

Biomédecine

Du microbiote intestinal aux maladies neurodégénératives

Maladies de Parkinson et d'Alzheimer, dégénérescence frontotemporale, sclérose latérale amyotrophique : quel est le point commun de ces pathologies cérébrales ? La mort de neurones dans différentes régions cérébrales, à cause, entre autres, de l'accumulation de protéines « agrégées » dites amyloïdes. Ces anomalies protéiques, sortes de pelotes qui s'agrègent dans le cerveau, se propagent de neurone en neurone, entre les différentes régions cérébrales et même entre diverses parties du corps, provoquant probablement une inflammation et la mort des cellules. D'où proviennent-elles ? Shu Chen, de l'université Case Western Reserve, à Cleveland, et ses collègues montrent qu'elles seraient issues de nos intestins, précisément des bactéries formant le microbiote intestinal.

Nos intestins renferment plus de 1,5 kilogramme de bactéries aux rôles variés (digestifs, anti-inflammatoires...), pour la plupart inoffensives. Mais depuis 2002, on sait que certaines produisent des protéines amyloïdes, qui favorisent leur prolifération, leur adhérence et leur résistance. Les plus étudiées sont les « curli » des bactéries *Escherichia coli*. Les chercheurs ont supposé que ces protéines amyloïdes de la flore intestinale provoquaient l'apparition des protéines amyloïdes dans les neurones du cerveau. Ils ont donc choisi d'étudier l'agrégation de l'une de ces protéines, l'alpha-synucléine, qui s'accumule chez les patients atteints de la maladie de Parkinson. Pour ce faire, ils ont nourri pendant deux ou trois mois 344 rats âgés avec des bactéries *E. coli* produisant des curli, tandis que d'autres animaux recevaient des bactéries modifiées n'en produisant pas.

Les rats du premier groupe ont présenté des protéines alpha-synucléines agrégées dans leurs intestins et dans leurs neurones, alors que ceux du second groupe en ont développé très peu. En outre, l'apparition des protéines amyloïdes provoquait une réaction inflammatoire locale intense dans le cerveau des rats, comparable à celle observée dans le cerveau des malades humains.

Cette étude est l'une des premières à démontrer que le microbiote est capable de provoquer l'agrégation de protéines dans les neurones. Bien que le mécanisme de propagation des « pelotes » reste inconnu, on a là une nouvelle piste de recherche pour mieux comprendre les maladies neurodégénératives.

Bénédicte Salthun-Lassalle

S. Chen et al., Nature, en ligne le 6 octobre 2016

Paléontologie

Du mimétisme très ancien

Un fossile d'aile de sauterelle du Permien, nommée *Permotettigonia*, a été retrouvé dans les roches rouges du dôme de Barrot dans les Alpes-Maritimes. Or André Nel, du Muséum national d'histoire naturelle, l'a étudié avec des collègues et a constaté que cette aile antérieure datant de quelque 265 millions d'années est très similaire aux ailes des sauterelles-feuilles d'aujourd'hui, qui ressemblent à s'y méprendre à une feuille.

Pour s'en persuader, les chercheurs ont cartographié précisément les nervures des ailes antérieures de toute une série de sauterelles actuelles faisant partie de la famille des Tettigoniidés comme *Permotettigonia*. Leur comparaison a conduit à les classer par similarité en deux groupes, dont l'un correspond à celui des sauterelles imitant les feuilles. L'aile de *Permotettigonia* en fait partie, ce qui suggère que cet insecte imitait aussi les feuilles.

Lesquelles ? Pour nous, une « feuille » est avant tout un organe photosynthétique de plantes à fleurs... qui n'existaient pas au Permien. Les chercheurs se sont donc demandé quelles feuilles les ailes de *Permotettigonia* imitaient. Malheureusement, dans la formation du dôme de Barrot, aucune plante n'est connue. Parmi celles des autres formations permienues de France (Var, Hérault), toutes produites par des milieux lacustres ou fluviaux, ils ont noté la présence de *Taeniopteris*, un genre de fougère dont les feuilles présentent une veine centrale et des veinules, tout comme l'aile de *Permotettigonia*.

Ainsi, cette espèce aurait acquis des ailes qui la camouflent de ses prédateurs, sans doute d'autres insectes volants. L'aile de cette sauterelle représente en tout cas le plus ancien cas de mimétisme connu à ce jour.

François Savatier

A. Nel et al., Nature, à paraître



© André Nel et al./MNHN

L'aile de la sauterelle *Permotettigonia* ressemble à une feuille nervurée, avec sa grande veine centrale (nervure principale) et ses ramifications. La feuille imitée ne pouvait être celle d'une plante à fleurs.

Le plus fort et le plus lointain flash gamma

Jamais le flash gamma d'une source aussi lointaine et d'aussi haute énergie n'avait été détecté. Mesuré par l'observatoire MAGIC, aux îles Canaries, et par d'autres télescopes, ce signal a été émis, selon les chercheurs, lors d'une explosion gigantesque près du trou noir central de la galaxie QSO B0218+357. Il a été reçu directement, puis à nouveau au bout de onze jours, parce qu'il a été dévié par une lentille gravitationnelle due à la galaxie B0218+357G, située à un milliard d'années-lumière de QSO B0218+357.

Une MST issue de Néandertal ?

Des chercheurs du CNRS et de l'Institut catalan d'oncologie ont reconstruit l'histoire évolutive de la diversification du papillomavirus humain après en avoir séquencé 118 sous-types. Ils concluent que ce virus infectait déjà l'ancêtre d'*Homo neanderthalensis* et *H. sapiens*, il y a 500 000 ans,

et qu'il a ensuite divergé en deux souches, en même temps que ces deux espèces humaines. Toutefois, la souche PVH 16, qui provoque des cancers du col de l'utérus, n'est apparue chez les hommes modernes qu'après leur sortie d'Afrique, il y a 100 000 à 60 000 ans, de sorte qu'elle résulterait de leur métissage avec les Néandertaliens.

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



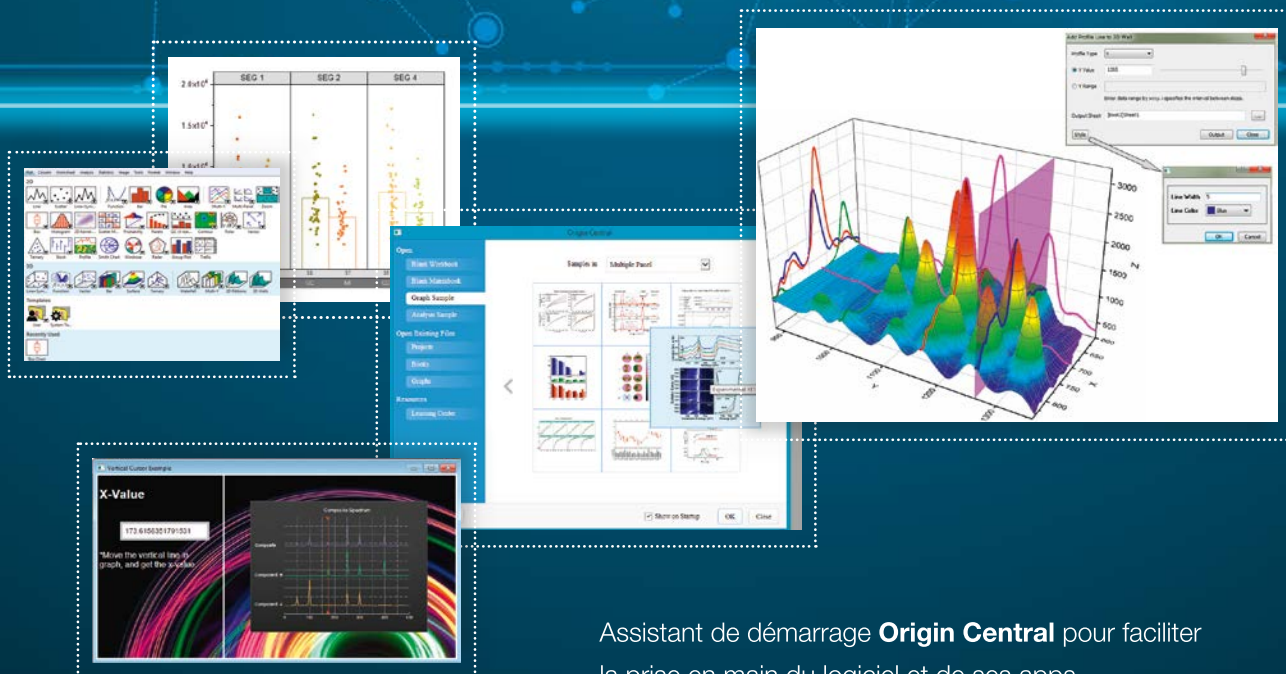
Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

UNE INTERFACE REPENSÉE ET DES POSSIBILITÉS DÉMULTIPLIÉES



ORIGIN® 2017

Graphing & Analysis



Assistant de démarrage **Origin Central** pour faciliter la prise en main du logiciel et de ses apps

Nouvelles **applications** dans le User File Exchange

Classeurs ou books plus intuitifs et proches de

Microsoft Excel®

Customisation possible en **HTML / CSS** pour produire des rapports de qualité

Encore plus de personnalisation des **graphes**



NOUVELLE VERSION ORIGIN 2017

ritme.com/origin

Tél. : +33 (0)1 42 46 00 42

Distributeur officiel en France

RITME
SCIENTIFIC SOLUTIONS

ENTRETIEN

Enseignement : « Il faut donner du sens aux nombres dès la maternelle »

Au sortir du collège, en France, de plus en plus d'élèves ne maîtrisent pas les calculs sur des nombres entiers. Pourtant, en donnant du sens aux nombres, on permet à des élèves de CE1 de résoudre des problèmes de niveau collège.



Stella BARUK est professeure de mathématiques et chercheuse en pédagogie.

A la fin de l'école primaire, environ 30 % des enfants n'ont pas les bases suffisantes en mathématiques et en sciences. Et ces résultats sont directement liés à l'origine sociale : alors que dans les milieux les plus favorisés, seuls 10 % des élèves sont concernés, dans les familles les plus modestes, ils sont 45 %, soit près d'un enfant sur deux. Tel est l'un des constats de la dernière étude du ministère de l'Éducation nationale, réalisée en novembre 2015 sur 160 000 élèves de 6^e dans plus de 4 000 collèges et publiée en juin 2016. Ces résultats confirment ceux de l'enquête PISA 2012 (le programme international de l'OCDE pour le suivi des acquis des élèves), qui estime que près de un quart des élèves de 15 ans en France ont un niveau très bas en mathématiques – une proportion en augmentation depuis 2003 – et qui place la France en tête du déterminisme social parmi les pays de l'OCDE. Dans son livre *Les Chiffres ? Même pas peur !* (PUF, 2016), Stella Baruk, chercheuse en pédagogie des mathématiques, invoque comme principale cause des difficultés en mathématiques l'inchiffisme précoce – le déficit dans l'accès aux chiffres. Voici son éclairage, fondé sur plus de quarante ans de réflexions et d'actions dans les écoles.

POUR LA SCIENCE

Quelles bases attend-on en mathématiques à la fin de l'école primaire ?

STELLA BARUK : Il s'agit des compétences du socle commun en vigueur au moment de l'étude. En l'occurrence, en mathématiques, un enfant en fin de primaire doit connaître et savoir utiliser les nombres décimaux et les fractions, maîtriser les quatre opérations, savoir résoudre des problèmes ayant trait à la proportionnalité, convertir des grandeurs et construire différents éléments géométriques (hauteur d'un triangle, symétrie d'une figure par rapport à un axe quelconque...). Il doit aussi pouvoir utiliser toutes ces notions pour produire de façon autonome des réponses argumentées lors de la résolution de problèmes.

PLS

Quelles sont les lacunes des élèves ?

S. B. : En France, en 2014, 16 % des élèves ne maîtrisaient pas le système de numération des nombres entiers et la soustraction avec retenue, selon l'enquête nationale Cedre 2014, réalisée sur un échantillon d'environ 8 000 élèves de CM2, soit environ autant qu'en 2008. Et les choses ne s'améliorent pas ensuite. En 2014, 19 % des

élèves de 3^e avaient encore des difficultés à réaliser des calculs sur les nombres entiers et décimaux relatifs, contre 15 % en 2008, selon l'autre volet de la même étude, réalisé sur un échantillon similaire de jeunes en fin de collège.

PLS

En 2011 déjà, le ministère de l'Éducation nationale a lancé un plan « sciences et technologies à l'École » visant à prévenir l'innomérisme, qu'il définit comme étant « à la maîtrise des nombres, du raisonnement et du calcul ce qu'est l'illettrisme à la maîtrise de la langue ». Pourquoi préférez-vous parler d'inchiffisme ?

S. B. : La comparaison de l'innomérisme à l'illettrisme donne l'illusion d'une symétrie qui n'existe pas. Ce n'est pas parce que vous ne pouvez pas lire un mot que celui-ci n'a pas de sens. Même si l'illettrisme est un lourd handicap social, les personnes concernées disposent toujours d'une langue orale pour parler, réfléchir, communiquer, raisonner. Au point que sur les 2,5 millions d'illettrés recensés en France en 2011, plus de la moitié ont un emploi. En revanche, l'incapacité de lire l'écriture chiffrée empêche tout accès à des énoncés où elle intervient, et donc aux opérations et à leur sens, de même qu'à tout algorithme de calcul.



En d'autres termes, un élève qui n'a pas accès aux chiffres a rapidement de grandes chances de renoncer au sens en mathématiques, pour ne plus appliquer que des techniques et des règles apprises, sans savoir pourquoi il les applique. C'est ainsi que l'on obtient des adolescents puis des adultes imperméables à toute démarche mettant en jeu des données chiffrées ; on les dira alors en situation d'innomérisme.

La première rupture apparaît souvent avec l'introduction du zéro en maternelle

Pour le ministère de l'Éducation nationale, l'innomérisme est l'incapacité de mobiliser les notions élémentaires de mathématiques, du calcul et des modes de raisonnement associés. Mais cette incapacité n'est pas un état : elle est le résultat d'un processus qu'il s'agit de prévenir en agissant à la source – en luttant contre l'inchiffrisme.

PLS

Comment se manifeste l'inchiffrisme ?

S.B. : De plusieurs façons qui ont toutes la même origine. D'abord par l'incompréhension du rôle

des chiffres dans l'écriture des nombres, par exemple quand un enfant écrit 30047 pour « trois cent quarante-sept ». Ensuite par la difficulté d'attribuer aux chiffres une signification autre que celle, primordiale, des 1, 2, 3, 4, ..., 9 originels. C'est-à-dire d'accepter que « 3 » puisse *signifier* le nombre « trois », mais aussi le nombre « trente » dans 37, ou le nombre « un tiers » dans $\frac{2}{3}$, ou une « puissance trois », dans 2^3 .

Toutes choses qui ont pour effet de compromettre le rôle des chiffres dans l'expression des quantités quelles qu'elles soient, matérielles ou numériques.

Aussi curieux que cela puisse paraître, l'enfant qui répond 6 quand on lui demande combien de gâteaux il y a dans 4 *paquets* de 2 *gâteaux* est dans le même brouillard numérique que l'élève qui, en 4^e, trouve 6 *huitièmes* en additionnant 4 *cinquièmes* et 2 *tiers* (voir la photo page 18). Seul compte le $4 + 2 = 6$ de l'enfance. C'est cela, l'inchiffrisme : des chiffres et des signes (le signe + en particulier) figés dans une fonction de comptage, vidés très tôt de leur sens. D'où l'innomérisme.

Résultat, à la fin de l'école primaire, un élève sur quatre ne sait pas écrire un grand nombre entier (supérieur à 10 000) en chiffres (par opposition à l'écriture en mots), rapportaient le

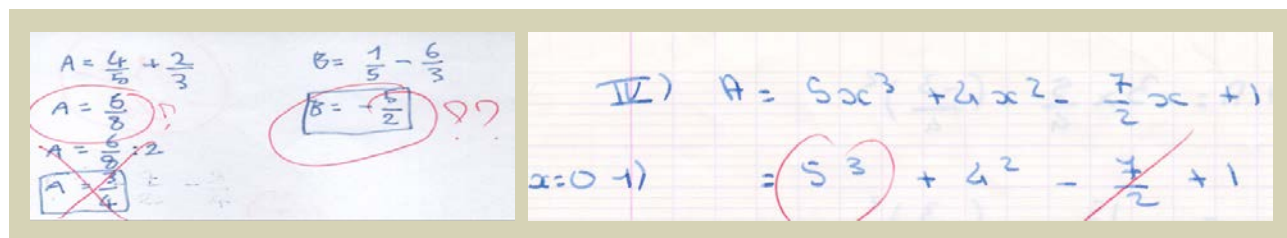
Conseil national d'évaluation du système scolaire et l'Institut français de l'éducation, dans le cadre de la Conférence de consensus sur la numération qu'ils ont organisée en novembre 2015.

PLS

À quel moment perd-on les enfants et pourquoi ?

S.B. : La première rupture apparaît souvent avec l'introduction du 0. Ce qui est attendu des enfants en fin de maternelle, c'est de savoir « lire les nombres écrits en chiffres jusqu'à dix ». Mais les enfants voient le 0 apposé au 1 pour former 10 comme s'il s'agissait d'associer deux lettres *b* et *a* pour constituer la syllabe *ba*. Si ce côté à côté n'a aucune raison d'être, aucune justification, c'est une blessure intellectuelle. Or avec une matière aussi limitée, l'explication, qui est fondatrice du système décimal, n'est pas facile à donner. Il faut donc différer l'écriture chiffrée du dix. C'est d'abord un *mot* qui a du sens et qui, pour être chiffré, attendra d'entrer en numération.

Par ailleurs, les enseignants tiennent absolument à traiter 0 comme un nombre – ce qui est vrai mais arrive trop tôt. Car en numération, 0 a d'abord un statut de chiffre. Le mélange de ces deux états peut avoir des effets redoutables. Les



Stella Barak

DEUX ERREURS DE COLLÉGIENS « EN SITUATION D'INNUMÉRISME ». Le premier, en 4^e, devait additionner des fractions. Il a « compté ensemble » les numérateurs et les dénominateurs. Le second, en 3^e, devait remplacer x par 0 dans l'expression A . Il a remplacé x par... rien.

enfants confondent nombre et chiffre, et 0 se met à n'avoir plus aucun sens pour eux. Pourquoi leur faire « décomposer » 4 en « $4 + 0$ » ? Pourquoi leur faire additionner 0 sans utilité, ce qui les amènera à écrire $6 + 0 = 60$? Pourquoi ajoute-t-on un 0 ? De quel 0 s'agit-il ? Parmi les innombrables erreurs, plus ou moins pittoresques, engendrées par ces confusions qui pénalisent les enfants et trop souvent perdurent au collège, il y a celle ci-dessus à droite, rencontrée en classe de 3^e : il s'agit de remplacer x par zéro dans l'expression A . Voyez ce que cela donne ! Les exposants de x^3 et x^2 se retrouvent en lévitation, et « $7/2$ fois x » devient $7/2$. Nous voici en plein innumérisme.

PLS

Comment éviter l'inchiffisme ?

S.B. : Ce qui pénalise lourdement l'enseignement de la numération, c'est le recours constant au compte, l'obligation de la manipulation, l'illusion du concret. Or il s'agit avant tout d'apprendre à lire/écrire/parler un nombre, à connaître le sens de chacun de ses chiffres, à maîtriser la décimalité de son écriture. Il faut donc savoir aller lentement en fin de grande section et au début du CP pour un travail en profondeur sur les briques élémentaires – les nombres à un seul chiffre –, qui doivent être maîtrisés dans leurs écritures, leurs représentations, leurs organisations, leur énonciation.

Les nombres à deux chiffres sont les plus difficiles à aborder. Certes, ils sont aisément représentables et montrables parce que nous avons dix doigts. Mais c'est là que les disparités sont les plus nombreuses entre énonciation et écriture chiffrée. Ensuite, pourvu que l'on abandonne l'illusion de faire du concret en représentant les centaines avec des plaques carrées, l'apprentissage des nombres à trois chiffres est beaucoup plus facile et peut aller très vite.

Et il n'y a aucune raison de s'arrêter là. Pourquoi distille-t-on les mille, puis les dix mille, pour s'y arrêter arbitrairement en CE2 ? Comme les nôtres, les oreilles des enfants baignent dans les milliards et les millions : ces nombres sont partout, dans la langue ou sous forme d'écriture chiffrée. Les écrire n'est rien d'autre qu'organiser les chiffres trois par trois. Les enfants savent lire le mot « liberté » avant d'avoir une idée un peu consistante de ce qu'il représente. Pourquoi n'en serait-il pas de même pour le nombre 637 ? Et pour 23 456 ? Il faudrait attendre qu'ils aient une idée de ce que cela représente en éléphants, en fourmis ?

La volonté de faire du concret et de l'utile, l'accent mis sur le calcul avec les premiers nombres, font oublier qu'il s'agit avant tout d'apprendre à lire et à écrire des entités qui ont du sens « en langue » et s'emplit de sens concret avec le temps. Les mesures et le système métrique arrivent trop tôt, par exemple. En attendant, il est essentiel de donner aux enfants les moyens d'éprouver, avec les grands nombres, la notion de système de numération en n'étouffant pas leur imagination.

PLS

Avez-vous pu mettre vos idées en pratique ?

S.B. : Oui. Mon postulat – qui n'a rien de surprenant – est que si dès le CP, on fait des mathématiques qui ont du sens, la fameuse cassure entre la fin de l'école primaire et l'entrée au collège n'aura pas lieu. J'ai donc trois fois proposé à l'Éducation nationale un projet qui a donné lieu à trois expérimentations, dans des écoles du XI^e, puis du XIV^e arrondissements, à Paris. Chaque fois, j'intervenais au cours de deux années consécutives, dans les classes de CP puis de CE1 – une fois jusqu'en CE2 – et auprès de leurs enseignants. Et chaque fois, cela a été une expérience formidable.

PLS

Quels résultats avez-vous obtenus ?

S.B. : Lors de la première de ces expérimentations, j'étais libre de répartir le programme dans le cycle CP-CE1. Dès la fin du CP, les enfants savaient lire et écrire n'importe quel nombre, en chiffres, en mots. Sachant qu'avec l'addition et la multiplication d'entiers naturels, il est possible de décrire n'importe quelle quantité effective, discrète et homogène, ces opérations ont été introduites presque ensemble. Et, du même coup, la notion – primordiale – d'une quantité ou d'un nombre organisé (en somme, en produit ou en une écriture mixte). Par exemple, on demandait aux enfants de dire combien de places compte un restaurant comportant une table de six et quatre tables de cinq. Ils écrivaient alors très simplement « $6 + 4 \times 5$ », puis le calculaient correctement, obtenant 26. Or au collège, l'erreur classique consiste à d'abord effectuer $6 + 4$, puis à multiplier le résultat par 5, pour ne pas avoir reconnu la forme de l'expression et l'organisation à laquelle elle renvoie. En fin de CE1, avec une langue numérique transparente rendant les calculs faciles (tables d'addition et de multiplication comprises), les enfants étaient prêts pour bien des exercices de collège ! Sans aucune peur des chiffres...

PLS

Voit-on une différence dans la façon dont les enfants abordent et comprennent les mathématiques par la suite ?

S.B. : Je n'ai malheureusement pas eu la possibilité de suivre des enfants sur le long terme, mais dans certaines écoles, j'ai eu des retours d'enseignants sur les élèves que j'avais accompagnés en CP/CE1 et qui arrivaient en fin d'école primaire. Ils étaient entraînés à poser des questions, à répondre à celles qu'on leur posait. Bref, ils étaient dans une exigence

de sens que des parents ont aussi notée, et ce, quel que soit le milieu social, comme si cette exigence s'étendait au monde qui les entoure. C'est un bel aspect des mathématiques, qui semble convenir tant aux enfants « normaux » qu'à ceux que l'on dit en difficulté. On suspecte souvent les actions éducatives visant à réduire les inégalités de niveler par le bas. Ce que je propose me paraît procéder du contraire. L'expérience montre que chaque élève y trouve son compte. L'imagination est là, en chacun d'eux, et c'est elle qui s'épanouit au rythme de chacun.

PLS

Comment les enseignants accueillent-ils vos idées ?

S.B. : Les deux volumes de *Comptes pour petits et grands* (Magnard, 1997 et 2003), fruits des deux premières expérimentations, ont eu un effet de

bouteille à la mer incroyable. De nombreux enseignants insatisfaits de ce qu'ils faisaient ont suivi mon approche et se sont fabriqués leur propre matériel pédagogique, avec des résultats formidables.

Dans les années 2000, notamment, j'ai formé des enseignants de Nouvelle-Calédonie dans le cadre du transfert de compétences qui avait été prévu par l'accord de Nouméa de 1998. Pendant quatre ans, j'ai vu ces enseignants devenir eux-mêmes chercheurs. Ils étaient dans une sorte d'excitation intellectuelle qui a produit de beaux résultats dans les classes, en brousse comme dans des quartiers plus que défavorisés de Nouméa.

PLS

Pourquoi votre approche n'arrive-t-elle pas à s'imposer ?

S.B. : Parce qu'elle dérange. Elle remet en question certaines traditions qui ont l'âge de l'école.

Si on lisait les erreurs comme révélatrices non pas des difficultés des enfants, mais de problèmes didactiques et épistémologiques non encore élucidés, les choses avanceraient. Dans les nouveaux programmes, les mathématiques ont disparu du libellé des cinq compétences du socle commun. Au risque de leur faire perdre leur spécificité, elles sont ventilées sur ces cinq domaines, comme si on essayait de les rendre plus aimables au lieu de s'interroger sur la raison de leur disgrâce. Pour qu'inchiffisme et innombrisme disparaissent du paysage scolaire, et sachant que tous les enfants, de quelque milieu qu'ils soient, aiment à faire marcher leur tête et leur imagination, pourquoi ne s'interroge-t-on pas plus profondément sur la nature de la matière à transmettre et sur la manière dont cela se fait ? ■

Propos recueillis par Marie-Neige CORDONNIER

Dans l'interêt de la science

mathieu vidard | la tête au carré 14:05-15:00

france inter
intervenez
franceinter.fr

HOMO SAPIENS INFORMATICS chronique de Gilles Dowek

L'achat hors-ligne bientôt une activité de luxe !

Avec des coûts réduits, l'achat ou l'enseignement en ligne rendront-ils les mêmes activités hors-ligne prohibitives ?



Les frimas sont revenus et nous allons bientôt partir à la chasse aux cadeaux, au pas de charge, à perdre haleine, d'une boutique en ligne à une autre. À la même saison, l'homme du XX^e siècle courait lui aussi d'une boutique à une autre, mais dans les rues verglacées et dans les allées des centres commerciaux.

En France, le commerce électronique représente aujourd'hui 7 % du commerce de détail sur l'année. Et les courses de Noël, 20 % de ces ventes en ligne. Les avantages de cette forme de commerce sont bien connus : l'effort physique moindre, l'offre plus vaste — essayez, par exemple, de trouver *L'homme invisible* de H. G. Wells dans une librairie de quartier —, la possibilité d'acheter un objet à toute heure du jour et de la nuit, le temps d'hésiter avant de se décider, les prix plus bas, etc. Et ses inconvénients également : le délai de livraison parfois long, l'impossibilité de voir, toucher, palper les objets avant de les acheter, etc.

Pour certains objets, tels les billets de train ou d'avion, les avantages priment, si bien que l'essentiel des ventes s'effectue désormais en ligne. Pour d'autres, ce sont plutôt les inconvénients qui dominent. Ainsi, nous préférons souvent acheter un steak tartare chez le boucher plutôt que de nous le faire livrer par la Poste trois jours plus tard.

L'un des avantages du commerce électronique, nous l'avons dit, est que les prix sont souvent plus bas que dans les boutiques en ville. Cela s'explique, en partie, par le coût élevé de ces boutiques : il faut payer un loyer, le salaire des vendeurs et immobiliser un

stock important, qui risque en outre de rester invendu. Pour des objets volumineux ou qui se vendent à un faible débit, par exemple les meubles, ce coût, en valeur relative, est plus élevé encore. Ainsi, il n'est pas surprenant que le prix d'un canapé dans une boutique en ville soit plus élevé que celui de ce même canapé dans une boutique en ligne. Pourtant, un meuble est typiquement un objet



LE CHIFFRE D'AFFAIRES du commerce électronique français a progressé de 15 % au deuxième trimestre 2016, pour atteindre 17,4 milliards d'euros.

que nous aimons voir et toucher avant de l'acheter. Cela mène donc à une segmentation du marché : les meubles de luxe sont vendus en ville à des clients prêts à dépenser de l'argent pour qu'ils puissent les voir et les toucher avant de les acheter, et les meubles ordinaires sont vendus en ligne.

Ce phénomène présente de nombreuses similitudes avec l'évolution du spectacle vivant au moment de l'apparition du cinéma,

puis de la télévision et de la diffusion de vidéos en ligne. Les coûts élevés d'un théâtre — le loyer du bâtiment, le cachet des comédiens, etc. — font qu'une place de théâtre coûte plusieurs dizaines d'euros, quand une place de cinéma n'en coûte que quelques-uns et la location d'un film en ligne presque rien. Et la différence est plus grande encore dans le cas d'un concert ou d'un opéra. Le spectacle vivant est ainsi devenu un luxe, ce qu'il n'était pas avant l'apparition du cinéma et du phonographe, en l'absence de concurrence. Il suffit pour s'en convaincre de comparer les bruyants spectacles de théâtre de foire du XVII^e siècle au silence compassé aujourd'hui de rigueur dans nos théâtres.

L'université devrait elle-même être bientôt concernée. Même dans les pays développés, suivre un enseignement a longtemps été un privilège réservé à un tout petit nombre. Il s'est ensuite démocratisé, mais, avec le développement de l'enseignement en ligne, une concurrence apparaît et suivre un cours donné par un professeur vivant redeviendra peut-être un jour un luxe : les étudiants suivront les cours ordinaires en ligne et ils iront de temps en temps à l'université.

Ainsi, courir d'une boutique à l'autre, voir et toucher les objets avant de les acheter, deviendront peut-être bientôt un luxe, comme le foie gras et le chapon. ■

Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.