L'artiste et l'automate

Vers de nouvelles formes de créations algorithmiques ?

Jean-Marc DELTORN

Chercheur au Centre d'études internationales de la propriété intellectuelle, université de Strasbourg

Résumé : Les développements technologiques ont toujours été pour l'artiste source d'inspiration et d'exploration. L'outil informatique ne fait pas exception. L'avènement des dernières générations d'algorithmes dits « d'apprentissage » offre ainsi un terrain d'expression fertile allant de la musique aux arts graphiques, de la littérature au cinéma. L'algorithme devient, ici, un nouvel instrument dans la palette expressive des artistes, là, il offre à un large public des moyens d'accès inédits à la production d'œuvres susceptibles de rivaliser avec les créations des professionnels. Dans tous les cas, la nature de ces intermédiaires techniques, en déléguant à l'automate un ensemble de prérogatives qu'on imaginait indissociables de l'activité artistique, remet en question le rôle de l'humain dans la création et interrogent la nature même de l'acte créatif.

Mots-clés : Intelligence artificielle, apprentissage automatique, art, créativité

1 Introduction

Composer une mélodie dans le style de Mozart, des Beatles ou de Thelonious Monk, peindre à la manière de Rembrandt, de Van Gogh ou de Renoir, concevoir un récit inspiré des œuvres de Shakespeare ou de Dostoïevski, autant de projets artistiques qui nécessitent en principe des années de pratique (ou d'exercice ou d'astreinte) devant une partition, une toile ou une feuille de papier, sans compter le talent, bien plus rare ! Imaginez donc pouvoir faire fi de ces longues heures passées sur les bancs des conservatoires, éviter les esquisses maladroites au fusain ou au pinceau ou dire adieu à la peur de la page blanche. Imaginez qu'il suffise d'un clic de souris pour produire des œuvres susceptibles de rivaliser avec celles des grands maîtres… Cette situation qui pourrait sembler tout droit tirée d'un scénario de science-fiction, ne tient pourtant plus de la seule fantaisie. Des avancées algorithmiques récentes ont en effet permis le développement d'outils capables de générer des œuvres — graphiques, musicales ou narratives — de manière partiellement automatique : le choix d'une palette de

couleurs, d'un coup de pinceau, la sélection d'une mélodie ou d'un rythme, la tournure d'une phrase, sont autant de composantes qui surgissent de l'automate[1] pour donner lieu à des créations inédites.

L'utilisation de moyens algorithmiques au service de l'artiste n'est certes pas nouvelle. Mais, à la différence des générations précédentes, dans lesquelles de tels outils informatiques dépendaient de règles préalablement définies par des spécialistes, artistes ou informaticiens, de nouveaux algorithmes dits « d'apprentissage » sont à présent capables d'élaborer de nouvelles créations sur la seule base d'exemples. L'automate produit une œuvre par simple observation des œuvres passées. Cette capacité d'apprentissage leur accorde une forme d'autonomie (qu'il faudra qualifier), un pouvoir d'adaptation (de nouveaux exemples permettant de produire de nouvelles créations) et une efficacité sans précédent. L'ordinateur, l'algorithme, ne connaissent ni les limites physiologiques, ni la fatigue, au contraire du corps de l'artiste, nous y reviendrons. On les trouve d'ores et déjà au cœur d'une gamme croissante d'applications, des systèmes d'attribution de crédits, de négociations sur les plateformes financières et d'e-commerce ; ils sont établis dans le domaine médical, où ils rivalisent avec le radiologue, où ils assistent le chirurgien, de la sécurité (y compris la détermination de comportements suspects, l'analyse automatique des messages), du marketing, mais aussi dans les applications robotiques (véhicules autonomes, drones civils et militaires en font un usage constant), ainsi que dans ce qui pourrait constituer pourtant le privilège de l'humain : la création artistique.

Les capacités génératives des algorithmes d'apprentissage fournissent ainsi depuis peu un terrain d'expression fertile à la production d'œuvres d'art, de la musique aux arts graphiques, en passant par la danse et la poésie. Du « Next Rembrandt » étonnant de vérité[2] au « Portrait d'Edmond de Bellamy » dépassant toutes les estimations aux enchères de Christie's[3], du morceau pop « Daddy's car » inspiré des Beatles[4] aux productions musicales de Taryn Southern[5], les créations algorithmiques ont déjà fait les gros titres. De telles créations sont vouées à se populariser sous l'essor d'un accès sans précédent à de vastes quantités de données et d'une démultiplication des capacités de calcul. Œuvres de l'esprit ou objets techniques, manifestations de la volonté d'un auteur ou simples productions automatiques de la machine, l'immixtion de ces nouveaux outils et de ces nouvelles formes d'œuvres, ne peut que soulever des questions

[1] Le terme « automate » défini classiquement comme « appareil renfermant divers dispositifs mécaniques ou électriques qui lui permettent d'exécuter un programme déterminé d'opérations » ou encore comme une « machine qui reproduit le mouvement, les attitudes d'un être vivant » (selon le dictionnaire du Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales) est ici pris dans une définition étendue englobant un processus algorithmique (nous renvoyons au chapitre d'introduction de cet ouvrage pour une définition sommaire de la notion d'algorithme). Si les rouages mécaniques ou des circuits électriques sont remplacés par une construction symbolique, le principe (l'exécution d'un programme) et sa fonction (la reproduction d'attitudes d'un être vivant ») restent cependant identiques.

[2] http://nextrembrandt.com

[3] Création du collectif « Obvious », formé par Hugo Caselles-Dupré, Pierre Fautrel et Gauthier Vernier, le « Portrait d'Edmond de Belamy » est une œuvre graphique produite par un modèle génératif de type « generative adversarial network » (GAN). L'œuvre a été vendue aux enchères pour 432 500 dollars par Christie's le 25 octobre 2018. Le titre de l'œuvre (« Belamy ») fait référence à Ian Goodfellow (dont la nom, traduit en français donne « bel ami »), créateur de l'algorithme GAN sur lequel s'est basé le collectif pour produire le tableau.

[4] Pachet, François, Pierre Roy, and Benoit Carré. Assisted music creation with Flow Machines : towards new categories of new. *arXiv preprint arXiv :2006.09232* (2020).

[5] https://www.tarynsouthern.com,

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

de fond, tant sur l'acte créatif (« que signifie créer lorsque la machine s'interpose à ce point dans la production d'une œuvre ? ») que sur la place de l'humain dans la création (« qui crée ? »).

2 L'algorithme et la création artistique : une longue histoire

Source constante d'expérimentation et de stimulation, la technologie offre aux artistes un véhicule toujours renouvelé pour explorer le champ de la création et repousser les frontères de l'expression créative. Le domaine informatique ne fait pas exception. Les productions algorithmiques font en effet partie du paysage artistique depuis plus d'un demi-siècle : depuis les créations musicales procédurales d'avant-garde jusqu'aux premiers tâtonnements infographiques, elles ont ouvert la voie à des espaces d'expression artistique novateurs et ont servi de terrain d'exploration pour introduire et tester les limites de nouveaux outils informatiques. Ces créations ont, ce faisant, confronté les capacités expressives des automates, des algorithmes, des machines, au rôle de l'artiste dans le processus créatif.

Le potentiel expressif des programmes informatiques, anticipé un siècle plus tôt par Ada Lovelace[6], a ainsi été très tôt appliqué à la musique, dont le fondement mathématique, établi depuis Pythagore et développé avec les compositions canoniques du XV^{e} siècle, est particulièrement prompt à une traduction symbolique et donc, informatique. En formalisant des règles de composition, aisément traduites en langage algorithmique, de nouvelles œuvres ont vu le jour peu de temps après l'avènement des premiers ordinateurs, comme la « suite Illiac », composée en 1957, révélant des territoires musicaux encore inexplorés[7]. Ces premières tentatives procédurales ont rapidement été augmentées et complétées par des approches intégrant une dimension probabiliste, comme dans « Morsima-Amorsima » de Iannis Xenakis en 1962. Plus que de simples outils agissant comme simples courroies de transmission des intentions de l'artiste, la capacité de l'informatique à catalyser de nouvelles formes de créations a ainsi été rapidement reconnu. Le domaine des arts graphiques n'a pas fait exception. Les productions semi-aléatoires, telles que « l'hommage à Paul Klee 13/9/65 Nr.2 » de Frieder Nake, une sérigraphie de 1965 obtenue à partir d'un traceur contrôlé par un programme imitant une œuvre de l'artiste suisse-allemand « Hauptwege und Nebenwege » (œuvre datant de 1929 et formée d'une série de cercles et de lignes verticales et horizontales) sont un des exemples de cette avant-garde des applications algorithmiques au champ pictural.

Dans ces productions, grapihques ou musicales, l'algorithme fait déjà partie intégrante du processus créatif. Il y est spécifiquement conçu pour générer un produit suivant les caractéristiques définies par l'artiste. Une fois posées les règles de génération, les

[6] Ada Lovelace (1815-1852) écrivait ainsi : « en *supposant, par exemple, que les relations fondamentales du son aigu dans les signes de l'harmonie et de la composition musicale soient susceptibles de telles expressions et adaptations, le moteur pourrait composer des morceaux de musique élaborés et scientifiques de n'importe quel degré de complexité ou d'ampleur* » (cité dans Bowles, E. (1970). *Musicke's Handmaiden : Or Technology in the Service of the Arts*. Cornell University Press, p. 4). Lady Lovelace n'était cependant pas d'avis que les machines puissent être considérées comme « créatives » au motif que, seules, « *elles ne sauraient rien engendrer* » (Dartnall, T. ed. (1994). *Artificial Intelligence and Creativity : An Interdisciplinary Approach*. vol. 17. Springer Science & Business Media, p. 33).

[7] Hiller, L.A. and Isaacson, L. (1959) *Experimental Music : Composition with an Electronic Computer*. New York : McGraw-Hill.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

détails de la forme finale de l'œuvre sont laissés à la machine… et au jeu du hasard. La création est bien « assistée » par l'algorithme qui s'interpose dans le processus créatif, à la manière d'un filtre, ou d'un révélateur. L'œuvre dépasse la traduction univoque de la conception de l'artiste. L'artiste délègue à l'automate une partie de son contrôle sur la forme finale. Il n'y a là guère de nouveauté : le « contrôle » en art, n'est somme toute qu'un concept bien abstrait, parfois une aspiration, parfois une limite. Car le geste, l'outil, pinceau ou instrument, la matière, s'interposent toujours entre l'intention et l'action, et contribuent, ce faisant, au dialogue entre le créateur et la forme qu'il produit. De fait, dans de telles œuvres algorithmiques partiellement aléatoires, c'est par construction-même que l'artiste lâche prise, en partie au moins, sur la forme aboutie. L'œuvre est objet de surprise. Ce subtil équilibre entre nécessité (les règles inscrites dans l'algorithme) et hasard (issu de l'algorithme) fait bien alors partie de l'intention créatrice.

3 Les algorithmes d'apprentissage et la production artistique

Bien que les capcités de calcul des ordinateurs aient été immédiatement appliquées au domaine créatif, l'avènement des processus d'apprentissage dits « profonds » a donné à « l'art algorithmique » une impulsion nouvelle. Catalysée par l'augmentation de la puissance des calculateurs et par l'accès à une multitude de données, ces nouvelles architectures algorithmiques ont porté le potentiel expressif des créations automatisées à des niveaux inégalés. Elles ont aussi donné lieu à des explorations créatives pour le moins surprenantes. Ce changement radical ne préfigure rien moins qu'une révolution dans les modalités d'expression artistique. Avec l'avènement des techniques d'apprentissage automatique, il est ainsi devenu possible d'éviter le recours à un énoncé explicite — et laborieux — des règles permettant de générer une pièce musicale, un texte ou un objet graphique et de puiser directement dans la manne des œuvres pré-existantes pour laisser surgir des créations inédites. Car ces systèmes sont en effet capables d'apprendre à partir de simples exemples.[8] Cette capacité a ouvert la voie à de nouvelles expérimentations, en permettant, notamment, la production de créations directement inspirées d'œuvres préexistantes (un ensemble de compositions, un ensemble de tableaux, un ensemble de textes). Exposés à ce nouveau champ expérimental, les artistes se sont vite emparés des algorithmes d'apprentissage pour les appliquer au domaine musical[9], puis aux arts graphiques incluant, par exemple, la production de calligraphies chinoises[10] ou la génération de collages à partir d'images

[8] Que signifie « apprentissage » dans ce contexte ? Selon la définition de T.M. Mitchell, « un programme d'ordinateur est susceptible d'apprendre de l'expérience si, compte tenu d'une catégorie de tâches et d'une mesure d'efficacité données, sa performance dans l'exécution desdites tâches s'accroît avec l'expérience » (Mitchell Tom M. ; *The discipline of machine learning.* 2006 CMU-ML 06-108 (notre traduction).

[9] Chan, Michael, John Potter, et Emery Schubert ; *Improving algorithmic music composition with machine learning.* 9th Int. conference on music perception and cognition, Bologna, 22-26 Aout 2006, p. 1848-1854. Lichtenwalter, Ryan, Katerina Lichtenwalter, et Nitesh V. Chawla ; *Applying Learning Algorithms to Music Generation.* IICAI. 2009. Coca, Andres E., Roseli AF Romero, et Liang Zhao ; *Generation of composed musical structures through recurrent neural networks based on chaotic inspiration.* Neural Networks (IJCNN), The 2011 International Joint Conference on. IEEE, 2011. Kang, Semin, Soo-Yol Ok et Young-Min Kang. ; *Automatic Music Generation and Machine Learning Based Evaluation.* Multimedia and Signal Processing. Springer Berlin Heidelberg, 2012, p. 436-443.

[10] Xu, Songhua *et al.* ; *Automatic generation of artistic Chinese calligraphy.* Intelligent Systems, IEEE 20.3, 2005, pages 32-39.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

recueillies sur Internet[11], ainsi qu'à la production automatique d'œuvres littéraires, poésies[12], contes[13] ou encore textes de chansons[14].

Mais, puisque l'informatique est un instrument déjà bien établi dans la palette des artistes, ne faut-il voir là que la simple continuation des expérimentations engagées un demi-siècle plus tôt par Xenakis ou Nake ? En quoi ces nouvelles plateformes algorithmiques justifient-elles un intérêt particulier ? Si l'usage de l'informatique en art n'a rien d'une nouveauté, le développement des algorithmes d'apprentissage ouvre pourtant des perspectives inédites qui interrogent directement le processus créatif et qu'il semble nécessaire, en ce sens au moins, de confronter.

Le rôle des œuvres antérieures, d'abord, prend dans ce contexte une importance particulière. Puisque les algorithmes d'apprentissage reposent sur des exemples, l'algorithme joue ici le rôle d'un filtre agissant sur des œuvres connues pour en produire de nouvelles. L'artiste compose sa création non plus sur la seule base de notes, d'une tournure de phrase ou de touches de pinceau, mais en sélectionnant les œuvres sources qui nourrissent l'algorithme. Or ce choix est loin d'être anodin. Il peut être le lieu d'un acte créatif. La constitution de cette base de données peut en effet requérir un important travail de préparation et de tri, une évaluation critique, pour former une collection spécifique, propre à l'artiste. C'est par exemple le cas des calligraphies de Sougwen Chung. Pour produire ses toiles, l'artise chinoise sélectionne ainsi une-à-une celles de ses calligraphies passées qui serviront d'exemple à la machine. C'est aussi le cas des productions de Michael Cook et de Simon Colton, qui doivent préparer méticuleusement une à une les images pour que l'algorithme puisse apprendre à produire des « collages » originaux. Quelle que soit sa modalité de mise en œuvre (sélection, assemblage, préparation), ce travail constitue, en soi, un investissement créatif dont dépend l'œuvre issue du système d'apprentissage. Un peu à la manière d'un "mixeur" combinant des pièces musicales ou d'un commissaire d'exposition qui, en donnant à voir pour la première fois des œuvres côte à côte, les révèle sous un jour nouveau et met à jour de nouvelles associations, surgit dans cet assemblage une forme d'œuvre composite inédite. La constitution de la base d'entraînement ouvre ainsi, en tant que telle, une nouvelle avenue créatrice.

Poursuivons plus avant dans la chaîne algorithmique le trajet de ces œuvres sources. Une fois traduites sous une forme interprétable par la machine, les données d'entraînement vont entrer en dialogue, lors du processus d'entraînement, avec l'algorithme d'apprentissage afin de construire un « modèle ». Cette phase, éminemment « technique », peut là encore être le lieu d'un nouvel évènement créatif. La structure des algorithmes peut en effet être adaptée et faire l'objet de choix (par l'artiste) qui vont

[11] Cook, Michael et Colton, Simon *; Automated Collage Generation – With More Intent.* Proceedings of the Second International Conference on Computational Creativity 2011.

[12] Colton, Simon, Goodwin, Jacob et Veale, Tony ; *Full-FACE Poetry Generation.* International Conference on Computational Creativity 2012.

[13] McIntyre, Neil, et Mirella Lapata ; *Learning to tell tales : A data-driven approach to story generation.* Proceedings of the Joint Conference of the 47th Annual Meeting of the ACL and the 4th International Joint Conference on Natural Language Processing of the AFNLP : Volume 1. Association for Computational Linguistics, 2009.

[14] Ramakrishnan A, Ananth, Sankar Kuppan, et Sobha Lalitha Devi *; Automatic generation of Tamil lyrics for melodies.* Proceedings of the Workshop on Computational Approaches to Linguistic Creativity. Association for Computational Linguistics, 2009.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

se traduire dans l'expression de nouvelles formes. Des architectures de réseaux de neurones sont ainsi imaginées pour produire des œuvres originales. L'expérience artisitque se projette au miroir de l'automate. L'artiste observe les résultats issus de la machine et infléchit les paramètres du modèle pour guider peu à peu, par tâtonnements, la production algorithmique. Les œuvres graphiques saisissantes de Mario Klingemann[15] ou les créations musicales de Rebecca Fiebrink[16] offrent des exemples de ce procédé créatif là encore inédit, dans lequel l'humain joue de l'algorithme comme d'un instrument. Le modèle d'inférence se déploie alors comme un espace malléable sur lequel l'artiste projette sa matière première, à savoir, ici, des œuvres !

Aboutissement des étapes précédentes, l'utilisation d'un système entrainé doit permettre — c'est le but ! — l'expression d'une création artistique. Pour se faire, dans le plus simple des cas, il peut suffire à l'utilisateur du système de « pousser un bouton » et d'observer, somme toute passivement, le résultat produit par la machine. Mais il est aussi possible que l'utilisateur soit impliqué plus personnellement dans la création de l'œuvre, au moment-même de sa production. C'est ainsi le cas lors de certains concerts dans lesquels des musiciens (humains) jouent aux côtés de machines. Les participants modifient directement par le biais d'une interface graphique les paramètres de l'algorithme, mi-instrument, mi-compositeur-interprète[17]. Par ailleurs, l'apprentissage des algorithmes n'est pas tenu de se terminer lors de la première phase d'entraînement. Soumis à de nouvelles instances, à de nouvelles situations, ils peuvent s'adapter et modifier progressivement leur comportement (dans une forme d'apprentissage « au fil de l'eau » ou, lorsque l'utilisateur indique au programme si ses résultats sont plus ou moins satisfaisants, d'apprentissage « par renforcement »). C'est par exemple le cas du système d'accompagnement musical de Christopher Raphaël[18] dans lequel, un programme s'adapte progressivement au jeu du musicien qu'il accompagne, développant un sens du rythme de son partenaire, pour arriver à une interprétation commune la plus satisfaisante possible. C'est aussi le cas du système d'improvisation de Nick Collins[19] dans lequel une machine, entraînée à générer des morceaux de jazz, apprend à jouer de concert avec des musiciens, modifiant peu à peu son « style » pour s'adapter à celui de l'ensemble, tout en le complémentant. L'apprentissage-machine se nourrit de l'expérience humaine, l'inspiration des musiciens s'infléchit face aux productions de l'algorithme. L'œuvre naît alors au croisement des interactions toujours renouvelées entre l'humain et l'automate.

4 L'extension du domaine de la créativité

Les modèles d'apprentissage font à présent partie de la boîte à outils créative à disposition des artistes, professionnels et amateurs. Les exemples de créations algorithmiques basées sur des réseaux de neurones dépassent ainsi le seul cadre expérimental ou aca-

[15] Les œuvres de Mario Klingemann sont exposées sur le site de l'artiste : https://underdestruction.com

[16] V. infra note n° 18.

[17] Fiebrink, Rebecca, *et al.* ; *Laptop Orchestras and Machine Learning in Real-Time Music Performance.* Workshop on Computational Creativity Support. 2009 ; Fiebrink, Rebecca, Dan Trueman, et Perry R. Cook. "*A metainstrument for interactive, on-the-fly machine learning.* Proc. NIME. vol. 2. 2009.

[18] Raphael, Christopher ; *Music plus one and machine learning"* Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML-10). 2010, p. 21-28.

[19] Collins, Nick ; *Reinforcement learning for live musical agents.* Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC), Belfast. 2008.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

démique pour toucher un public plus large, avec un impact dont les média se sont fait largement l'écho : on nous annonce que les « réseaux convolutionnels profonds », tels que *DeepDream,* « hallucinent », que les « réseaux adversaires génératifs » produisent de nouvelles formes de créations graphiques entre textures expressionnistes et collages surréalistes, qui étonnent par leur caractère excentrique ou fantasque. Ces créations sont même présentées dans les grandes salles d'exposition ou mises aux enchères dans les salles de vente les plus prestigieuses[20]. D'autres architectures neuronales basées sur des « modèles génératifs autorégressifs », comme *WaveNet*[21], ouvrent de nouvelles voies dans la production sonore et musicale. Enfin, les progrès récents dans le domaine du traitement automatique du langage, avec les architectures de type « BERT »[22] et les modèles linguistiques de troisième génération tels que GPT-3[23] permettent là encore d'automatiser la rédaction de textes rivalisant avec les productions humaines. De l'image à la musique, avec des incursions dans le domaine de la littérature – narration ou poésie – et même sur le terrain de la chorégraphie, l'ensemble des domaines artistiques ne peut plus ignorer les prouesses et le potentiel de ces créations algorithmiques.

Les expérimentations basées sur ces réseaux de neurones profonds viennent ainsi prolonger les créations algorithmiques initiées dans les années 1980. Les productions d'*Emily Howell,* la dernière incarnation des « Expériences d'intelligence musicale » de David Cope[24] en sont un premier exemple. Emily Howell est le nom donné par David Cope à son modèle génératif (un réseau de neurones, donc). Pour l'entrainer il a sélectionné des œuvres, en associant des compositeurs classiques, de Palestrina à Rachmaninov mais aussi les créations de David Cope, y compris des compositions antérieures d'Emily Howell. L'algorithme, une fois déployé, conduit à la production de compositions musicales intégrant les différentes sources du corpus sur lequel le modèle a été entraîné. Plus récemment, le système *FlowComposer* développé par l'équipe de François Pachet a permis de produire des œuvres particulièrement convaincantes d'un point de vue musical.[25] À partir d'un corpus d'environ 13 000 *lead sheets* provenant de différents styles et compositeurs, allant du jazz à la pop et à la musique brésilienne[26], le système permet de sélectionner un style (tel que « American songwriters », contenant des compositions de Cole Porter, Gershwin, Duke Ellington, etc.) sur la base duquel une nouvelle *lead sheet*, composée d'une mélodie et des harmo-

[20] La galerie *HG Contemporary*, l'épicentre du monde de l'art contemporain New-Yorkais a récemment présenté « Faceless Portraits Transcending Time », une exposition de gravures co-crées (selon les termes du catalogue) par « AICAN » (un modèle génératif) et son concepteur, le chercheur en informatique et professeur à l'université Rutgers Ahmed Elgammal (AICAN a été entrainé à partir de 3000 portraits d'artistes sélectionnés sur une plage de plus de 2 siècles, tels que Titien, Gerard ter Borch, et Giovanni Antonio Boltraffio). Sotheby's a dédié en mars 2019 une vente aux œuvres de Mario Klingemann. Le « Portrait d'Edmond de Belamy » a été vendu par Christie's le 25 octobre 2018 (v. supra not. n° 3).

[21] Oord, Aaron van den, Sander Dieleman, Heiga Zen, Karen Simonyan, Oriol Vinyals, Alex Graves, Nal Kalchbrenner, Andrew Senior, and Koray Kavukcuoglu. "Wavenet : A generative model for raw audio." arXiv preprint arXiv :1609.03499 (2016).

[22] Devlin, Jacob, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. "Bert : Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding." arXiv preprint arXiv :1810.04805 (2018).

[23] Brown, Tom B., Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan *et al.* "Language models are few-shot learners." *arXiv preprint arXiv :2005.14165* (2020).

[24] Cope, David. *Computer models of musical creativity.* Mit Press, 2005.

[25] Et pour cause : François Pachet est en effet non seulement un chercheur en informatique reconnu, mais il est aussi un musicien talentueux.

[26] Pachet, François, Pierre Roy, and Fiammetta Ghedini. *Creativity through style manipulation : the flow machines project.* In 2013 Marconi Institute for Creativity Conference, Proc., vol. 80. 2013.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

nies correspondantes, est générée. Un musicien (bien humain, cette fois !) est ensuite chargé de donner la touche finale à la composition. « Daddy's Car », une chanson pop dans le style des Beatles, produite conjointement par le *FlowComposer* et le compositeur français Benoît Carré, a ainsi fait partie d'un ensemble présenté à la Gaîté Lyrique à Paris le 27 octobre 2016. Bien que cette composition ait certes nécessité un effort humain important, tant en termes de prétraitement que de post-production, elle souligne l'efficacité des réseaux de neurones profonds à produire de nouvelles compositions, jugées suffisamment intéressantes pour être présentées en public, à partir d'œuvres sources et de catalyser, ce faisant, le processus de création.

Composer avec le « style » se présente ainsi comme un nouvel espace créatif. La technique du « transfert de style » (issue, là encore, des architectures de réseaux de neurones profonds) permet de capturer la signature stylistique d'un artiste et de l'apposer à une œuvre seconde. Cette technique a récemment gagné en popularité grâce au développement de plateformes Web, telles que Instapainting.com, sur lesquelles les utilisateurs peuvent l'expérimenter librement. Parmi ces services, @DeepForger (un « bot » sur Twitter créé par @alexjc) « peint automatiquement vos photos en utilisant les techniques d'artistes célèbres »[27] Récemment, la galerie McLoughlin à San Francisco a proposé une exposition intitulée « Intelligence artificielle : la fin de l'art tel que nous le connaissons » par TMFA (« The Most Famous Artist »). La brochure de l'exposition indique que « TMFA s'est associé à un groupe de hackers anonymes pour construire une intelligence artificielle alimentée par un grand nombre de données, capable d'émuler et de reproduire des styles artistiques pour produire des œuvres d'art originales ». En effet, les œuvres exposées générées par cette « intelligence artificielle » étaient directement inspirées du style de l'artiste Chuck Close. D'autres applications telles que l'éditeur de photos *Prisma* annoncent utiliser des réseaux de neurones artificiels afin de « permettre aux utilisateurs de produire des photos comme si elles avaient été peintes par Picasso, Munch ou même Salvador Dali lui-même »[28] tandis qu'*Ostagram* « offre la possibilité d'entrer en contact avec le monde de l'art, sans aucune compétence. Après avoir téléchargé une photo et une image de référence dans un style que vous aimeriez copier, vous obtiendrez un résultat étonnant »[29] Étonnant en effet… Produire de nouvelles peintures dans le style de Van Gogh ou de Turner, de nouvelles œuvres musicales dans le style de Bach ou de Coltrane, revient alors simplement à alimenter le modèle génératif avec une image ou une partition pour recueillir, *in fine*, le résultat synthétisé. Le rêve de générer des œuvres d'art dans le style d'un maître ancien en cliquant sur un bouton, est devenu, dans un cadre certes encore restreint, une réalité.

Mais l'expérience peut se poursuivre sous des formes plus étranges encore. Ainsi l'artiste et informaticien français Patrick Tresset a conçu un algorithme capable de contrôler un bras robotisé pour produire des portraits à la manière de… Patrick Tresset. De même le robot de l'artiste chinoise Sougwen Chung a été entraîné à peindre à partir de dessins de l'artiste et est capable d'en reproduire le style. Étrange jeu de miroirs.

[27] https://nucl.ai/blog/forgeries-user-guide.

[28] Prisma Labs, « Prisma : Transformer les souvenirs en œuvre d'art au moyen de l'intelligence artificielle » (http://prisma-ai.com),

[29] http://ostagram.ru.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

L'artiste observe l'automate imiter l'artiste. L'artiste se duplique, se démultiplie. Cet improbable duo « humain-machine » semble dépasser les contraintes du corps. Que dire des œuvres innombrables que ces machines produisent ? Que dire de ces œuvres qui naîtront de cet *alter ego* algorithmique, de cet artiste-réplique après le décès de celui ou celle qu'il imite : signera-t-on encore « Patrick Tresset » ou « Sougwen Chung » ?

Les systèmes d'apprentissage conçus pour générer des œuvres viennent ainsi interroger la place de l'homme dans la création. Des procédés traditionnels s'adaptent, évoluent, se transforment – et de nouvelles formes de créations sont encore à imaginer. Dans ce nouveau contexte algorithmique, la production d'une œuvre ne résulte pas d'une action singulière, unique, mécanique, déterministe (à la manière des systèmes experts) mais engage un nombre d'étapes complexes qui font intervenir, là des données d'entraînement, là des modèles d'inférence, là encore des processus mixtes où l'humain et l'automate se répondent, entrent en dialogue. À chaque phase, l'homme est susceptible d'intervenir, et ce à des degrés variables, pour marquer de son empreinte le résultat final.

La possibilité de produire, au moyen d'une machine, une œuvre sur la base d'exemples, éclaire d'une nouvelle lumière le sous-domaine de l'intelligence artificielle dédié à la « créativité informatique ». Branche quelque peu marginale, plus proche des sciences cognitives que des approches strictement quantitatives, elle offre un cadre de réflexion utile sur les critères de créativité des produits de l'informatique (en ce sens le terme « créativité » est à prendre dans son acception la plus large, incluant des formes autres qu'artistiques). Dans ce cadre, l'une des conditions nécessaires à l'expression créatrice est associée à une forme d'autonomie dans le processus de production d'une œuvre. Cette autonomie se décline selon trois dimensions : une autonomie dans la formation d'une « base de connaissance » à partir de laquelle se constitue un modèle interne d'abord[30] ; une autonomie dans l'évaluation de ce modèle ensuite, ; une autonomie, enfin, dans la possibilité donnée au système de modifier ses critères d'évaluation[31].

Comment cette typologie se confronte-t-elle aux nouvelles formes de créations algorithmiques issues de l'apprentissage automatique ? En ce qui concerne l'évaluation du modèle, elle se manifeste en pratique au travers d'une « fonction de coût » (traduction directe des objectifs attendus par les concepteurs du système) : la machine y est assujettie et ne manifeste donc pas d'autonomie. Il en est de même pour la capacité de modifier les critères d'évaluation : elle est également prédéterminée par les concepteurs et aucune « autonomie » ne pourrait y être associée. Si pour le premier critère, à savoir la constitution d'une base de connaissance, on considère l'ensemble formé par un corpus d'entrainement (d'œuvres antérieures) alors là encore point d'autonomie : c'est l'humain qui en dicte le contenu (David Cope choisit de sélectionner telle composition et de l'associer à telle autre, François Pachet et Benoit Carré choisissent d'utiliser le corpus des œuvres des Beatles pour produire « Daddy's Car », le collectif « Obvious » choisit 15000 portraits entre le XIV^{e} et le XIX^{e} siècles pour entraîner leur modèle). Mais si l'on inclut, en revanche, dans la base de connaissance le modèle d'inférence,

[30] Colton, Simon & Wiggins, Geraint A. ; *Computational Creativity : The Final Frontier ?* Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, vol. 242 : ECAI 2012, p. 21-26.

[31] Jennings, Kyle E. ; *Developing creativity : artificial barriers in artificial intelligence.* Minds & Machines, vol. 20, 2010, p. 489-501.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928

c'est-à-dire la représentation formée à la suite de l'apprentissage, alors il faut bien lui reconnaître une forme d'indépendance, plutôt qu'une « autonomie » à proprement parler. Car si les manifestations de cet espace intérieur (le modèle) nous sont bien accessibles sous forme des créations qu'il engendre, les termes précis de leur construction échappent quant à eux à toute traduction. Les modèles constituent, certes, une représentation des données observées (sous forme d'une architecture – le réseau de neurones – et de l'ensemble des paramètres qui la caractérisent), captant une partie de ses régularités et des structures, mais ils s'expriment sous une forme inintelligible. L'émergence de ce jeu de concepts, de ce langage intérieur, souligne une autre des spécificités des algorithmes d'apprentissage : non seulement la règle n'est pas édictée *ab initio* par l'opérateur humain, mais elle surgit dans un espace propre à la machine, et échappe, ce faisant, au moins dans le cas des réseaux de neurones profonds, à la compréhension. Sans que l'on puisse le qualifier « d'autonome », l'automate conserve ainsi, au plus profond de ses rouages algorithmiques, une forme de mystère.

Published in : DELTORN, Jean-Marc ; PICHENOT, Evelyne (dir.), *Algorithmes et Société*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813003928, doi : 10.17184/eac.9782813003928