




L'intelligence artificielle dans l'art et les industries culturelles et créatives

PANORAMA DES TECHNOLOGIES, EXPERTISES ET
BONNES PRATIQUES DANS L'ESPACE FRANCOPHONE

L'intelligence artificielle dans l'art et les industries culturelles et créatives

PANORAMA DES TECHNOLOGIES, EXPERTISES ET
BONNES PRATIQUES DANS L'ESPACE FRANCOPHONE

Octavio Kulesz
et Thierry Dutoit



Cette publication est le fruit d'un travail réalisé entre avril et septembre 2019. Outre l'analyse des principaux outils et applications IA dans le domaine de la culture, il s'est avéré fondamental pour notre recherche de réaliser des entretiens sur le terrain dans les pays francophones du Nord et du Sud disposant déjà d'une expertise dans ce domaine. Les croisements entre art, industries culturelles et IA allant en s'intensifiant, il sera nécessaire dans le futur de mener de nouvelles explorations dans un plus grand nombre de pays, ce qui permettra certainement de détecter les tendances émergentes, aussi bien au Nord qu'au Sud. Cette publication est réalisée à l'initiative et avec le soutien de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB), via Wallonie-Bruxelles International (WBI), dans le cadre du Réseau francophone de l'innovation créé à l'initiative de l'OIF avec le soutien de la FWB.

Mise en garde : Le contenu de ce guide n'engage que les auteurs qui ont contribué à son élaboration, chaque auteur étant responsable de la partie du guide qu'il a rédigé. Les commentaires et analyses que renferme ce document ne constituent en aucune manière l'expression d'une position officielle ni de la Fédération Wallonie-Bruxelles ni de l'Organisation internationale de la Francophonie.

Œuvre publiée en libre accès sous la licence Creative Commons BY-SA Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.fr>).

Dans le présent document, le genre masculin est utilisé au sens neutre et désigne les femmes autant que les hommes.

Auteur : Octavio Kulesz

Rédaction du complément technique : Thierry Dutoit

Coordination : Hassan Sefrioui

Graphisme : Marion Caudron

Sommaire

INTRODUCTION	7
I. L'IA DANS LA FRANCOPHONIE	11
1. Stratégies nationales et régionales, centres de recherches et principaux acteurs	11
2. Les enjeux sociétaux de l'IA	16
II. L'IA DANS LA CHAÎNE CULTURELLE : UTILISATIONS, ART IA, FORMATIONS	25
1. Outils et applications	25
2. Visibilité croissante de l'art IA : festivals, résidences et concours	29
3. La formation en IA des artistes et des acteurs ICC	30
III. LES DÉFIS À VENIR : MACHINES, DROITS D'AUTEUR ET SOCIÉTÉ	33
1. Humains et robots : l'artiste augmenté	33
2. Qui est le titulaire du droit d'auteur?	35
3. Enjeux sociétaux de l'IA dans la culture	38
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	43
COMPLÉMENT TECHNIQUE - Comprendre les fondamentaux de l'IA : technologies, outils et applications au service des ICC	49
ANNEXE I - Liste des experts consultés	60
ANNEXE II - Bibliographie générale	64

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, l'intelligence artificielle (IA) est devenue un thème central dans les agendas technologique, économique et politique au niveau mondial. Une infinité d'applications et d'outils que nous utilisons au quotidien incorporent des systèmes d'IA — moteurs de recherche, assistants personnels et agents conversationnels (chatbots), pour n'en citer que quelques-uns — ce qui confère à ces derniers un fort impact sur des secteurs aussi variés que la santé, la mobilité, l'éducation ou la finance. Cela implique aussi bien des opportunités — meilleure productivité, création d'emplois qualifiés —, que des menaces — fermeture de postes de travail dans de multiples industries, concentration accrue de la richesse et augmentation des inégalités. Dans ce contexte, nombreux sont les pays et les organisations sociales qui promeuvent pour une utilisation de l'IA éthique, responsable et centrée sur l'humain.

Dans le domaine de l'art et de la culture, l'utilisation d'algorithmes n'est pas nouvelle. En 1957 déjà, l'ordinateur ILLIAC — « Illinois Automatic Computer » — composait des suites de musique expérimentale sous la supervision de Lejaren Hiller et Leonard Isaacson. Au début des années 70, le logiciel AARON, mis au point par Harold Cohen, créait des dessins exposés ensuite dans des galeries d'art. La littérature non plus n'est pas en reste puisque dès 1952, des textes étaient produits par Calliope, la machine inventée par Albert Ducrocq, surnommée par Boris Vian le « robot-poète ».

Cependant, alors que dans les techniques d'autrefois la machine fonctionnait généralement suivant des règles prédéfinies par l'artiste codeur, les actuelles applications IA opèrent par apprentissage automatique : la machine est alimentée par de grandes quantités de don-

Une mise en œuvre bien calibrée de l'IA dans la culture pourrait décupler le potentiel créatif des artistes, générer de nouveaux marchés pour les ICC, augmenter la compétitivité, favoriser l'emploi et même ouvrir de nouveaux champs d'expérimentation pour la recherche scientifique.

nées — l'intrant — qui sont ensuite traitées par des algorithmes pour identifier des régularités, effectuer une prédiction, ou générer un nouveau résultat — l'extrant. L'augmentation exponentielle de la masse de données disponibles que la Toile a démultipliée, ajoutée aux progrès considérables réalisés en matière de pouvoir de computation au cours des vingt dernières années ont fait de l'apprentissage automatique — ou encore de l'apprentissage profond, sa variante qui fonctionne à partir de réseaux de neurones artificiels — une technologie privilégiée. Son influence dans le secteur culturel ne cesse de grandir.

Même si la plupart des gros titres concernant l'IA font état des avancées réalisées aux États-Unis ou en Chine, l'espace francophone compte des centres de recherche et de développement de premier ordre — en particulier à Montréal et à Paris — ainsi que des institutions en position de *leadership* au niveau mondial sur le terrain spécifique de l'IA appliquée à l'art et aux industries culturelles et créatives (ICC), comme par exemple l'Institut de Recherche et Coordination acoustique/Musique (IRCAM) en France. C'est d'ailleurs dans des pays francophones qu'ont surgi certaines des entreprises les plus innovantes dans ce domaine, comme la *jeune pousse* (startup) luxembourgeoise AIVA, qui se consacre à la création de musique automatique, et le collectif français Obvious, dont les peintures développées avec l'aide de l'IA se vendent à des centaines de milliers d'euros.

Les peintures du collectif français Obvious, développées avec l'aide de l'IA, se vendent à des centaines de milliers d'euros.

Dans les prochaines années, nous allons probablement observer de profonds changements quant à la manière dont se créent, se produisent, se distribuent et se consomment les biens et les services de toutes les industries culturelles et créatives (ICC) : la musique, les arts visuels, la presse, l'édition de livres, l'audiovisuel, la mode... Il y a là pour la Francophonie une opportunité unique : une mise en œuvre bien calibrée de l'IA dans la culture pourrait en effet décupler le potentiel créatif des artistes, générer de nou-

veaux marchés pour les ICC, augmenter la compétitivité, favoriser l'emploi et même ouvrir de nouveaux champs d'expérimentation pour la recherche scientifique. À l'inverse, l'absence d'une vision intégrale au moment d'appliquer cette technologie peut conduire à une réduction dramatique de la diversité culturelle, à la concentration de l'offre de contenus entre les mains d'un petit nombre d'acteurs technologiques internationaux et à une diminution drastique des postes de travail.

Dans un contexte où il y a autant d'opportunités à saisir que de difficultés à surmonter, ce texte vise à guider les personnes désireuses d'explorer les utilisations de l'IA dans le monde de l'art et des ICC. Pensé à la fois comme un état des lieux et comme une boîte à outils, il cible plusieurs publics à la fois :

- les artistes et les entrepreneurs culturels qui veulent faire leurs premiers pas dans le domaine de l'IA et en savoir davantage sur les initiatives qui ont réussi et les enseignements à retirer de celles qui n'ont pas prospéré;

- les experts familiarisés avec l'IA qui s'intéressent aux enjeux culturels posés par les nouvelles technologies, dans le domaine du droit d'auteur par exemple ;
- les représentants du secteur public dans le domaine culturel qui sont à la recherche d'informations sur l'impact de l'IA sur le secteur créatif pour imaginer de nouvelles politiques et définir les mesures à prendre.

Le texte n'aspire pas à présenter une simple liste d'applications et d'outils puisque — comme c'est le cas pour n'importe quelle technologie — l'IA évolue constamment et qu'on ne pourrait en aucun cas fournir de recettes préétablies ou de formules prêtes à l'emploi. Centré autant sur les acteurs que sur les technologies, ce guide tente de présenter un panorama de l'utilisation de l'IA par les artistes et les entrepreneurs culturels de l'espace francophone, des avantages qu'ils y trouvent et des obstacles qu'ils rencontrent, des stratégies qu'ils ont développées et des évolutions auxquelles on est en droit de s'attendre pour les prochaines années. Pour préparer cette publication, plus de 60 artistes, entrepreneurs, programmeurs, fonctionnaires, juristes et autres experts issus de pays membres de la Francophonie, aussi bien dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud, ont été consultés.

Dans la première partie de cette publication, I) nous présentons un bref état des lieux de l'utilisation de l'IA dans l'espace francophone, ainsi qu'une description des principaux enjeux sociétaux qui découlent de cette technologie. Ces sections constituent un point de départ indispensable : il serait en effet difficile de comprendre la question de l'IA dans l'art et la culture sans la replacer dans un contexte plus général. Dans un second temps, II) nous abordons plus en détails les différentes utilisations de l'IA à chaque étape de la chaîne créative, en identifiant les opportunités quant à la visibilité et la formation pour les artistes et les entrepreneurs culturels au sein de l'espace francophone. Enfin, dans la troisième partie, III) nous examinons quelques-unes des questions cruciales que soulève l'application de l'IA dans le secteur culturel : qui est le créateur : la machine ou l'artiste ? À qui reviennent les droits d'auteur ? Que va-t-il se passer en ce qui concerne l'emploi ou la parité homme-femme dans le monde de la culture ? À quels risques est exposée la découvrabilité des contenus culturels francophones en ligne ? La réflexion autour de ces grands thèmes se nourrit d'exemples provenant de l'espace francophone sans pour autant faire l'impasse sur les cas qui sont devenus des références mondiales incontournables.

Dans la section des conclusions, nous proposons une liste de recommandations concrètes destinées aux artistes, aux ICC et au secteur public. Enfin, pour les lecteurs désireux d'approfondir les aspects techniques, nous incluons un dossier complémentaire pour comprendre les fondamentaux de l'IA en termes d'applications, outils et technologies les plus utilisés actuellement dans le monde de la culture.



PARTIE I

L'IA DANS LA FRANCOPHONIE

1. STRATÉGIES NATIONALES ET RÉGIONALES, CENTRES DE RECHERCHES ET PRINCIPAUX ACTEURS

Au niveau global, deux pays sont clairement leaders dans le domaine de l'IA : les États-Unis et la Chine. Ces deux pays possèdent l'un comme l'autre un très vaste réseau d'universités et de centres de recherches ainsi qu'un marché de capitaux dynamique et friand de projets technologiques. Ajoutons, dans le cas spécifique de la Chine, un secteur public qui travaille très activement à définir une infrastructure à long terme. Des sociétés Internet d'envergure énorme sont issues de ces deux écosystèmes. Mais tandis que les plateformes nées aux États-Unis — parmi lesquelles Google, Amazon, Facebook, Apple, Netflix — sont bien connues en Occident, les plateformes chinoises — Tencent, Alibaba, Baidu, Didi, JD ou Toutiao — le sont moins, même si elles ne cèdent rien à leurs homologues américaines en termes d'innovation.

L'échange d'informations qui se produit entre les centaines de millions d'utilisateurs connectés à toutes ces plateformes génère une masse de données gigantesque dont la valeur s'avère inestimable pour les applications et les outils d'IA basés sur l'apprentissage automatique. Le perfectionnement progressif de ces systèmes permet aux plateformes de proposer de nouveaux services à leurs utilisateurs, qui permettent à leur tour de récolter de nouvelles données, ce schéma de rétro-alimentation positive contribuant à renforcer la position dominante de ces acteurs importants.

Ceci étant, hormis les États-Unis et la Chine, il existe des pôles de recherches de premier ordre et des entreprises extrêmement dynamiques au Japon, en Corée du Sud, en Israël, en Allemagne et au Royaume-Uni. Au sein de l'espace francophone, ce sont le Canada et la France qui arrivent nettement en tête. Au Canada-Québec, on trouve, en particulier dans la

Au sein de l'espace francophone, ce sont le Canada et la France qui arrivent nettement en tête.

ville de Montréal, des universités et des centres de recherche à la pointe du progrès mondial. En 2017, le gouvernement a chargé l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA/CIFAR) de diriger la Stratégie pancanadienne en matière d'IA.¹ Destiné à renforcer l'infrastructure de recherche et à augmenter le nombre de scientifiques qui travaillent dans le domaine, ce programme est mis en œuvre dans le cadre d'une collaboration entre les trois grands centres canadiens d'IA : l'Institut québécois d'Intelligence artificielle (MILA)² — une entité fondée en 1993 par le professeur Yoshua Bengio sous le nom de Laboratoire d'informatique des systèmes adaptatifs (LISA) et qui fonctionne aujourd'hui dans le cadre d'un partenariat entre l'Université de Montréal, l'Université McGill, Polytechnique Montréal et HEC Montréal —, le Vector Institute³ — Université de Toronto —, et l'Alberta Machine Intelligence Institute⁴ — Université d'Alberta.

Une bonne partie des colosses technologiques mondiaux ont des bureaux à Montréal et se livrent une concurrence acharnée pour attirer les experts en IA rattachés au MILA, à l'Institut de valorisation des données (IVADO)⁵ ou aux principales universités locales. En décembre 2018, le Premier ministre Justin Trudeau a annoncé un investissement de 230 millions de dollars destiné à soutenir la Supergrappe de chaînes d'approvisionnement axées sur l'IA (SCALEAI), établie au Canada-Québec. Cette initiative, qui réunit plus de 110 entreprises, universités, pépinières technologiques, associations professionnelles et partenaires internationaux, représente le couronnement des nombreux efforts réalisés tant par le Gouvernement du Canada-Québec — qui travaille depuis 2017 sur sa propre stratégie IA⁶ — que par le gouvernement fédéral. Elle vise à faire du Canada un leader global de la génération de produits et services IA, ce qui contribuerait à stimuler la croissance économique et la création de nouveaux emplois dans ce domaine. C'est de ce riche écosystème qu'ont émergé des *jeunes pousses (startups)* de renommée mondiale comme Element AI.⁷ Un écosystème qui, comme l'a opportunément observé Pierre Fitzgibbon, ministre de l'Économie et de l'Innovation du Canada-Québec, est promis à un plus bel avenir encore :



Grâce à la mobilisation d'un réseau de chercheurs et de partenaires sans précédent et grâce aussi au support gouvernemental annoncé aujourd'hui, c'est non seulement les chaînes d'approvisionnement qui seront transformées, mais c'est potentiellement le début d'un nouveau chapitre de l'histoire économique du Québec qui s'écrit. Nous sommes donc fiers de contribuer aux activités de la supergrappe pancanadienne des chaînes d'approvisionnement intelligentes, SCALEAI. Les plus récentes avancées scientifiques et technologiques de l'IA pourront bénéficier à de nombreuses entreprises de nombreux secteurs industriels, les positionnant dès maintenant comme joueurs clés de l'économie de demain. »⁸

1 <https://www.cifar.ca/fr/ia/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle>
Le lecteur trouvera dans les notes de bas de page les liens correspondants aux principaux cas, applications et sources mentionnés dans la présente publication. Pour faciliter la lecture, les références bibliographiques générales figurent quant à elles directement dans l'Annexe III.

2 <https://mila.quebec>

3 <https://vectorinstitute.ai>

4 <https://www.ami.ca>

5 <https://ivado.ca>

6 <https://ia.quebec>

7 <https://www.elementai.com>

8 <https://www.newswire.ca/news-releases/le-premier-ministre-annonce-un-investissement-dans-lintelligence-artificielle-pour-creeer-plus-de-16-000-nouveaux-emplois-pour-les-canadiens-702095371.html>

La France dispose elle aussi d'un programme national à long terme pour l'IA, présenté en mars 2018 par le président Emmanuel Macron et le député Cédric Villani, sous le titre « L'intelligence artificielle au service de l'humain ».⁹ Ce plan vise à consolider la position de la France sur la scène internationale grâce à un investissement de 1,5 milliard d'euros dans la recherche, le renforcement des compétences, la consolidation de l'écosystème de données et une transparence accrue des algorithmes, cela particulièrement dans les domaines de l'éducation, la santé, le transport, l'agriculture, la défense et la sécurité. Les activités proposées s'appuient sur un solide réseau d'universités et de centres de recherches nationaux. Elles incitent à la création d'Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence artificielle (instituts 3IA) qui, chapeautés par l'Institut

Des centaines d'entreprises offrent des services liés à l'apprentissage automatique, la robotique ou l'automatisation de toute sorte de processus.

National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), réunissent chercheurs, étudiants et acteurs privés.¹⁰ À ce jour, 4 instituts 3IA ont été créés — à Paris, Grenoble, Toulouse et Nice. L'institut parisien PRAIRIE, par exemple, réunit l'INRIA, le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), l'Institut Pasteur, l'université Paris Sciences et Lettres, ainsi que des entreprises comme Amazon, Microsoft et Facebook, entre autres.

Outre les programmes nationaux, les initiatives en faveur de l'écosystème IA se multiplient en France au niveau des collectivités territoriales. En octobre 2018, la région Île-de-France — qui héberge quasiment la moitié des entreprises et des équipes de recherche en IA de tout le

pays — a présenté le plan « IA 2021 »,¹¹ articulé en 15 orientations clefs, dont notamment l'élaboration d'un Pack IA destiné aux petites et moyennes industries, la mutualisation de données industrielles, la formation et le lancement de « AI Challenge »¹² — un concours destiné aux *jeunes pousses (startups)* travaillant au service de la santé, au service de l'industrie et au service des usages et besoins des Franciliens (personnes vivant en Île-de-France). D'autres régions ont présenté leur propre stratégie IA : la région Grand Est avec « Grand Est 4 IA », depuis juin 2019¹³ et les Hauts-de-France avec « HumAln », depuis juillet 2018.¹⁴ Certaines villes sont également en train de développer leur plan IA. C'est le cas de Nantes qui, en juin 2018, a présenté le projet NaonedIA¹⁵, pour « une intelligence artificielle pour tous, éthique, responsable et populaire ».

Le réseau très développé qui, en France, relie étroitement recherche et éducation, cohabite avec un écosystème de *jeunes pousses (startups)* chaque jour plus dynamique. Des centaines d'entreprises offrent des services liés à l'apprentissage automatique, la robotique ou

9 A consulter ici, les détails de la stratégie et du rapport préliminaire présenté par le député Villani : <https://www.aiforhumanity.fr/>

10 Une liste des principaux centres de recherches et universités IA en France est disponible ici : <https://franceisai.com/research>

11 <https://www.iledefrance.fr/un-plan-pour-faire-de-ile-de-france-la-1re-region-europeenne-en-intelligence-artificielle>

12 <https://www.aichallenge.parisregion.eu/>

13 http://www.newspress.fr/Communique_FR_311853_6983.aspx

14 <https://www.alliance-humain.fr/>

15 <http://naonedia.fr/>

l'automatisation de toute sorte de processus.¹⁶ Bon nombre de ces initiatives sont hébergées par les universités ou dans des pépinières technologiques comme Station F, qui accompagne de nombreuses *jeunes pousses (startups)* en IA dans le cadre du programme AI Factory, en partenariat avec Microsoft et l'INRIA.¹⁷

En décembre 2018, quelques mois après le lancement du programme national français « L'intelligence artificielle au service de l'humain », la Commission européenne a elle-même présenté un plan coordonné qui, entre autres, propose aux pays de l'Union européenne (UE) de suivre la même voie et d'élaborer leur propre stratégie IA.¹⁸ C'est ainsi qu'en mars 2019, la coalition AI4Belgium a présenté ses recommandations pour positionner la Belgique et la Fédération Wallonie-Bruxelles sur la scène internationale de l'IA. Le document souligne la nécessité de renforcer les compétences, traiter les données de manière responsable, inciter les petites et moyennes entreprises à adopter les nouvelles technologies, et améliorer le service public. Tout cela requiert un investissement d'au moins un milliard d'euros d'ici 2030. Par ailleurs, le collectif Réseau IA¹⁹ mène des actions visant spécifiquement à animer et consolider la communauté IA au sein de la Wallonie. En particulier, la Wallonie a initié le programme DigitalWallonia4.ai pour aider les entreprises désirant incorporer l'IA dans leur activité.²⁰

Dans le même esprit, le Luxembourg a présenté en mai 2019 sa vision stratégique,²¹ articulée autour de trois grandes missions : se positionner comme l'une des sociétés numériques les plus avancées au sein de l'UE, s'établir en tant qu'économie durable en mettant clairement le traitement des données en tête de ses préoccupations, et favoriser le développement d'une IA centrée sur l'humain. Pour atteindre ces objectifs, le Luxembourg se propose de stimuler la recherche, d'établir une relation fluide avec ses voisins — de la Fédération Wallonie-Bruxelles, de l'Allemagne et de la France — et de soutenir financièrement les *jeunes pousses (startups)* IA locales, notamment grâce à des programmes comme Luxinnovation.²²

Autre pays à se distinguer en matière d'IA, la Suisse compte des universités et des centres de recherche de premier ordre comme les Écoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich ou encore le AI Lab IDSIA, et se trouve à la pointe de l'apprentissage profond, de la robotique et de l'industrie 4.0. Elle présente également un écosystème fourni de *jeunes pousses (startups)*.²³ En septembre 2018, dans le cadre de sa stratégie « Suisse numérique », le Conseil Fédéral a annoncé la formation d'un groupe de travail sur l'IA.

Le collectif Réseau IA mène des actions visant spécifiquement à animer et consolider la communauté IA au sein de la Wallonie.

16 <https://franceisai.com/startups>

17 <https://news.microsoft.com/europe/2017/09/13/microsoft-ai-factory-meet-7-ambitious-companies-heart-station-f-worlds-largest-startup-campus/>

18 <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6177-2019-INIT/fr/pdf>

19 <https://www.reseauia.be/>

20 <https://www.digitalwallonia.be/fr/projets/digitalwallonia4-ai#publications>

21 <https://gouvernement.lu/fr/publications/rapport-etude-analyse/minist-digitalisation/artificial-intelligence/artificial-intelligence/intelligence-artificielle.html>

22 <https://www.luxinnovation.lu>

23 <https://www.ai-square.ch/companies>

En Afrique, au Moyen-Orient et Asie, des pays francophones ont également mené des avancées dans leur agenda IA.

En Afrique, au Moyen-Orient et Asie, des pays francophones ont également mené des avancées dans leur agenda IA. En Tunisie par exemple, une équipe d'experts a présenté, en avril 2018, la vision IA nationale orientée vers le renforcement de la recherche, la formation et la création de *jeunes pousses (startups)* dans des domaines comme la santé, l'énergie, les finances ainsi que le traitement automatique de la langue arabe.²⁴ Rappelons que ce pays d'Afrique du Nord a vu naître quelques-unes des *jeunes pousses (startups)* les plus innovantes de tout le continent africain comme

InstaDeep,²⁵ une société de services IA créée en 2014 et dont les bureaux sont aujourd'hui installés à Tunis, Londres, Paris, Nairobi et Lagos. Karim Beguir, le co-fondateur du projet, se montre confiant quant à ses perspectives de croissance :

« Nous avons commencé à partir de rien, l'idée avec InstaDeep était de prouver que les Tunisiens sont capables de créer des technologies de pointe dans le domaine de l'IA. Actuellement, notre objectif est d'en devenir le leader africain. Nous avons pour ambition de développer les talents africains et de favoriser la compétitivité de la Tunisie au niveau mondial. »²⁶

Pour sa part, l'Égypte prépare son plan IA depuis le début de l'année 2019. Il sera lui aussi centré sur la recherche, la formation et les exportations.²⁷

Malgré les défis à relever pour ce qui est des infrastructures et du financement, l'Afrique dispose d'un énorme potentiel dans le domaine de l'IA. Mentionnons à ce propos l'Institut africain des sciences mathématiques — AIMS²⁸ — qui, depuis son siège de Muizenberg, en Afrique du Sud, organise des activités de recherche et de formation en collaboration avec d'autres centres basés au Sénégal, au Ghana, au Rwanda, au Cameroun et en Tanzanie. Comme le souligne Moustapha Cisse — expert sénégalais, cofondateur et responsable du laboratoire de recherche en IA de Google à Accra, au Ghana, et directeur du master en IA de l'AIMS²⁹ — dans les années à venir, il sera indispensable de mettre l'accent sur une stratégie intégrale :

« Nous avons besoin d'une stratégie panafricaine : un ensemble d'objectifs ambitieux pour l'éducation, la recherche, le développement et l'industrialisation de l'IA. Les nations africaines doivent nouer des liens avec leurs expertises locales en IA (...). Une autre étape essentielle consiste à tracer une feuille de route pour mobiliser les ressources humaines et financières, y compris un fonds panafricain dédié à l'IA pour soutenir les efforts fournis. »³⁰

24 <https://www.slideshare.net/Jelel.Ezzine/national-ai-strategy-unlocking-tunisia-capabilities-potential>

25 <https://www.instadeep.com>

26 https://www.ilboursa.com/marches/la-startup-tunisienne-instadeep-en-passe-de-devenir-le-leader-africain-de-lintelligence-artificielle_17392

27 <https://www.agencecofin.com/gouvernance-economique/2501-63526-l-egypte-prepare-une-strategie-nationale-d-intelligence-artificielle-orientee-vers-la-formation-la-recherche-et-l-exportation>

28 <https://aims.ac.za>

29 <https://aimsammi.org>

30 <https://www.jeuneafrique.com/657369/societe/tribune-lafrique-prend-sa-place-dans-lavancee-de-lintelligence-artificielle/>

Dans cet esprit, et à l'occasion du Forum sur l'intelligence artificielle organisé à Ben Guerir (Maroc) par l'UNESCO en décembre 2018,³¹ les participants ont décidé de développer une stratégie continentale pour l'IA qui inclut la gestion des données numériques et se fonde sur une approche multiacteurs, qui sera inscrite à l'Agenda 2063 de l'Union africaine et à l'Agenda 2030 des Nations unies pour le développement durable. Cela impliquera, entre autres, d'intégrer l'IA comme vecteur d'émergence des économies africaines dans les politiques et stratégies nationales de développement en s'appuyant sur les cultures, valeurs et savoirs endogènes, de favoriser la recherche scientifique et de contribuer à la croissance d'entreprises innovantes.

Plus à l'Est, au Vietnam, le Ministère des Sciences et des Technologies a organisé, en août 2018, le séminaire AI4VN dans le but de recueillir des expériences en matière d'IA et d'aborder la question du transfert de cette technologie pour le développement national.³²

2. LES ENJEUX SOCIÉTAUX DE L'IA

Si l'IA peut engendrer de grands bénéfices en matière de développement économique et de création d'emplois qualifiés, elle comporte aussi d'énormes écueils. En premier lieu, comme l'indiquent de nombreux rapports,³³ l'automatisation peut conduire à la perte de millions de postes de travail dans plusieurs secteurs. L'IA conduira probablement à une redistribution de la richesse et des emplois au niveau global, et cette redistribution pourra augmenter les inégalités entre secteurs urbains et ruraux, classes aisées et modestes, pays du Nord et pays du Sud. Telle est la mise en garde de Yoshua Bengio :



D'immenses richesses vont être créées par l'IA. La question est de savoir comment elles seront distribuées. Si l'on s'en remet aux tendances naturelles des marchés, cela signifiera encore plus d'inégalités et une plus forte concentration des richesses (et donc du pouvoir). Une grande partie de la population sera perdante puisqu'elle verra disparaître ses postes de travail du fait de l'automatisation. »³⁴

En plus des risques liés au chômage et à l'inégalité économique, certaines tendances propres au secteur technologique peuvent elles aussi accentuer d'autres déséquilibres sociaux. Le Rapport mondial 2019 sur les talents en IA publié par Element AI³⁵ montre que les femmes sont nettement sous-représentées dans le domaine — à peine 18 % des auteurs de publications scientifiques sont des femmes. Les minorités, entre autres ethniques et religieuses, ne bénéficient pas elles non plus d'une présence suffisante au sein des équipes d'IA, et cela n'est pas dénué de risques. En effet, trop peu de diversité humaine peut renforcer les biais et les stéréotypes présents dans les algorithmes ou dans la sélection des données utilisées comme intrant pour alimenter la machine. Comme le dit Marina Pavlovic Rivas — co-fondatrice de la société Gradient AI³⁶ et auteure du chapitre relatif à Montréal

31 <https://fr.unesco.org/artificial-intelligence/africa-forum>

32 <https://fr.vietnamplus.vn/le-vietnam-doit-optimiser-lintelligence-artificielle-pour-son-essor/107151.vnp>

33 On trouve ici une bonne synthèse de ces analyses : <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2019/07/15/is-ai-going-to-be-a-jobs-killer-new-reports-about-the-future-of-work/#682c07f2afb2>

34 <https://betakit.com/yoshua-bengio-says-rise-of-ai-can-lead-to-inequalities-if-wealth-not-redistributed-fairly/>

35 <https://ffgagne.ai/rapport-mondial-2019-sur-les-talents-en-ia/>

36 <https://gradient.ai>

pour l'Organisation Women in Machine Learning and Data Science (WiMLDS)³⁷ — il y a là des défis dont l'impact va bien au-delà de la seule communauté IA :

« *Il est crucial que la diversité des personnes qui développent l'IA reflète celle qui se trouve au sein de la société. Actuellement, les femmes font partie des groupes fortement sous-représentés dans le domaine. Cette sous-représentation en IA est problématique, car c'est une technologie qui apporte des changements importants à la vie d'une part toujours grandissante de la population. Les données avec lesquelles les algorithmes d'IA sont entraînés peuvent contenir des biais qui reproduisent et automatisent la discrimination envers ces mêmes groupes.* »³⁸

En juin 2018 le G7 a rendu publique sa vision pour construire une IA centrée sur l'être humain, qui garantisse la transparence, la parité homme-femme, le droit à la vie privée et la propriété intellectuelle.

D'autres écueils sont liés aux langues. Comme l'anglais est la langue dominante dans le monde de la technologie, d'autres aires linguistiques peuvent être désavantagées puisque leurs développeurs IA doivent s'habituer à utiliser dans leur travail un vocabulaire en langue étrangère.

En outre, le fait que l'IA soit une technologie qui requiert de gros volumes de données pour fonctionner de manière adéquate fait surgir deux risques supplémentaires. Le premier est la potentielle tentation pour les acteurs IA de faire fi du droit au respect de la vie privée des utilisateurs pour obtenir la plus grande quantité de données possible. Le deuxième dérive du fait que ce sont généralement les grandes plateformes nord-américaines et chinoises qui disposent de la masse de données nécessaire pour entraîner des systèmes d'IA. Les acteurs locaux peuvent donc être désavantagés et cela laisse planer de grandes incertitudes quant à la capacité qu'aurait le tissu industriel des autres pays pour promouvoir un développement technologique indépendant. Comme l'observe Cédric Villani :

« *Ces grandes plateformes captent toute la valeur ajoutée : celle des cerveaux qu'elles recrutent et celle des applications et des services, par les données qu'elles absorbent. Le mot est très brutal, mais techniquement c'est une démarche de type colonial : vous exploitez une ressource locale en mettant en place un système qui attire la valeur ajoutée vers votre économie. Cela s'appelle une cybercolonisation.* »³⁹

Face à ce contexte semé d'embûches, se sont multipliées ces dernières années des initiatives internationales visant à conférer un cadre éthique et inclusif au développement de l'IA, et les pays membres de la Francophonie ont joué un rôle de premier plan dans cette mission.

³⁷ <https://www.meetup.com/es/wimlds-ml/>

³⁸ Entretien personnel avec Marina Pavlovic Rivas.

³⁹ https://www.lemonde.fr/afrique/article/2018/06/17/intelligence-artificielle-en-afrique-le-risque-de-captation-de-valeur-existe-decrypte-cedric-villani_5316644_3212.html

Lors de sa réunion en juin 2018 à Charlevoix (Canada), le G7 a rendu publique sa vision pour construire une IA centrée sur l'être humain, qui promeuve certes le développement économique et les investissements, mais qui garantisse dans le même temps la transparence, la parité homme-femme, le droit à la vie privée et la propriété intellectuelle.⁴⁰ À peu près au même moment, la France et le Canada ont signé une déclaration dans laquelle les deux pays appellent à la création d'un groupe international réunissant des décideurs politiques et associant des experts du monde scientifique, de l'industrie et du monde académique, qui travaille à anticiper les répercussions sociales de l'IA.⁴¹ Pour sa part, la Commission européenne a désigné une équipe de 52 experts — parmi lesquels figurent Nozha Boujemaa, directrice de recherche à l'INRIA, et Jean-François Gagné, PDG d'Element AI — pour réfléchir sur les difficultés et les opportunités que présente cette technologie.⁴² L'UNESCO n'est pas en reste puisqu'elle a parrainé une réflexion intégrale visant à contribuer à la mise en œuvre d'une IA aux valeurs humaines pour un développement durable.⁴³

Outre les gouvernements qui présentent leurs propositions, plusieurs organisations sociales militent pour que le développement d'une technologie inclusive et éthique soit considéré comme une nécessité. Au sein de l'espace francophone, il faut citer la « Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'IA », fruit du travail d'une équipe scientifique pluridisciplinaire.⁴⁴ D'autre part, l'Université de Laval, en collaboration avec de nombreux partenaires institutionnels, a mis en route en décembre 2018 l'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique,⁴⁵ un espace de discussion et de réflexion pour tous les acteurs concernés par ces nouvelles technologies. C'est également en 2018 qu'ont vu le jour différentes organisations à but non lucratif comme Impact AI⁴⁶ — impulsée en France par Microsoft — ou le Montreal AI Ethics Institute,⁴⁷ qui se proposent de repenser le lieu occupé par les êtres humains dans un monde dominé par les algorithmes.

Premier pas pour affronter les asymétries linguistiques dans le domaine technologique, la société montréalaise Data Franca — en collaboration avec des entités comme l'Office québécois de la langue française (OQLF) et Google Brain — a publié en mars 2018 le *Grand lexique français de l'intelligence artificielle*,⁴⁸ à l'intention des professionnels de l'industrie, de la recherche et de l'enseignement.

40 https://www.international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/g7/documents/2018-06-09-artificial-intelligence-artificielle.aspx?lang=fra

41 https://www.international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/europe/2018-06-07-france_ai-ia_france.aspx?lang=fra

42 <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>

43 <https://fr.unesco.org/artificial-intelligence>

44 <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/la-declaration>

45 https://www.ulaval.ca/no_cache/notre-universite/salle-de-presse/communiqués-de-presse/details/article/observatoire-international-sur-les-impacts-societaux-de-lintelligence-artificielle-et-du-numeriqu.html

46 <https://www.usinenouvelle.com/editorial/observatoire-boite-a-outils-mecenas-le-collectif-impact-ai-dresse-son-bilan-a-un-an.N863935>

47 <https://montrealaiethics.ai/>

48 https://datafranca.org/wiki/index.php?title=Cat%C3%A9gorie:GRAND_LEXIQUE_FRAN%C3%87AIS

Enfin, dans le domaine des données, l'Association francophone des autorités de protection des données personnelles (AFAPDP) a émis, en septembre 2017, une résolution sur l'accompagnement du développement de l'IA, qui insiste sur le fait qu'il est nécessaire de

Outre les gouvernements qui présentent leurs propositions, plusieurs organisations sociales militent pour que le développement d'une technologie inclusive et éthique soit considéré comme une nécessité.

soutenir l'adoption de législations relatives à la protection des données personnelles et à la vie privée dans l'espace francophone, comme prérequis à un développement des technologies dans le respect des droits et libertés individuels. En outre, le Règlement général sur la protection des données (RGPD) est entré en vigueur en Europe en mai 2018 : il établit un cadre pour la collecte et la conservation des données à caractère personnel et affirme le droit des citoyens européens à être informés de la logique sous-jacente des algorithmes utilisés pour traiter leurs données (article 15.1.h) ainsi que leur droit à ne pas faire l'objet de décisions qui seraient fondées exclusivement sur un traitement automatisé (article 22.1).⁴⁹

ENJEUX ET OPPORTUNITÉS DE L'IA POUR LES PAYS FRANCOPHONES DU SUD : TÉMOIGNAGES CROISÉS

En complément des analyses présentées dans les points I.1 et I.2, six experts et acteurs de terrain partagent leur point de vue sur le présent et le futur de l'IA dans leur pays.

Éliane Birba
Spécialiste en science des données et co-fondatrice de Yanfoma Digital Technology¹ (Burkina Faso)

« Ce n'est un secret pour personne : le monde technologique en général manque de diversité. Les femmes sont encore peu représentées en IA. En tant que femme travaillant dans le domaine de la science des données et de l'intelligence artificielle, je le ressens particulièrement, et je pense qu'il est maintenant urgent d'améliorer cette situation.

Si la diversité est importante, ce n'est pas uniquement pour le principe. C'est aussi et surtout afin d'éviter des biais qui pourraient avoir des effets délétères sur la société. J'aurais aimé qu'il y ait une solution miracle pour régler ce problème, mais le changement ne pourra se produire que grâce à un programme d'activités concertées et conjointes.

Il y a cependant un certain nombre d'initiatives de bon sens que nous devrions mettre en pratique de toute urgence pour commencer à résoudre ces problèmes en Afrique. Veiller à ce que les femmes en IA soient beaucoup plus visibles est l'une des premières choses que nous pouvons faire. Les modèles de rôle sont d'une importance vitale pour montrer aux jeunes filles et aux femmes qu'elles peuvent elles aussi travailler en science des données et en IA, et que ce choix de carrière est une option pour elles. Une autre solution est d'encourager et multiplier les initiatives communautaires apportant autonomisation, connaissances et collaboration active via l'éducation, la recherche et les événements de femmes en IA. »

Paul Tauk
Directeur de la plateforme Neumann² (Liban)

« L'IA commence doucement à s'installer au Liban depuis quelques années. Il n'y a pas au pays du Cèdre de grandes entreprises générant beaucoup de données ou qui voient la valeur de l'adoption de l'IA dans le traitement de ces dernières. Celles qui s'y intéressent proviennent du secteur bancaire, du commerce ou des télécoms.

Ceci dit, pas mal de jeunes pousses (startups) commencent elles aussi à offrir leurs propres solutions.

Pour nous, le Liban constitue un intéressant laboratoire qui nous aide à développer nos modèles analytiques et à les affiner pour ensuite les proposer à nos clients à l'étranger, en Europe et au Moyen-Orient.

1 <http://yanfoma.tech>

2 <https://neumann.ai>

Pour mieux tirer profit de l'IA dans les prochaines années, le Liban devrait favoriser :

- une formation scolaire pour la maîtrise des avancées technologiques en IA, en constante évolution ;
- une adaptation du cadre réglementaire devenu obsolète, par exemple en termes de protection des données personnelles ;
- le développement d'incubateurs régionaux chargés de faire le lien entre les besoins du marché et les centres de recherche en IA ;
- l'augmentation des financements publics de recherche tant pour les entreprises que pour les universités ;
- le renforcement des aides à l'investissement, à la consultance et à la formation pour les PME ;
- une sensibilisation des PME à l'importance de l'IA en fonction de leur secteur d'activité. »

Diyé Dia
Ingénieure en
Informatique, directrice
d'Aristarc³ (Sénégal)

« Depuis quelques années, des initiatives surgissent au Sénégal autour de l'IA. Par exemple, l'Association Sénégalaise d'IA (ASIA) regroupant des professionnels de l'IA implantés au Sénégal ou à l'étranger est en train d'être mise en place. On voit aussi surgir des jeunes pousses (startups) proposant des services autour de l'IA. Et les grandes entreprises sénégalaises, notamment celles qui évoluent dans

le domaine de la télécommunication, s'intéressent à cette technologie. D'autre part, certaines structures étatiques abordent l'IA par le biais de l'Innovation. Le Sénégal a d'ailleurs acquis un supercalculateur récemment. Des écoles et des cours de master dans les universités autour de l'IA ont été créés ces dernières années. On peut donc dire que l'IA suscite le débat sur la place publique mais qu'on n'en est encore qu'aux balbutiements.

Au Sénégal, je dirais qu'au jour d'aujourd'hui, ce sont les chercheurs qui sont les plus intéressés par l'IA. On a l'impression que certains pays comme le Kenya, le Nigéria et l'Afrique du Sud sont beaucoup plus matures sur cette question. De manière générale, l'Afrique anglophone est plus en avance que l'Afrique francophone dans le domaine de l'IA et de la numérisation.

Les États devront s'assurer que les bases pour le développement de l'IA sont posées. A priori, il y a trois bases : le capital humain, les infrastructures et le cadre juridique. Il faudra investir dans la formation d'une ressource humaine capable de comprendre et de proposer des algorithmes en rapport avec les problématiques du continent. Des espaces de stockage et une puissance de calcul sont également des facteurs qui faciliteront le développement de l'IA. Un cadre juridique adapté permettra entre autres de protéger les usagers, d'encadrer l'utilisation des données personnelles, et de légiférer sur les aspects éthiques. L'État, premier utilisateur de l'IA, contribuera au développement de l'IA. »

Teg-Wende Idriss Tinto

Ingénieur logiciel,
ambassadeur de
la fondation OKFN⁴
(Burkina Faso)

« En Afrique, l'IA est actuellement un sujet vague, de science-fiction, aussi bien pour le commun des mortels que pour les dirigeants. Seul le monde universitaire montre un véritable intérêt et commence à faire des choses. Avec l'appui de certains partenaires financiers, des actions de plaidoyer et de sensibilisation ont commencé.

Il faut créer des cadres d'échanges avec les universités (chercheurs, étudiants) pour une émulation des idées. À la suite de cela, le groupe qui se sera constitué pourra élaborer un plaidoyer politique pour une amélioration de la réglementation, et aboutir à un cadre favorable.

Il faudrait également analyser l'environnement pour identifier les acteurs, les forces, opportunités, faiblesses et menaces. Sur cette base, et de façon inclusive, proposer une stratégie de soutien au développement de l'IA. Cette stratégie pourrait être soutenue par une politique en amont. Il est important d'avoir un cadre permanent, composé de plusieurs types d'acteurs (universitaires, entreprises, gouvernement) afin de servir d'observatoire et de réguler le développement de l'IA. »

Mohamed Zoghلامي

Consultant en IA et
industries créatives,
co-fondateur d'Afric'up⁵
(Tunisie)

« L'Intelligence artificielle est devenue un des grands enjeux de ce siècle, et la promotion de l'IA en Afrique est une priorité absolue pour éviter une "cybercolonisation".

Le défi est de taille, car force est de constater que l'Afrique reste aujourd'hui "invisible" sur la carte mondiale de l'IA.

L'IA permet d'atteindre plus rapidement la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) fixés par les Nations Unies. Les jeunes pousses (startups) africaines innovantes, créatives, ont saisi l'importance de ces objectifs et de cette révolution naissante. De nombreux projets liés à l'IA se sont développés pour répondre aux réalités et besoins africains locaux.

Ces applications d'IA positives sont surtout axées sur la santé, comme moyen de collecter des données, dans le domaine des technologies financières (fintech) afin de réduire les coûts de transaction financière, dans la mobilité pour améliorer l'accès et l'efficacité des transports publics, dans l'agritech sur la planification agricole. L'éducation n'est pas en reste où de nombreuses plateformes de formation et d'apprentissage complètent les cours des enseignants.

4 <https://okfn.org/network/burkina-faso>

5 <https://www.africup.tn>

Seules les industries créatives et culturelles ne font pas partie à l'heure actuelle du champ d'innovation et d'expérimentation des entrepreneurs et des artistes africains, et le risque est de voir se creuser une double fracture technologique et créative qui aggraverait le retard de l'Afrique. Les industries créatives favorisent la production de contenus africains face à l'uniformisation et l'homogénéisation culturelles mondiales et la jeunesse du continent est à la recherche de contenus africains qui lui ressemblent ; elle se réapproprie et cultive son identité au travers de sa culture, son patrimoine, son héritage.

Cependant, la majorité des plateformes numériques et des services accessibles (musique, cinéma, journalisme, design, etc.) sont hébergés ou proviennent de l'étranger. Pour transformer véritablement et radicalement l'industrie créative africaine, des mesures doivent être prises pour stimuler l'innovation, créer des plateformes africaines aux contenus africains, exploitées par des Africains. »

Baya Ciamala
Fondateur de la plateforme
de *streaming* musical
Baziks Pulse⁶ (Congo)

« Auparavant, je n'avais pas un aperçu global sur l'IA. J'étais méfiant. L'IA pour moi représentait directement "Skynet" dans le film Terminator ou "VIKI" dans le film I, Robot mais maintenant que j'ai participé au KiKK Festival à Namur en Fédération Wallonie-Bruxelles dans le cadre du Parcours Numérique Francophone (PNF), je suis définitivement rassuré : l'IA n'est pas plus

dangereuse qu'une voiture, par exemple, dont la sécurité n'est garantie que par la maîtrise et la prudence du conducteur.

Nous allons clairement vers des bouleversements tant au niveau de la consommation (découvrabilité) des œuvres culturelles que de leur diffusion mais aussi au niveau de la création en interaction avec la machine. L'archivage des informations culturelles et la restauration notamment des œuvres d'art sont parfois difficiles en Afrique. Les modèles de développement vont s'améliorer sensiblement. L'Afrique ne doit pas rater ce rendez-vous avec l'avenir. Elle doit s'en approprier. Chez Baziks, nous avons décidé de placer l'IA au cœur de la diffusion en continu (streaming) de musiques made in Africa pour promouvoir efficacement les artistes et leurs œuvres. »



Photo de Drew Graham sur Unsplash

PARTIE II

L'IA DANS LA CHAÎNE CULTURELLE : UTILISATIONS, ART IA, FORMATIONS

1. OUTILS ET APPLICATIONS

L'IA jouit actuellement d'une influence croissante tout au long de la chaîne culturelle. Utilisée par les artistes, les industries culturelles et créatives, les *jeunes pousses* (*startups*) et plateformes Internet, cette technologie permet d'augmenter le potentiel créatif et d'accroître la productivité grâce à l'automatisation des tâches.

Compositeurs et producteurs gagnent un temps considérable – et trouvent même de nouvelles sources d'inspiration – lorsqu'ils ont recours à des applications de création de musique automatique comme AIVA⁵⁰ (LU),⁵¹ Orb Composer⁵², commercialisée par Hexachords (FR), ou Muzeek⁵³ (FR). On observe un phénomène similaire avec les solutions IA disponibles dans le domaine de la maîtrise – Landr⁵⁴ (CA) –, de l'accompagnement – Metronaut, d'Antescofo⁵⁵ (FR) –, la transcription de partitions – Frettable⁵⁶ (CA) –, l'organisation et la classification de catalogues musicaux – Mewo (FR) – et l'orchestration – Orquidea,⁵⁷ de l'IRCAM (FR).

Dans le cadre de son projet Magenta,⁵⁸ Google propose plusieurs applications et outils d'apprentissage automatique, notamment Magenta Studio⁵⁹ – un ensemble de modules conçus

50 <https://www.aiva.ai>

51 Pour simplifier la lecture, le pays d'origine de la *jeune pousse* (*startup*) apparaît en abrégé. On a choisi comme référence le code de domaine Internet.

52 <https://www.orb-composer.com>

53 <https://www.getmuzeek.fr>

54 <https://www.landr.com>

55 <https://www.antescofo.com>

56 <https://www.frettable.com>

57 <https://forum.ircam.fr/projects/detail/orchidea>

58 <https://magenta.tensorflow.org>

59 <https://g.co/magenta/studio>

pour générer des mélodies et des rythmes *via* des réseaux de neurones artificiels — et NSynth — un synthétiseur qui crée de nouveaux types de sons. Les développements de Magenta ont été construits en langage de programmation Python et sont distribués en code source ouvert, comme matériel de la bibliothèque TensorFlow.⁶⁰ On pourrait aussi ajouter sur la liste le système Watson Beat, d'IBM,⁶¹ et Flow Machines, développé par le Sony Computer Science Laboratory (CSL) de Paris.⁶²

L'IA est largement utilisée par les plateformes de *streaming* comme Spotify ou Deezer lorsqu'elles recommandent des chansons et créent des *playlists*. Dans ce domaine, l'une des sociétés les plus sollicitées est Musimap⁶³ (BE), dont les algorithmes permettent d'identifier les émotions et le profil musical de l'utilisateur. À signaler également : Niland⁶⁴ (FR), une *jeune pousse (startup)* fondée par des chercheurs de l'IRCAM, spécialisée dans les recherches musicales par IA, et rachetée par Spotify en 2017. Soulignons à ce sujet qu'une plateforme qui parviendrait à dominer aussi bien la création que la recommandation de chansons serait capable de générer une musique spécialement adaptée aux goûts de chaque utilisateur. C'est ce que signale le compositeur et interprète français de musique électronique Jean-Michel Jarre :

« À partir du moment où on admet que les émotions ne sont pas du domaine de la métaphysique ou du mystique, mais un phénomène biochimique dans notre cerveau (qui décrypte des informations sur ce qui va nous faire pleurer, rire, nous ennuyer, nous exciter), on peut tout à fait envisager que des algorithmes suffisamment développés vont pouvoir émettre et créer des émotions, par exemple déterminer quelle est la chanson qui va vous toucher personnellement, vous émouvoir, vous donner la pêche, quel accord ou quelles notes vont fonctionner sur vous plus que sur quelqu'un d'autre. »⁶⁵

Toujours dans le domaine de la musique, compositeurs et labels discographiques emploient également l'IA pour détecter les plagats : depuis 2017, l'IRCAM et la SACEM développent en collaboration un algorithme capable de reconnaître un morceau de musique quelles que soient sa version et son instrumentation.⁶⁶

Si maintenant on s'intéresse aux arts visuels, on s'aperçoit que de plus en plus de créateurs ont recours aux réseaux adverses génératifs — les GAN, selon le sigle anglais. Cette technique — introduite en 2014 par une équipe de scientifiques de l'Université de Montréal menée par le Nord-Américain Ian Goodfellow — fonctionne à partir de deux réseaux de neurones artificiels

Dans le domaine
de la musique,
compositeurs
et labels
discographiques
emploient également
l'IA pour détecter
les plagats.

60 <https://www.tensorflow.org>

61 <https://github.com/cognitive-catalyst/watson-beat>

62 <https://www.flow-machines.com>

63 <https://www.musimap.net>

64 <http://niland.io>

65 <https://korii.slate.fr/tech/ia-futur-musique-composition-muzeek-jean-michel-jarre-holly-herndon>

66 https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/intelligence-artificielle/l-intelligence-artificielle-se-fait-melomane_110833

qui entrent en concurrence : le premier réseau, appelé « générateur », produit un échantillon — des images, dans ce cas précis —, tandis que le second, dénommé « discriminateur », tente de déterminer si l'échantillon est réel ou s'il a été créé par le générateur, ce qui le conduit à engendrer des œuvres d'un grand réalisme. Le collectif d'artistes Obvious⁶⁷ (FR) utilise les GAN pour créer des peintures, dont certaines ont déjà acquis une notoriété mondiale.

Autre technique de plus en plus utilisée dans les arts visuels : les réseaux de neurones convolutifs ou CNN. Inspirés du mode de fonctionnement du cortex visuel des vertébrés, ils permettent d'identifier sur une image des motifs simples à différentes échelles, et d'effectuer un transfert de style d'une image à une autre — ou même d'une image à une vidéo —, tout cela en temps réel. Des applications comme Mur.AI,⁶⁸ développée par Element AI, sont basées sur cette technologie.

D'autre part, l'unité Arts and Culture de Google⁶⁹ propose une vaste gamme d'outils d'apprentissage automatique pour l'expérimentation créative, en particulier dans les arts visuels.⁷⁰ Se multiplient également les applications dotées d'outils IA pour l'édition de photographies et d'images en général, comme Meero⁷¹ (FR) — une *jeune pousse* (*startup*) qui, après à peine 3 ans d'existence, est évaluée à plus d'un milliard de dollars — ou encore Adobe Sensei.⁷²

Le secteur de la presse, pour sa part, investit dans des techniques automatiques qui permettent d'écrire et de classer des textes sans aucune ou presque aucune intervention humaine. La *jeune pousse* (*startup*) Syllabs⁷³

(FR), par exemple, fournit un service de « fil d'information automatisé » qui rédige par IA des articles de presse. Le 22 mars 2015, *le Monde* a utilisé un robot de Syllabs pour couvrir les résultats des élections départementales. Pour Claude Loupy, co-fondateur de Syllabs, ce type de services peut s'avérer fondamental pour la trame IA au niveau local :

« Dans le domaine de la sémantique et du traitement automatique des langues, la France est un pays d'excellence technologique et scientifique. Nous avons tout pour marquer le pas et transformer cette excellence en leadership économique. Aujourd'hui, les États-Unis maîtrisent l'accès à l'information. Notre ambition est que la France, ou plus largement l'Europe, en maîtrise la production. »⁷⁴

67 <http://obvious-art.com>

68 <http://mur.ai>

69 <https://artsandculture.google.com>

70 Voir <https://experiments.withgoogle.com/collection/arts-culture>

et <https://experiments.withgoogle.com/collection/ai>

71 <https://www.meero.com>

72 <https://www.adobe.com/sensei>

73 <https://www.syllabs.com>

74 <https://www.actuia.com/actualite/syllabs-leve-2me-lance-algorithmes-ia-a-conquete-de-nouveaux-marches>

ReciTAL⁷⁵ (FR) est une autre société qui développe pour ce même secteur de la presse des outils de traitement de texte dotés d'algorithmes. Gilles Moyses, son co-fondateur et directeur, considère lui aussi que la langue constitue un aspect crucial de ces outils :



*Les assistants intelligents parlent anglais et chinois parce que ce sont ces pays qui dominent le marché. Il faut mettre en place des systèmes aussi intelligents qui comprennent d'autres langues ».*⁷⁶

La *jeune pousse (startup)* Flint⁷⁷ (FR) propose, quant à elle, des robots qui recommandent des contenus d'actualité adaptés aux préférences de chaque utilisateur.

Si l'on passe maintenant au secteur de l'édition, des sociétés comme Tamis⁷⁸ (CA) développent des solutions IA pour l'extraction de métadonnées associées à des livres. De la même manière, les systèmes de traduction automatique comme Google Translate, DeepL⁷⁹ ou Reverso⁸⁰ (FR) se sont considérablement améliorés grâce à l'intégration de l'apprentissage profond. Les éditeurs n'ont pas manqué de le remarquer : en octobre 2018, la société Quantmetry⁸¹ (FR) a traduit en français les 800 pages du livre *Deep Learning* — écrit par Ian Goodfellow, Yoshua Bengio et Aaron Courville — en utilisant le système de DeepL avant de publier la nouvelle version chez Massot Éditions.⁸²

L'IA permet même d'analyser des fragments de films pour en prédire le potentiel commercial.

De plus en plus de créateurs et de producteurs audiovisuels utilisent l'IA. Outre les outils d'édition visuelle employant l'apprentissage automatique — comme Arraiy⁸³ —, il faut mentionner les applications capables de générer des bruits de fond automatiques — comme Lonofi⁸⁴ (FR) — ou des voix artificielles — comme Lyrebird⁸⁵ (CA). L'IA permet même d'analyser des fragments de films pour en prédire le potentiel commercial, comme le propose Largo Films⁸⁶ (CH).

Dans le secteur de la mode, il existe déjà de nombreuses applications qui aident les consommateurs à trouver et acheter des vêtements en ligne à partir de simples photos. Citons Watiz⁸⁷ (FR) et Amazon StyleSnap.⁸⁸ Poursuivant le même objectif, la *jeune pousse (startup)* Jamie & I⁸⁹ (CH) utilise l'IA pour définir le style de ses utilisatrices et leur proposer les articles

75 <http://recital.ai>
76 <https://www.tom.travel/2019/04/19/nuit-europeenne-ia-grandes-idees>
77 <https://flint.media>
78 <https://tamis.ca>
79 <http://deepl.com>
80 <http://www.reverso.net>
81 <https://www.quantmetry.com>
82 <https://massot.com/titres/lapprentissage-profond>
83 <https://www.arraiy.com>
84 <http://www.lonofi.com>
85 <https://lyrebird.ai>
86 <http://largofilms.ch>
87 <https://www.watiz.io>
88 <https://blog.aboutamazon.com/shopping/stylesnap-will-change-the-way-you-shop-forever>
89 <http://jamieandi.com>

les plus adaptés à leurs préférences. D'autre part, la société Retviews⁹⁰ (BE) offre une vaste gamme d'applications IA conçues pour que les marques de mode puissent analyser le rendement de leurs produits.

Enfin, en matière d'applications de l'IA, n'oublions pas de mentionner l'énorme variété de *chatbots* et autres outils similaires qui s'utilisent actuellement pour recommander des biens et des services culturels. AskMona⁹¹ (FR), par exemple, est un assistant personnel qui conseille les utilisateurs pour leurs sorties culturelles.

2. VISIBILITÉ CROISSANTE DE L'ART IA : FESTIVALS, RÉSIDENCES ET CONCOURS

Alors que l'apprentissage automatique gagne du terrain dans tous les secteurs de la création, la notion d'« art IA » suscite un intérêt majeur parmi les spécialistes et dans le public en général. Au sein de l'espace francophone, festivals, résidences et autres concours liés à cette catégorie se multiplient.

Le festival international ELEKTRA, basé à Montréal, organise depuis 2012 la biennale d'art numérique BIAN,⁹² qui met particulièrement l'accent actuellement sur l'automatisation et la robotique. De son côté, le Centre Phi de Montréal a présenté entre mars et septembre 2019 l'exposition *HUM (AI) N*, une « méditation sur une réalité imminente où les machines ne seront pas distinctes, mais partie intégrante de nous ». Citons également l'exposition *Artistes et Robots*, montée entre avril et juillet 2018 au Grand Palais, à Paris.⁹³

En février 2018, le Festival Montréal Joue, le circuit Illuminart, l'Université du Québec à Montréal et le Partenariat du Quartier des spectacles (PQDS) ont organisé conjointement le colloque « I.A.rt : l'intelligence artificielle et les données au service de la création dans l'espace public »,⁹⁴ pour réfléchir sur les opportunités et les défis que présente cette technologie dans le secteur créatif. D'autres débats similaires ont eu lieu dans des centres culturels qui mettent en relation art et nouvelles technologies, comme la Gaité lyrique à Paris.⁹⁵

En Fédération Wallonie-Bruxelles, l'IA est au cœur de l'activité du CLICK⁹⁶ – le living lab Wallon des industries créatives – et prend une part grandissante dans les conférences, ateliers et démonstrations organisées lors du KIKK⁹⁷ – le festival des cultures créatives et numériques qui se tient chaque année depuis 2011 à Namur.

Début 2019, l'Office national du film du Canada (ONF), le PQDS, Element AI, Google et le Conseil des arts de Montréal (CAM) ont lancé un appel à candidatures pour une résidence de recherche et création dans le domaine de l'IA.⁹⁸ D'une durée de six mois et assortie d'un budget de 50 000 dollars et de 200 heures d'accompagnement dispensées par des experts,

90 <https://retviews.com>

91 <http://askmona.fr>

92 <https://www.elektramontreal.ca/bian>

93 <https://www.grandpalais.fr/fr/evenement/artistes-robots>

94 https://www.quartierdesspectacles.com/fr/medias/colloque-i-a-rt_2018

95 Voir par exemple : <https://gaitelyrique.net/en/event/lintelligence-artificielle-est-elle-sexiste>

96 <http://www.clicklivinglab.org>

97 <http://www.kikk.be>

98 <https://www.quartierdesspectacles.com/fr/concours/24/art-ia-residence-artistique-en-recherche-creation-et-intelligence-artificielle/proposition>

la résidence a pour objectif de permettre à l'artiste ou au collectif sélectionné de travailler avec des développeurs en IA pour créer le prototype d'une œuvre, d'une expérience ou d'une installation artistique. Le groupe *L'éclat du rire* a remporté l'édition 2019, avec une proposition conçue pour s'interroger sur le rôle des systèmes intelligents en enseignant à une IA à identifier des rires et à y répondre.⁹⁹ Pour la réalisatrice Sandra Rodriguez — l'une des porte-paroles de la résidence avec David Usher, directeur du studio créatif Reimagine AI¹⁰⁰ —, la voix des artistes étant aussi pertinente que celle des scientifiques, ce genre d'initiatives s'avèrent cruciales :



Si la tâche des scientifiques est d'interroger, celle des artistes est de déranger. Les développements en IA regroupent un ensemble de technologies, et je trouve important que les artistes, les citoyens ne soient pas laissés en marge de décisions qui influencent déjà nos sociétés. Avec ce maillage, on vient offrir une place aux créateurs afin qu'ils contribuent à secouer nos imaginaires, pour mieux penser ensemble nos villes de demain. »¹⁰¹

Dans le même esprit, la communauté panafricaine Zindi¹⁰² a lancé en 2019 le concours « IA Art »,¹⁰³ conçu pour les créateurs africains qui appliquent cette technologie aux arts visuels et à la musique.

3. LA FORMATION EN IA DES ARTISTES ET DES ACTEURS ICC

Au moment d'expérimenter l'IA, beaucoup d'artistes et d'entrepreneurs culturels ont recours à des applications prêtes à l'emploi comme celles mentionnées précédemment, qui ne requièrent généralement que peu de connaissances techniques. Une autre voie, plus complexe, consiste à travailler directement avec des outils et des technologies IA — dont le code est habituellement distribué en format ouvert et libre, et dont le résultat serait par conséquent beaucoup plus personnalisable. Mais pour cela, une formation en IA est nécessaire.

Sur ce terrain, les options sont nombreuses. Les impétrants issus du secteur créatif et culturel peuvent assister aux cours généraux sur l'apprentissage automatique que proposent les nombreuses universités et centres liés aux sciences des données. Il faut cependant signaler que la plupart de ces cours requièrent des connaissances mathématiques et informatiques préalables et que la charge horaire est élevée.

Au sein de l'espace francophone, certaines de ces formations universitaires font explicitement figurer au programme des aspects en relation avec l'art et les ICC. L'école d'ingénieurs MINES ParisTech, en partenariat avec l'IRCAM et d'autres institutions européennes, propose le diplôme « AIMove : Intelligence artificielle et Mouvement dans les industries et

99 <https://www.quartierdesspectacles.com/fr/concours/24/art-ia-residence-artistique-en-recherche-creation-et-intelligence-artificielle/laureat>

100 <https://www.reimagine.ai>

101 <https://www.canada.ca/fr/office-national-film/nouvelles/2018/11/residence-art-ia-ionf-le-partenariat-du-quartier-des-spectacles-element-ai-google-ai-et-le-conseil-des-arts-de-montreal-unissent-leurs-experiences-.html>

102 <https://zindi.africa>

103 <https://zindi.africa/competitions/ai-art>

la création ».¹⁰⁴ Citons également le certificat « Hands on AI »¹⁰⁵ de l'Université de Mons en Fédération Wallonie-Bruxelles qui inclut un chapitre dédié à l'art et à la création.

Au niveau régional, les cours se multiplient également. Il s'agit de formations pratiques, brèves, proposées par des écoles de programmation locales, et dispensées en collaboration avec de grandes plateformes. Citons-les *AI schools* établies par Microsoft en France et en Belgique, en collaboration, respectivement, avec Simplon¹⁰⁶ et Bencode.¹⁰⁷

En plus des cours en présentiel, il existe une grande variété de formations en ligne — dont certaines sont gratuites, proposées par des plateformes internationales de CLOM — cours en ligne ouverts et massifs (plus communément appelés MOOC – *Massive Open Online Course*) – comme Coursera,¹⁰⁸ Udacity,¹⁰⁹ Udemy,¹¹⁰ par des institutions comme l'Université d'Helsinki,¹¹¹ ou encore par des consortiums éducatifs comme EDUlib.¹¹² En outre, on peut consulter sur Internet une grande quantité de tutoriels, comme ceux que propose Google AI¹¹³ et d'autres, de sources variées, accessibles sur YouTube. *Deep Learning*, le livre mentionné précédemment, est d'ailleurs disponible en ligne, en libre accès.¹¹⁴ Dans le domaine spécifique de l'IA appliquée à la créativité, on peut mentionner les cours en ligne de Kadenze,¹¹⁵ ML4A¹¹⁶ et Stereolux.¹¹⁷ La grande majorité de ces ressources est en anglais, mais certaines — comme celles d'EDUlib ou Stereolux — sont aussi disponibles en français.¹¹⁸ Enfin, juste avant les annexes de ce guide, nous proposons une présentation des principaux concepts techniques de l'apprentissage automatique, qui peuvent également tenir lieu de tutoriels.

Au-delà des cours — en présentiel ou en ligne —, l'une des façons les plus efficaces de se former ou se sensibiliser en matière de culture IA est de participer à l'une des innombrables rencontres d'intérêts (*meetups*),¹¹⁹ aux concours d'innovation (*hackatons*¹²⁰) et aux conférences¹²¹ sur l'IA régulièrement organisés dans les pépinières technologiques et autres centres dans l'espace francophone. Lors de ces manifestations, des dizaines voire centaines de programmeurs, entrepreneurs et autres enthousiastes de la technologie se réunissent pour échanger des opinions, écouter un conférencier, faire du réseautage ou résoudre collectivement un problème spécifique.

104 <https://aimove.eu>

105 <https://www.umons.ac.be/hands-on-ai>

106 <https://simplon.co/ecoleja>

107 <https://news.microsoft.com/fr-be/ouverture-de-la-premiere-ai-school-en-belgique-a-linitiative-de-bencode-microsoft-et-leurs-partenaires-afin-de-pouvoir-un-nombre-record-de-postes-vacants>

108 <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>

109 <https://www.udacity.com/course/ai-artificial-intelligence-nanodegree--nd898>

110 <https://www.udemy.com/topic/artificial-intelligence>

111 <https://www.elementsofai.com>

112 <https://cours.edulib.org/courses/course-v1:IVADO+IA-101+P2018/about>

113 <https://ai.google/education>

114 <http://www.deeplearningbook.org>

115 <https://www.kadenze.com/courses/machine-learning-for-musicians-and-artists/info>

116 <http://ml4a.github.io/ml4a/>

117 <https://www.stereolux.org/agenda/workshop-machine-learning-pour-les-artistes>

118 Quelques tutoriels en français sont aussi consultables sur : <https://www.actuia.com/sujets/tutoriel>

119 Voir par exemple, en France : <https://www.meetup.com/es/AI-and-society>

120 Voir par exemple, à Montréal : <http://ai4good.aiweekmontreal.com>

121 La série de manifestations IndabaX en Afrique est un exemple intéressant :

<http://www.deeplearningindaba.com/indabax.html>

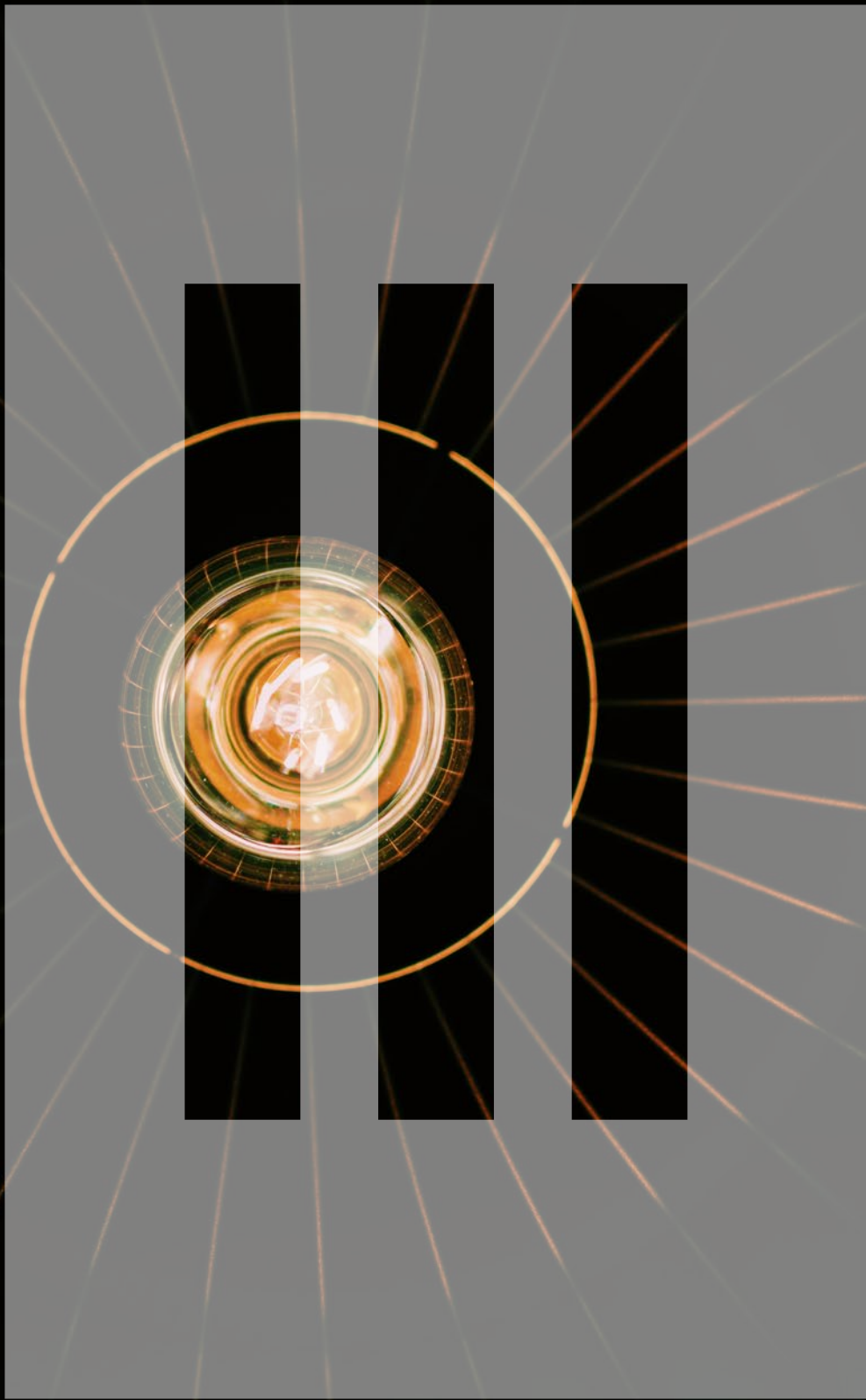


Photo de Ste'fan Cosma sur Unsplash

PARTIE III

LES DÉFIS À VENIR : MACHINES, DROITS D'AUTEUR ET SOCIÉTÉ

1. HUMAINS ET ROBOTS : L'ARTISTE AUGMENTÉ

Maintenant qu'on peut créer des œuvres d'art en utilisant des applications et des outils IA, les gros titres proclament régulièrement le déclin des créateurs humains¹²² et l'avènement des robots artistes.¹²³ Même s'il est indiscutable que l'IA constitue une technique extrêmement puissante pour ce qui est de l'automatisation, de la génération d'esquisses et de l'expérimentation, le rôle de l'artiste reste crucial. C'est ce que souligne Jérôme Neutres, commissaire de l'exposition *Artistes et Robots* :

« *Ce que ne font pas ces robots, c'est de créer et d'inventer des mondes (...). Finalement, toutes ces œuvres d'art robotique viennent nous rappeler vraiment que ce qui compte dans le geste artistique c'est l'idée, le concept, qui va créer un système, lequel va créer des œuvres. Il y a toujours derrière le robot, un homme. Jusqu'à présent...* »¹²⁴

Le cas d'Obvious est une démonstration éclatante de l'importance que revêt la vision sous-jacente quand on travaille avec l'IA. Depuis 2017, ce collectif parisien que forment l'entrepreneur et artiste Pierre Fautrel, l'économiste Gauthier Vernier et l'expert en apprentissage automatique Hugo Caselles-Dupré, produit des peintures selon un procédé utilisant des Réseaux Adverses Génératifs — GAN. *La Famille de Belamy*, par exemple, se compose de 11 œuvres créées par des algorithmes préalablement entraînés avec 15 000 portraits classiques glanés sur une période allant du XIV^e au XX^e siècle. Après avoir sélectionné manuellement les meilleures images proposées par les GAN, les artistes numériques ont encadré les versions imprimées des portraits, y ont apposé une formule mathématique en guise

122 https://www.lemonde.fr/arts/article/2018/11/23/demain-l-art-sans-artiste_5387765_1655012.html

123 <https://www.atlantico.fr/decryptage/2637499/pourquoi-le-prochain-picasso-sera-sans-doute-peint-par-un-robot-idriss-aberkane>

124 <https://www.franceculture.fr/sciences/intelligence-artificielle-et-si-la-machine-remplacait-l'artiste>

de signature, et les ont mises en vente. En février 2018, le collectionneur parisien Nicolas Laugero a fait l'acquisition du *Comte de Belamy* pour 10 000 euros.¹²⁵ Quelques mois plus tard, la nouvelle qu'une autre œuvre d'Obvious, *Edmond de Belamy* avait été vendue aux enchères pour 432 500 dollars au siège de Christie's à New York commotionnait le marché international de l'art. Alors que partout dans le monde les médias mettaient en avant le fait que la peinture avait été conçue par IA, Pierre Fautrel affirmait très clairement toute la valeur de l'intervention humaine :

« *Même si l'algorithme crée l'image, c'est nous qui avons l'intention. On s'en sert comme d'un outil, très puissant, avec peut-être une forme de créativité. Mais les gens qui ont décidé de faire ce sujet, c'est nous. Ceux qui ont décidé d'imprimer sur de la toile, de la signer d'une formule mathématique, de mettre un cadre en or, c'est nous.* »¹²⁶

Comme l'affirment les membres d'Obvious, un art d'un type nouveau peut surgir de la collaboration entre êtres humains et machines. Cette collaboration ne remplacera pas les artistes, mais elle introduira une perspective nouvelle, de la même façon que la photographie a modifié la perception de la peinture,¹²⁷ quoique dans le cas de l'IA, l'artiste, dans un même geste, façonne l'œuvre et l'outil et, en outre, est d'avantage incité à travailler avec des experts numériques, ce qui stimule la formation de collectifs.¹²⁸ De plus, ici, la valeur du projet ne réside pas uniquement dans les œuvres en elles-mêmes, mais aussi dans le débat qu'il provoque.¹²⁹

On détecte des tendances similaires dans le domaine de la musique. En septembre 2016, l'équipe du Sony CSL de Paris a elle aussi créé l'événement dans la presse mondiale en présentant deux chansons générées avec l'aide du système Flow Machines. Après avoir alimenté la machine avec des chansons de styles déterminés, les chercheurs avaient généré de nouvelles mélodies dont les arrangements avaient ensuite été confiés au compositeur français Benoît Carré. De cette manière sont nées les chansons « Daddy's car »,¹³⁰ dans le style des Beatles, et « The Ballad of Mr Shadow »,¹³¹ dans celui de Duke Ellington. L'expérience a inspiré des artistes du monde entier, et en 2017, la nord-américaine Taryn Southern a présenté un projet d'album produit à l'aide de plusieurs outils IA, reconnaissant que Flow Machines est le premier système dont elle ait eu connaissance.¹³² Début 2018, Carré lui-même, sous le pseudonyme de « Skygge » — « ombre » en danois —, a présenté l'album *Hello World*,¹³³ également créé avec Flow Machines.¹³⁴ Des dizaines de musiciens invités ont participé à la sélection de mélodies et aux arrangements de cet album, entre autres le Belge Stromae et la Canadienne Kiesza.

125 <https://news.artnet.com/art-world/art-made-by-artificial-intelligence-1258745>

126 <https://www.parismatch.com/Culture/Art/Un-tableau-cree-par-un-algorithme-vendu-pour-432-500-dollars-aux-encheres-1583628>

127 <https://medium.com/@hello.obvious/a-naive-yet-educated-perspective-on-art-and-artificial-intelligence-9e16783e73da>

128 Entretien personnel avec Pierre Fautrel.

129 <https://medium.com/@hello.obvious/ai-the-rise-of-a-new-art-movement-f6efe0a51f2e>

130 https://www.youtube.com/watch?v=LSHZ_b05W7o

131 <https://www.youtube.com/watch?v=lcGYEXJqun8>

132 <https://www.theverge.com/2017/8/27/16197196/taryn-southern-album-artificial-intelligence-interview>

133 <https://www.helloworldalbum.net/>

134 <http://flow-machines.com>

Pour François Pachet, le chercheur et musicien qui a dirigé le développement de Flow Machines chez Sony CSL et qui coordonne aujourd'hui le Creator Technology Research Lab de Spotify,¹³⁵ l'intervention humaine dans la création musicale se révèle indispensable :

« *La machine suggère des choses et l'artiste est le curateur. Mais pour faire un morceau vraiment intéressant il faut qu'il y ait une intention, y mettre de l'émotion. La machine sera pendant longtemps incapable de le faire* ». ¹³⁶

À peu près au moment où « Daddy's car » voyait le jour, le musicien et informaticien luxembourgeois Pierre Barreau, co-fondateur et PDG de AIVA — « Artificial Intelligence Virtual Artist » —, produisait l'album *Genesis*, fruit d'une collaboration entre sa propre application et les compositeurs Olivier Hecho et Éric Breton. Un peu plus tard, Barreau participait à la création d'une pièce inédite dans le cadre des festivités de la Fête nationale du Luxembourg, ainsi qu'à l'écriture de la fin d'une symphonie, laissée inachevée par Antonín Dvořák. Interrogé sur la part de l'humain dans le processus créatif, Barreau met en exergue la notion d'« artiste augmenté » :

« *L'IA est souvent abstraite, et cela va aider à montrer ce dont l'IA est capable, en réponse aux nombreuses appréhensions qui entourent l'IA. Il ne s'agit pas d'exclure les humains de l'équation, mais plutôt de les augmenter et de collaborer avec l'IA.* » ¹³⁷

2. QUI EST LE TITULAIRE DU DROIT D'AUTEUR ?

Même si les artistes qui utilisent l'IA insistent sur le fait que la machine reste un outil, et pas la véritable créatrice, la situation n'est pas dénuée de paradoxes. Le collectif Obvious, par exemple, a lancé dès ses débuts le slogan « La créativité n'est pas seulement réservée aux humains », ¹³⁸ ce qui a alimenté l'idée que ses peintures étaient l'œuvre d'algorithmes autosuffisants. De la même manière, AIVA est présenté sur son site Web comme « le premier artiste virtuel dont les créations sont enregistrées à la société de droits d'auteur (la SACEM) ». ¹³⁹ En toute rigueur, la SACEM n'admet comme titulaires que les personnes physiques, et c'est ce qu'a réaffirmé en 2017 David Laborier, président de la Commission consultative des ayants droit (CCAD) de l'entité :

« *Le droit d'auteur est attribué aux personnes physiques et ne peut être attribué à une personne morale. L'algorithme en lui-même n'est pas membre d'une société de gestion collective des droits d'auteur, c'est une personne physique membre de la startup AIVA Technologies qui l'est et qui déclare les œuvres sous le pseudonyme "AIVA". Je me permets de condamner de vive voix le slogan employé par AIVA Technologies sur le site Internet* ». ¹⁴⁰

Il est en outre frappant qu'aucune des œuvres IA citées jusqu'à présent ne soit signée de son vrai nom par celui qui l'a réalisée, et que toutes se voient apposé un pseudonyme — Skygge —, le nom de la *jeune pousse (startup)* — AIVA —, celui du collectif ou même une

135 <https://artists.spotify.com/blog/innovating-for-writers-and-artists>

136 <https://www.france24.com/fr/20180328-musique-a-base-dia-arrive-oreilles-grand-public>

137 https://www.vice.com/en_us/article/neckm/an-ai-completes-an-unfinished-composition-115-years-after-composers-death

138 <https://web.archive.org/web/20180327061545/http://obvious-art.com>

139 <https://www.aiva.ai/about>

140 <http://services.paperjam.lu/news/encore-un-couac-dans-la-musique-daiva>

formule mathématique — comme c'est le cas avec Obvious. Tout se passe comme si les artistes IA eux-mêmes entretenaient l'ambiguïté autour de la paternité de l'œuvre : d'un côté, ils reconnaissent que la composante humaine est décisive, mais de l'autre, ils jouent avec l'idée qu'une machine puisse être la créatrice.

Cette contradiction est nourrie par plusieurs facteurs sous-jacents, déterminants pour comprendre le phénomène de l'art IA. Tout d'abord, en matière de communication, il est clair qu'il est plus accrocheur d'attribuer la création d'une œuvre à l'inspiration d'une machine ou d'un robot plutôt qu'aux efforts d'un être humain. Ensuite, en donnant à la machine un nom qui n'est autre que son propre avatar, le créateur s'assure que son empreinte personnelle et sa vision soient pérennisées. D'autre part, en apprentissage automatique — et particulièrement en apprentissage profond — la machine propose parfois des résultats qui surprennent jusqu'aux concepteurs des algorithmes. Imprévisibilité et sérendipité amènent donc peut-être l'artiste à sentir qu'il n'a pas traversé seul le processus de création mais que quelqu'un d'autre l'a accompagné.

Si maintenant on creuse un peu plus, ce « quelqu'un d'autre » ne peut en aucun cas être la machine elle-même — puisqu'elle est dépourvue d'intention. Il faudrait plutôt chercher du côté des codeurs qui ont conçu les algorithmes ou des artistes qui ont créé les données constituant l'intrant.

Lorsque l'équipe d'Obvious a commencé à travailler avec les GAN, elle n'est pas partie de zéro, mais s'est basée sur un algorithme développé par Robbie Barrat, un jeune programmeur nord-américain, allant jusqu'à opérer pour la même source de données — le site Web WikiArt.com. Quand une œuvre en partie conçue à partir de formules mathématiques empruntées à leur auteur s'est tout à coup vendue plusieurs centaines de milliers de dollars, des voix se sont élevées sur le marché de l'art numérique pour manifester leur ébahissement et leur amertume. Barrat lui-même s'est indigné sur Twitter, disant que le portrait ressemblait de trop près à des œuvres qu'il avait lui-même générées par GAN un an avant la vente aux enchères. Mais le fait est que Barrat avait partagé le code de ses algorithmes sur le site GitHub et que l'équipe d'Obvious a pris soin de le contacter personnellement pour lui demander la permission de le réutiliser. Il est vrai pourtant, comme a répliqué Barrat, qu'il n'avait pas fourni de licence de commercialisation.

Tout se passe
comme si les
artistes IA
eux-mêmes
entretenaient
l'ambiguïté autour
de la paternité
de l'œuvre.

La question des données utilisées comme intrant n'a quant à elle provoqué que peu de débats puisque, dans le cas d'*Edmond de Belamy*, ces données proviennent d'une source libre de droits. Mais que se serait-il passé si des images contemporaines, assujetties au droit d'auteur, avaient été utilisées ? Aurait-il fallu accorder aux créateurs des œuvres ayant alimenté la machine la qualité de co-auteurs et partager avec eux les recettes ?

Barreau nous fournit une réponse possible : selon lui, l'important dans la création IA n'est pas tant de connaître l'origine des données de l'intrant, que de s'assurer qu'il n'y a pas de plagiat dans le résultat final :

« Chez AIVA on utilise principalement des données dans le domaine public, surtout pour la partie symphonique de notre travail. Après, effectivement, on a fait apprendre à AIVA récemment à composer dans le style de la musique Rock, et les artistes Rock ne sont pas tous dans le domaine public. Par contre, il n'y a pas de loi qui nous empêche de faire ça. Sinon, Google ne serait pas capable d'entraîner ses algorithmes divers et variés. Tant qu'il n'y a pas de plagiat, c'est comme un compositeur qui va écouter la radio et qui va s'inspirer de compositeurs qu'il ou elle aime bien. »¹⁴¹

Le musicien français André Manoukian a une opinion différente. Fin 2017, ce pianiste s'est associé à Philippe Guillaud pour fonder la *jeune pousse* (startup) Muzeek¹⁴² — un mot-valise créé à partir de « muse » et « geek » — dont la spécialité est l'IA appliquée à la génération de musique pour vidéos. Le projet utilise comme données de départ des centaines de mélodies originales, composées par des artistes professionnels sous contrat. Grâce à des algorithmes, la machine génère ensuite des milliers de variations et propose à l'utilisateur celles qui s'adaptent le mieux à sa vidéo. Selon Manoukian, il faut en finir avec le « Far West »¹⁴³ et passer à un modèle qui combine l'innovation avec le respect des droits d'auteur :

« Quand nos concurrents proposent des musiques libres de droits que personne n'a signés, vous êtes à la merci que n'importe qui signe cette musique et la dépose. Tandis que nous, nous sommes dans le meilleur de l'Ancien Monde — le droit d'auteur — et dans le meilleur du nouveau — nous sommes capables de produire en masse, adaptable automatiquement. »¹⁴⁴

Quoi qu'il en soit, la création assistée par IA comporte des défis conceptuels et juridiques qui n'ont pas encore été résolus. Dans la plupart des pays, on peut uniquement protéger une « œuvre de l'esprit »,¹⁴⁵ ce qui renvoie nécessairement à un titulaire humain. Au début de 2017, le Parlement européen a envisagé la possibilité de créer un statut juridique spécial pour les robots — ce qui dans le cas du droit d'auteur aurait impliqué qu'on reconnaisse la machine comme titulaire —, mais a finalement fait marche arrière, écartant cette option. Pour Alexandra Bensamoun, professeure de droit à l'Université de Rennes 1, il faut aborder la question en se gardant de toute simplification :

« De manière évidente, l'IA ne peut être considérée comme l'auteur d'une création algorithmique. La voie d'une personnalité juridique à l'IA est inutile et aussi dangereuse. En tout état de cause, elle ne réglerait pas le problème de l'autorat dans la mesure où la plupart des législations imposent que l'auteur soit le créateur, personne physique. En outre, l'IA est pour le moment une IA faible, non consciente, et qui ne peut se passer de l'humain. Pour chercher l'auteur, on peut alors se demander quelle opinion humaine est encapsulée dans la création générée par le biais de l'IA.

141 https://www.rtf.be/auvio/detail_les-decodeurs-rtbf?id=2455563

142 <https://www.getmuzeek.fr>

143 <https://usbeketrica.com/video/futur-musique-fin-far-west-internet>

144 <https://viuz.com/2019/06/23/andre-manoukian-muzeek-lintelligence-artificielle-est-une-source-dinspiration/>

145 L'expression vient de la première phrase du code français de la propriété intellectuelle: https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=86E7133AB33D3D5CA291F26DEC0689F7.tpdila08v_1?idArticle=LEGIARTI000006278868&cidTexte=LEGITEXT000006069414&dateTexte=20151217

Lorsque l'humain intervient de manière créative, en sélectionnant les données de manière originale, en prenant en charge la curation, etc., il faut considérer que l'IA reste un instrument au service de l'humain. Lorsque l'autonomie de l'IA est telle qu'on ne peut identifier un créateur au sens classique du droit d'auteur, deux choix s'ouvrent : celui de l'utilisateur et celui du concepteur de l'IA. La première voie reposerait sur une fiction qui prendrait de grandes libertés avec les principes du droit d'auteur. La seconde option est plus convaincante dans la mesure où cet auteur, certes indirect, délimite le champ des possibles. »¹⁴⁶

3. ENJEUX SOCIÉTAUX DE L'IA DANS LA CULTURE

Au-delà de la question de la paternité de l'œuvre, il faut évoquer les enjeux sociétaux qui se rapportent à l'IA en général, mais acquièrent une couleur particulière dans le domaine de l'art et des industries culturelles et créatives.

Tout d'abord, il est évident que l'IA peut représenter une grande opportunité en matière de création d'emplois à forte valeur ajoutée. De fait, artistes codeurs, développeurs d'algorithmes, entrepreneurs et autres professionnels combinant créativité et savoir-faire IA peuvent se retrouver sur un terrain extraordinairement fécond. La situation est toutefois beaucoup moins favorable aux artistes « traditionnels » qui ne sont généralement pas familiarisés avec les applications ou les outils d'apprentissage automatique et considèrent que cette technologie, loin de les aider, peut mettre en danger le rôle qu'ils assument dans la société. Le 12 mai 2017, la Fédération luxembourgeoise des auteurs et compositeurs (FLAC) s'est adressée au ministre de la Culture pour protester contre le fait que la société AIVA ait été chargée de créer la musique pour la cérémonie de la fête nationale :

« Si maintenant le ministre de la Culture commande une œuvre composée par une IA nichée au fond d'un ordinateur et l'impose pour la cérémonie de la Fête nationale, nous considérons cela comme un affront vis-à-vis des compositeurs et compositrices luxembourgeois, une claque en plein visage de tous les créateurs et créatrices dans tous les domaines artistiques. Les commandes officielles sont rares au Luxembourg et les occasions de promotion encore plus. »¹⁴⁷

Dans le pire des cas, l'IA appliquée au domaine de l'art peut déboucher sur un scénario catastrophe dans lequel l'être humain n'a plus sa place :

« On n'aimerait pas imaginer pour l'avenir : les fausses fleurs, le crémant synthétique, les discours rédigés par des chat-bots ou alors notre orchestre symphonique ainsi que les orateurs et les oratrices remplacés par des hologrammes. Pourquoi pas, après tout, toute la cérémonie en réalité virtuelle. Monsieur le Premier Ministre, faire confiance aux hommes, voilà la vraie audace. »

La réponse ne s'est pas fait attendre. Trois jours plus tard, le Ministère publiait la déclaration suivante sur son site Web :

146 Entretien personnel avec Alexandra Bensamoun.

147 <https://flac.lu/site/articles/detail/lettre-ouverte-a-monsieur-le-ministre-de-la-culture>

« *Il ne s'agit en aucun cas de remplacer la création artistique par une création virtuelle. Le Luxembourg est un pays de la création artistique et en même temps un pays innovateur et une référence mondiale au niveau des nouvelles technologies et il est clair que ces deux caractéristiques peuvent parfaitement coexister.* »¹⁴⁸

Une autre polémique, déclenchée celle-ci à Montréal, est également révélatrice et peut constituer une métaphore de l'évolution en cours. Fin 2018, des dizaines d'artistes installés dans le quartier du Mile-Ex — qui héberge entre autres le MILA, l'IVADO et Element AI — ont protesté contre la présence croissante des grandes entreprises d'IA dans la zone qui, en faisant monter les prix des loyers, mettent en péril leurs ateliers. L'explication de Jonathan Villeneuve — fondateur des Ateliers Belleville et membre de l'organisation à but non lucratif Nos Ateliers¹⁴⁹ — met en lumière le phénomène peu engageant qui est à l'œuvre derrière le « boom » de l'IA dans le domaine de l'art :

« *L'ironie du sort, c'est qu'il y a des appels à projets où je dois expliquer comment, en tant qu'artiste, je me positionne par rapport à l'IA et comment elle va influencer nos vies. Eh bien, excusez-moi, mais l'IA, ce qu'elle fait, c'est qu'elle me menace de me flanquer à la porte de mon espace de travail.* »¹⁵⁰

Quelques mois plus tard, en réponse à l'appel des artistes, la Ville de Montréal et le Ministère de la Culture et des Communications ont apporté une aide financière pour préserver les espaces créatifs.¹⁵¹

Dans les années à venir, de nombreuses disciplines et professions créatives — peintres, dessinateurs, correcteurs, designers, traducteurs, éditeurs d'images et de vidéos, compositeurs, et beaucoup d'autres — vont ressentir les effets de l'IA et de l'automatisation. À mesure que les algorithmes entreront plus avant sur la scène culturelle, les tensions iront donc probablement en s'intensifiant.

En termes relatifs, l'impact sur l'emploi sera plus défavorable dans les pays du Sud, où l'expertise en IA est moins abondante. En l'absence d'un écosystème IA suffisamment riche au niveau local, experts et entrepreneurs créatifs du Sud seront incités à émigrer au Nord, ce qui accentuera la fuite des talents et l'appauvrissement de la vie culturelle locale. De fait,

En l'absence d'un écosystème IA suffisamment riche au niveau local, experts et entrepreneurs créatifs du Sud seront incités à émigrer au Nord, ce qui accentuera la fuite des talents et l'appauvrissement de la vie culturelle locale.

148 <https://gouvernement.lu/en/gouvernement/xavier-bettel/actualites.gouvernement%2Bfr%2Bactualites%2Btout.es.actualites%2Bcommuniques%2B2017%2B05-mai%2B15-bettel-culture.html>

149 <http://nosateliers.org>

150 <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1144238/crise-ateliers-artistes-montreal-2019-intelligence-artificielle>

151 http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=5798,42657625&_dad=portal&schema=PORTAL&id=31803

comme le suggèrent plusieurs expériences récentes,¹⁵² l'art africain de demain ne viendra peut-être pas du Mali ou du Sénégal, mais bien de centres d'apprentissage profond établis dans les pays du Nord.

D'autre part, le fait que les femmes soient beaucoup moins nombreuses que les hommes dans l'industrie IA pourrait finir par provoquer un recul en matière d'égalité des genres dans des secteurs qui — comme l'édition de livres — maintiennent traditionnellement un certain équilibre. De même, la faible représentation des minorités dans le monde technologique pourrait entraîner une forte contamination de l'art du futur par toutes sortes de biais et de stéréotypes sociaux.

Un autre écueil à mentionner se rapporte à la faible quantité d'informations circulant dans le secteur culturel, comparativement à celle que brassent les secteurs de haute technologie. S'il n'atteint pas une masse critique de données, le monde de la culture rencontrera de grandes difficultés au moment de mettre en route des initiatives IA. Comme l'observent différents experts, il se révèle indispensable de multiplier les bases de données ouvertes et de concevoir des plateformes qui mutualisent les informations issues du secteur, ou qui lui sont destinées. À cet égard, deux projets, l'un français, l'autre québécois, montrent une voie possible pour le reste de l'espace francophone. Depuis 2017, Data&Musée¹⁵³ réunit sur une plateforme unique et ouverte les données des institutions culturelles françaises, afin de développer des outils d'analyse et de prédiction. À l'initiative du Partenariat du Quartier des Spectacles et en collaboration avec d'autres entités, Synapse C,¹⁵⁴ le premier organisme en valorisation de données pour les arts et la culture au Canada-Québec et au Canada a ouvert ses portes en 2019.

Parallèlement, les avancées dans le secteur culturel des grandes plateformes Internet pourraient à leur tour constituer des enjeux supplémentaires. Bien que beaucoup des outils IA développés par ces sociétés soient disponibles en accès libre et ouvert, et sont donc réutilisables par des tiers, la clef pour en tirer parti réside dans la quantité de données dont on dispose pour alimenter la machine. Et justement, alors que le secteur culturel — comme on vient de le voir — manque le plus souvent de données massives, les plateformes Internet en sont abondamment pourvues, ceci s'ajoutant au fait qu'elles recrutent les meilleurs talents et disposent de l'infrastructure la plus avancée. Tout cela pourrait bien entraîner une dépendance croissante de l'ensemble du monde de la culture aux applications prêtes à l'emploi des colosses technologiques.

De plus, la capacité d'intervention dont jouissent ces acteurs à chaque étape de la chaîne créative — depuis la création en elle-même jusqu'à la consommation en passant par la production et la distribution — pourraient comporter de nouveaux risques. D'une part, l'IA pourrait permettre aux grandes plateformes de générer des contenus culturels personnalisés et adaptés aux goûts de chaque utilisateur. Cette possibilité, fort attractive d'un point de vue économique, pourrait finir par affaiblir la notion d'une culture partagée.

D'autre part, l'offre proposée par les grandes plateformes est régie par des algorithmes de recommandation automatiques dont le fonctionnement peut devenir opaque. De nombreuses voix s'élèvent d'ailleurs pour attirer l'attention sur le fait que les contenus francophones ne

152 Voir par exemple : <https://venturebeat.com/2018/12/28/a-researcher-trained-ai-to-generate-africa-masks>
153 <http://datamusee.fr>
154 <https://synapsec.ca>

jouissent pas toujours d'une visibilité suffisante. Le producteur de musique français Pierre Walfisz résume ces enjeux de manière éloquente :

« *L'opacité de l'algorithme est un grand secret professionnel. Cependant, cette opacité elle profite toujours à quelqu'un : aux puissants. Le faible a moins d'accès à certaines informations, et tout est très compliqué pour les artistes, car tu ne peux pas construire une stratégie de promotion sur un système dont tu ne comprends pas les règles. Dans le passé, il fallait convaincre les journalistes et plus ou moins on avait les mêmes chances. Maintenant on nous explique que tout le monde a accès aux grandes plateformes, mais en fait on a moins d'accès qu'avant. L'autre phénomène, c'est que la logique du streaming, c'est la sortie mondiale. Tes chiffres sont comparés aux chiffres de tout ce qui sort ce jour-là sur la planète. Donc par définition tu es favorisé si tu chantes en anglais.* »¹⁵⁵

Cette question, signalons-le, n'est pas passée inaperçue des autorités publiques. La France et le Canada-Québec ont en effet signé en janvier 2019 une déclaration commune¹⁵⁶ avant d'entamer des travaux de recherche sur la découvrabilité des contenus culturels francophones en ligne.¹⁵⁷

La France et le Canada-Québec ont signé en janvier 2019 une déclaration commune avant d'entamer des travaux de recherche sur la découvrabilité des contenus culturels francophones en ligne.

Consciente de ces enjeux, l'Organisation internationale de la Francophonie a initié le lancement d'une étude sur les nouvelles dynamiques et tendances, ainsi que les défis et opportunités liés à la découvrabilité et à l'accès en ligne des contenus culturels francophones sur Internet, dans les secteurs de l'audiovisuel, du cinéma et de la musique.

155 Entretien personnel avec Pierre Walfisz.

156 <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2019/01/21/declaration-conjointe-entre-le-president-de-la-republique-francaise-et-le-premier-ministre-du-quebec>

157 <http://www.culture.gouv.fr/Presse/Communiqués-de-presse/Lancement-de-la-mission-franco-quebecoise-sur-la-decouvrabilite-des-contenus-culturels-francophones-en-ligne>

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'IA est utilisée avec une intensité croissante dans une quantité de secteurs de la création. Artistes, ICC, *jeunes pousses (startups)* et grandes plateformes emploient ces applications et ces outils pour composer des chansons et des textes automatiquement, éditer des effets visuels ou recommander des contenus en ligne de manière personnalisée, entre autres innombrables utilisations.

Bien qu'au niveau global les leaders en matière de recherche et développement et d'investissements dans le domaine de l'IA soient les États-Unis et la Chine, plusieurs États et gouvernements membres de la Francophonie — et en particulier le Canada-Québec et la France — occupent une place privilégiée. Cette aire géographique compte en effet d'importants centres de formation et de recherche et se montre extrêmement active dans la construction d'une IA éthique, responsable et inclusive. En outre, dans le domaine de l'IA appliquée à l'art et aux ICC, ce sont des pays francophones que viennent les cas les plus innovants, ce qui représente une grande opportunité pour ces pays, tant pour la culture que pour le développement économique.

Dans ce cadre, et sur la base des cas couronnés de succès, des leçons déjà tirées et des défis qu'il reste à relever, il pourrait s'avérer utile d'élaborer une liste de recommandations destinées à deux groupes d'acteurs; ① les artistes et les entrepreneurs dans le domaine de la création; ② le secteur public.

En outre, dans le domaine de l'IA appliquée à l'art et aux ICC, ce sont des pays francophones que viennent les cas les plus innovants, ce qui représente une grande opportunité pour ces pays, tant pour la culture que pour le développement économique.

1

La recommandation fondamentale à l'intention des acteurs culturels tient en une phrase : il faut se former à l'apprentissage automatique en général, et à ses applications à des secteurs spécifiques — musique, arts visuels, médias, édition de livres, audiovisuel, mode, etc. Dans la mesure où les masters en IA peuvent résulter trop longs et exigeants pour ceux et celles qui n'ont pas l'intention de se consacrer exclusivement à la recherche scientifique, une bonne option pour commencer est de s'inscrire à un cours d'introduction — présentiel ou en ligne —, en particulier s'il inclut des références directes au secteur de la culture. Quoique la majorité de ces cours soient en anglais, il en existe aussi d'excellents qui sont disponibles en français.

Ceci étant, dans la mesure où, loin de constituer un *corpus* stable, les systèmes d'IA se modifient et se développent en permanence, une formation technique ponctuelle ne sera pas suffisante — puisqu'elle s'avérera nécessairement limitée et pourra devenir obsolète après peu de mois ou d'années. Les acteurs culturels devront donc également participer à des manifestations autour de l'IA — rencontres d'intérêts (*meetups*), *concours d'innovation (hackatons)*, *campus d'entraînement (bootcamps)*, conférences — au cours desquels ils pourront échanger avec des programmeurs, des chercheurs et autres membres de cette communauté aussi riche que dynamique. Il est intéressant de signaler que les nouvelles technologies mélangent les rôles traditionnels d'« artiste », « ICC » et « *jeune pousse (startup)* ». Il est donc de plus en plus fréquent de rencontrer des entrepreneurs qui dirigent leur propre *jeune pousse (startup)* d'IA et sont en même temps artistes. En outre, la complexité du travail avec les algorithmes exige un abordage multidisciplinaire et un travail de groupe : c'est ainsi que quelques-uns des projets les plus innovants en matière d'appli-

cation de l'IA dans le secteur culturel sont le fruit d'un travail en équipe, plus que l'œuvre d'artistes travaillant seuls. De fait, le réseautage entre différents représentants du monde de l'IA et de la culture constitue une opportunité de veille technologique en même temps qu'il rend possible la construction de nouvelles collaborations à long terme.

Particulièrement pour les artistes, il sera crucial d'apprendre d'autres créateurs qui travaillent depuis des années avec l'IA. L'expérience montre en effet que la valeur ajoutée ne provient pas seulement des algorithmes, mais aussi du récit construit autour de l'œuvre. En outre, il sera indispensable que les artistes restent attentifs aux possibles changements législatifs concernant la propriété intellectuelle des systèmes et des données utilisées.

Le réseautage entre différents représentants du monde de l'IA et de la culture constitue une opportunité de veille technologique en même temps qu'il rend possible la construction de nouvelles collaborations à long terme.

②

Si l'on considère à présent le fort potentiel culturel et économique de l'IA appliquée aux arts et aux ICC, le secteur public a d'excellentes raisons pour s'intéresser de plus près à la mouvance IA. En conformité avec les recommandations proposées dans le point précédent, il serait important de soutenir les acteurs culturels à travers formations, manifestations, résidences, attribution de prix, réseautage avec les universités et le monde de la technologie, création de centres d'art IA et autres initiatives capable de conférer une plus grande visibilité à cette tendance. En matière de formation, il serait avantageux de produire plus de contenus en français.

En ce qui concerne le droit d'auteur, la création avec IA suscite encore de grandes controverses qui sont loin d'avoir été résolues.

En ce qui concerne le droit d'auteur, la création avec IA suscite encore de grandes controverses qui sont loin d'avoir été résolues, en particulier à propos de qui on doit considérer comme étant le ou les titulaire(s) des droits. Même s'il est peut-être trop tôt pour introduire des changements législatifs, il serait très utile d'encourager des débats juridiques de qualité sur la question.

Il peut s'avérer également utile de soutenir les *jeunes pousses (startups)* IA dont l'activité est en rapport avec la culture, en particulier parce que ces initiatives créent des emplois à forte valeur ajoutée et qu'elles sont dotées d'un important potentiel d'exportation. Ce soutien peut prendre la forme d'aides pour la recherche et le développement, d'une mise en relation accrue avec les universités, d'une injection de fonds, d'un accompagnement dans l'élaboration de nouveaux *modèles d'affaires (business models)* ou l'incubation de projets innovants, entre autres initiatives.

Tout ce travail peut être simultanément complété par une collaboration avec les acteurs technologiques — au niveau local ou global — dont un bon nombre développent déjà des projets en co-construction avec le secteur public et avec l'écosystème entrepreneurial. On pourrait par exemple avoir recours à des solutions IA pour garantir un meilleur accès aux biens et aux services culturels proposés par des entités du secteur public comme les musées et les bibliothèques, par exemple par l'intermédiaire des agents conversationnels (*chatbots*) qui recommandent des contenus. Quelles que soient les solutions retenues, l'important sera de garantir que les investissements publics bénéficient principalement au tissu culturel et industriel local — unique manière de réussir un développement durable.

D'autre part, il est nécessaire de renforcer l'écosystème de données, en mettant en place une politique de données ouvertes et de données mutualisées disponibles pour le secteur culturel : sans cela, il sera difficile de généraliser l'emploi d'applications IA dans ce secteur.

Dans ce bouquet de mesures, une autre composante clef serait de s'assurer que le secteur culturel soit présent dans les grandes stratégies nationales IA — ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Cela suppose d'encourager une plus forte implication des ministères de la Culture,

du secteur privé et de la société civile dans ces vastes programmes. Il faudrait qu'il en aille de même avec les déclarations sur l'éthique en IA ; si on n'assigne pas à la culture un rôle suffisamment important, il sera difficile de parler d'une IA centrée sur l'humain. De fait, les réponses que le secteur culturel pourrait trouver aux questions posées par l'IA — qui est l'artiste, qui est le propriétaire des droits d'auteur, comment améliorer la découvrabilité des contenus culturels locaux, entre autres — seraient d'une énorme utilité pour les autres industries.

Dans le cadre de la Convention 2005 sur la protection et la promotion de la diversité des expressions culturelles, un bon nombre d'initiatives destinées à penser l'impact de l'IA dans de nombreux secteurs de la vie sociale en général et la culture en particulier ont été mises en œuvre par l'UNESCO. La Francophonie, d'ailleurs extrêmement active dans l'agenda de la Convention 2005, peut trouver dans le travail de la grande organisation internationale de nombreux éléments d'inspiration pour élaborer de nouvelles politiques.

Dans les pays de l'hémisphère Sud, les difficultés en matière d'accès à la technologie ne devraient pas constituer un obstacle au moment de définir des stratégies mettant en relation la culture et les technologies IA, ou d'organiser un débat public autour de ces questions. Comme le reconnaissent eux-mêmes les acteurs du Sud, le futur de l'IA est appelé à s'écrire en bonne partie dans ces pays, et plus tôt le secteur créatif interviendra dans les discussions, plus grandes seront les possibilités de construire un programme durable.

Dans le monde francophone, la fusion entre IA et secteurs culturels ne fait que commencer — et les succès qui ont déjà été remportés montrent que son potentiel créatif et économique est énorme. Si, comme en conviennent les artistes, les machines sont dépourvues d'intention, la possibilité de donner forme à un écosystème diversifié et durable au sein de l'espace francophone ne sera pas affaire de robots, mais de personnes. Il faut donc que créateurs, entrepreneurs, chercheurs, entreprises de technologie et secteur public agissent pour définir des stratégies communes. Le plus tôt sera le mieux.

COMPLÉMENT TECHNIQUE

COMPLÉMENT TECHNIQUE

COMPRENDRE LES FONDAMENTAUX DE L'IA : TECHNOLOGIES, OUTILS ET APPLICATIONS AU SERVICE DES ICC

L'IA se décline aujourd'hui principalement dans la sphère des ICC sous trois formes, de niveaux d'abstraction croissants (Fig. 1)¹⁵⁸ :

- les **technologies de l'IA** sont des algorithmes mathématiques génériques permettant à une machine d'acquérir et d'exploiter des connaissances obtenues à partir de données, pour la résolution d'un ensemble très large de problèmes. Ces technologies sont implémentées sous la forme d'*architectures* logicielles et/ou matérielles mises au point par des chercheurs et très largement diffusées (sans prise de brevets, ce qui soutient la dynamique du processus d'innovation en IA).
- les **outils de l'IA** sont des particularisations des architectures évoquées ci-dessus, permettant de résoudre un problème particulier, en entraînant les algorithmes sur de grandes bases de données, ce qui conduit à des *modèles*. Ces outils sont principalement proposés par des ingénieurs. Dans de nombreux cas, ils sont disponibles en open source, avec des licences souvent permissives, ce qui dynamise le secteur en général.
- les **applications de l'IA** sont des outils de l'IA intégrés dans des logiciels ou du matériel qui permettent d'abstraire à la vue des utilisateurs les technologies et outils sous-jacents, pour ne plus faire apparaître que les entrées et les sorties.

Ces applications sont le plus souvent mises au point par des informaticiens et des artistes.

Elles sont plus rarement gratuites, et sont souvent proposées par des entreprises, de plus en plus via des interfaces Web auxquelles on doit s'abonner.

158

Cette distinction de niveaux d'abstraction est à mettre en parallèle avec la récente proposition de formation IA en Wallonie : AI Black Belt (<https://www.aiblackbelt.com/>) qui propose des niveaux (« ceintures ») de formation en IA allant de la simple vulgarisation des applications de l'IA à la programmation d'algorithmes en IA.

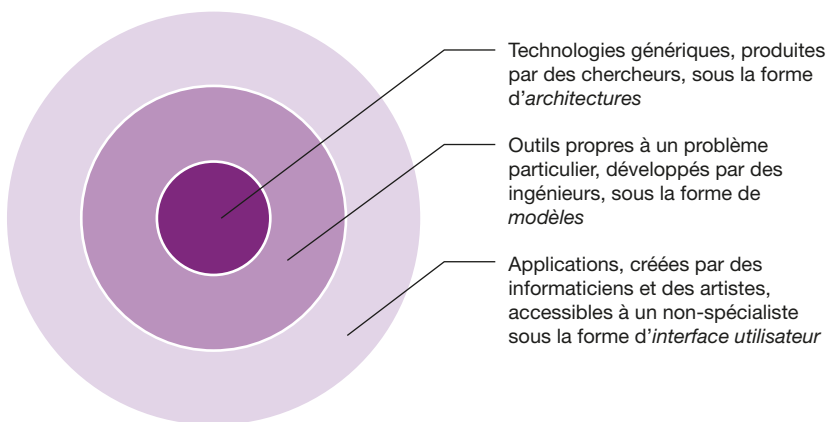


Figure 1 : Technologies, outils et applications IA pour les ICC, de niveaux d'abstraction décroissants.

Dans la suite de ce document, nous détaillons ces trois formes, en commençant par les technologies, suivies des outils, et des applications.

1. LES PRINCIPALES TECHNOLOGIES DE L'IA

Les **technologies** de l'IA susceptibles d'être mises à profit dans les processus de création et de distribution culturels sont d'un niveau de complexité élevé, dont le détail est peu utile aux utilisateurs finaux des applications. Il est par contre important que chacun utilise un vocabulaire commun. Nous nous y employons dans cette section, qui se concentre sur une présentation simple et fonctionnelle des principaux termes technologiques couramment utilisés.

Commençons par distinguer *savoir* et *savoir-faire*. Notre savoir nous a été enseigné par des tiers, sous forme explicite, par l'intermédiaire d'un langage. Il nous survivra. C'est au contraire par nous-mêmes que nous avons acquis notre savoir-faire, même si une partie de son acquisition a bénéficié de l'exemple de nos maîtres. Parler, lire, écrire, comprendre le monde qui nous entoure, marcher ou courir sont des compétences qui s'éteindront avec nous et devront être réappries par nos descendants. Le développement historique de l'IA a en quelque sorte procédé en sens inverse du nôtre : les premiers systèmes intelligents se sont basés sur des règles explicitées, formulées dans des langages informatiques inventés pour l'occasion. Ce n'est que très récemment que les progrès combinés de l'apprentissage automatique, la disponibilité de quantités très importantes de données, et la démocratisation de moyens de calcul très puissants, ont permis à l'IA d'aborder le savoir-faire humain. Pour être complet il faut ajouter à ces deux sources de compétences le savoir-être, qui embrasse notre capacité à interagir, nos émotions, notre intuition, nos motivations, notre conscience. Certaines de ces compétences sont elles aussi à portée d'IA. Le développement récent de machines expressives, et sensibles aux émotions traduites en sons, mots ou gestes en est la concrétisation.

Dans le domaine des ICC, ce sont principalement les **réseaux de neurones profonds** (DNN – *deep neural networks*) qui ont créé un bouleversement des potentialités.¹⁵⁹ Après plusieurs années d'évolution technologique, plusieurs architectures de réseaux se sont stabilisées. On distingue ainsi principalement réseaux convolutifs, auto-encodeurs, réseaux siamois, réseaux récurrents, réseaux antagonistes génératifs, et l'apprentissage par renforcement profond. Toutes ces architectures sont composées d'assemblages d'unités élémentaires, les neurones artificiels, interconnectés par des arcs possédant un poids, et interagissant non linéairement. La sortie d'un neurone est une combinaison non linéaire de ses entrées. En soi, il s'agit d'une relation algébrique très simple. Les neurones sont organisés en couches élémentaires, à l'intérieur desquelles le fonctionnement de tous les neurones est identique. Ce qui différencie les neurones au sein d'une même couche, ce sont les neurones de la couche précédente dont ils prennent les sorties comme entrée pour leur propre fonctionnement. Les couches peuvent comprendre un nombre très variable de ces unités élémentaires, de quelques dizaines à plusieurs millions. De même, le nombre de couches dépendra de la complexité de la tâche à réaliser. On utilise aujourd'hui couramment des réseaux à plusieurs milliers de couches (d'où le qualificatif de *profond* pour ces réseaux). Les détails du fonctionnement des neurones et leurs assemblages possibles en couches ont été programmés une fois pour toutes dans des environnements logiciels tels que TensorFlow,¹⁶⁰ Caffe,¹⁶¹ PyTorch,¹⁶² Keras¹⁶³ (le plus simple à utiliser, bâti sur TensorFlow). C'est principalement la façon dont les couches sont interconnectées qui détermine les architectures de réseaux évoquées ci-dessus. Différencier ces architectures de traitement de données est important car elles ont des spécificités qui orientent les outils qu'elles sont capables de produire.

Les **réseaux convolutifs** (CNN – *convolutional neural nets*) sont formés par l'empilement d'un grand nombre de couches d'analyse successives connectées les unes aux autres. Les premières analysent les données d'entrée de manière locale (et déterminent par exemple l'orientation ou la couleur dominante dans un segment d'image); les suivantes analysent les sorties des précédentes pour extraire des informations de niveau de plus en plus élevé (comme les formes prédominantes, ou les objets). Les exemples les plus connus sont VGGNet, ResNet et Inception. C'est ce dernier type de réseau qui a permis les expériences aujourd'hui bien connues de type *deep dream*, en réinterprétant des images naturelles à l'aune du modèle préalablement entraîné. Une manipulation des couches intermédiaires et une inversion du sens de traitement des données a ainsi permis de produire des images artificielles réimaginées par le réseau à partir d'image d'entrée.

Les **réseaux siamois** sont des réseaux jumeaux (composés de deux instances identiques d'un même réseau convolutif) reliés à leurs sorties par une couche commune de décision, qui est entraînée à vérifier si les entrées des deux réseaux jumeaux concernent, ou pas, la même entité. On peut par exemple entraîner ce type de réseau à reconnaître si deux photos de visage concernent bien la même personne (et ce pour un grand nombre de données d'entraînement, c'est-à-dire pour un grand nombre de personnes). Une fois entraîné, le réseau est capable, non pas d'identifier la personne apparaissant sur une nouvelle photo, mais de décider si cette personne apparaît bien dans deux photos différentes (alors même que cette personne n'a jamais été vue précédemment par le réseau).

159 Ian J. Goodfellow, Yoshua Bengio et Aaron Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.

160 <https://github.com/tensorflow/tensorflow>

161 <https://caffe.berkeleyvision.org>

162 <https://pytorch.org>

163 <https://keras.io>

Les **auto-encodeurs** sont des réseaux convolutifs particuliers en ceci qu'ils ont une forme symétrique « en papillon », avec une couche centrale de petite taille (on peut les voir comme deux réseaux convolutifs tête-bêche). Ils sont entraînés à reproduire en sortie les données d'entrée, ce qui force la couche centrale à réaliser une forte compression des données, que l'on associe à un « résumé » efficace des données traitées. Ainsi, pour faire simple, si on ne présente au réseau que des sons de quatre voyelles, on peut espérer qu'une couche centrale à quatre neurones fera apparaître une activation forte sur chacun de ses neurones, en lien avec une voyelle spécifique. Le réseau aura donc appris implicitement non seulement qu'il y a quatre entités distinctes dans les données, mais aussi ce qui les caractérise. Ces réseaux sont donc utilisés pour l'apprentissage non supervisé (on ne leur apprend pas à produire une sortie différente de l'entrée) de caractéristiques discriminantes, et de plus en plus pour la génération de données réalistes. En effet, si la couche intermédiaire capture bien l'essence des données, la manipulation arbitraire de son contenu produit en sortie des données réalistes non rencontrées lors de l'entraînement.

Les **réseaux récurrents** (RNN – *recurrent neural nets*) reprennent en entrée une partie de leurs sorties précédentes. Ils sont adaptés pour des données d'entrée de taille variable, comme par exemple les séries temporelles (données associées à une temporalité lors de leur production, comme la parole, l'écriture manuscrite, ou la vidéo) ou les textes. Une version particulière des RNN, appelée mémoire à court terme et long terme (LSTM, *long short-term memory*) est de loin la plus utilisée. On la retrouve dans toutes les applications linguistiques (Apple Siri, OK Google, Amazon Alexa, Google translate, DeepL, etc.).

Les **réseaux antagonistes génératifs** (GAN – *generative adversarial networks*) sont basés sur la mise en compétition de deux réseaux convolutifs distincts. Le premier (le *faussaire*) est de type génératif et est entraîné à reconstruire des données (images, sons, texte, etc.) les plus réalistes possible à partir d'une entrée aléatoire. Le second (l'expert) est de type discriminatif et est entraîné à partir d'un mélange de données produites par le premier et de données originales, pour déterminer si ces données sont réelles. Un mécanisme de rétroaction permet alors au premier réseau de s'adapter pour tenter de convaincre le mieux possible le deuxième réseau que les images qu'il synthétise sont réelles. Plus précisément, le premier réseau est littéralement optimisé pour maximiser l'erreur du deuxième, en générant des images les plus réalistes possible. Ces réseaux ont par exemple été utilisés pour produire des visages artificiels très réalistes à partir de milliers de photos de visages humains¹⁶⁴, ou les nombreuses vidéos fallacieuses apparues récemment sur le net¹⁶⁵.

Enfin, l'**apprentissage par renforcement profond** (DRL – *deep reinforcement learning*) un peu à part. Il est très utilisé pour établir automatiquement une stratégie de contrôle d'un processus complexe, comme la conduite d'une voiture, la marche d'un robot, ou le déroulement d'un jeu. Si on considère le processus comme une longue suite de changements d'état (comme la vitesse et la position du véhicule) résultant de choix multiples et répétés (le mouvement du volant, la pression sur l'accélérateur, etc.) on peut chercher à entraîner un système automatique qui prédit la qualité des états suivants (parfois à très long terme) en fonction du choix présent. Lorsque le nombre d'états et de choix possibles est très grand, il n'est pas possible de tout essayer lors de l'entraînement, et on utilise des réseaux

164 <https://thispersondoesnotexist.com>

165 <https://www.lebigdata.fr/deepfake-tout-savoir>

neuronaux pour la prédiction, en utilisant leur pouvoir de généralisation à partir d'un nombre suffisant d'exemples. Il est à noter que ces techniques utilisent souvent la réalité virtuelle pour l'entraînement (ce qui permet, dans le cas de la conduite automobile, d'éviter les accidents en masse pendant l'entraînement).

Ces technologies ne sont cependant rien sans les données numériques qui les nourrissent. Nous avons déjà noté plus haut que certains domaines ont fourni depuis de nombreuses années des données numériques aujourd'hui pleinement exploitables. Notons en particulier que pour l'analyse de textes, les **prolongements lexicaux** (*word embeddings*) associent à chaque mot d'une langue une empreinte numérique (un vecteur de nombres) tel que la distance numérique entre ces empreintes soit proportionnelle à la distance syntaxique-sémantique entre les mots considérés¹⁶⁶. Ainsi, en termes de prolongement lexical, on trouve que *roi-homme+femme=reine*. Ces modèles ont fait faire un bond considérable à la manipulation de concepts sémantiques complexes par la machine¹⁶⁷. On en trouve dans de nombreuses langues, dont le français¹⁶⁸.

2. LES PRINCIPAUX OUTILS DE L'IA

Fort heureusement, l'explosion des recherches en IA s'est accompagnée d'un important mouvement de publication d'**outils** de l'IA sous forme de codes source, ainsi que de bases de données, et de modèles préentraînés, souvent accompagnés de licences d'exploitation très ouvertes. Ces outils particularisent les architectures précédentes en fixant le nombre de neurones par couche, le nombre de couches, et surtout valeurs des poids associés aux connexions entre neurones, qui en font un *modèle* particulier. Les outils comprennent d'une manière générale deux composantes : un module « d'entraînement », qui permet d'adapter le modèle sous-jacent sur une base de données particulière (si l'outil n'est pas déjà fourni avec un modèle préentraîné), et un module « d'inférence » qui permet de tester la capacité du modèle entraîné à produire de nouvelles sorties à partir de nouvelles entrées (voir Fig. 2).

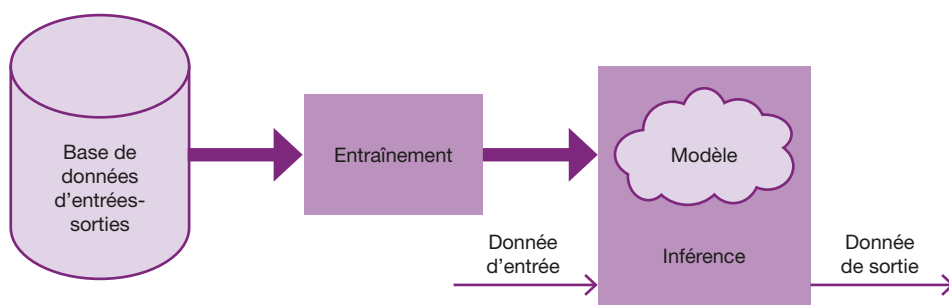


Figure 2 : Outil IA, caractérisé par un modèle utilisé par un module d'inférence permettant de produire une donnée de sortie en fonction d'une donnée d'entrée. Le modèle doit lui-même avoir préalablement été entraîné à partir d'une grande base de données, fournissant des exemples des sorties à associer à des entrées très diverses.

166 https://gluon-nlp.mxnet.io/examples/word_embedding/word_embedding.html

167 <https://nlp.stanford.edu/projects/glove>

168 <https://fauconnier.github.io/#data> et <https://fasttext.cc/docs/en/crawl-vectors.html>

Une liste ordonnée des **meilleurs outils de l'IA**¹⁶⁹ a ainsi été récemment réalisée (et est mise à jour) au niveau international, pour réaliser des tâches très diverses sur les principaux types de données que sont la parole, le son, la musique, le texte, l'image et la vidéo. Les outils visent à la création de ponts entre ces données (du texte à la parole, de la parole à l'image, de la vidéo au son, de la musique au texte, etc.). La plupart de ces outils sont utilisables gratuitement.

En parallèle, les grands acteurs industriels de l'IA ont développé des **catalogues d'outils** propriétaires, sous forme de services Web (IBM Watson¹⁷⁰, Microsoft Azure Cognitive Services¹⁷¹, Amazon AWS AI Services¹⁷², Google AI Hub¹⁷³), accessibles moyennant paiement de redevances après une période de test gratuite. Certains sont utilisables sans frais pour les étudiants des universités et hautes écoles qui en font la demande. De plus en plus de PME fournissent également des outils de ce type, avec un catalogue plus spécifique (par exemple, analyse sémantique d'image chez Depthen¹⁷⁴ – BE, ou de vidéos chez Cloudsight¹⁷⁵ – US). On citera en particulier Google Magenta¹⁷⁶, qui cherche à marier IA, musique et art en proposant une boîte à outils spécifiquement conçue pour les applications créatives¹⁷⁷.

L'utilisation de ces outils pour la mise au point d'applications n'est pas immédiate. Elle nécessite la connaissance d'un **langage de programmation** (le plus souvent Python¹⁷⁸) pour la manipulation de données numériques, et parfois connaissance des mécanismes d'appel de services Web (le plus souvent REST¹⁷⁹) pour accéder à des services IA sur le Web. De plus, lorsque le code source est fourni en Python, il ne l'est pas toujours sous une forme utilisable immédiatement, et pas systématiquement avec des modèles préentraînés. Les documents sont en anglais, et pour les outils liés à la langue, l'anglais et le chinois sont le plus souvent disponibles — pas toujours l'espagnol ou le français. Il est par ailleurs difficile pour un néophyte de faire un choix parmi les nombreux outils disponibles pour chaque problème, chacun ayant des spécificités (complexité, vitesse de calcul, charge mémoire, etc.).

Un point particulier concerne le choix des **ordinateurs** pour pouvoir utiliser ces outils. Lorsqu'ils ne sont pas fournis avec des modèles préentraînés, ou lorsqu'on souhaite adapter le modèle à une base de données particulière, il est nécessaire d'exécuter le module d'entraînement sur des ordinateurs munis de **GPU** (Graphical Processing Unit)¹⁸⁰ et de bibliothèques logicielles adaptées. Sans cela, l'entraînement peut durer plusieurs jours, voire plusieurs semaines ou mois. De même, un GPU peut être utile pour faire fonctionner le module d'inférence de ces outils en temps réel (sans GPU, le temps d'exécution ralentit fortement la cadence du processus). Ce type de processeur spécialisé est disponible sous trois formes. On en trouve dans les cartes graphiques à embarquer, seules ou en cluster, dans des ordinateurs puissants. Le prix d'une bonne carte graphique est généralement supérieur à 2000 EU; les clusters utilisés en recherche avoisinent les 100000 EU. Depuis peu, de même que la carte Arduino apparue vers 2005 a permis de diffuser largement un savoir-faire en art numérique, suivie de la carte

169 <https://paperswithcode.com/sota>

170 <https://cloud.ibm.com/catalog?category=ai>

171 <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services>

172 <https://aws.amazon.com/fr/machine-learning/ai-services>

173 <https://aihub.cloud.google.com>

174 <https://www.depthen.com>

175 <https://cloudsight.ai>

176 <https://magenta.tensorflow.org> et <https://magenta.tensorflow.org/demos/colab/>

177 On en trouvera des exemples dans <https://experiments.withgoogle.com/collection/ai>

178 <https://www.python.org> ou en français : https://github.com/titsitits/Python_Data_Science

179 <https://www.comprendre-internet.com/Qu-est-ce-qu-une-API-REST-ou-RESTful.html>

180 https://fr.wikipedia.org/wiki/Processeur_graphique

Raspberry pi vers 2010, on voit apparaître de petits systèmes embarqués orientés IA, qui tendent à en démocratiser l'utilisation : la carte NVIDIA JETSON TX2¹⁸¹ (environ 1 000 EU) et plus récemment la carte NVIDIA NANO¹⁸² (environ 100 EU) avec GPU intégré. Ces cartes permettent de réaliser localement (at the edge¹⁸³) des inférences complexes en temps réel (typiquement du traitement d'image vidéo). Enfin, si le temps réel n'est pas recherché, il est très pratique d'utiliser l'environnement de travail virtuel (sur le cloud) COLAB¹⁸⁴ mis à disposition gratuitement par Google. COLAB permet à n'importe quel internaute de téléverser du code de son ordinateur vers un serveur distant (sur le cloud) et d'y exécuter les modules d'entraînement et d'inférence des outils de l'IA. COLAB offre également gratuitement l'accès à un GPU. Les sessions COLAB sont par contre limitées à douze heures d'utilisation en continu. Il est cependant facile d'utiliser un GPU plus longtemps, à condition de sauvegarder sur disque les résultats de calcul intermédiaires.

Parmi les points d'entrée vers ces outils, on notera une initiative des universités et des centres de recherche francophones wallons réunis dans la Deep Learning Academy¹⁸⁵ qui vise à sélectionner certains de ces problèmes, et à mettre des solutions en évidence, en les documentant en français et en les accompagnant de fichiers au format des **cahiers Jupyter**¹⁸⁶, qui se lancent automatiquement dans l'environnement COLAB de Google. Ce type de fichier combine très astucieusement texte et code informatique. Ils permettent ainsi de décrire correctement le problème traité, de montrer comment on utilise l'outil pour le résoudre : le code fourni peut être exécuté et les résultats apparaissent dans le cahier lui-même. On peut ainsi montrer comment entraîner un modèle si nécessaire, et comment réalise une inférence à partir d'une donnée d'entrée que l'utilisateur peut choisir (le code informatique peut être modifié de manière interactive). Les cahiers Jupyter sont en principe utilisables par des programmeurs amateurs en utilisant des ordinateurs d'entrée de gamme (les calculs étant effectués sur un serveur distant).

La communauté des artistes numériques, qui s'est autoformée aux approches logicielles et matérielles de l'IA, s'est emparée de ces outils pour créer des installations ou des performances innovantes¹⁸⁷.

3. LES APPLICATIONS ICC DE L'IA

Les **applications** basées sur les outils de l'IA impactent les industries créatives et culturelles à trois niveaux. D'une part elles sont utilisées par les concepteurs de contenus créatifs, au sein d'*entreprises créatives fournisseuses de contenus*, qui sont amenées à créer du contenu de manière routinière (dans le domaine de l'édition de texte, de la production de musique et de vidéo, de jeux vidéo, etc.). Elles sont également le cœur d'activité des concepteurs d'applications créatives, au sein d'*entreprises créatives fournisseuses de produits*. Enfin, les artistes peuvent jouer ici un rôle important : utilisateurs précoces des outils

181 <https://www.nvidia.com/fr-fr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-tx2/>

182 <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>

183 Un problème particulier lié à ces outils est celui de la localisation des données et du traitement. On parle de services *cloud* lorsque les outils sont déployés sur des serveurs distants (et loués par l'utilisateur), et d'*AI at the edge* lorsqu'au contraire ils fonctionnent localement sur la machine de l'utilisateur. Le choix d'un type de localisation n'est pas innocent : de plus en plus d'acteurs de l'IA rechignent à voir leurs données transiter vers des serveurs distants pour l'entraînement d'outils.

184 <https://colab.research.google.com>

185 <https://deep-learning-academy.github.io>

186 <https://jupyter.org>

187 Voir par exemple : <http://algorit.net> ; <http://www.memo.tv/works/#ai-machine-learning>

de l'IA, ils contribuent à en détourner les usages pour co-créeer avec les informaticiens et les ingénieurs des applications innovantes.

On en trouve des applications de l'IA dans tous les marchés des ICC.

Le domaine de la **musique** est un des plus impactés, en grande partie grâce au protocole MIDI (Musical Instrument Digital Interface) qui est devenu dès les années 80 un standard très répandu dans le matériel électronique de musique, permettant d'échanger des flux d'information musicale sous forme symbolique (notes, vélocités et modulations). Les bases de données nécessaires à l'entraînement des outils IA étaient par conséquent déjà disponibles, et en grande quantité.

Les récents développements de l'IA ont ainsi conduit à des applications capables de transcrire automatiquement en MIDI (et donc en partition musicale) un signal audio produit par un instrument acoustique. C'est le cas par exemple de Frettable¹⁸⁸ (CA), Melody Scanner¹⁸⁹ (DE), Chordify¹⁹⁰ (NL) ou des Suédois de Score Cloud¹⁹¹.

On trouve également des applications permettant de produire des mélodies ou une piste de batterie automatiquement, ou de proposer une suite à un début mélodique (Magenta studio¹⁹² – Google), voire des morceaux complets (Flow Machines¹⁹³ de Sony-France à Paris ; AIVA¹⁹⁴ à Luxembourg, Hexachords¹⁹⁵ en France, ENDEL¹⁹⁶ à Berlin, Amper Music¹⁹⁷ à NYC). Certaines de ces sociétés ont été récemment mises en avant par la publication d'albums co-crées par l'IA (*Hello World*¹⁹⁸ de l'artiste français Skygge, les 20 albums¹⁹⁹ sans compositeur prévenus à Warner, et *I AM AI*²⁰⁰ de l'artiste américaine Taryn Southern).

On commence également à voir apparaître des tentatives d'écriture ou de coécriture de paroles de chansons avec une IA²⁰¹. Ces applications sont cependant presque toutes entraînées sur des corpus de textes de chansons en anglais. De même, la synthèse de la voix (parlée ou chantée) a fait des progrès très importants (même si l'expressivité de ces voix reste inférieure à celle des voix humaines) et permet de réaliser des avatars de voix existantes ou ayant existé (voir par exemple Acapela — BE — ou LyreBird - CA)²⁰², avec un réalisme saisissant.

La postproduction n'est pas en reste : il est désormais possible de masteriser automatiquement les pistes d'un morceau (LANDR²⁰³ à Montréal) et de synchroniser automatiquement le rythme et l'intensité d'un contenu musical à une vidéo (Muzeek²⁰⁴ à Paris – société co-créeée par le compositeur André Manoukian).

188 <https://www.frettable.com>

189 <https://melodyscanner.com>

190 <https://chordify.net>

191 <https://scorecloud.com>

192 <https://magenta.tensorflow.org/studio/standalone>

193 <https://www.sonycsl.co.jp/tokyo/2811>

194 <https://www.aiva.ai>

195 <http://www.hexachords.com>

196 <http://endel.io>

197 <https://www.ampermusic.com>

198 <https://www.helloworldalbum.net>

199 <https://ampl.ink/d8YOD>

200 <https://www.tarynsouthern.com/album>

201 <https://www.reimagine.ai/lyricai-de-Google-Brain> ou <https://medium.com/@ivanliljeqvist/using-ai-to-generate-lyrics-5aba7950903-d'Ivan-Liljeqvist>

202 <https://www.acapela-group.com/fr> <https://lyrebird.ai>

203 <https://www.landr.com/fr/mastering-en-ligne/>

204 <https://www.getmuzeek.com>

L'application de ces techniques en temps réel conduit à des applications qui se substituent même à des musiciens. Ainsi, Antescofo²⁰⁵, issue elle aussi de l'IRCAM, à Paris, aide les instrumentistes à répéter un morceau en adaptant la vitesse de défilement de la partition au tempo du jeu de l'instrumentiste et en synthétisant le son des autres instruments en temps réel). En associant ce type de fonctionnalité à de la robotique, on parvient même à créer de vrais musiciens robots (Shimon²⁰⁶, le robot-musicien de jazz, USA).

Au-delà de la création musicale, l'IA a un fort potentiel d'impact en matière d'étiquetage automatique de morceaux musicaux pour en permettre la classification (Mewo²⁰⁷ à Paris, Musiio²⁰⁸ à Singapour), et plus largement encore, pour la distribution de la musique à travers les plateformes en ligne grâce aux algorithmes de recommandation qui peuvent se baser sur des similitudes de consommation entre utilisateurs et des similitudes de contenu entre morceaux musicaux (Niland²⁰⁹ à Paris, spin-out de l'IRCAM et rachetée en 2017 par Spotify; MusiMap²¹⁰ à Bruxelles).

Plus largement encore, l'IA intervient en **audio**, dans la création d'ambiances sonores (Lonofi²¹¹, Paris), parfois même à partir d'images (Imaginary soundscape²¹², du japonais Qosmo). En combinaison avec la reconnaissance vocale, il est à présent possible d'enrichir la lecture à haute voix d'un texte ou d'une bande dessinée avec des effets sonores préétablis²¹³.

Le domaine de **l'édition** de textes bénéficie, comme en musique, de grandes quantités de données prêtes à l'emploi, bien que la manipulation de texte ajoute évidemment des contraintes sémantiques au contenu. On y retrouve l'IA dans des tâches similaires à celles précédemment décrites en musique : cela va de l'analyse sémantique (TextRaizor²¹⁴, Londres; ReciTAL²¹⁵, Paris), l'indexation de contenu et l'ajout automatique de métadonnées (comme dans le projet québécois Tamis²¹⁶) à la création automatique de textes multilingues à partir de mots-clés (Syllabs²¹⁷ et Lab-Sense²¹⁸, Paris), ce qui permet aux journalistes d'éventuellement lui déléguer une part de travail répétitif automatisable. Syllabs a ainsi généré, en collaboration avec *Le Monde* et *L'Express*, des textes commentant les résultats locaux de l'élection présidentielle de 2017. On a également beaucoup parlé récemment du retrait par l'association OpenAI²¹⁹ du code source de leur générateur de texte GPT-2 au motif que les résultats obtenus pourraient facilement être utilisés pour la création industrielle d'informations fallacieuses. L'IA est par ailleurs utilisée précisément pour le filtrage de ce type d'informations (Reuters News Tracer²²⁰) ou au contraire pour la sélection d'informations pertinentes (Flint²²¹, Paris).

205 <https://www.antescofo.com>

206 <https://www.shimonrobot.com>

207 <https://mewo.io>

208 <https://www.musiio.com/home#tag-demo>

209 <http://niland.io>

210 <https://www.musimap.com>

211 <https://lonofi.com>

212 <http://imaginarysoundscape2.qosmo.jp>

213 <https://partners.disney.com/read-along-with-disney>

214 <https://www.textrazor.com>

215 <https://recital.ai>

216 <https://tamis.ca>

217 <https://www.syllabs.com>

218 <https://www.lab-sense.com>

219 <https://openai.com/blog/better-language-models>

220 <https://blogs.thomsonreuters.com/answeron/machine-learning-fake-news-twitter>

221 <https://larevuedesmedias.ina.fr/ia-des-robots-pour-mettre-de-lordre-dans-le-chaos-de-linfo>

D'**autres secteurs**, tels le dessin²²², la peinture²²³, le graphisme²²⁴, le cinéma²²⁵, l'animation, la photographie²²⁶, le design²²⁷, la mode²²⁸, les parfums²²⁹, ou le jeu vidéo ont vu germer des applications spécifiques, qu'il serait trop long d'énumérer ici. On trouvera en particulier dans la récente publication de France Télévisions²³⁰ une cartographie de l'IA dans les médias qui recense plusieurs centaines d'acteurs dans tous les aspects de la création et de la distribution. Certains offrent même des environnements permettant de créer soi-même son application sans programmation²³¹.

Il est par contre un domaine de la créativité qui commence à peine à être impacté par l'IA : celui des **idées**, tel qu'on le pratique dans les séances de **remue-méninges (brainstorming)** propres à susciter la production d'idées innovantes. L'IA peut assurément jouer là aussi un rôle important, que ce soit pour aider à la formulation de questions pertinentes et propices à la production d'idées, pour sélectionner les intervenants ou les interventions pertinentes, en intervenant dans le *remue-méninges (brainstorming)* lui-même et en proposant des idées en rupture avec celles énoncées (Yossarian²³² à Londres ; Klaxoon²³³ à Paris), ou encore lors de la phase de synthèse de la réunion, en aidant à la rédaction d'un document final. De même, l'IA offre un potentiel important dans le domaine de la propriété intellectuelle²³⁴, pour la recherche sur l'état de la technique et le recensement de similitudes entre les brevets qui sont significatives sur le plan statistique.

222 <https://blogs.nvidia.com/blog/2019/03/18/gaugan-photorealistic-landscapes-nvidia-research>

223 <https://deepart.io>

224 <https://www.adobe.com/in/sensei.html>

225 <https://gingalab.com> et <http://largofilms.ch/>

226 <https://letsenhance.io>

227 <https://www.tailorbrands.com>

228 <https://github.com/zalandoresearch/fashion-mnist> et <https://www.watiz.io>

229 <https://www.ibm.com/blogs/research/2018/10/ai-fragrances>

230 <https://www.meta-media.fr/files/2019/06/mtamedia-17.pdf>

231 <https://learn.runwayml.com>

232 <https://yossarian.co/>

233 <https://klaxoon.com/fr/>

234 https://www.epo.org/news-issues/issues/ict/artificial-intelligence_fr.html

ANNEXES

LISTE DES EXPERTS CONSULTÉS

- Audet, René** : Professeur titulaire, Département de littérature, théâtre et cinéma ; Directeur, Laboratoire Ex situ, Études littéraires et technologie, Université Laval (Canada-Québec)
- Benboubakeur, Mehdi** : Directeur général du Printemps numérique (Canada-Québec)
- Bensamoun, Alexandra** : Professeur de droit à l'Université de Rennes 1 (France)
- Birba, Éliane** : Spécialiste en science des données et co-fondatrice de Yanfoma Digital Technology (Burkina Faso)
- Bittard, Roxane** : Responsable de communication au Labo de l'Édition (France)
- Boccara, Guillaume** : Directeur du Centre universitaire franco-argentin, Institut français (France)
- Boyer, Julie** : Directrice générale pour Patrimoine canadien (Canada)
- Brognaux, Sandrine** : Conseiller scientifique à l'Université de Mons (Fédération Wallonie-Bruxelles)
- Buhler, Pierre** : Président de l'Institut français (France)
- Cao, Viêt** : Gestionnaire et analyste principal de Synapse C (Canada-Québec)
- Castro, Pablo Samuel** : Chercheur à Google Brain (Canada-Québec)
- Ciamala, Baya** : Fondateur de la plateforme de streaming musical Baziks Pulse (Congo RD)
- Colinart, Arnaud** : Producteur associé et responsable de nouveaux médias chez AGAT Films (France)
- Daoud, Mohammad** : ministre de la Culture (Liban)
- Depocas, Alain** : Chargé de programmes, Direction du soutien à la diffusion et au rayonnement international, Conseil des arts et des lettres du Québec (Canada-Québec)
- Dia, Diyé** : Ingénieure en Informatique, directrice d'Aristarc (Sénégal)
- Diallo, Shaza** : Experte en IA et associée chez Gradient AI (Burkina Faso)
- Drouin, Evelyne** : Fondatrice de GénieLab (Canada-Québec)
- Dupuis, Robin** : Directeur général et artistique du centre Perte de Signal (Canada-Québec)
- Elmazned, Brahim** : Directeur et fondateur du festival Visa for Music (Maroc)
- Fautrel, Pierre** : co-fondateur du collectif Obvious (France)
- Gaudet, Louis-Frédéric** : Directeur du développement stratégique chez Société de développement des entreprises culturelles — SODEC (Canada-Québec)
- Grenier, Etienne** : Artiste en médias électroniques (Canada-Québec)

- Guay, Nathalie** : Coordinatrice générale, Coalition pour la diversité des expressions culturelles — CDEC (Canada-Québec)
- Guèvremont, Véronique** : Professeure de droit à l'Université de Laval et titulaire de la Chaire UNESCO Diversité des expressions culturelles (Canada-Québec)
- Guilmain, Valérie** : Conseillère en développement culturel numérique chez ministère de la Culture et des Communications du Québec (Canada-Québec)
- Hébert, Emmanuelle** : Conseillère aux industries culturelles et créatives, Service de la culture de la ville de Montréal (Canada-Québec)
- Hendili, Karim** : Spécialiste du programme culture au bureau de l'UNESCO au Maroc, en Algérie, en Maurétanie et en Tunisie.
- Hugues, Laurence** : Directrice de l'Alliance internationale des éditeurs indépendants (France)
- Jarach, Andrés** : Réalisateur spécialisé en réalité virtuelle et nouvelles technologies (France)
- Jonnaert, Caroline** : Conseillère juridique principale et agent de marques chez Stingray (Canada-Québec)
- La Burthe, Amaury** : fondateur du studio créatif Novelab (France)
- Laberge, Clément** : Coordonnateur de la mesure 111 du Plan culturel numérique du Québec (Canada-Québec)
- Landry, Claude** : Responsable de la programmation du MTL connecte — La Semaine numérique (Canada-Québec)
- Lefebvre, Éric** : Directeur du Développement, Partenariat du Quartier des Spectacles (Canada-Québec)
- Létourneau, Geneviève** : Conseillère à l'innovation et au développement chez Québec InnoVe (Canada-Québec)
- L'Italien, Isabelle** : Directrice générale du Conseil québécois des arts médiatiques — CQAM (Canada-Québec)
- Loue, Hannah** : Chargée de projet, Prospective et transformation digitale, Département numérique de l'Institut français (France)
- Mano, Vincent** : Responsable du pôle Idées et savoirs du Département langue française, Livre et savoirs de l'Institut français (France)
- Marai, Mehdi** : Co-fondateur et directeur de Dataperformers (Tunisie)
- Mertens, An** : Artiste, membre de l'organisation Constant (Fédération Wallonie-Bruxelles)
- Mignot, Marc** : Responsable de développement culturel numérique, Association des professionnels de l'édition musicale — APEM (Canada-Québec)

- Moulon, Dominique** : Critique d'Art et curateur indépendant (France)
- Orsini, Nicolas** : Chef du département de l'innovation numérique, ministère de la Culture (France)
- Parizeau, Marie-Hélène** : Professeur titulaire à la faculté de philosophie de l'Université Laval et présidente de la Commission mondiale de l'éthique des connaissances scientifiques et des technologies — COMEST — de l'UNESCO entre 2015 et 2019 (Canada-Québec)
- Pavlovic Rivas, Marina** : Experte en IA et associée chez Gradiant AI (Canada-Québec)
- Payette, Jérôme** : Directeur général de l'Association des professionnels de l'édition Musicale — APEM (Canada-Québec)
- Petit, Arnaud** : Compositeur (France)
- Rajotte, Nelly-Eve** : Artiste nouveaux médias (Canada-Québec)
- Ramboanasolo, Gaëlle** : Experte en IA et associée chez Gradiant AI (Canada-Québec)
- Renard, Laurent** : Fondateur et directeur de Phoenix AI (Fédération Wallonie-Bruxelles)
- Revel, Marine** : Chargée de mission, Association francophone des autorités de protection des données personnelles — AFAPDP (France)
- Rioux, Michele** : Professeure au département de science politique à l'Université du Québec à Montréal et directrice du Centre d'études sur l'intégration et la mondialisation — CEIM (Canada-Québec)
- Rocheleau, Mathieu** : Coordonnateur du Plan culturel numérique du Québec (Canada-Québec)
- Rodríguez, Sandra** : Artiste numérique (Canada-Québec)
- Roy, Christian** : Consultant chez Brix Labs et coordonnateur du projet Tamis (Canada-Québec)
- Saad, Ramzi** : Directeur général, Arts, ministère du Patrimoine canadien (Canada)
- Siminyu, Kathleen** : Coordinatrice du réseau africain du Artificial Intelligence for Development Network – AI4D (Kenya)
- Slizewicz, Guillaume** : Artiste et chercheur, LUCA School of Arts (Fédération Wallonie-Bruxelles)
- Sonhaye, Jean-Luc** : Directeur de la Couveuse PAPRICAI (Togo)
- Sweeney, Hugues** : Producteur exécutif du studio interactif de l'Office National du Film — ONF (Canada)
- Tauk, Paul** : Directeur de la plateforme Neumann (Liban)

Tinto, Teg-Wende Idriss : Ingénieur logiciel, ambassadeur de la fondation OKFN (Burkina Faso)

Vallerand, Charles : Consultant, expert en culture numérique (Canada-Québec)

Vanherf, Jérôme : Directeur de programme chez Lean Square et co-fondateur de Wallifornia MusicTech (Fédération Wallonie-Bruxelles)

Vlassis, Antonios : Professeur et chercheur à l'Université de Liège, spécialisé en culture, commerce et technologies numériques (Fédération Wallonie-Bruxelles)

Walfisz, Pierre : Producteur de musique (France)

Wanderley, Marcelo : Professeur et chercheur en technologie musicale à l'Université McGill (Canada-Québec)

Zajéga, François : Artiste numérique (Fédération Wallonie-Bruxelles)

Zoghliami, Mohamed : Consultant en IA et industries créatives, co-fondateur d'Afric'up (Tunisie)

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- Amato, G. et al.** (2019) *AI in the media and creative industries*, NEM.
URL : <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1905/1905.04175.pdf>
- ASGARD** (2018) "Global Artificial Intelligence Landscape".
URL : <https://asgard.vc/global-ai>
- Atawo Consulting** (2019) *Intelligence artificielle — État de l'art et perspectives pour la France*.
URL : https://www.cget.gouv.fr/sites/cget.gouv.fr/files/atoms/files/2019-02-intelligence-artificielle-etat-de-l-art-et-perspectives_0.pdf
- Avin, S. et al.** (2018) *The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation*, Future of Humanity Institute.
URL : <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1802/1802.07228.pdf>
- Bacciarelli, A. et al.** (2018) *The Toronto Declaration: Protecting the rights to equality and non-discrimination in machine learning systems*.
URL : <https://www.accessnow.org/cms/assets/uploads/2018/05/Toronto-Declaration-DOV2.pdf>
- Benhamou, S. ; Janin, L.** (2018) *Intelligence artificielle et travail, Paris, France stratégie*.
URL : https://strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-rapport-intelligence-artificielle-28-mars-2018_0.pdf
- Bensamoun, A. ; Loiseau, G.** (2019) *Droit de l'intelligence artificielle*, Paris, LGDJ.
- Bremme, K.** (2019) *IA dans les médias, un peu, beaucoup, passionnément ? Une cartographie des applications d'Intelligence artificielle, Méta-Media*.
URL : <https://www.meta-media.fr/2019/05/26/ia-dans-les-medias-un-peu-beaucoup-passionnement-une-cartographie-des-applications-dintelligence-artificielle.html>
- CIFAR** (2019) *Rapport annuel de la Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle*. URL : https://www.cifar.ca/docs/default-source/ai-reports/ai-annualreport2019_fr_web.pdf?sfvrsn=244ded44_17
- Commission Européenne** (2018a) *Artificial Intelligence for Europe : Communication*, Brussels. URL : http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=51625
- Commission Européenne** (2018 b) *The European AI Landscape. Workshop Report*.
URL : http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=51262
- Conseil de l'Union européenne** (2019) *Conclusions sur le plan coordonné dans le domaine de l'intelligence artificielle*.
URL : <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6177-2019-INIT/fr/pdf>

- Damiano, L. ; Dumouchel, P.** (2016) *Vivre avec les robots. Essai sur l'empathie artificielle*, Paris, Seuil.
- « Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'IA » (2018)
URL : <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com>
- Digital Luxembourg** (2019) *Intelligence artificielle : une vision stratégique pour le Luxembourg*.
URL : <https://gouvernement.lu/dam-assets/fr/publications/rapport-etude-analyse/minist-digitalisation/Intelligence-artificielle-une-vision-strategique-pour-le-Luxembourg.pdf>
- Ding, J.** (2018) *Deciphering China's AI Dream*, Future of Humanity Institute and University of Oxford. URL : https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/Deciphering_Chinas_AI-Dream.pdf
- Dutton, T.** (2018) *Rapport sur les stratégies nationales et régionales en matière d'IA*, CIFAR.
URL : https://www.cifar.ca/docs/default-source/ais-francais/buildinganaiworld_fr.pdf
- Element AI** (2019) *Rapport mondial 2019 sur les talents en IA*.
URL : <https://fjgagne.ai/rapport-mondial-2019-sur-les-talents-en-ia/>
- European Group on Ethics in Science and New Technologies** (2018)
Artificial Intelligence, Robotics and 'Autonomous' Systems, Brussels.
URL : http://ec.europa.eu/research/ege/pdf/ege_ai_statement_2018.pdf
- Ganascia, J. G.** (2017) *Intelligence artificielle, vers une domination programmée*, Paris, Le Cavalier Bleu Editions.
- Goodfellow, I. ; Bengio, Y. ; Courville, A.** (2016) *Deep Learning*, MIT Press.
URL : <http://www.deeplearningbook.org>
- INAGLOBAL** (2018) *L'IA dans les médias, on y est déjà*.
URL : <https://larevuedesmedias.ina.fr/series/lia-dans-les-medias-y-est-deja>
- INRIA** (2016) *Intelligence artificielle : Les défis actuels et l'action d'INRIA*.
URL : <https://www.inria.fr/medias/inria/documents/livre-blanc-ia>
- Kulesz, O.** (2018) *Culture, machines et plateformes : l'intelligence artificielle et son impact sur la diversité des expressions culturelles*, Paris, UNESCO.
URL : https://en.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/12igc_inf4_fr.pdf
- MICROSOFT** (2018) *Intelligence artificielle : guide de survie*.
URL : <https://info.microsoft.com/rs/157-GQE-382/images/FR-CNTNT-eBook-MicrosoftLivrebancGuidedesurviedellIntelligenceArtificielle.pdf>

- Pfeiffer, A.** (2018) *Creativity and technology in the Age of AI*.
URL : <https://www.pfeifferreport.com/wp-content/uploads/2018/10/Creativity-and-technology-in-the-age-of-AI.pdf>
- Serris, J.** (coord.) (2018) *L'intelligence artificielle : un enjeu d'économie et de civilisation ?*, Les Annales des Mines.
URL : <http://www.anales.org/enjeux-numeriques/2018/en-01-03-18.pdf>
- Soudoplatoff, S.** (2018) *L'intelligence artificielle : l'expertise partout accessible à tous*, Paris, Fondapol. URL : http://www.fondapol.org/wp-content/uploads/2018/02/122-SOUDOPLATOF_2018-02-16_web.pdf
- UNESCO – NETEXPLO** (2018) *Human Decisions. Thoughts on AI*, Paris.
URL : <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002615/261563e.pdf>
- UNESCO – World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST)** (2017) *Robotics Ethics*.
URL : <http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002539/253952e.pdf>
- Villani, C.** (2018) *Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne*.
URL : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/docfra/rapport_telechargement/var/storage/rapports-publics/184000159.pdf
- Web Foundation** (2017a) *Artificial Intelligence: The Road Ahead in Low and Middle-Income Countries*.
URL : https://webfoundation.org/docs/2017/07/AI_Report_WF.pdf
- Web Foundation** (2017 b) *Artificial Intelligence: Starting the policy dialogue in Africa*.
URL : <http://webfoundation.org/docs/2017/12/Artificial-Intelligence-starting-the-policy-dialogue-in-Africa.pdf>
- World Economic Forum** (2018) *How to Prevent Discriminatory Outcomes in Machine Learning*, Geneva.
URL : http://www3.weforum.org/docs/WEF_40065_White_Paper_How_to_Prevent_Discriminatory_Outcomes_in_Machine_Learning.pdf
- World Wide Web Foundation** (2017) *Algorithmic Accountability: Applying the Concept to Different Country Contexts*.
URL : https://webfoundation.org/docs/2017/07/Algorithms_Report_WF.pdf

