

Merveilleux nombres premiers

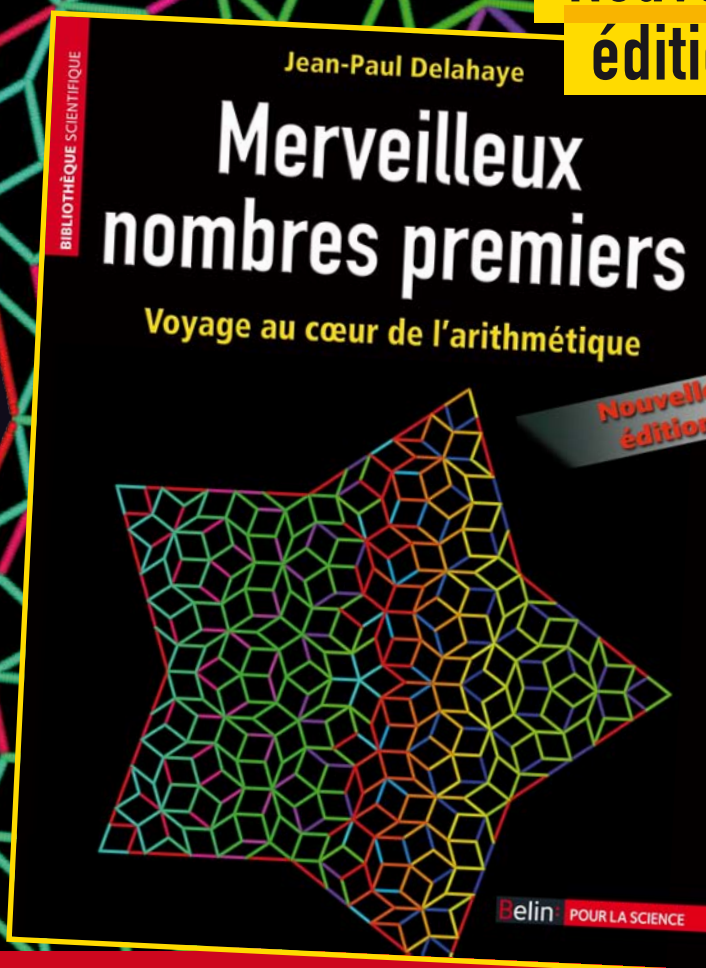
Voyage au cœur de l'arithmétique

Jean-Paul Delahaye

Nouvelle
édition

Les nombres premiers fascinent. Connus dès les débuts de l'arithmétique, ils ont excité la curiosité de milliers de mathématiciens. Ils sont au cœur de la science des nombres, car tout entier se décompose de façon unique en un produit de facteurs premiers. Dans cet ouvrage, l'auteur mêle éclaircissements théoriques et anecdotes piquantes.

Éditions Belin/Pour la Science 2013
296 pages — 28 euros
ISBN 978-2-8424-5117-2



BON DE COMMANDE

à découper ou à photocopier et à retourner accompagné de votre règlement à : Groupe Pour la Science • 628 avenue du Grain d'Or • 41350 Vineuil • Tél. : 0 805 655 255 • e-mail : pourlasciencevpc@daudin.fr

POUR LA
SCIENCE

☐ Oui, je commande l'ouvrage **Merveilleux nombres premiers** de J.-P. Delahaye.

..... exemplaires × 28,00 € (Réf. 075117) = ... €
Frais de port (4,90 € France – 12 € étranger) + ... €
TOTAL À REGLER = ... €

J'indique mes coordonnées :

Nom :
Prénom :
Adresse :

C.P. : [] [] [] [] [] Ville :
Pays : Tél. : [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []
Pour le suivi client (facultatif)

Je choisis mon mode de règlement :

☐ par chèque à l'ordre de *Pour la Science*
☐ par carte bancaire

Numéro []
Date d'expiration []
Cryptogramme []

Signature obligatoire

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher la case ci-contre ☐.

E-mail pour recevoir la newsletter *Pour la Science* (à remplir en majuscules).

@

NBRP431

Offre valable jusqu'au 30.09.13, dans la limite des stocks disponibles.

WITH DISTINCTION



Universités en ligne, une révolution dans le monde de l'enseignement

p. 34 - Des formations gratuites en accès libre sur Internet par Jean-Marie Gilliot

p. 42 - Cours en ligne pour étudiants du monde entier par Jeffrey Barcholet

p. 48 - Les étudiants sont-ils satisfaits des cours sur le Web ? par Jeffrey Barcholet

Les salles de cours n'ont pas beaucoup changé durant les derniers siècles. Les étudiants assistent aux conférences et aux travaux dirigés, prennent des notes, les retravaillent chez eux et font des devoirs. L'enseignant expose sa leçon en classe ou dans un amphithéâtre et, de temps en temps, fait passer un examen. Les étudiants qui ont réussi les épreuves obtiennent leur certificat et passent à l'étape suivante de leur cursus. Et la plupart, surtout les moins aisés, fréquentent l'établissement le plus proche de leur lieu de résidence, indépendamment de sa qualité.

Ce schéma général est en train de changer. Dans un nombre croissant d'établissements, les apprenants assistent à des cours accessibles en ligne, sur le Web, et viennent en classe pour faire des exercices ou passer des épreuves, ainsi que pour interagir avec les enseignants et les autres étudiants. Ils travaillent sur ordinateur avec des logiciels qui leur permettent de progresser à leur propre rythme, indépendamment de ce que font les autres. Les enseignants s'appuient également sur l'informatique pour noter les épreuves et les mémoires, ce qui leur permet de prendre en charge un grand nombre d'étudiants. Et l'établissement géographiquement proche n'est plus le seul choix des étudiants dépourvus de moyens : des universités, des entreprises et des organismes à but non lucratif mettent à disposition des internautes du monde entier des cours de bonne qualité.

Ces transformations, décrites dans ce dossier de *Pour la Science*, annoncent-elles une révolution du monde de l'enseignement et de la formation ? Oui, mais à condition que les questions en suspens obtiennent des réponses satisfaisantes. Et ces questions sont nombreuses. Quelles méthodes pédagogiques appliquer ? Les enseignements en ligne doivent-ils conduire à un diplôme ? Si oui, comment éviter les tricheries et les fraudes ? Quel peut être le modèle économique des fournisseurs de cours en libre accès ?

La rédaction

Des formations gratuites et en accès libre sur Internet

Jean-Marie Gilliot

Des cours suivis sur Internet, gratuits et ouverts à tous, sont proposés depuis peu par des universités et d'autres structures. Une transformation profonde du monde de l'enseignement, dans ses méthodes comme dans son organisation, s'annonce.

Depuis plusieurs années, mes étudiants présentent leur *curriculum vitae* sur un service en ligne. Quelques-uns m'invitent comme relation pour agrémenter leur réseau professionnel de premiers contacts. Cette année, la nouveauté est que certains étudiants ajoutent, au-dessus de la partie décrivant leurs diplômes, une ligne indiquant « Université Stanford » ou « Coursera », site Internet proposant des cours ouverts à tous et issus d'universités du monde entier, dont Stanford.

Les étudiants d'aujourd'hui peuvent en effet s'inscrire en ligne à un cours complémentaire sur le sujet de leur choix. En deux ans, s'inscrire à un cours proposé en ligne par une université se trouvant à l'autre bout du monde est devenu aussi facile que de se faire un nouvel ami sur Facebook. Et cela n'est pas réservé aux étudiants. Tout internaute peut s'inscrire, et ce sans limite sur le nombre d'inscriptions. Un tel cours peut attirer des milliers ou des dizaines de milliers de participants, venant du monde entier. Cette ouverture à tous modifie complètement le contexte

L'ESSENTIEL

- Depuis deux ans, il est possible de suivre des cours en ligne gratuits, dispensés par des établissements situés à l'autre bout du monde.
- Ces cours en ligne ouverts aux masses, désignés par l'acronyme américain MOOC ou le français CLOM, offrent un enseignement à la fois mondialisé, plus personnalisé et plus interactif.
- Leur succès met en question le système éducatif classique et soulève de nombreuses questions techniques, pédagogiques, sociales ou économiques.

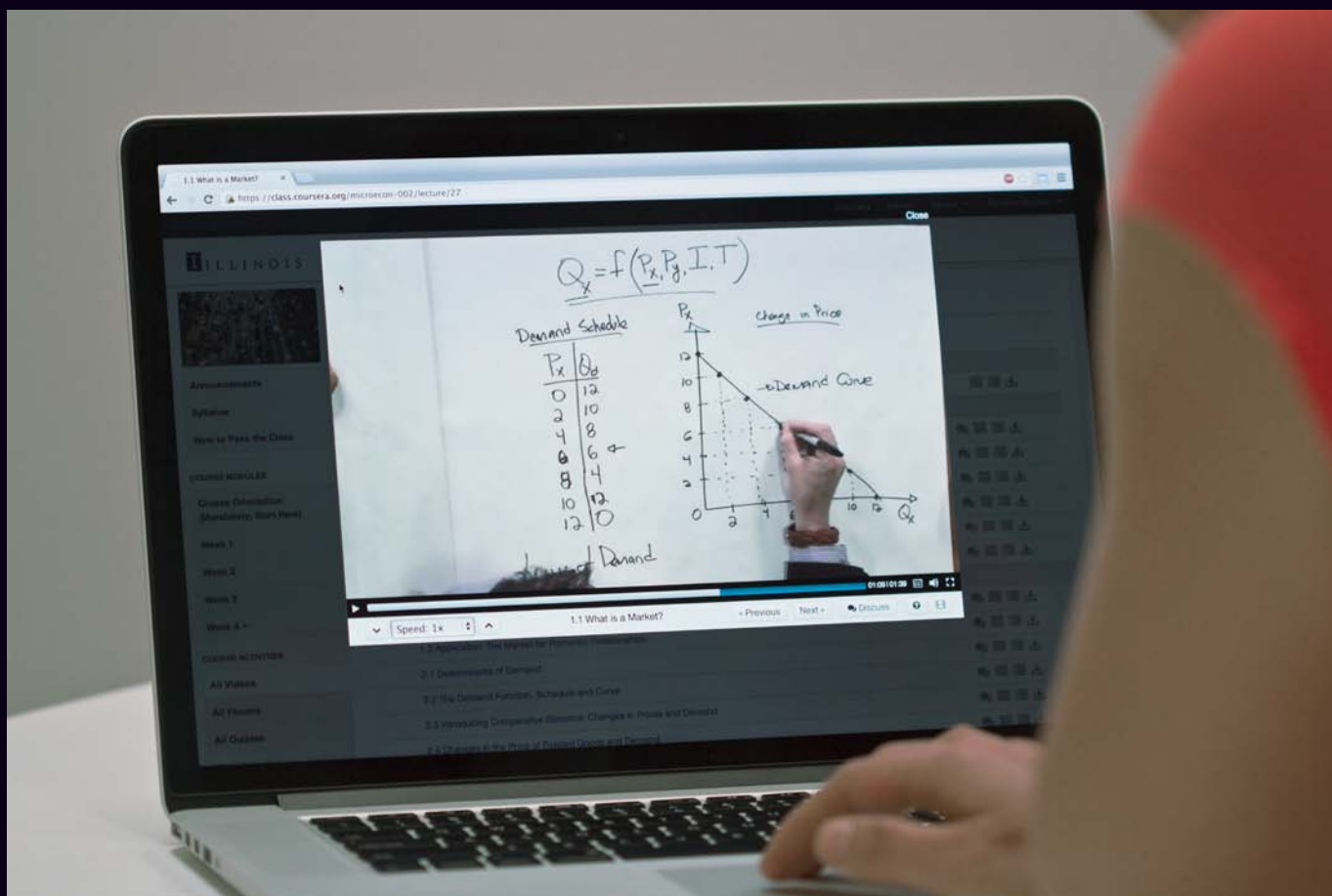
© coursera.org

dans lequel se déroule un cours. L'apprentissage (re)devient social.

Les Américains nomment de tels cours MOOC, pour *Massive Online Open Course*, acronyme parfois traduit en français par CLOM (Cours en ligne ouvert et massif). Ces nouvelles formes d'apprentissage annoncent une révolution à l'échelle internationale dans le monde de l'enseignement supérieur, révolution qui ne fait que commencer et dont on décrira ici les principaux aspects.

Pour s'inscrire à un cours accessible sur Internet, il suffit d'avoir une adresse de courriel. Sans engagement préalable, le participant peut regarder la vidéo d'introduction, le contenu, les activités proposées, avant de décider de poursuivre ou non. Il peut aussi choisir de ne se concentrer que sur une partie qui l'intéresse plus particulièrement ou, au contraire, de s'engager complètement si le sujet le passionne ou s'il veut obtenir un certificat.

Il n'y a pas que des MOOC sur le Web. Un site comme *Skilled Up* recensait mi-juillet



68 150 ressources pédagogiques en ligne pour 482 MOOC. Sur ces 68 150 didacticiels, vidéos, etc., la moitié sont gratuits, les autres payants. Il est en effet possible de trouver aujourd'hui des didacticiels sur n'importe quel sujet et en n'importe quelle langue, à côté d'offres de professionnels de la formation.

Pourquoi alors parle-t-on partout des MOOC si une offre en ligne existe depuis des années ? D'abord parce que, proposés par des universités de renom, ils ont rapidement acquis une grande visibilité. Mais, surtout, ils questionnent le système de formation lui-même, et ce à un niveau mondial. Ils sont porteurs d'une rupture par le changement d'échelle dans le nombre d'inscrits et par la dynamique qui en découle.

Les enseignants ont longtemps cherché des formes interactives pour diffuser le savoir. On a ainsi mis en ligne de (trop) longues séquences vidéo retranscrivant par exemple un cours magistral dans un amphithéâtre. Une nouvelle forme de vidéos a été popularisée par le formateur américain

d'origine bengalie Salman Khan. Son site, la *Khan Academy*, propose ainsi des vidéos, des exercices, des évaluations et des progressions sur l'ensemble des programmes scientifiques des classes primaires à celle de terminale.

Des vidéos stimulantes

Les vidéos sont courtes, sur un ton proche de la conversation, se concentrent sur un concept ou abordent une question à laquelle l'internaute devra répondre. Après chaque vidéo, une question ou un exercice simple permet de vérifier si l'on a bien compris, avant de passer à la suite. Ce découpage rend la séance plus dynamique, plus stimulante et permet à l'apprenant d'avancer à son rythme. Cette forme est reprise dans les MOOC et devient un modèle pédagogique classique.

À cela s'ajoutent l'avènement de l'informatique dans les nuages et la généralisation de l'usage des réseaux sociaux et de l'accès aux vidéos. La conjonction de ces facteurs a suscité un grand nombre

d'initiatives et a rencontré un public manifestement avide d'apprendre.

La plate-forme *edX*, issue du MIT (l'Institut de technologie du Massachusetts) et de l'Université Harvard, est bien représentative du mouvement américain. Elle se développe au travers de partenariats avec d'autres universités reconnues et propose un portail de MOOC. Son discours, qui annonce une révolution dans l'enseignement, en proposant au monde entier les meilleurs cours et en améliorant la vie sur ses campus, est largement relayé par la presse.

Comment se présente, concrètement, un MOOC ? Plus engageant qu'un livre ou qu'un ensemble de ressources éparses, un cours est fait pour accompagner l'étudiant, le guider dans un apprentissage. Ce cours lui sera peut-être recommandé par son réseau social, ou il sera allé le choisir sur un des portails en ligne qui en présentent des listes variées.

1. LES COURS EN LIGNE ouverts à tous proposent notamment de courtes vidéos, où un enseignant expose une seule notion.

La page d'accueil du cours comporte les éléments principaux de présentation – la biographie des instructeurs, un résumé du cours, son déroulement, ses objectifs, une vidéo d'introduction pour se faire une idée plus précise et la charge de travail estimée. Car il s'agit bien d'un cours, avec des exercices, du travail personnel, des échanges, des rendus, pas simplement une série de vidéos à voir et à écouter. C'est à l'étudiant de vérifier s'il est prêt à consentir cet investissement ou s'il est juste intéressé par certains aspects du cours. Un MOOC

peut proposer des mécanismes incitatifs ou des relances amicales pour amener l'étudiant à suivre le cours jusqu'à son terme, mais le participant est libre. Cela est bien différent d'un cours imposé à un étudiant pour qu'il obtienne son diplôme, ou qu'il a dû payer. Certes, beaucoup abandonnent le cours avant la fin, mais, en même temps, jamais autant de personnes ne sont allées au bout d'un cours...

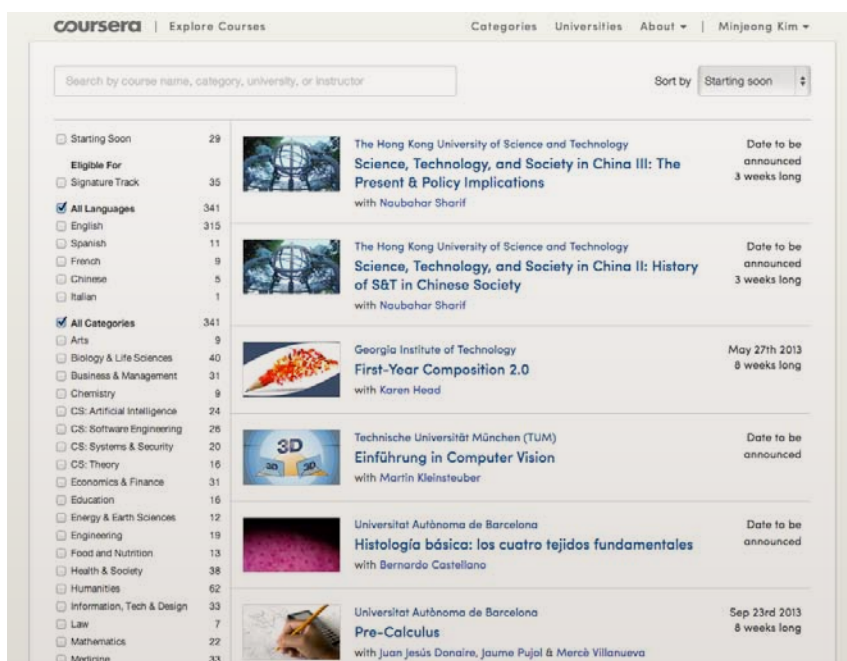
Le modèle mis en avant par les universités correspond à une mise en ligne de cours proposés sur les campus, avec

son déroulement classique de cours en amphithéâtres, de séquences d'exercices, éventuellement d'un projet d'application, et une évaluation finale. L'innovation réside ici dans l'ouverture du cours sur Internet et dans la possibilité offerte à tout internaute de le suivre.

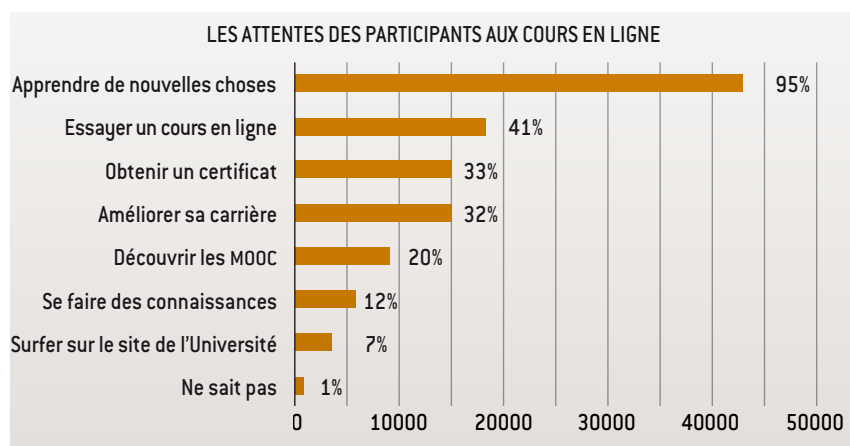
Par rapport à un cours classique, les participants à un cours en ligne apprécient de pouvoir suivre les vidéos à leur rythme, parfois en petits groupes de travail, de valider leur compréhension par des exercices simples après chaque étape (voir la figure 4). On peut poser des questions sur les forums, les réponses étant en général fournies rapidement par des pairs (les autres participants). La phase de transmission s'en trouve enrichie.

La nécessité d'automatiser la correction des exercices, en raison du très grand nombre d'inscrits à un même cours, se révèle plus problématique. Cette automatisation limite en effet la richesse des exercices.

Pour pallier cette difficulté, deux démarches très différentes sont explorées. La première consiste à développer le travail en groupes et l'évaluation entre pairs. Plus riches en interactions, ces modalités sont des facteurs de motivation et de compréhension des attendus; elles favorisent l'apprentissage. Ainsi, le MOOC en français sur la gestion de projet, proposé au printemps par Rémi Bachelet, de l'École centrale de Lille, a entièrement fondé ses exercices et ses évaluations sur ces modalités; cela lui a permis d'afficher un taux de certification particulièrement élevé parmi ses 3600 participants.



2. L'ENTREPRISE COURSERA, créée par Andrew Ng et Daphne Koller de l'Université Stanford, proposait sur sa plate-forme, en juillet 2013, plus de 400 cours issus de 83 universités de divers pays, chiffres qui augmentent très rapidement.



3. L'UNIVERSITÉ D'ÉDIMBOURG A SONDÉ LES ÉTUDIANTS participant à l'un de ses six cours en ligne et a recueilli les réponses de plus de 45 000 personnes parmi les 309 000 inscrits à ces cours. L'un des résultats est le tableau ci-dessus, relatif aux attentes des participants.

Automatiser la correction

La seconde approche consiste au contraire à perfectionner les méthodes de correction automatique, issues des méthodes de l'intelligence artificielle. La plate-forme edX a ainsi annoncé sa capacité à corriger automatiquement des dissertations, une fois les 100 premières copies corrigées par des correcteurs humains. Une telle approche devient intéressante lorsqu'il y a des milliers ou des dizaines de milliers de copies à corriger. Le nombre de participants n'est alors plus plafonné, et les retours de correction sont rapides, ce que souhaitent toujours les apprenants lors de leur formation. Reste à savoir s'ils seront prêts à ce que leur examen final soit validé par une machine...

Mais ce modèle de mise en ligne de cours semble n'être qu'un prolongement des

modèles pédagogiques classiques. Certains pédagogues et chercheurs explorent des modèles qui tirent parti d'autres caractéristiques du Web : l'abondance des ressources, la gestion des connaissances au travers des réseaux sociaux et des communautés de pratique, la production de contenu par les utilisateurs, les phénomènes d'émergence qui émanent de communautés. De fait, l'acronyme MOOC est apparu dans un cours visant à tester une nouvelle théorie pédagogique qualifiée de connectivisme et proposée par Georges Siemens, professeur à l'Université Athabasca, au Canada, un établissement spécialisé dans la formation en ligne.

Du cours classique au connectivisme

Dans cette approche, l'apprentissage est vu comme un parcours dans un réseau auto-organisé de contenus et de personnes. Les activités principales des apprenants consistent à produire des analyses critiques des contenus, à les mettre en relation et à échanger avec les pairs. Il appartient alors à l'apprenant de prendre les bonnes

décisions pour mener son apprentissage. Cette forme d'apprentissage, qui demande plus d'initiative de la part de l'étudiant, est en phase avec les compétences de culture numérique, entre savoirs formels et savoirs émergents, considérées par certains comme essentielles au XXI^e siècle.

Le premier MOOC francophone, qui traite justement de la façon d'apprendre sur Internet, ITyPA (pour « Internet Tout y est Pour Apprendre »), a retenu ce modèle. Avec trois collègues (Anne-Cécile Grolleau, Morgan Magnin et Christine Vaufrey), nous avons proposé ce cours en ligne de dix semaines à l'automne dernier. Ce MOOC, qui implique nos institutions (*Télécom Bretagne, Centrale Nantes et Thot Cursus*), est reproposé cette année à partir du 10 octobre.

Au-delà des retours des apprenants sur les réseaux sociaux, les traces laissées par les étudiants au cours de leurs apprentissages sont recueillies afin d'effectuer une analyse globale du cours, que ce soit pour détecter au plus vite une difficulté non prévue ou pour améliorer les sessions suivantes. Par trace, on entend aussi bien ce que les participants produisent, leurs réponses,

■ L'AUTEUR



Jean-Marie GILLIOT est maître de conférences en informatique à Télécom Bretagne, une école de l'Institut Mines-Télécom, et chef de mission MOOC au niveau de cet institut.

MASSIVEMENT PERSONNEL

Les enseignants savent depuis longtemps que les étudiants réussissent mieux lorsqu'on leur fournit une assistance personnelle et un apprentissage visant la maîtrise du sujet, et pas seulement le passage d'un examen. Le succès exige aussi de la motivation, qu'elle vienne de l'étudiant ou de ses parents, tuteurs ou camarades.

L'avènement des cours en ligne ouverts et massifs abolira-t-il ces facteurs de réussite ? Pas du tout. En fait, les outils numériques constituent la meilleure voie vers un enseignement personnalisé et peu coûteux.

Sebastian Thrun et moi avons enseigné des années durant l'intelligence artificielle à l'Université Stanford et ailleurs. Nous donnions des cours magistraux, des devoirs à faire à la maison et des examens que tous passaient en même temps. Chaque semestre, seuls cinq à dix pour cent des étudiants se lançaient dans des discussions approfondies en classe ; les autres étaient plus passifs.

Nous avions le sentiment que l'on pouvait faire mieux. À la ren-

trée de 2011, en plus de la classe habituelle, nous avons créé un cours en ligne gratuit et ouvert à tous. Cette première tentative a attiré environ 100 000 participants, dont 23 000 sont allés jusqu'au bout du cours.

Inspirés par l'économiste et sociologue Herbert Simon (prix Nobel en 1978) qui disait que « l'apprentissage résulte de ce que l'étudiant fait et pense, et uniquement de cela », nous avons créé un cours où les étudiants sont actifs et obtiennent de fréquents retours sur ce qu'ils font. Nos « conférences » étaient de courtes vidéos de deux à six minutes conçues pour préparer les participants à faire le prochain exercice.

Certains problèmes nécessitaient l'application de techniques mathématiques décrites dans les vidéos. D'autres étaient des questions ouvertes offrant aux étudiants l'occasion de réfléchir par eux-mêmes, puis d'exprimer leurs idées dans des forums de discussion en ligne. Cette incitation à un apprentissage actif plutôt que passif a eu des bienfaits analogues à ceux d'un tutorat et a

aidé à augmenter la motivation des étudiants.

D'abord, comme l'ont montré en 2013 Karl Szpunar et ses collègues, de l'Université Harvard, des interactions fréquentes permettent de maintenir l'attention. Ensuite, comme l'a établi en 2012 une étude de William Wood et Kimberly Tanner, l'apprentissage est renforcé lorsque les étudiants construisent leurs propres explications plutôt que d'écouter passivement celles de l'enseignant. C'est pourquoi un système de tutorat automatisé bien conçu peut conduire à d'aussi bons résultats que des instructeurs humains, comme l'a montré Kurt VanLehn, de l'Université de l'État d'Arizona, dans une synthèse de 2011.

Un dernier avantage clef était l'amélioration rapide du cours lui-même. Nous analysions les endroits où nos milliers d'étudiants réussissaient ou échouaient pour repérer où le cours avait besoin d'être modifié. Des enseignants humains analysaient les informations, mais un système d'intelligence artificielle pourrait assurer cette fonction et formuler



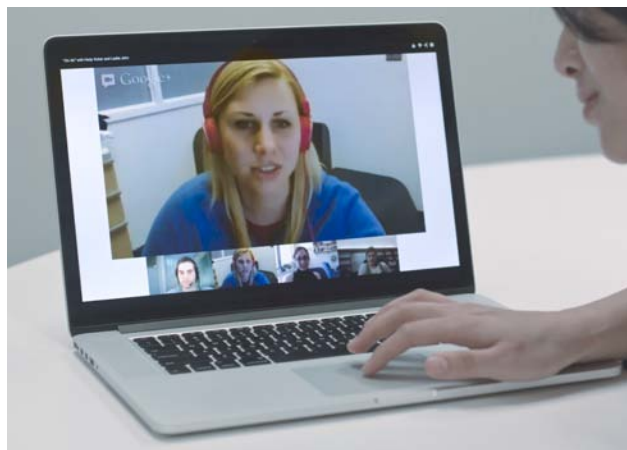
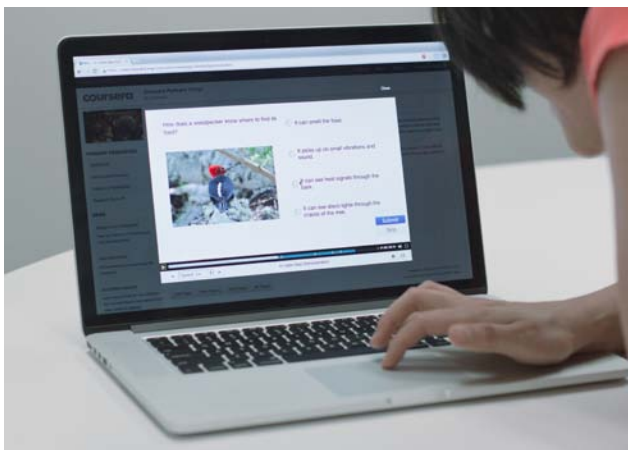
ensuite des recommandations sur ce que l'apprenant devrait essayer d'améliorer – à l'instar des magasins en ligne qui vous proposent un livre ou un film susceptible de vous intéresser.

L'apprentissage en ligne est un outil, tout comme l'est un manuel. Ce qui compte vraiment est la façon dont l'enseignant et l'étudiant l'utilisent.

Peter Norvig

Directeur de la recherche de la Société Google

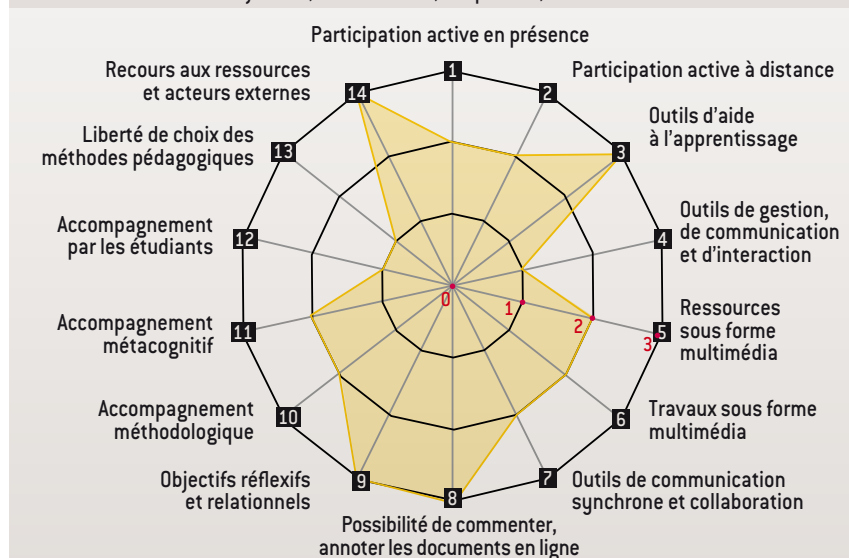
David Desau



4. LES COURS EN LIGNE OUVERTS ET MASSIFS proposent au participant de nombreux petits tests d'acquisition des connaissances, sous la forme de quiz [à gauche]. Ils offrent souvent, par ailleurs, la possibilité d'interagir et de travailler avec d'autres participants au cours [à droite].

14 COMPOSANTES CONSTITUTIVES D'UN DISPOSITIF HYBRIDE

Dans son dispositif, l'enseignant met-il en œuvre... ?
0 = jamais ; 1 = rarement ; 2 = parfois ; 3 = souvent



5. LE PROJET EUROPÉEN HY-SUP a élaboré une typologie des dispositifs hybrides, qui combinent enseignement classique (« en présence ») et enseignement en ligne. *Hy-Sup* a proposé un ensemble de 14 attributs pour caractériser et classer ces dispositifs. Le graphique jaune représente un ensemble possible de réponses fournies par le responsable d'un dispositif hybride.

que les interactions avec l'ordinateur (clics de souris ou temps de visualisation d'une vidéo par exemple).

L'analyse des données des cours est également utile pour mieux comprendre l'impact réel des cours en ligne. C'est ainsi que l'Université d'Édimbourg, en Écosse, a produit un premier rapport sur son expérience au travers de six MOOC, et espère que son exemple sera suivi (voir la figure 3).

On y apprend sans surprise que seuls 40 pour cent des inscrits accèdent effectivement au site du cours, confirmant la volatilité des inscrits dans des formules

ouvertes. Plus intéressant: la catégorie d'âge la plus représentée est celle des 25-34 ans (33 pour cent), devant les 18-24 ans (21 pour cent) et les 35-44 ans (18 pour cent). Par ailleurs, 70,3 pour cent des participants qui ont répondu au questionnaire détenaient déjà un diplôme universitaire. L'ouverture semble ainsi profiter à des publics déjà formés. On note également que si tous les participants viennent pour apprendre de nouvelles choses, un tiers seulement sont intéressés par l'obtention d'un certificat.

Jusqu'où aller dans l'exploitation des données de nature personnelle? La façon

d'apprendre de chacun renvoie à sa manière d'être. La crainte que les entreprises puissent accéder à ces données pour juger d'un futur collaborateur paraît exagérée. Mais il est vrai qu'il existe déjà des jeunes pousses qui proposent aux entreprises intéressées de leur recommander les meilleurs participants à certains cours. Ces cours étant sur le Web, la question des données personnelles et des droits, ceux des auteurs comme des participants, n'est pas à négliger.

Un modèle économique à trouver

Par ailleurs, le modèle économique des formations en ligne reste à inventer. Comme Google pour les moteurs de recherche, Facebook pour les réseaux sociaux ou Amazon pour la vente en ligne à leurs débuts, le marché est reconnu comme énorme, mais les sources de revenus ne sont pas encore déterminées.

La piste des produits dérivés, comme la vente optionnelle de livres, est classique pour des entreprises qui proposent des ressources éducatives en ligne, MOOC ou autres. Le tutorat personnalisé est parfois évoqué. Certains sites proposent déjà des mises en relation entre offreurs de compétences et personnes désirant apprendre. Une autre source possible de revenus est constituée par les entreprises, si on peut leur fournir de la valeur ajoutée dans le cadre d'une formation continue.

Pour des sujets reconnus importants et pouvant toucher un large public, la piste du sponsoring ou de la subvention est à privilégier pour se donner les moyens de construire un cours d'envergure. La gamme

de prix de revient d'un MOOC est en effet très large. Un cours où le temps des organisateurs n'est pas compté et qui utilise des services libres ou gratuits est très peu coûteux en comparaison d'un cours faisant appel à des professionnels, à des ressources dédiées et à des simulateurs développés spécifiquement, dont le coût peut atteindre plusieurs centaines de milliers d'euros.

Tous les acteurs des MOOC avancent toutefois la piste centrale constituée par les certificats : il s'agit de faire payer à l'étudiant quelques dizaines d'euros pour l'obtention d'un certificat qui sanctionne un cours nécessitant 60 heures d'études.

Pour passer du certificat au diplôme, il y a un pas que les universités américaines hésitent à franchir. Pour l'instant, seule Georgia Tech propose un master fondé sur des cours ouverts, et ce pour une somme de 7000 dollars, somme dérisoire de l'autre côté de l'Atlantique.

Ainsi, un marché de la formation en ligne se développe. Comme les autres marchés, il a ses héros (Sebastian Thrun, Daphne Koller, Andrew Ng, Peter Norvig, Salman Khan...) et ses jeunes pousses, telle *Coursera* : en nombre d'inscrits, cette entreprise

californienne, fondée en 2012 par A. Ng et D. Koller, progresse plus vite que *Facebook* à ses débuts et propose sur sa plate-forme plus de 400 cours provenant de 83 universités (voir la figure 2) ; elle vient de lever 43 millions de dollars pour doubler de taille.

De nombreuses plates-formes suivent son exemple. Le concurrent le plus sérieux de *Coursera* est pour le moment *edX*, initiative à but non lucratif issue du MIT et de Harvard. À côté de ces réussites saillantes se développe tout un écosystème. De nombreux sites fleurissent : des portails recensant tous les cours en ligne proposés jusqu'aux éditeurs de portfolios destinés à valoriser les apprentissages du client, en passant par des formes d'accompagnement variées.

Par ailleurs, les sociétés disposant de contenus issus des médias ou des métiers de la formation cherchent à valoriser leur fonds. Et il ne faut pas oublier les ténors du monde numérique, tels que *Orange* ou *Google* et sa chaîne *YouTube*, où sont déposées l'immense majorité des vidéos de tous les MOOC, qui cherchent à se positionner.

Ce marché a ainsi émergé en 2012 aux États-Unis, avec des MOOC en langue

anglaise proposés par les plus grandes universités américaines et par des entreprises californiennes issues de ces universités. Un an après, *Coursera* a ouvert son portail à de prestigieuses universités étrangères, ce qui lui permet d'afficher une dizaine de cours en espagnol et en français, cinq en chinois et un en arabe, en allemand ou en italien. Le portail *edX* s'ouvre également et compte désormais des universités australiennes, chinoises, coréennes, européennes et indiennes comme partenaires.

Une diversification des établissements et des langues

Ces portails ne sont pas les seules alternatives. L'École polytechnique fédérale de Lausanne a organisé début juin une rencontre au niveau européen, où l'on a découvert qu'il y avait des initiatives et des approches variées, différentes dans chaque pays présent. La communauté la plus active est sans doute celle d'Espagne, suivie de celle d'Allemagne. Bref, le mouvement des cours en ligne s'étend et bouge

NE PLUS APPRENDRE EN MARCHANT AU PAS

Chaque fois que des gens pensent à quelque chose de virtuel, ils l'opposent immédiatement à sa contrepartie physique : *Amazon* et librairies, *Wikipédia* et encyclopédies sur papier, etc. Ils supposent que le virtuel remplacera le physique par quelque chose de moins cher, plus rapide et plus efficace. Dans le domaine de l'enseignement, cependant, le virtuel créera une rupture de nature très différente.

Il ne faut pas chercher à remplacer les salles de cours. Au lieu de cela, nous avons la possibilité de mélanger le virtuel au physique et de repenser entièrement l'enseignement.

Aujourd'hui, dans la plupart des salles de cours, les étudiants sont assis, écoutent et prennent des notes pendant que l'enseignant parle. Bien que 20 à 300 personnes soient présentes dans la salle, elles interagissent peu, voire pas du tout. Les examens constituent souvent pour l'enseignant la première occasion de savoir si ses étudiants ont bien assis-

milé les connaissances. Mais, même si l'épreuve repère certaines lacunes dans la compréhension d'une notion par les étudiants, le cours se poursuit et passe à des notions plus avancées.

Grâce aux outils virtuels, on peut repenser cette méthodologie. Si un cours est disponible en ligne, le temps passé en classe peut être consacré à des discussions, à de l'entraide ou à des travaux dirigés par l'enseignant.

En évacuant ainsi le cours magistral de la salle de classe, avec des exercices et des tests adaptés, il n'est plus nécessaire de poursuivre le modèle d'usine hérité de la Prusse du XIX^e siècle, où les étudiants avancent tous ensemble à un rythme imposé.

Au lieu de cela, chaque étudiant peut avancer à son propre rythme et prouver l'assimilation de ses connaissances bien après que le cours formel a été donné.

Dans les 10 ou 20 prochaines années, un tel enseignement mixte permettra aussi de séparer l'enseignement de l'attribution des diplômes,

fonctions qui sont aujourd'hui assurées par les mêmes institutions. Cette approche permettra à n'importe qui de prouver qu'il possède des compétences, que celles-ci aient été acquises au travail, dans une école classique, par un cours en ligne ou, plus probablement, par plusieurs de ces voies.

Cette situation a un impact important sur la qualité des cours magistraux et d'autres contenus pédagogiques. Les professeurs en amphithéâtre et les éditeurs de manuels savent très peu comment le cours est utilisé ou s'il est efficace. En associant leurs expériences en classe à des outils en ligne, les créateurs de contenus et les professeurs peuvent enfin obtenir des informations précises et à jour sur l'efficacité de leur travail.

Dans cet enseignement mixte, le rôle des enseignants est revalorisé. Au lieu de passer le plus clair de leur temps à donner des cours magistraux, à faire passer des examens et à les corriger, les profes-



seurs peuvent désormais interagir avec leurs étudiants. Plutôt que de leur imposer une attitude passive, ils pourront les guider, les conseiller et les amener à prendre le contrôle de leur propre apprentissage – la compétence la plus importante de toutes.

Salman Khan

Fondateur de la *Khan Academy*, organisation non lucrative pour l'apprentissage en ligne, Mountain View, Californie

David Deshay



6. LA RÉALISATION D'UN COURS EN LIGNE chez edX. Une caméra verticale filme le support sur lequel l'enseignant écrit ou dessine, le son étant aussi enregistré.

très vite, d'où la difficulté d'en avoir une vision complète et mondiale.

D'un point de vue linguistique, des cours apparaissent donc dans les différentes langues, ce qui semble naturel dans un esprit d'ouverture de la connaissance à tous. L'état actuel des technologies ne permet pas d'assurer des conversations dans des langues différentes, mais certains contenus sont évidemment traduits, souvent par les internautes eux-mêmes. Gageons que, bientôt, certains cours entiers seront traduits pour être proposés dans différentes langues.

Disciplines et niveaux variés

Quelles sont les sujets proposés, et à quels niveaux ? L'informatique a été la première discipline concernée et, dans plusieurs pays, un cours sur l'entrepreneuriat a fait partie des précurseurs. Mais rapidement, tous les sujets sont touchés. *Coursera* propose ainsi 25 catégories couvrant l'ensemble des thèmes proposés par les universités, des arts aux sciences sociales, en passant par le droit ou la médecine.

Les cours concernent tous les niveaux. Par exemple, les vidéos de la *Khan Academy* couvrent les mathématiques depuis le primaire jusqu'à l'université. On voit également quelques MOOC s'ouvrir pour les doctorants, sur le modèle classique des universités d'été.

L'écosystème des cours en ligne montre que le système éducatif, s'il est aujourd'hui

vu dans nos sociétés comme monolithique, est en fait constitué de toute une chaîne d'activités qui pourraient être dissociées (recrutement, définition d'un cursus, offre de cours, valorisation des certificats sous la forme d'un portfolio, etc.). Les entreprises de cet écosystème bousculent ainsi le système éducatif classique et le mettent en question. Par ailleurs, avec des audiences potentiellement mondiales, les MOOC élargissent la mission du système éducatif, et les questions d'influences culturelle, économique et politique prennent une importance nouvelle.

Une refonte du système éducatif

Le recours aux outils numériques de communication dans l'enseignement, s'il n'est pas nouveau, change aujourd'hui de dimension. Les MOOC permettent de gommer en partie l'écart entre formation initiale à l'université et formation permanente. Ils facilitent l'accès à la connaissance. Il reste à permettre à chacun de pouvoir s'en saisir : on sait que la fracture numérique réside dans la capacité des publics à adopter les nouveaux usages.

Des travaux sont menés pour mieux comprendre la diversité du recours au numérique dans le monde de l'éducation. En particulier, le projet européen *Hy-Sup* propose une typologie des dispositifs hybrides (qui panachent enseignement classique et outils numériques). Il identifie 14 composantes pour caractériser un dispositif (voir la figure 5) et suggère des pistes pour accompagner les enseignants dans une remise en question de leurs pratiques.

Numérique et enseignement ont déjà une longue histoire parfois commune, mais on entre maintenant dans une ère de diffusion large et ouverte. Cette nouvelle ère est riche de promesses : une adaptation personnelle des contenus à la progression de l'étudiant, des interactions plus riches entre enseignants et élèves, entre élèves, et, puisque les cours sont ouverts, entre élèves et professionnels. Ces promesses seront-elles tenues ? En tout état de cause, nos étudiants sont demandeurs. Dans notre évaluation d'un MOOC récemment proposé à *Télécom Bretagne*, un étudiant nous écrivait : « Vraiment merci de m'avoir fait découvrir la magie des MOOC, vous ne savez pas à quel point vous avez changé ma vie ! » ■

■ BIBLIOGRAPHIE

J.-M. Gilliot, *Faire un MOOC dans son garage... ou dans son salon*, *Documentaliste*, vol. 50(1), pp. 14-15, 8 avril 2013 (<http://tipes.wordpress.com/>).

MOOC@Edinburgh 2013, *Rapport n° 1*, cf. <http://thepienews.com/news/u-of-edinburgh-releases-first-comprehensive-mooc-data/>

L. Breslow et al., *Studying learning in the worldwide classroom - Research into edX's first MOOC*, *Research & Practice in Assessment*, vol. 8, pp. 13-25, 2013.

M. Cisel et E. Bruillard, *Chronique des MOOC*, *Revue Sticef*, vol. 19, 2012 (http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2012/13r-cisel/sticef_2012_cisel_13rp.html).

J. Daniel, *Making sense of MOOCs: Musings in a maze of myth, paradox and possibility*, *Journal of Interactive Media in Education*, 2012 (<http://sirjohn.ca/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/120925MOOCspaper2.pdf>).

COURS EN LIGNE

pour étudiants du monde entier

Jeffrey Bartholet

Dans de nombreux pays tels que le Rwanda ou l'Inde, les cours universitaires sur Internet laissent espérer un accès massif à un enseignement supérieur de qualité. Mais une adaptation au contexte local est requise.

T ujiza Uwituze faisait partie des meilleurs élèves de sa classe dans son lycée rwandais, mais son niveau était mauvais selon les critères internationaux. Elle ne faisait que mémoriser et restituer l'information transmise par les enseignants, et l'école qu'elle fréquentait n'avait pas d'ordinateurs à la disposition des élèves. En conséquence, l'anglais de T. Uwituze était approximatif et ses compétences en informatique faibles. Elle habite avec un grand-oncle à Kigali et dispose d'une cinquantaine d'euros d'économies. Malgré son ardeur au travail et un désir profond de réussir, ses rêves sont hors de sa portée... ou, plus exactement, ils le seraient s'il n'y avait *Kepler*, projet innovant qui pourrait radicalement changer sa vie.

L'objectif de cette expérience, menée par une petite association à but non lucratif nommée *Generation Rwanda*, est d'utiliser les cours en ligne ouverts aux masses (CLOM, ou MOOC pour *Massive Open Online Courses*) afin d'offrir une formation de haute qualité à de jeunes Rwandais nés à l'époque du génocide en 1994. Le premier test a débuté en mars avec un cours « prépilote » intitulé *Critical Thinking in Global Challenges*, proposé en ligne par l'Université d'Édimbourg en Écosse. Une dizaine d'étudiants ont visionné des

cours magistraux téléchargés depuis une plate-forme CLOM, et ont en plus suivi de petits séminaires et bénéficié de cours particuliers dans une salle de classe de Kigali avec un professeur présent sur place, une forme d'apprentissage qualifiée de mixte (ou encore hybride ou bimodale).

Pour une étudiante comme T. Uwituze, qui était bébé au moment des massacres de 1994, c'était une formidable occasion. Sa famille, qui avait fui d'abord au Burundi, puis en Tanzanie, puis au Kenya, avait tout perdu. Une instruction sommaire était tout ce que possédait vraiment T. Uwituze après des années de fuite. Elle est retournée au Rwanda à l'âge de 14 ans et a achevé ses études secondaires en novembre dernier.

Mieux et moins cher

Les frais de scolarité des universités publiques rwandaises s'élèvent à environ 1 100 euros par an pour une formation de qualité médiocre, ce qui est plus que la famille de T. Uwituze ne peut se permettre. Sa mère est sans emploi, et ses trois jeunes sœurs comptent sur son soutien financier. Quand elle a essuyé le refus d'un organisme qui aide les étudiants rwandais désireux d'obtenir des bourses dans les universités américaines, l'un des responsables de ce groupe lui a suggéré



Jonathan Torgovnik

de rejoindre *Kepler*. Elle est devenue l'un des 15 étudiants invités à suivre le cours prépilote pour tester le format CLOM. Elle s'est alors portée candidate pour faire partie d'un groupe d'étudiants plus important, qui suivra un programme complet de CLOM à partir de cet automne.

Kepler a reçu 2 696 demandes pour 50 places seulement pour la session d'automne. Six cents étudiants ont été invités à passer un examen en avril; 200, parmi lesquels T. Uwituze, ont été retenus pour la dernière étape de sélection. Ces 200 étudiants ont été convoqués à un entretien individuel et ont participé à des activités de groupe observées par le personnel de *Kepler* afin de déceler certains traits de

personnalité, comme les qualités de leader, la capacité de bien travailler à plusieurs et l'aptitude à résoudre des problèmes. L'objectif était de constituer une classe combinant des personnalités diverses : extravertis et timides, drôles et sérieux, créatifs et consciencieux.

Pour les candidats, l'enjeu était de taille. Jean Aimé Mutubazi n'a pas été retenu à l'issue de la première étape de sélection pour la session d'automne et s'est senti perdu. La plupart des membres masculins de sa famille, son père notamment, ont été tués lors du génocide. Il vit avec sa mère, qui a une jambe mutilée et vend du charbon pour survivre. Or pour lui, une formation constitue une sorte de « pouvoir

magique qui peut ouvrir n'importe quelle porte dans le monde ».

T. Uwituze a passé avec succès la dernière étape de sélection. Elle voulait initialement devenir pilote, ce qu'elle considère maintenant comme hors de portée, et envisage désormais une carrière dans la banque. *Kepler* va lui permettre d'étudier l'économie et la finance. Ceux qui ont été admis pour la session d'automne suivront des cours en ligne dispensés gratuitement par des universités de renom (avec le soutien et l'encadrement de professeurs américains à Kigali) et auront leurs frais de subsistance assurés. Jamie Hodari, directeur exécutif de *Generation Rwanda*, estime qu'après une dépense initiale de 100 000 dollars (environ



1. DANS CERTAINS CAS, des enseignants en chair et en os, comme ici au Rwanda, assistent les étudiants qui suivent des cours universitaires en ligne.

75 000 euros) pour la mise en place et l'évaluation du programme, le coût annuel par étudiant pour son organisme, ordinateurs portables et salaires des professeurs inclus, sera d'environ 3 000 dollars. Il espère à terme ramener ce montant à 1 000 dollars.

Initialement, les étudiants suivront une seule et même formation : deux années d'études générales avec une spécialisation en économie, l'enseignement étant dispensé par la *Southern New Hampshire University*. Une fois le diplôme correspondant à ces deux années acquis, *Kepler* projette d'offrir des formations de niveau licence en gestion commerciale, informatique et peut-être ingénierie, issues de différentes institutions.

T. Uwituze a des doutes sur l'approche en ligne, notamment des craintes que l'expérience soit abandonnée ou que les diplômes ainsi obtenus ne soient pas reconnus partout, mais elle est convaincue qu'elle en apprendra plus avec *Kepler* que dans une université rwandaise classique.

Les meilleurs cours, même pour les pauvres

Fournir les meilleurs cours universitaires à des personnes parmi les plus désavantagées de la planète est l'espoir (certains diraient l'argument publicitaire) du mouvement des CLOM. Les dirigeants des grosses plates-formes CLOM telles qu'*Udacity* et *Coursera*, entreprises à but lucratif cofondées par des professeurs de l'Université Stanford, et *edX*, la plate-forme à but non lucratif dirigée conjointement par le MIT (l'Institut de technologie du Massachusetts) et l'Université Harvard, affichent clairement leur ambition d'abattre les barrières sociales et géographiques à l'accès à l'enseignement supérieur.

Daphne Koller, cofondatrice de *Coursera*, a exposé ses objectifs révolutionnaires dans une conférence de juin 2012 qui a été visionnée plus d'un million de fois. Les CLOM «établiraient l'instruction comme un droit humain fondamental, grâce auquel quiconque en a la capacité et la motivation pourrait obtenir les compétences nécessaires à l'amélioration de sa qualité de vie ainsi que celle de sa famille et de sa communauté», a-t-elle déclaré à un auditoire enthousiaste. «Il se peut que le prochain Albert Einstein ou Steve Jobs habite un village au fin fond de l'Afrique, et si nous pouvions offrir à cette personne une formation supérieure, il pourrait lui

venir une idée géniale qui faciliterait la vie de chacun d'entre nous.»

On peut difficilement trouver à redire à un tel objectif. Toutefois, les enseignants travaillant à distance et en ligne affirment que les fournisseurs de CLOM tendent à exagérer les mérites de leurs produits. Ils font remarquer que l'enseignement en ligne a débuté longtemps avant l'arrivée des CLOM et que, souvent, ces derniers n'intègrent pas les techniques d'enseignement les plus à la pointe. Ils soulignent aussi que la plupart des populations des pays en développement ne sont pas connectées à Internet, et que les CLOM exigent des compétences et une motivation que seuls ont les meilleurs étudiants.

■ L'AUTEUR

Jeffrey BARTHOLET, écrivain et journaliste, a dirigé le bureau de l'hebdomadaire *Newsweek* à Washington, aux États-Unis.

L'ESSENTIEL

■ Avec les cours en ligne sur Internet ouverts aux masses (CLOM), des enseignements universitaires gratuits et de qualité deviennent accessibles dans des régions reculées du globe.

■ Souvent fournis par des universités américaines, les cours en ligne nécessitent une adaptation au contexte local.

■ Un exemple est le projet *Kepler* au Rwanda. Il vise à fournir, à des étudiants sélectionnés, des cours en ligne et l'assistance d'enseignants présents sur place.

Pas seulement une question de contenu

«Il faut une solution qui corresponde vraiment à la réalité du tiers monde», explique Tony Bates, un consultant canadien spécialisé dans l'apprentissage en ligne. «Oui, le contenu sera gratuit à l'avenir, mais ce dont les élèves et les étudiants ont réellement besoin, ce sont les services des professeurs. Comment étudier, où trouver l'information, savoir faire de l'analyse critique, apprendre à faire des choses originales, discuter et réfléchir convenablement : tout cela doit être soutenu et développé par des interactions avec des enseignants.»

C'est en cela qu'une expérience comme *Kepler* se distingue : combiner un contenu gratuit dispensé par les meilleurs professeurs du monde avec des enseignants capables d'apporter une aide personnalisée et de stimuler les étudiants. Ce modèle est particulièrement adapté à un pays comme le Rwanda, où seule une minuscule fraction de la population a un diplôme universitaire et où le nombre des jeunes sortant du lycée explose.

Aux États-Unis, les vives discussions sur le potentiel des CLOM se concentrent principalement sur la maîtrise ou la réduction du coût d'un diplôme universitaire, qui connaît une augmentation vertigineuse. Mais dans les pays en développement, la principale question est celle de la qualité. Les établissements et le niveau d'instruction sont déplorables dans de nombreux pays, et les diplômes délivrés localement sont souvent sans valeur pour les employeurs internationaux. Les Rwandais qui ont pris des cours de programmation informatique,

par exemple, ont rarement assez d'expérience pour utiliser des ordinateurs.

Ces considérations s'appliquent non seulement à un petit pays comme le Rwanda, mais aussi à une grande puissance émergente comme l'Inde. Les meilleures universités indiennes produisent d'excellents diplômés, mais un gouffre les sépare des autres établissements en termes de qualité. On a fait beaucoup de cas, par exemple, de l'énorme quantité d'ingénieurs que produit l'Inde. Mais parmi les 600 000 à 800 000 étudiants qui obtiennent un diplôme d'ingénieur chaque année, seuls « dix pour cent environ ont reçu une formation de qualité », estime Ashok Jhunjhunwala, professeur de génie électrique et considéré comme l'une des sommités académiques de son pays.

Des évaluations ont permis de mettre en évidence des insuffisances spécifiques. « Seuls sept pour cent environ des diplômés en génie informatique répondent aux exigences de l'industrie en termes de programmation », affirme Varun Aggarwal, cofondateur et directeur de l'exploitation d'*Aspiring Minds*, entreprise qui effectue des évaluations indépendantes des diplômés pour le compte de l'industrie. Un « test d'employabilité » standardisé sur 55 000 ingénieurs indiens diplômés en 2011 a révélé que 42 pour cent d'entre eux ne savaient pas multiplier et diviser des nombres à décimales. Plus d'un quart n'avaient pas un niveau d'anglais suffisant pour bien suivre le programme d'une école d'ingénieurs.

Une partie du problème vient des enseignants. « Ils sont mal payés et leur métier n'est pas considéré comme très attrayant », explique V. Aggarwal. « Les ingénieurs qui n'arrivent pas à trouver d'emploi dans l'industrie se tournent vers l'enseignement. » Un autre problème est celui de la préparation des étudiants : beaucoup n'ont pas le niveau adéquat en anglais quand ils entrent à l'université, alors que l'anglais est la langue de l'enseignement.

Si rien ne change, la situation a toutes les chances de se dégrader. L'Inde est dotée d'un des systèmes d'enseignement supérieur les plus imposants de la planète, avec plus de 600 universités et plus de 33 000 établissements supérieurs, où sont formés plus de 20 millions d'étudiants. Mais la proportion de jeunes Indiens poursuivant leurs études après le lycée est faible. Seuls 17,9 pour cent, contre 26,8 pour cent en Chine et 94,8 pour cent aux États-Unis, font



2. L'ENSEIGNANTE CHRISTINE YARNIG, du projet Kepler au Rwanda, complète les cours dispensés en ligne en fournissant une assistance personnelle aux étudiants.

des études supérieures. « Pour parvenir à 50 pour cent d'inscriptions, il faudrait faire entrer plus de 30 à 40 millions d'étudiants supplémentaires dans l'enseignement supérieur », explique Anand Sudarshan, ancien directeur général de *Manipal Global Education*, qui gère six universités et plus de 40 autres établissements. « Ce ne sera pas possible dans le contexte actuel. Un enseignement supérieur reposant sur la technologie est la seule solution pour que l'Inde puisse espérer rattraper son retard, en qualité comme en quantité. »

Un tremplin vers des formations classiques ?

Les CLOM sont-ils donc la solution, en Inde et ailleurs ? Pour une petite minorité d'étudiants exceptionnels, les CLOM sont une aubaine. « De nombreuses personnes suivent nos cours à titre individuel, et nous recevons beaucoup de messages nous disant à quel point l'expérience change leur vie », affirme D. Koller, de *Coursera*. « Dans les pays en développement, un grand nombre de personnes n'auraient pas, autrement, accès à une formation de haut niveau. »

Prenons le cas d'Amol Bhawe, un jeune de 17 ans de Jabalpur, en Inde, qui n'avait que 16 ans quand il a suivi un CLOM du MIT intitulé *Circuits et électronique*. A. Bhawe s'intéressait depuis son enfance aux livres d'ingénierie de son père et avait appris tout seul le BASIC, un langage de programmation. Il a obtenu un certificat de *Microsoft* en programmation quand il était au lycée. Et

l'électronique était pour lui un passe-temps. Il a achevé avec succès *Circuits et électronique* en dernière année de lycée. Mais *edX*, la plate-forme du MIT, n'a pas pu proposer le cours suivant, *Signaux et systèmes*. Dépité, A. Bhawe a alors fait équipe avec deux autres étudiants rencontrés sur des forums en ligne pour créer sa propre version CLOM du cours, fondée sur les conférences filmées du MIT et sur des quiz en ligne, ainsi que d'autres éléments interactifs qu'il a créés lui-même. Quelque 1 100 étudiants ont participé au cours. A. Bhawe a fait état de cette initiative quand il a postulé au MIT comme étudiant à part entière cette année. Et il a été admis : « Ma famille et moi étions tellement contents. C'était la première fois que quelqu'un de ma ville allait au MIT pour faire ses études de premier cycle. »

On peut faire deux lectures de cette anecdote. La première, c'est qu'un CLOM du MIT a ouvert une fenêtre d'opportunité extraordinaire à un jeune homme d'un village reculé de l'Inde. La seconde, c'est que les CLOM ne peuvent pas totalement remplacer les cours classiques, puisque le vœu le plus cher de A. Bhawe était de partir aux États-Unis pour y suivre les cours du MIT. Les raisons pour lesquelles A. Bhawe rêve d'études au MIT sont claires : faire des études de sciences dures est difficile si l'on ne peut pas réaliser d'expériences de laboratoire. Plus important encore, A. Bhawe ne peut pas obtenir un diplôme du MIT en suivant des cours en ligne, alors qu'un diplôme est le sésame pour faire carrière.

Quoi qu'il en soit, la plupart des Indiens n'ont sans doute pas la motivation ni les talents pour faire comme A. Bhavé. Ce jeune homme a aussi eu la chance d'être d'une famille qui avait les moyens de l'envoyer dans un lycée privé et de lui offrir un ordinateur et un accès fiable à Internet. La pénétration d'Internet progresse en Inde, mais elle est encore faible (dix pour cent des Indiens utilisaient Internet en 2011). La fiabilité de la fourniture en électricité reste un problème dans une bonne partie du pays, où le revenu annuel par personne est inférieur à 1 100 euros. Pour des centaines de millions d'Indiens, un ordinateur est un luxe.

Néanmoins, la technologie se généralise et devient meilleur marché. Même un pays enclavé comme le Rwanda est sillonné de câbles de fibre optique et de plus en plus câblé chaque année. Les appareils de type ordinateur deviennent plus abordables : à la demande de l'Inde, la firme *Datawind*, basée au Royaume-Uni, a produit une tablette Android de base pour environ 30 euros, que le gouvernement indien a proposée aux étudiants pour la moitié de ce prix. Cette tablette ne peut pas rivaliser avec les produits hauts de gamme ; mais pour

le prix, elle pourrait être révolutionnaire. *Datawind* a pour objectif d'en envoyer un million en Inde cette année.

Les CLOM évoluent eux aussi. Michael Horn, cofondateur du *Clayton Christensen Institute for Disruptive Innovation*, un cercle de réflexion sur l'innovation dans le domaine de l'éducation et de la santé, compare les CLOM d'aujourd'hui aux débuts du cinéma. « Les premiers films étaient des pièces de théâtre ; ils avaient l'air stupides et absurdes. Au fond, les CLOM d'aujourd'hui filment du théâtre : ils filment les cours et les réunissent. » C'est en partie pour cette raison que moins de dix pour cent de ceux qui s'inscrivent à des CLOM vont au bout. D'après M. Horn, les cours en ligne deviendront peu à peu plus attrayants. Le but est de produire des cours interactifs qui non seulement enseigneront aux étudiants, mais aussi tiendront compte de leurs réactions, si bien que les cours s'adapteront aux compétences et aux besoins de chacun.

Pour l'heure, les étudiants ne voient pas souvent d'avantages tangibles à suivre des CLOM. Dans les pays en développement, sans doute plus qu'ailleurs, les jeunes ont besoin d'être sûrs qu'un cursus donné mène

à un emploi et à un salaire. « Les étudiants ont besoin de voir une continuité entre les cours, l'obtention d'un certificat et la reconnaissance de ce dernier par les employeurs », explique V. Aggarwal. « Il faut que les cours soient en adéquation avec les besoins de l'industrie. Si ce cercle vertueux s'instaure et s'il est clair pour les étudiants, alors les CLOM décolleront. »

Vers des diplômes reconnus ?

Les fournisseurs de CLOM visent à dispenser des qualifications qui seront reconnues par les établissements d'enseignement et par les employeurs, mais cela ne fait que commencer. Une partie du défi est de développer des garanties contre la tricherie aux épreuves. L'une des méthodes consiste à obliger les étudiants à se rendre dans des centres d'examen. D'autres font appel à la technologie, par exemple la biométrie dactylographique : « Nous utilisons une procédure nommée *Signature Track*, où nous demandons dès le départ à l'étudiant de fournir une photo d'identité et une phrase saisie au clavier. Quand il fait un devoir, on lui demande de se prendre en photo et de taper la phrase

UNE AUBAINE POUR L'INDE

Les technologies numériques ont le potentiel de transformer radicalement l'enseignement supérieur en Inde. Un nouveau modèle, construit autour de CLOM développés localement et combinés avec des cours en ligne dispensés par des universités de premier plan à l'étranger, pourrait fournir un enseignement supérieur à une échelle et d'une qualité auparavant hors de portée.

Chaque jour, en Inde, 5 000 étudiants intègrent une université et dix nouveaux établissements ouvrent leurs portes. Avec plus de trois pour cent du PIB, les dépenses indiennes pour l'enseignement supérieur sont parmi les plus élevées du monde. Mais la dépense par étudiant figure parmi les plus basses.

L'accès à l'université s'est récemment élargi, mais cela a encore réduit la dépense par étudiant et a aggravé la pénurie déjà aiguë en facultés. En conséquence, la qualité a baissé.

L'Inde doit continuer à élargir l'accès aux études supérieures tout en

préservant leur qualité et en réduisant les coûts. Cela n'est pas spécifique à l'Inde, mais étant donné la taille énorme de ce pays et sa situation unique, les défis sont gigantesques. Les technologies numériques, en particulier un usage répandu des CLOM, devraient être une aide précieuse.

Des classes en ligne ont déjà été expérimentées en Inde, mais leur impact a été marginal. Il y a une dizaine d'années, des cours vidéo ou fondés sur le Web ont commencé à être diffusés sous l'égide d'un programme gouvernemental. Plus de 900 cours, d'une quarantaine d'heures chacun, centrés sur les sciences et l'ingénierie, ont été créés. Souffrant d'une interactivité limitée et d'une qualité inégale, ces cours n'ont pas attiré un très grand nombre d'étudiants.

Les CLOM ont donné aux universitaires indiens une meilleure idée de la façon dont une conférence peut être restructurée en segments courts et autonomes, avec une forte interactivité afin de mieux motiver les étudiants.

Il est envisagé que les Instituts indiens de technologie, considérés comme faisant partie des meilleures écoles d'ingénieurs dans le monde, offrent trois cours de base en informatique (structure des données, programmation et algorithmes) à des centaines de milliers d'étudiants au travers de CLOM. Des unités de valeur seront associées à ces cours, qui compteront dans l'acquisition des diplômes.

Il est heureux que l'Inde regorge de jeunes bien à l'aise avec les nouvelles technologies. Les Indiens sont parmi les utilisateurs les plus acharnés des CLOM. Des 2,9 millions d'inscrits à *Coursera* en mars 2013, plus de 250 000 étaient en Inde, en deuxième position seulement derrière les États-Unis.

Toutefois, il reste à trouver le bon modèle pour utiliser les CLOM dans le contexte indien. Mais avec son expérience et son écosystème technologique bien vivant, l'Inde devrait bientôt trouver sa voie.



Pawan Agarwal
Conseiller en matière
d'enseignement supérieur
de la Commission de planification
du gouvernement indien.

David Desautels

échantillon», explique Andrew Ng, cofondateur avec D. Koller de *Coursera*. «Le rythme de frappe est propre à chacun. Il vous sera très difficile de taper comme moi, ou pour moi de taper comme vous.»

Les fournisseurs de CLOM voient également dans la délivrance de certificats un moyen de faire payer leurs services. Les cours de *Coursera* sont gratuits sur une base individuelle, par exemple, mais les certificats sont payants. Pour le moment, si un étudiant opte pour un cours *Signature Track* de l'Université Duke sur *Coursera*, il ou elle déboursa moins de 100 dollars. Le cours et les examens passés, l'étudiant obtient un «certificat vérifié» portant le logo de Duke.

Différentes voies sont explorées

Mais de telles solutions à grande échelle pourraient sembler démesurées dans certaines parties du monde où l'accès à l'eau potable et à des sanitaires est loin d'être général. Pour l'instant, la priorité en Inde est d'explorer l'utilisation de la technologie des CLOM pour améliorer la qualité de l'enseignement dans les institutions existantes. *Microsoft Research* travaille sur un projet pilote pour développer des cours en ligne dans le style des CLOM, dispensés par des professeurs indiens de premier plan, qui s'inséreraient dans les programmes actuellement en vigueur dans les écoles d'ingénieurs indiennes.

«Il n'existe pas de réponse unique valable pour tous», commente A. Jhunjhunwala, qui croit que la plupart des étudiants indiens, pour des raisons de langue et de culture, auraient du mal à comprendre les cours en ligne offerts par les universités américaines. Il se souvient avoir été complètement dérouté par un cours de chimie à l'université parce qu'il ne comprenait pas l'accent de son professeur américain. «Juste importer quelque chose qui se fait ailleurs ne marche pas. Ça n'a jamais marché.»

De ce point de vue, *Kepler* est une expérience aux enjeux importants. Pour ses professeurs, le seul modèle viable est clair : fournir le meilleur enseignement en ligne, mais avec un important soutien pratique et des interactions en classe. Pour J. Hodari, de *Generation Rwanda*, proposer de simples CLOM aux Africains ou à d'autres sans assistance est voué à l'échec. «Beaucoup



3. LA NOUVELLE BIBLIOTHÈQUE municipale de Stuttgart, en Allemagne. De telles bibliothèques, modernes et bien dotées, font défaut dans de nombreux pays. Les ressources en ligne, tels les CLOM, peuvent pallier partiellement ces manques.

■ BIBLIOGRAPHIE

A. A. Adams *et al.*, *Use of open educational resources in higher education*, *British Journal of Educational Technology*, à paraître, 2013.

T. R. Liyanagunawardena *et al.*, *The impact and reach of MOOCs: A developing countries' perspective*, *eLearning Papers*, n° 33, mai 2013 (www.elearningpapers.eu).

J. Johansen et D. Wiley, *A sustainable model for OpenCourse Ware development*, *Educational Technology Research and Development*, vol. 59(3), pp. 369-382, 2011.

d'étudiants n'ont pas été formés à l'utilisation d'un ordinateur. Ils ont parfois des difficultés à faire des choses simples : lancer un programme ou arrêter son exécution, taper sur le clavier...»

Le premier attaché d'enseignement à rejoindre *Kepler* a été Christine Yarnig, ancienne professeur d'une école préuniversitaire d'Austin, dans le Texas. Emma Stellman, cofondatrice d'une école à Cambridge, dans le Massachusetts, élabore le programme. Toutes deux travaillent pour un salaire modique dans un coin reculé du globe parce qu'elles croient qu'une instruction de qualité peut transformer la vie des gens et parce qu'elles ont soif de défis et d'aventure. E. Stellman a l'intention d'utiliser des morceaux de divers CLOM et de les combiner pour créer un support mieux adapté à ses étudiants rwandais. Apprendre à apprendre (particulièrement dans un contexte numérique) sera l'un des premiers objectifs, avec l'analyse quantitative et la réflexion critique.

Le cours prépilote de *Kepler* a été mis en place afin d'identifier les problèmes et de trouver des solutions avant le programme complet de l'automne. À l'issue des cinq premières semaines, Ch. Yarnig et E. Stellman avaient déjà tiré plusieurs leçons importantes. Elles avaient besoin d'un meilleur accès à Internet et ont donc prévu de déménager cet été dans de nouveaux bureaux connectés au réseau rwandais de fibre optique. Plus important encore, elles ont noté que beaucoup d'étudiants avaient besoin d'améliorer sensiblement leurs compétences en anglais pour bien suivre des cours en ligne (ces dernières années, le Rwanda est passé du français à l'anglais comme principale langue d'enseignement à l'école). *Kepler* a donc maintenant comme projet de dispenser des cours intensifs d'anglais durant une phase d'orientation avant le démarrage de la session d'automne, et de donner beaucoup plus de devoirs à rédiger en anglais au cours du trimestre.

Idéalement, A. Hodari aimerait étendre *Kepler* au sein du Rwanda et ensuite exporter le modèle vers d'autres pays. «Nous voulons consacrer deux années à tester le modèle, pour voir quelles méthodes pédagogiques donnent les meilleurs résultats.» Et par-dessus tout, A. Hodari veut être sûr que l'expérience *Kepler* sera un succès, ne serait-ce que parce que 50 jeunes Rwandais pleins d'espoir n'ont pas d'alternative. ■

Les étudiants sont-ils satisfaits des cours sur le Web ?

Jeffrey Bartholet

La revue *Nature* et le magazine *Scientific American* ont sondé leurs lecteurs. Parmi les étudiants en sciences, 20 pour cent ont suivi un cours en ligne ouvert aux masses (CLOM), et la plupart d'entre eux sont prêts à recommencer.

Stefan Kühn étudie la biochimie à l'Université Stellenbosch, en Afrique du Sud. Il travaillait à son mémoire de master l'année dernière, rédigeant comme à son habitude de façon brouillonne et spontanée. Il a alors suivi un cours en ligne ouvert aux masses (CLOM) de l'Université Duke intitulé *Réfléchir à deux fois : Comment raisonner et argumenter*. Cela a changé la manière dont il abordait son mémoire. « Cela m'a appris ce qu'était une bonne argumentation, comment la construire, comment éviter les raisonnements fallacieux », raconte S. Kühn.

S. Kühn apprécie les CLOM et les a conseillés à des amis. À cet égard, il est représentatif de beaucoup d'étudiants en sciences, technologie, ingénierie et mathématiques qui prennent des cours sur des plates-formes en ligne. Le sondage des lecteurs de *Nature* et de *Scientific American* a ainsi révélé que plus de 80 pour cent des 1 128 étudiants dans ces disciplines qui avaient suivi au moins un CLOM étaient d'accord, ou tout à fait d'accord, pour dire qu'ils avaient apprécié le dernier cours. Ils étaient encore un peu plus nombreux à dire qu'ils suivraient un autre CLOM dans le futur, et recommanderaient les CLOM à d'autres.

Comme la plupart des sondés, S. Kühn n'a pas suivi le cours pour obtenir une

qualification formelle. Il utilise les CLOM pour compléter ses connaissances et pour apprendre ce qu'il n'a pas pu trouver dans son université.

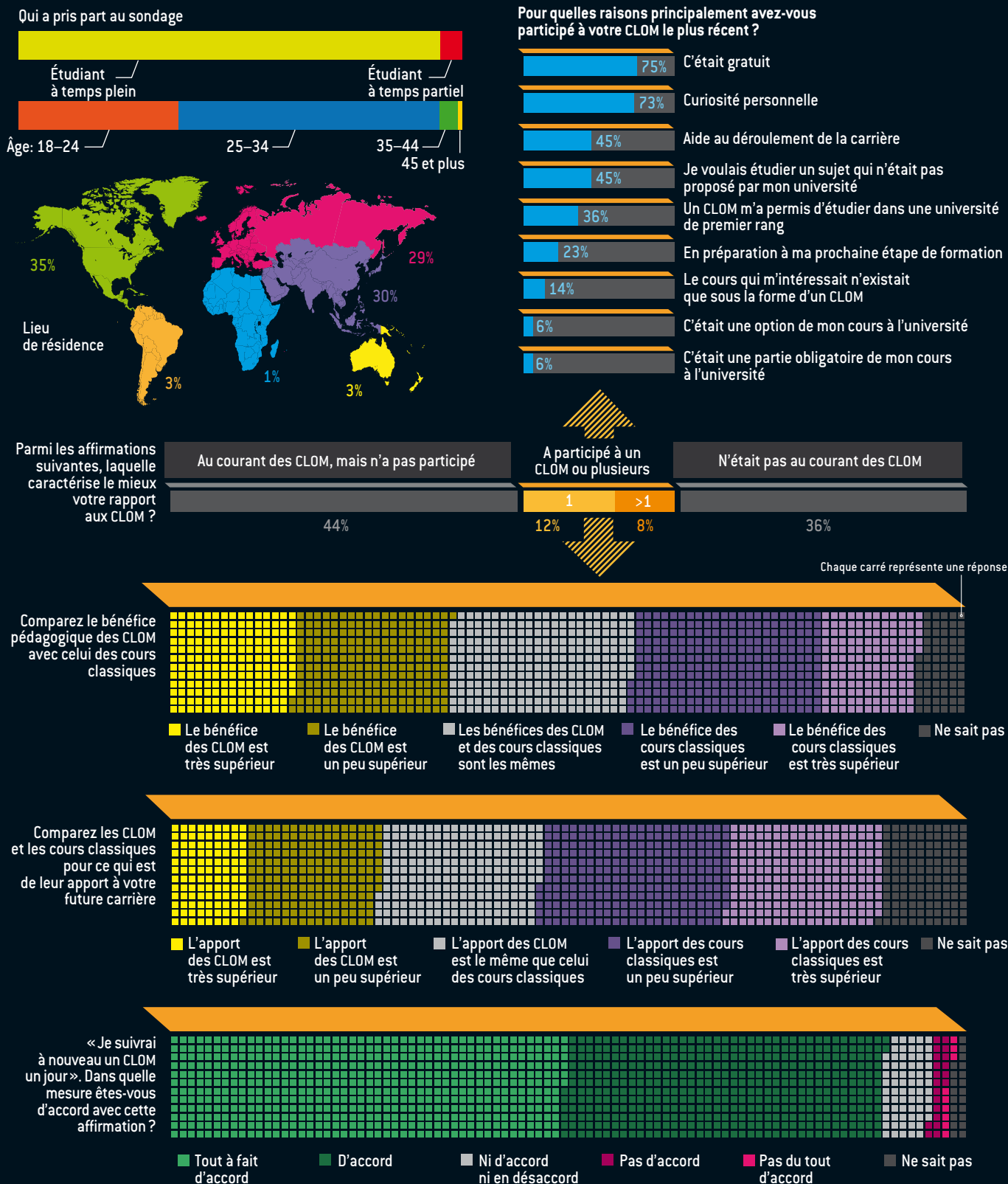
De même, Yang Liu, doctorante chinoise à l'Université d'Osaka, au Japon, a suivi des CLOM pour combler ses lacunes. Après un master en biotechnologie, Y. Liu fait maintenant des recherches en génie tissulaire, sujet qu'elle n'avait jamais étudié. « Je n'avais pas le temps de suivre un semestre de cours ni de lire plus de 1 000 pages de manuels », explique-t-elle. Elle a donc complété la lecture de polycopiés de cours par des notes de cours en ligne du MIT (l'Institut de technologie du Massachusetts) et regardé les cours filmés d'autres universités. Malgré les difficultés, de langue notamment, les CLOM lui ont fait gagner beaucoup de temps.

Parmi les étudiants de CLOM sondés, il se trouvait bien sûr des sceptiques. Ils sont à peu près aussi nombreux que les partisans des cours en ligne. Kathleen Nicoll, maître de conférences de géographie à l'Université de l'Utah, a suivi un cours de mathématiques du MIT et a été franchement déçue : le cours consistait essentiellement en présentations *PowerPoint* et en vidéos d'un professeur résolvant des problèmes – une expérience « très passive ».

Les cours en ligne ne peuvent pas remplacer le vécu, comme « respirer du formaldéhyde, ou voir quelque chose sur le point d'exploser et devoir réagir en urgence », dit K. Nicoll. Comme d'autres, elle pense que l'interaction humaine est fondamentale pour apprendre, et que les forums et groupes de discussion en ligne ne peuvent s'y substituer. « C'est un peu comme la différence entre un véritable ami et un ami sur *Facebook* », dit-elle. Ce qui ne l'empêche pas d'être consciente des avantages des CLOM, telle leur accessibilité à tous.

Parce que l'échec ne coûte rien dans un CLOM, les tendances naturelles à la procrastination et à la paresse peuvent s'exprimer davantage que dans des cours classiques. Pour autant, de nombreux étudiants sont assez motivés pour faire tout ou partie des devoirs, entre autres pour obtenir des certificats attestant qu'ils sont allés au bout du cours. Shannon Bohle, bibliothécaire médicale et blogueuse à *SciLogs.com* qui s'est inscrite à huit CLOM, se contente parfois d'errer dans les cours en ligne, mais à plusieurs occasions elle a trouvé la motivation de faire assez de devoirs pour obtenir un « certificat d'accomplissement ». « Les gens aiment toujours recevoir des insignes et des trophées », dit-elle avec un brin d'autodérision. ■

En mai dernier, *Nature* et *Scientific American* ont interrogé leurs lecteurs sur leurs expériences concernant les cours en ligne ouverts et massifs (CLOM) et d'autres outils numériques d'apprentissage. Un lien vers le sondage a été mis sur les sites Internet des deux publications, diffusé par les réseaux sociaux et envoyé par courrier électronique aux utilisateurs enregistrés. Les graphiques ci-dessous représentent les 5 851 réponses reçues d'étudiants en sciences du monde entier.



Le nouveau visage des ARN

Brice Felden

Les ARN sont des molécules connues surtout comme intermédiaires dans la fabrication des protéines. Pourtant, ils exercent nombre d'autres tâches. Certains se révèlent même multifonctionnels.

L'ESSENTIEL

- Les ARN, les molécules produites à partir de l'ADN, sont bien plus que des intermédiaires dans la fabrication des protéines.
- Nombre d'entre eux ont à la fois une fonction codante et une ou plusieurs fonctions régulatrices.
- Ces ARN mixtes sont présents chez tous les organismes vivants, et certains sont impliqués dans des maladies.
- Ils interrogent aussi sur l'origine du vivant : sont-ils les précurseurs de la vie ou un produit de l'évolution ?

© Pour la Science

En biologie moléculaire, l'un des dogmes fondateurs indique que l'information génétique, stockée chez la majorité des organismes vivants sous forme de molécules d'ADN, est transformée en protéines *via* un intermédiaire transitoire, les ARN. Cependant, depuis 50 ans, un nombre croissant de travaux ont montré que les ARN ont des rôles plus riches et diversifiés. Si tous les génomes des organismes vivants, unicellulaires ou pluricellulaires, présentent une proportion élevée de gènes qui sont transcrits en ARN, cet ARN n'est pas nécessairement traduit en protéines, et c'est en tant qu'ARN qu'il remplit une fonction au sein de la cellule.

À la suite de cette découverte, les ARN traduits en protéines ont été nommés ARN messagers, et ceux qui assurent d'autres fonctions ont reçu le nom d'ARN non codants ou ARN régulateurs. Ainsi les ARN messagers ont-ils été distingués des autres ARN qui ne présentaient pas de séquence codante.

Jusqu'à récemment, la séparation codant/non codant semblait claire : les ARN messagers, qui encodent des protéines, étaient distincts des ARN régulateurs, n'exprimant pas de protéines. Mais aujourd'hui,

la séparation se révèle beaucoup plus floue. Les premiers indices sont apparus lorsque l'on s'est rendu compte que le catalogue des ARN encodés par les génomes – le transcriptome – est bien plus étendu et complexe qu'on ne le pensait. De nombreux exemples d'ARN messagers présentant des régions régulatrices en amont et en aval de leurs séquences traduites en protéines ont été décrits. Inversement, ces dernières années, on a aussi mis en évidence, au sein d'ARN régulateurs de l'expression de gènes cibles, de petites séquences internes capables d'être traduites en peptides ou en protéines.

Cela suggère que de nombreux ARN, que nous dénommerons ici ARN mixtes, présenteraient à la fois des fonctions régulatrices et codantes. Des travaux récents incluant des études approfondies de mutagenèse (on mute une région de l'ARN pour étudier sa fonction) couplées à des tests biologiques ont permis de définir avec précision les différents domaines des ARN mixtes impliqués dans leurs diverses fonctions. Ces dernières sont activées ou réprimées selon les conditions extérieures : le stade de développement de l'organisme, les variations physico-chimiques