

Le pouvoir des algorithmes dans l'apprentissage : que peut l'« e-éducation » ?

Il ne s'agit plus seulement d'utiliser des outils numériques pour rendre accessibles autrement les contenus d'enseignement, comme si l'enjeu était seulement de moderniser l'enseignement à distance. La révolution promise par les technologies éducatives est de bouleverser la pédagogie, de transformer le rôle de l'enseignant en fournissant une aide personnalisée à l'apprenant et la construction dynamique d'une pédagogie individualisée. En même temps que le pouvoir des algorithmes dans l'enseignement, un secteur économique s'affirme entre intérêts privés et décisions politiques.

Gérard Giraudon

Directeur de recherche INRIA, directeur du centre de recherche INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée, Président d'Educazur (<https://eudcazur.fr>)

Thierry Viéville

Directeur de recherche INRIA en neurosciences computationnelles et ex-chargé de mission national pour la médiation scientifique d'INRIA, représentant INRIA dans le projet Class'Code (<https://pixees.fr/classcode-v2/>)

Propos recueillis par Laurence Favier

L. Favier : L'introduction de l'intelligence artificielle dans l'enseignement permettrait d'envisager une aide à l'apprentissage. De quelle aide s'agit-il ?

G. Giraudon / T. Viéville : Assez simplement, il s'agit de proposer des éléments de formation à l'apprenant(e) en fonction de son parcours précédent, de ses réussites ou de ses difficultés. Cela est réalisé à partir, soit d'observations (des mesures sur les actions appelées encore traces), soit de raisonnements sur des connaissances explicites qui modélisent les typologies d'apprentissage et d'apprenants, soit par des classifications par apprentissage profond, ou encore par la combinaison de ces deux derniers. Un assistant numérique est un algorithme qui mesure, par exemple, des réussites à des quizz ; qui peut aller chercher par raisonnement des questions similaires avec des résultats différents pour consolider l'acquisition ; ou bien qui, en les comparant statistiquement à de grands ensembles de données

connues, prédit ce qu'il faut proposer à l'apprenant à l'étape suivante afin d'optimiser son acquisition de compétences. C'est en cela une personnalisation de l'apprentissage¹.

Ces méthodes d'apprentissage statistiques sont des méthodes dites de « *machine learning* » : elles se révèlent parfois efficaces sans qu'il y ait d'« intelligence » au sens humain du terme, mais avec uniquement des milliards de calculs (voir, à ce sujet, par exemple Frédéric Alexandre²).

L.F : Cela va-t-il se faire en complément ou en substitution du mode « face à face » entre des apprenants et un enseignant ?

G.G/T.V : Ni l'un ni l'autre, tout va changer : et il va se passer quelque chose de vraiment très intéressant.

¹ Voir par exemple Ikram Chraïbi Kaadoud (2016) « L'apprentissage profond : une idée à creuser ? », *Interstices*, avril 2016. Disponible sur : https://interstices.info/jcms/p_83372/l-apprentissage-profond-une-idee-a-creuser

² Frédéric Alexandre (2016) « L'intelligence artificielle débrillée », *Blog Binaire du Monde.fr*, Janvier 2016. Disponible sur : <http://binaire.blog.lemonde.fr/2016/01/29/lintelligence-artificielle-debrillee>

L.F : Quel rôle doit avoir l'enseignant selon vous dans l'e-éducation telle que vous la concevez ?

G.G/V.V : Avant l'arrivée du Web et des ressources comme Wikipédia, le rôle de l'enseignant était avant tout de transmettre des connaissances (difficilement accessibles sans lui). Désormais, il faut davantage apprendre à trouver, organiser, questionner, critiquer : bref, il faut s'approprier des connaissances accessibles.

De même, le rôle de l'enseignant va être moins de créer et de diriger des exercices que de guider l'élève dans sa pratique en se positionnant comme référent ou tuteur. Une des conséquences est la possibilité de mettre en place une pédagogie doublement différenciée. D'une part, l'algorithme d'apprentissage va s'adapter à la pratique de l'apprenant. D'autre part, l'enseignant, avec sa classe en activité, va pouvoir dégager de grandes marges de temps pour se consacrer à tel ou tel



individu, travailler avec un petit groupe, etc. (voir, par exemple, le module pédagogique de la formation Class'Code³).

L.F : L'intelligence artificielle peut-elle apporter une aide dans tous les types d'apprentissage ?

G.G/T.V : On a vu l'intérêt technique : accès à des ressources et des activités adaptées au mieux à la personne au fil de son apprentissage. Cela conduit à ce que l'apprenant devienne acteur et moteur de sa formation : on joue avec le logiciel, ce qui peut augmenter l'appétence et renforcer l'implication cognitive. On peut déployer des formations à très grandes échelles et répondre au besoin planétaire de partage d'une éducation pour toutes et tous. Mais nous pensons que cela va au-delà.

On accède plus facilement aux connaissances et à de multiples ressources de haute qualité puisque préparées pour un très grand nombre d'apprenants. Dans un contexte de parcimo-

nie des dépenses publiques, nous pensons que ce progrès doit être mis au service d'un accès de chacun à l'éducation à tous les âges. On parle donc de créer des biens communs libres et ouverts au sens des licences dites « *creative-commons* ». Il faut considérer ces nouveaux outils comme de vraies opportunités de développer, à très grande échelle, des pédagogies si efficaces et précieuses (apprendre par la pratique, développer l'esprit de recherche, travailler en mode projet) qu'elles n'étaient auparavant réservées qu'à un petit nombre (par exemple dans les écoles Montessori ou celles utilisant les techniques Freinet) à cause (en particulier) des moyens qu'elles nécessitent.

L.F : Quels retours en termes de succès et échecs avons-nous à ce jour ?

G.G/T.V : Nous pouvons citer une étude issue du travail de thèse de notre collègue Didier Roy⁴ dans laquelle il montre comment l'expérimentation dite « *kidslearn* »

a permis d'augmenter de plus de 30 % les performances d'apprentissage des enfants devant des exercices de mathématiques à l'aide d'un assistant numérique . Cet assistant numérique « trie » les exercices choisis par l'enfant en fonction de ses performances précédentes et lui propose des options adaptées, laissant le choix à sa convenance. Un point clé de son travail de recherche est qu'il se concentre en même temps sur les pédagogies émergentes : apprendre par le faire (constructivisme), la pédagogie de l'erreur (« *chouette tu as fait une erreur : cela veut dire que tu vas apprendre quelque chose de nouveau et pas seulement valider tes acquis !* »), l'apprentissage par projet (« *apprends à choisir un objectif et à mobiliser tes ressources et celles de ton environnement pour l'atteindre, moi l'enseignant je saurai te faire acquérir les compétences utiles au fil de tes besoins* »).

L.F : Quelle formation est nécessaire aux enseignants ?

G.G/T.V : Elle est double. Il faut que nos collègues professeurs s'initient à l'informatique pour comprendre et maîtriser ces ou-

³ Voir <https://classcode.fr> ou « Pourquoi mélanger informatique et littératie numérique ? » Blog Class'Code sur : <https://project.inria.fr/classcode/pourquoi-melanger-informatique-et-litteratie-numerique/>

⁴ Didier Roy, *Optimisation des parcours d'apprentissage à l'aide des technologies numériques*. Disponible sur : <https://www.theses.fr/193578875>

tils ainsi qu'en appréhender les limites. L'objectif est de ne jamais être des utilisateurs sans recul. Plus généralement, il faut que nos collègues enseignants reprennent la main sur les technologies qu'on leur achète : tel conseil général ou telle municipalité équipe un collège ou une école selon les opportunités financières ou selon l'image qu'ils veulent donner, laissant ensuite les professionnelles de l'éducation « faire avec ». Si, au contraire, ces collègues sont formés aux fondements du numérique, ils reprendront la main sur la technologie et ne s'en laisseront pas déposséder. D'autre part, il faut tout autant les aider à se former aux pédagogies rendues possibles grâce à ces nouveaux outils, comme nous l'avons évoqué⁵.

L.F : Un point clé de ces recherches est de modéliser l'apprenant afin d'adapter dynamiquement les apprentissages à son profil. En quoi consiste un modèle de l'apprenant ?

G.G/T.V : Le modèle peut être très simple ou même très faux pourvu qu'il soit efficace. Le plus surprenant est que les modèles efficaces courants sont assez abstraits : l'apprenant est vu comme une « boîte noire », un système avec des entrées et des sorties et un état interne représenté par des valeurs numériques. Le comportement de ce modèle consiste à passer d'un état à un autre selon les entrées qu'il reçoit, ceci selon une certaine probabilité. Ce qui rend ces modèles efficaces est leur grand nombre de paramètres pour s'adapter, se modeler à la personne qu'on assiste en quelque sorte. Ce qui rend ces modèles performants est leur ajustement à

partir d'un grand nombre de données (voir la thèse de Didier Roy *op.cit.*).

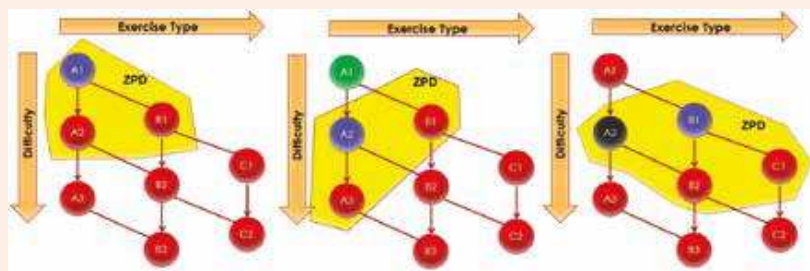
L.F : La capitalisation de données individuelles sur l'apprenant est-elle un problème éthique qui vous paraît surmontable ? Qui en aurait la responsabilité ? Comment seraient-elles gérées dans le temps ?

G.G/T.V : C'est un problème majeur (qui n'est pas limité aux données éducationnelles). L'enjeu est planétaire au sens suivant : allons-nous développer une véritable offre européenne, nationale et régionale correspondant à nos valeurs éducatives, et permettant de renforcer et faire évoluer le système éducatif que nous voulons

Le projet Kidlearn

Extrait de Didier Roy, *Optimisation des parcours d'apprentissage à l'aide des technologies numériques.*

« Cette méthode a pour objectif d'adapter et de personnaliser des séquences d'apprentissage dans les systèmes tutoriels intelligents, afin de les rendre plus efficaces en gérant mieux le temps et la motivation. A chaque instant, le système propose à l'étudiant l'activité qui le fait progresser le plus efficacement et le plus rapidement possible. Nous introduisons deux algorithmes qui reposent sur l'estimation empirique de la progression dans l'apprentissage, RiARiT qui a besoin des données des exercices et ZPDES qui nécessite beaucoup moins d'informations préalables. Le système repose sur la combinaison de trois approches. Premièrement, il fait appel aux derniers modèles de l'apprentissage intrinsèquement motivé en les transposant à l'apprentissage actif, en exploitant l'estimation empirique des progrès de l'apprentissage fournis par les activités personnalisées proposées aux étudiants. Deuxièmement, il utilise l'état de l'art des techniques de MAB (Multi-Armed Bandit) pour manager efficacement la phase exploration/exploitation du processus d'optimisation. Troisièmement, il utilise des connaissances expertes pour amorcer et cadrer l'exploration initiale du MAB, même grossièrement. Le système est expérimenté avec un scénario d'apprentissage où les écoliers âgés de 7-8 ans apprennent à utiliser la monnaie. Tout d'abord, une simulation a été effectuée avec des étudiants virtuels, puis une étude a été menée avec les résultats d'une expérimentation au sein d'une population de quatre cents écoliers de primaire. »



Exemple de l'évolution de la zone proximale de développement sur la base des résultats empiriques de l'étudiant. La ZPD est l'ensemble de toutes les activités qui peuvent être sélectionnées par l'algorithme. L'expert définit un ensemble de conditions préalables entre certaines des activités (A1 ! A2 ! A3...), et les activités qui sont qualitativement égales (A == B). En cas de réussite sur A1 la ZPD est agrandie pour inclure A3. Lorsque A2 ne mène à aucun progrès, la ZPD est élargie pour inclure un autre type d'exercice C, pas nécessairement de difficulté plus élevée ou moins élevée, par exemple en utilisant une modalité différente, et A3 est temporairement retirée de la ZPD. Les deux algorithmes RiARiT et ZPDES utilisent un mécanisme ZPD mais sa définition et son évolution sont gérées différemment.

⁵ Voir : « Défendre une éducation qui permet de décoder le numérique », Collectif, *Revue 1024 de la Société Informatique de France*, No 11, Septembre 2017. Disponible sur : <http://www.societe-informatique-de-france.fr/wp-content/uploads/2017/10/1024-no11-Collectif.pdf>