dessin de la lettre et le clavier
- nouveau type de démarche « qui aspire à recevoir et à diffuser par brefs à-coups, une info décousue et souvent redondante – plus c'est rapide, mieux c'est »
- pensée en « réseau » (arborescente) plutôt que « linéaire »
- fragmentation (liens hyper-textes) et redondance des contenusdispersion

« Le plus grand drame que l'institution scolaire pourrait vivre serait que des enseignants continuent à expliquer à leurs élèves des notions théoriques, scientifiques, et citoyennes sans s'apercevoir que les enfants qu'ils ont en face d'eux ont déjà, dans leur monde intérieur, des repères totalement différents qu'ils cultivent de manière parallèle dans leur usage familial des écrans. Ce serait une grande catastrophe parce que nous risquerions bien d'être un jour brutalement confrontés à un divorce que plus rien ne pourrait combler, entre d'un côté des adultes persuadés d'avoir parfaitement accompli le cahier des charges de transmettre leurs repères et leurs valeurs ; et d'un autre côté des enfants qui auraient silencieusement, entre pairs, et aidés par des gourous séducteurs et pervers, construit des logiques et des valeurs sans aucun point commun avec celles de leurs éducateurs et de leurs pédagogues. »
Blog du 14/02/2015 de Serge Tisseron

Bibliographie sommaire

Livres

- Agamben G., *Le feu et le récit*, Bibliothèque Rivages, 2015
- Bach J-F. et al., *L'enfant et les écrans*, Académie des sciences, Le Pommier, 2013
- Baricco A., *Les Barbares, Essai sur la mutation*, Gallimard, 2014
- Carr N., *The Shallows*, 2010, trad. Française : " *Internet rend-il bête ?* ", Laffont, 2011
- Eustache F. et al., *Mémoire et oubli*, Le Pommier, 2014
- Han B-C., *Dans la nuée*, Actes Sud, 2015
- Lachaux J-Ph., *Le cerveau attentif*, O. Jacob, 2013
- Sadin E., *La Vie algorithmique. Critique de la raison numérique*, L'Echappée, 2015
- Serres M., *Petite Poucette*, Le Pommier, 2012
- Baron N., *Words Onscreen. The fate of reading in a digital world*, Oxford University Press, 2015
- Greenfield S., *Mind change : How digital technologies are leaving their mark on our brains*, Random House, 2015, chap. 18 "Thinking differently"

Articles

- Bavelier D., et al., *Brains on video games*, Nature Reviews Neuroscience, 12, 763 et suiv., 2011
- Bavelier D., et al., *Brain plasticity through the life span : learning to learn and action video games*, Annu. Rev. Neurosci., 35, 391-416, 2012
- Cardoso-Leitea P. and D. Bavelier , *Video game play, attention, and learning: how to shape the development of attention and influence learning ?* Curr Opin Neurol., 27:185 – 191, 2014
- Néville H., *Comment la pratique de la musique améliore-t-elle les aptitudes cognitives ?* in *Parole et Musique. Aux origines du dialogue humain*, sous la dir. S. Dehaene et C. Petit, O. Jacob, 2009

Professeur émérite
Marc Crommelinck