



Département Génie Industriel



# Projet Bibliographique

## La créativité artificielle

*Réalisé par :*

Mahdi Cheikhrouhou

Mohamed Issa

### *Encadré par :*

Marouane Ben Miled

1A Techniques Avancées

*Année universitaire* : 2019/2020

# Table des matières

<b>Remerciement</b>	<b>2</b>
<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>1 Définitions et principe de fonctionnement de l'intelligence artificielle</b>	<b>5</b>
1.1 Définition de l'intelligence . . . . .	5
1.2 Définition de la créativité . . . . .	5
1.3 Intelligence artificielle . . . . .	6
1.3.1 Définition . . . . .	6
1.3.2 Comment ça fonctionne . . . . .	6
<b>2 Critères d'intelligence et de créativité de la machine</b>	<b>8</b>
2.1 Test de Turing . . . . .	8
2.1.1 Test de Turing : Origine et explication . . . . .	8
2.1.2 Programmes ayant réussi le test de Turing . . . . .	9
2.1.3 Des critiques du test de Turing . . . . .	10
2.2 Test de Lovelace . . . . .	10
2.3 Conclusion . . . . .	12
<b>3 Exploits de l'intelligence artificielle</b>	<b>13</b>
3.1 Création Graphique . . . . .	13
3.1.1 GANs et CANs . . . . .	13
3.1.2 Tableaux artificiels . . . . .	14
3.2 Création Musicale . . . . .	16
3.3 Création textuelle . . . . .	19
3.4 Conclusion . . . . .	20
<b>4 Créativité ou mimétisme .. ?</b>	<b>21</b>
4.1 La créativité : une caractéristique humaine . . . . .	21
4.2 Critique graphique . . . . .	22
4.3 Critique musicale . . . . .	22
4.4 Critique textuelle . . . . .	22
<b>Conclusion</b>	<b>24</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>24</b>

# Table des figures

1.1	Réseaux de neurones artificielle (towardsdatascience.com) . . . . .	7
2.1	Photo de Alan turing à l'âge de 16 ans (turingarchive.com) . . . . .	9
2.2	Schéma explicatif du test de turing (botsociety.io) . . . . .	9
2.3	Eugene Goostman (document [23]) . . . . .	10
2.4	John Searle (peoplepill.com) . . . . .	11
2.5	Selmer Bringsjord (homepages.rpi.edu) . . . . .	11
2.6	Ada Lovelace (biography.com) . . . . .	12
2.7	Mark Riedl (twitter.com) . . . . .	12
3.1	Schéma explicatif du méthode GANs (docuement [1]) . . . . .	14
3.2	Tableaux générés par CANs (document [25]) . . . . .	14
3.3	Edmond de Belamy (document [30]) . . . . .	15
3.4	Signature du programme (document [30]) . . . . .	15
3.5	les 4 voix (document [20]) . . . . .	17
3.6	Modèle statistique (document [20]) . . . . .	17
3.7	Histogramme des votes (document [20]) . . . . .	18
3.8	Schéma explicatif de RNN (document [24]) . . . . .	19

# **Remerciement**

Nous tenons avant tout à remercier monsieur Marouane Ben Miled qui nous a encadrés tout au long de l'élaboration de notre projet bibliographique, qui a toujours été présent pour éclaircir certains points et nous donner des conseils importants. Nous exprimons de même toute notre gratitude à madame Jamila Guiza qui nous a aidés à structurer et enchaîner nos idées. Nous tenons à la remercier pour son temps précieux et ses remarques constructives.

Nous remercions également madame Hedia Chaker, responsable de la filière techniques avancées, pour ses encouragements.

Enfin, nous exprimons notre gratitude envers nos camarades de classe, qui, par leurs remarques et critiques, ont contribué à l'élaboration de ce rapport.

# Introduction

On constate dans notre monde contemporain l'omniprésence de l'emploi des technologies avancées dans maintes domaines où l'intelligence artificielle (l'IA) s'impose comme étant le premier acteur de cet essor technologique. En effet, le domaine d'application de l'IA couvre un spectre assez large. Il s'étend à la sécurité informatique(*cyber security*) et les technologies de l'information(IT), à la détection des fraudes ainsi qu'à la reconnaissance des formes qui a permis de développer les voitures autonomes. Cette multitude d'applications n'aurait pas été possible sans l'augmentation de la capacité de stockage de l'information qui a permis de stocker des amas de données (*data*) et a conduit à développer les techniques de l'apprentissage automatique des machines.

Ce progrès technique gouverné par la machine nous a amené à inspecter la capacité de l'IA de faire preuve de créativité qui est digne de l'intelligence humaine et qui a resté pour longtemps l'oeuvre de la capacité artistique humaine qui s'accorde intimement à l'aspect sentimental et à l'activité cognitive. Mais avec l'apprentissage automatique, on peut s'attendre à des oeuvres créatives que peut offrir la machine dont on va citer quelques exemples comme étant des exploits de l'IA. Afin de mesurer l'intelligence et la créativité des machines, des tests ont été mis en place avec des critères bien précis que doit satisfaire la machine. Cependant jusqu'aujourd'hui aucun programme et aucune machine performante n'a parvenu à réussir le test de la créativité ce qui nous laisse penser à un éventuel manque dans l'aspect créatif des machines qui sera critiqué pour dévoiler ses limites. Cette recherche d'une créativité parfaite émanante des machines laisse le débat encore ouvert à propos du niveau de la créativité de l'intelligence artificielle.

Face à une telle constatation on trouve la légitimité de se demander :

*-A quel niveau la machine peut-elle être créative ?*

# Chapitre 1

## Définitions et principe de fonctionnement de l'intelligence artificielle

### 1.1 Définition de l'intelligence

En s'appuyant sur les documents [4, 9] le mot «intelligence» peut être défini comme suit :

Le terme «intelligence» provient du mot latin «intellegentia» qui désigne la faculté de comprendre et qui dérive du mot latin «intellegere»(comprendre) dont le préfixe «inter»(entre) et le radical «legere»(choisir) signifient ensemble l'aptitude à trouver une liaison entre un ensemble d'éléments. Bien que sa définition demeure aujourd'hui liée au domaine où on la traite, le mot «intelligence» désigne en toute généralité le potentiel des capacités mentales et cognitives permettant à un individu de résoudre un problème ou de s'adapter à son environnement. On parle d'intelligence pratique, collective, émotionnelle et même d'intelligence économique.

### 1.2 Définition de la créativité

La créativité est définie d'après le document [22] comme étant la capacité à réaliser une production que ce soit une idée ou un objet adaptée à l'environnement où elle s'exprime. Cette production doit répondre à un certain nombre de critères :

**Le critère de la nouveauté :** L'oeuvre est jugée créative lorsqu'il émane de la nouveauté et de l'originalité.

**Le critère de la valeur :** Une production est créative lorsqu'elle introduit de l'utilité pour un individu ou un groupe. Elle peut même influencer l'environnement et lui porter de la transformation.

La créativité prend essentiellement trois formes :

**La créativité combinatoire** : C'est la production de nouvelles liaisons et combinaisons entre des idées acquises au préalable.

**La créativité exploratoire** : Elle consiste à faire évoluer et apporter quelque chose de nouveau dans un cadre donné.

**La créativité transformationnelle** : Elle consiste à faire bouleverser et révolutionner un espace de pensée existant déjà pour apporter un autre de nouveau.

## 1.3 Intelligence artificielle

### 1.3.1 Définition

L'intelligence s'étend aux machines où on parle de l'intelligence artificielle (IA) qui est définie en se référant au document [5] comme étant la capacité d'un ordinateur numérique ou d'un robot contrôlé par ordinateur à effectuer des tâches couramment associées aux êtres intelligents. Le terme est utilisé dans le contexte de développement de systèmes dotés de processus intellectuels caractéristiques des humains tels que la capacité de raisonner, de découvrir du sens, de généraliser ou d'apprendre de l'expérience passée.

### 1.3.2 Comment ça fonctionne

Le principe de fonctionnement de l'intelligence artificielle fait appel à des outils mathématiques appliqués dans un cadre informatique afin de simuler au maximum l'intelligence humaine.

L'apprentissage de la machine est donné dans les documents [2, 17]. Il se fait à travers deux méthodes :

Le **machine learning** offre aux systèmes la capacité d'apprendre automatiquement en donnant l'accès à des tas de données énormes. Ceci les aide à s'améliorer progressivement à partir de l'expérience sans être explicitement programmés et sans aucune intervention humaine.

Le **deep learning** qui imite le fonctionnement du cerveau humain. Il est basé sur des réseaux de neurones artificielles (Figure 1.1) et la dénomination de «*deep*» qui veut dire profond reflète l'emploi de plusieurs niveaux de couches de neurones. Ce réseau de neurones constitue une machine virtuelle composée de milliers d'unités dont chacune est chargée de faire des petits calculs simples. Le rôle du «*deep learning*» est de détecter des modèles dans les données pour prendre des décisions.

Ces techniques sont employées dans deux types d'apprentissage pour les machines :

**Apprentissage supervisé** : Dans ce mode d'apprentissage on donne au programme des milliers de données étiquetées qu'on connaît au préalable. Et avec l'entraînement le programme arrive à détecter tout seul des éventuelles

données similaires. Ceci est employé dans la détection et la classification d'objets.

**Apprentissage non supervisé** : On donne au programme un ensemble de données non étiquetées et c'est à lui de les classer en catégories en essayant de trouver des caractéristiques communes. Ce mode d'apprentissage est appliqué surtout dans les systèmes de recommandation.

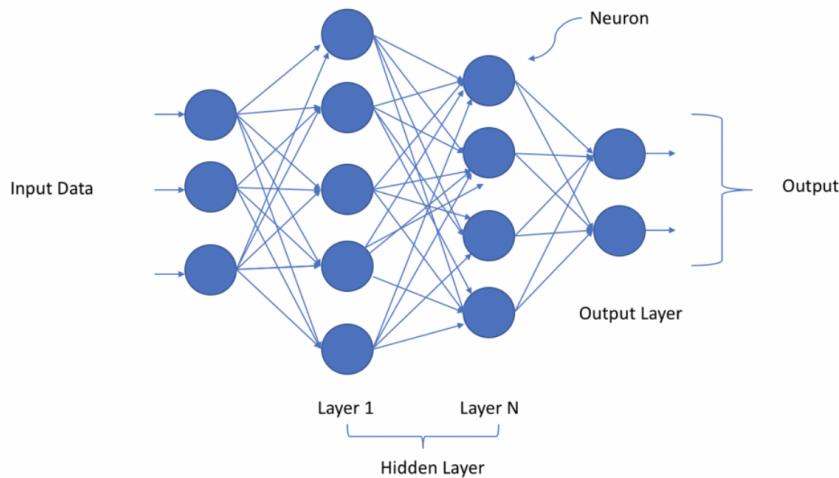


FIGURE 1.1 – Réseaux de neurones artificielle ([towardsdatascience.com](http://towardsdatascience.com))

Après avoir défini le principe de fonctionnement de l'intelligence artificielle ainsi que la créativité, on se ramène à développer la partie suivante qui n'est autre qu'une réponse à la question : Quels sont les critères suivant lesquels on peut juger si une machine est intelligente et si elle dénote une sorte de créativité ?

# Chapitre 2

## Critères d'intelligence et de créativité de la machine

### 2.1 Test de Turing

Cette section est développée en s'appuyant sur le document [14].

#### 2.1.1 Test de Turing : Origine et explication

Le **test de Turing** (Figure 2.2) est un test d'intelligence informatique qui a été créé en 1950 par **Alan Turing**<sup>1</sup> (Figure 2.1). Il a été présenté la première fois dans son article « *Computing Machinery and Intelligence* » publié en 1950. C'était une réponse à une question posée par Alan Turing dans laquelle il s'est interrogé : «*Si les machines sont capables d'imiter les comportements humains, seraient-elles capables de penser?*». Face à cette question théorique Turing a proposé son fameux test dont l'objectif est d'identifier l'intelligence de la machine. Il est inspiré du «*jeu d'imitation*» joué lors des fêtes britanniques à l'époque où un homme et une femme se cachent dans deux pièces différentes et chacun essaye de convaincre les invités qu'il s'agit de l'autre personne à travers des questions posées à lesquelles ils répondent à l'écrit. Le principe du test de Turing consiste à remplacer l'un des deux humains par **une machine** et les invités par un juge qui essaye de deviner qui est la machine. La machine est considérée intelligente dès qu'elle est capable de convaincre au moins 30% des juges.

---

1. Alan Turing, Alan Mathison Turing, (né le 23 juin 1912, Londres, Angleterre - décédé le 7 juin 1954, Wilmslow, Cheshire), mathématicien et logicien britannique, qui a apporté une contribution majeure aux mathématiques, à la cryptanalyse, à la logique, à la philosophie et à la biologie mathématique et aussi dans les nouveaux domaines nommés plus tard l'informatique, les sciences cognitives, l'intelligence artificielle et la vie artificielle.

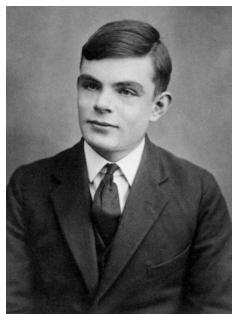


FIGURE 2.1 – Photo de Alan turing à l'âge de 16 ans (turingarchive.com)

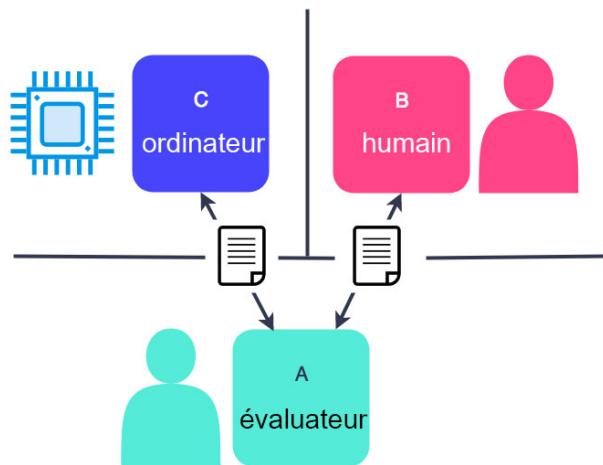


FIGURE 2.2 – Schéma explicatif du test de turing (botsociety.io)

### 2.1.2 Programmes ayant réussi le test de Turing

Dès l'apparition du test de Turing les chercheurs ont commencé à développer des programmes afin de réussir le test dont les plus remarquables sont :

**Eliza** : C'est un programme qui a été crée en 1966 par Joseph Weizenbaum<sup>2</sup>. Il a été en mesure d'examiner un texte en cherchant des mots-clés à partir desquels il formule une réponse cohérente. Ce programme a parvenu à persuader plusieurs personnes qu'il n'a pas été une machine et c'était le premier programme à parvenir à passer le test de Turing.

**Parry** : Parry a été crée en 1972 par Kenneth Colby<sup>3</sup>. C'est un programme similaire à celui d'Eliza mais il imite le comportement d'un schizophrène. Le test de Turing pour ce programme consiste à analyser des discours avec des patients et des ordinateurs par des psychiatres et d'identifier qui sont les humains. Ce programme a fait trompé 52% de psychiatres !

2. Joseph Weizenbaum (né à Berlin le 8 janvier 1923 et mort à Berlin le 5 mars 2008) est un informaticien germano-américain. Il a été professeur d'informatique au MIT.

3. Kenneth Mark Colby (1920 - 20 avril 2001) était un psychiatre américain dédié à la théorie et à l'application de l'informatique et de l'intelligence artificielle à la psychiatrie.

**Eugene Goostman** : (Figure 2.3) Ça présente un garçon de 13 ans mais en tant que programme informatique développé par Vladimir Veselov en juin 2014. Il a utilisé l'humour et des erreurs linguistiques qu'un garçon de 13 ans peut faire pour tromper 33% des juges et par suite passer le test de Turing dans un évènement mémorable qui a coïncidé avec la 60ème commémoration de la mort de Turing .



FIGURE 2.3 – Eugene Goostman (document [23])

### 2.1.3 Des critiques du test de Turing

Dès son apparition le Test de Turing a été critiqué plusieurs fois. Les détracteurs de ce test trouvent qu'il évalue la capacité des machines à simuler le comportement des humains lors des conversations sans qu'elles comprennent les paroles. Telle est le cas d'Eliza que John Searle<sup>4</sup> a trouvé incapable de penser ou même de simuler l'acte de penser et que la capacité de ces programmes se résume dans la manipulation des symboles d'une manière adéquate selon les questions de l'interrogateur. Il a donné un exemple, connu sous le nom de «*salle chinoise*», qui présente une personne dans une pièce disposant d'un livre d'instructions en anglais pour manipuler les symboles chinois. La personne peut nous montrer qu'elle est capable de bien écrire en chinois sans même savoir ce qu'elle écrit, ce qui est très similaire au test de Turing. Pour lui, l'intelligence artificielle n'est pas liée à la réussite du test de Turing et le fait que les ordinateurs ne penseront jamais comme des humains parce que le sens dans le mot que nous disons est particulier et lié aux neurones biologiques humains que l'ordinateur n'aura jamais.

## 2.2 Test de Lovelace

L'insuffisance du test de Turing à juger la créativité des machines selon plusieurs scientifiques a conduit à l'apparition d'un nouveau test : «**le test de Lovelace**». D'après le document [19] il a été conçu au début des années 2000 par

4. John Searle (Figure 2.4) est un philosophe américain largement connu pour ses contributions à la philosophie du langage, à la philosophie de l'esprit et à la philosophie sociale

Bringsjord<sup>5</sup> et une équipe d'informaticiens en hommage à Ada Lovelace<sup>6</sup>. Le logiciel passe le test s'il est capable de produire un résultat que son programmeur n'arrive pas à expliquer. A ce moment là, on peut dire que le logiciel est créatif puisqu'il a introduit une nouveauté inexplicable. Ce test a été amélioré après en une nouvelle version par Mark Riedl<sup>7</sup> : «**le Lovelace 2.0**» où à cette fois un juge connaît au préalable qu'il examine une machine à laquelle il demande de développer un artefact créatif à partir d'un ensemble de critères artistiques qui nécessitent une intelligence humaine pour fournir une oeuvre créative. L'évaluateur examine le résultat et si l'artefact satisfait aux critères demandés, l'examinateur refait plusieurs tests à la machine jusqu'à ce qu'elle échoue ou que l'évaluateur soit satisfait des résultats et enfin un score sera attribué à la machine pour caractériser sa créativité.

Jusqu'aujourd'hui aucune machine n'a parvenu à réussir ce type de test ce qui fait accélérer les recherches dans le domaine d'intelligence artificielle en terme de créativité.

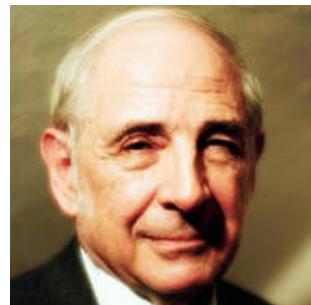


FIGURE 2.4 – John Searle (peoplepill.com)



FIGURE 2.5 – Selmer Bringsjord (homepages.rpi.edu)

---

5. Selmer Bringsjord (Figure 2.5) est un professeur aux départements de sciences cognitives et d'informatique de l'Institut polytechnique Rensselaer.

6. Ada Lovelace(Figure 2.6), Ada King, (née le 10 décembre 1815, Peccadille Terrace, Middlesex [maintenant à Londres], Angleterre - décédée le 27 novembre 1852, Marylebone, Londres), mathématicienne anglaise, elle a été la première programmeuse informatique.

7. Mark Riedl (Figure 2.7) est professeur agrégé au College of Computing



FIGURE 2.6 – Ada Lovelace (biography.com)



FIGURE 2.7 – Mark Riedl (twitter.com)

## 2.3 Conclusion

En bref, on ne peut pas se passer du test de Turing pour juger le degré d'intelligence d'une machine ou d'un programme. Mais ce test ne nous donne pas une idée à propos de la capacité créative ce qui nous a amené à avoir recours à un nouveau test qui est celui de Lovelace.

A ce niveau on peut se demander : Y'a-t-il des œuvres artistiques introduites par l'IA ayant un certain aspect créatif ?

# Chapitre 3

## Exploits de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle parvient à envahir plusieurs axes qu'on a cru être attribués seulement à la capacité humaine. Le spectre d'application de l'IA est très large et couvre plusieurs domaines d'applications comme la peinture, la musique et la littérature.

### 3.1 Crédit Graphique

#### 3.1.1 GANs et CANs

La création des images par les machines intelligentes se fait par le biais de deux types primordiaux de réseaux de neurones. Ce sont les GANs(*Generative Adversarial Networks*) et les CANs(*Creative Adversarial Networks*). Pour comprendre les CANs, il vaut mieux commencer par expliquer le fonctionnement des GANs en s'aidant du document [25] .

Les GANs<sup>1</sup> (Figure 3.1) présentent un réseau de neurones qui est constitué lui-même par deux réseaux de neurones : le Générateur et le Discriminateur qui se comportent comme des adversaires. Le rôle du Générateur est de créer des images qu'il envoie au Discriminateur qui est lié à une base de données contenant des images réelles à partir de laquelle il reçoit un ensemble d'images et en les comparant avec les images reçues du Générateur il essaye de deviner lesquels des images sont réelles et lesquels sont produites par le Générateur. Suite à cette opération, le Générateur reçoit les identifiants des images qui ont été démasquées par le Discriminateur qui reçoit à son tour les identifiants des images sur lesquelles il s'est trompé. L'itération de ce processus à maintes reprises fait améliorer les algorithmes. En effet, le Générateur crée des images qui sont plus réalistes et le Discriminateur développe sa capacité à distinguer les images réelles de celles produites par le Générateur. Ce processus fait partie du cadre d'apprentissage non supervisé où il n'y a aucune intervention de l'être humain.

Les CANs sont basés essentiellement sur les GANs sauf qu'il y a une spécificité additionnelle. Le Discriminateur fait différencier les images réelles de celles produites par le Générateur mais il essaye aussi de classifier les images en plusieurs styles ar-

---

1. La technologie GAN (*Generative Adversarial Networks*) a été introduite en 2014 par Ian Goodfellow

tistiques qui rend la tâche un peu plus difficile par rapport à celle du Discriminateur des GANs.

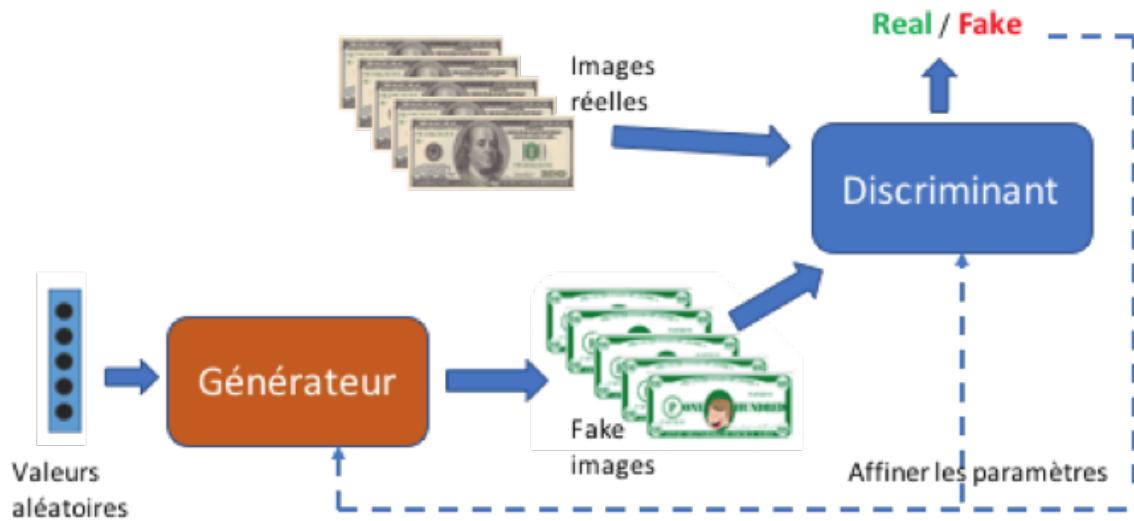


FIGURE 3.1 – Schéma explicatif du méthode GANs (docuement [1])

### 3.1.2 Tableaux artificiels

Les premières images (Figure 3.2) ci-dessous présentent les premières images qui ont été récemment créées par une machine intelligente à l'aide de GANs en Septembre 2017. Et bien que ça résulte d'un entraînement de GANs en utilisant plusieurs styles artistiques, les tableaux générés témoignent de la créativité artistique dans la mesure où elles ne s'approchent significativement à aucun style particulier.



FIGURE 3.2 – Tableaux générés par GANs (document [25])

Une application des GANs se manifeste dans le fameux «**Portrait d'Edmond de Belamy**» qui est l'oeuvre du collectif Obvious<sup>2</sup> qui est produite en 2018. Ce portrait présente, comme indiqué dans le document [30], un personnage d'une famille bourgeoise fictive des XVIIIème ou XIXème siècle «les Belamy». Pierre Fautrel a indiqué que le logiciel qui est à l'origine de cette toile a été nourri par 15.000 portraits classiques des XIVème au XXème siècle à l'issu desquelles le logiciel a fourni des nouvelles images dont 11 ont été choisies pour constituer la famille Belamy. En bas du portrait on remarque une formule mathématique qui est la signature du programme créant le portrait. Cette oeuvre a été vendue à un prix de 432.500 dollars qui est estimé à plus que 380.000 euros.

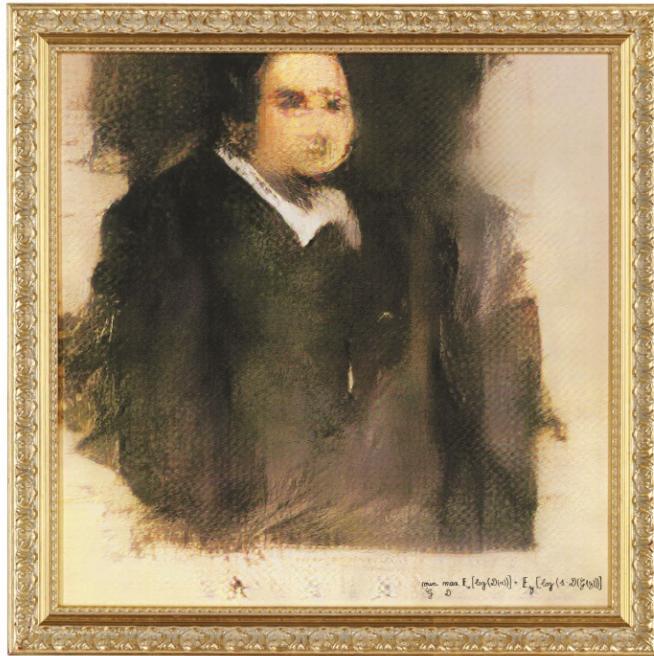


FIGURE 3.3 – Edmond de Belamy (document [30])

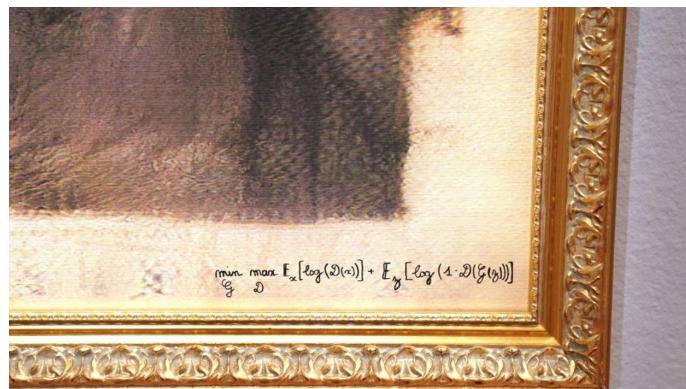


FIGURE 3.4 – Signature du programme (document [30])

---

2. Il s'agit d'un collectif composé de trois personnes, Pierre Fautrel, Hugo Caselles-Dupré et Gauthier Vernier, basés à Paris, France.

## 3.2 Création Musicale

Grâce à l'évolution de l'intelligence artificielle, on constate des apports prodigieux qui déclinent dans le domaine musical dont on cite quelques exemples :

**EMI** : l'EMI(«Experiments in Musical Intelligence») a été développé d'après [13] par David Cope<sup>3</sup> en 1980 pour créer de la musique classique. Le principe de ce système de composition musicale est basé sur des études probabilistes en utilisant les chaînes de Markov. L'intention de David derrière la création d'EMI a été de créer un programme capable de générer ses propres morceaux musicaux. EMI a été nourri de plusieurs musiques comme celles de Vivaldi<sup>4</sup> qui ont été analysées par le programme afin de repérer les motifs et les règles qui vont servir à créer les nouvelles compositions qui s'approchent au style du compositeur. David s'est allé encore plus loin avec son logiciel. En effet, il a inventé un nouveau programme «**Emily Howell**» qui fonctionne de la même manière que EMI mais il l'a nourri avec les compositions d'EMI ce qui a donné un style un peu proche du style contemporain. Le premier album d'Emily Howell a été publié en 2010.

**Flow Machines** : C'est un logiciel capable de capturer le style d'un ensemble de compositions et de le développer afin de créer des pièces musicales qui sont à la fois nouvelles et dans le même style. Ce logiciel sert à imiter plusieurs styles de musique comme le jazz, le pop et voire même les plus difficiles comme la musique classique. Prenons l'exemple donné par François Pachet<sup>5</sup> lors de sa conférence [20] où il a expliqué le processus complexe derrière la composition musicale artificielle d'un choral de Bach<sup>6</sup> qui est formé par 4 voix(des quadri-séquences) (Figure 3.5). Le principe du fonctionnement du «*flow Machine*» est basé sur le *Deep Learning* (sous-section 1.3.2). Il consiste à fournir en entrée plusieurs séquences musicales à la machine à partir desquelles elle fait une modélisation statistique (Figure 3.6) en s'intéressant aux corrélations entre les notes et à considérer les positions des notes comme un système physique auquel s'effectue une étude probabiliste pour fournir un modèle de référence. Ce modèle sert ensuite au logiciel d'approcher ses propres compositions à un genre musical particulier. Des tests ont été faits par François Pachet sur des experts en musique classique pour essayer de différencier les notes originaux de Bach et celles produites par l'intelligence artificielle ce qui a conduit à une sorte de confusion en essayant de distinguer la musique originale de Bach de celle produite par l'IA. En effet, après avoir entendu un morceau musical du Deep Bach produit par un artiste ou une machine, des professionnels ont été invités à deviner par vote s'il est artificiel ou pas sans le savoir à l'avance. Suite à cette expérience on a constaté que même les professionnels n'ont même pas pu trancher quant à l'origine

3. David Cope (né le 17 mai 1941 à San Francisco, Californie) est un auteur, compositeur, scientifique et ancien professeur de musique américain à l'Université de Californie à Santa Cruz.

4. Antonio Lucio Vivaldi (4 mars 1678 - 28 juillet 1741) était un compositeur musical baroque italien, violoniste virtuose, professeur et prêtre.

5. François Pachet dirige le SONY Computer Science Laboratory Paris où il conduit des recherches sur la créativité en musique.

6. Johann Sebastian Bach (31 mars 1685 - 28 juillet 1750) était un compositeur et musicien allemand de la période baroque.

des morceaux le comme le montre les diagrammes de la figure 3.7 représentant les résultats des votes des expériences d'écoute qu'a menées François Pachet.

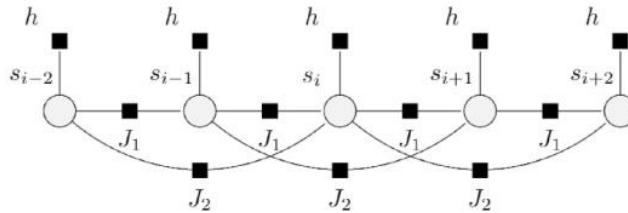
Le «*Flow Machines*» a été aussi récemment utilisé pour produire l'album «**Hello World**» réalisé en France et qui a été lancé en Janvier 2018. La nouveauté et l'originalité de ce projet ont attiré l'attention de plusieurs musiciens francophones et internationaux.

Wer nur den lieben Gott lässt walten  
BWV 434

J.S. Bach

FIGURE 3.5 – les 4 voix (document [20])

### Capturer les corrélations binaires: modèles Max Entropy



$$P(s_1, \dots, s_N) = \frac{1}{Z} \exp(-\mathcal{H}(s_1, \dots, s_N)) \quad (3)$$

where  $\mathcal{H}$  is called the Hamiltonian and is a sum of “potentials” each corresponding to one of the above constraints

$$\begin{aligned} \mathcal{H}(s_1, \dots, s_N) &= \\ -\sum_{i=1}^N h(s_i) &- \sum_{k=1}^{K_{\max}} \sum_{\substack{i,j \\ |i-j|=k}} J_k(s_i, s_j) . \end{aligned} \quad (4)$$

FIGURE 3.6 – Modèle statistique (document [20])

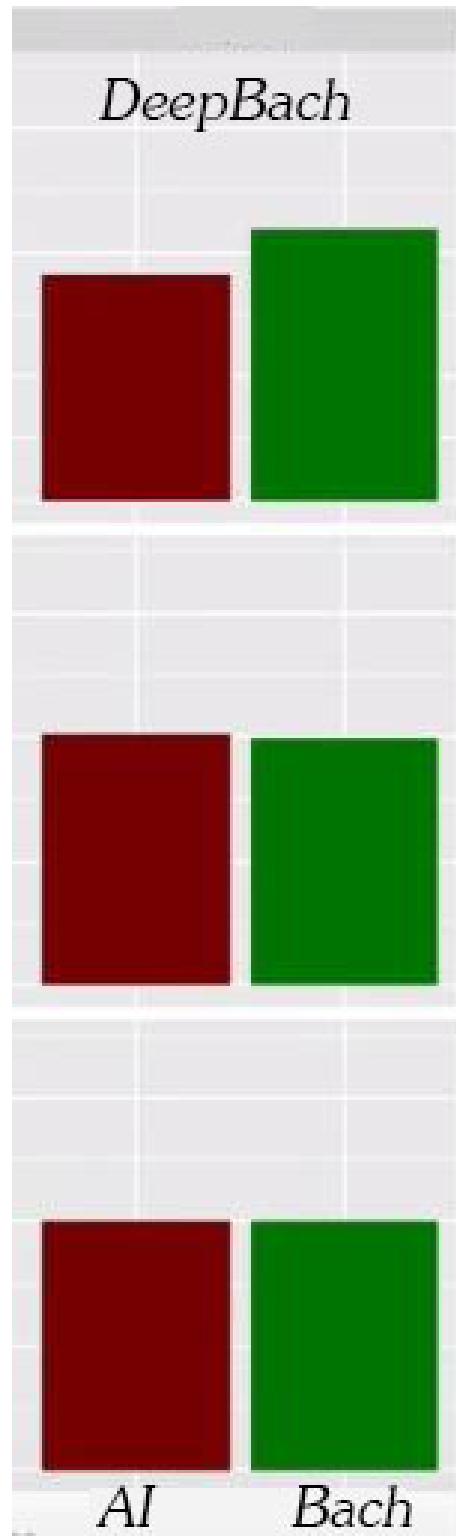


FIGURE 3.7 – Histogramme des votes (document [20])

### 3.3 Création textuelle

le développement rapide de l'intelligence artificielle au cours des dernières décennies et la croissance importante du nombre d'algorithmes et de la puissance des ordinateurs ont aide l'intelligence artificielle à creuser son chemin vers la littérature qui est appele littérature artificielle.

En se référant au document [24] , on note que le principal algorithme qui a rendu cela possible est le «**RNN**» (*Recurrent Neural Network*). Il se compose de réseaux de neurones artificielles bases sur le «*Deep Learning*» (section 1.3.2) mais avec une différence importante. Cet algorithme, realise par Hochreiter<sup>7</sup> et Schmidhuber<sup>8</sup> en 1997, utilise le «**LSTM**» (*Long short-term memory*) dans son processus. On lui donne d'abord un énorme ensemble de données pour l'entranier à apprendre des mots . Puis, on lui donne 2 paramètres (M,T). Le nombre M est le nombre de caractères utilisés. Par exemple M=26 si on utilise les caractères de l'anglais et la période de temps T présente le nombre des caractères à prendre en considération pour prévoir le caractère suivant. Le programme débute à partir d'une séquence de caractères dont le but est de deviner les prochains caractères. Le programme voit les T derniers caractères écrits à partir desquels il donne le caractère le plus probable pour compléter la séquence (Figure 3.8). Cette approche utilise de nombreux concepts mathématiques et probabilistes complexes.

Cet algorithme a été utilisé récemment en 2016 pour écrire le premier scénario d'un court-métrage de science-fiction intitulé «**Sunspring**». Ce scénario a été écrit par le programme «**Benjamin**» qui a été nourri par plusieurs scénarios de films de science-fiction qui datent depuis 1980 comme mentionné dans [27] et a été aussi mis en scène par des acteurs dans le festival britannique de science-fiction à Londres.

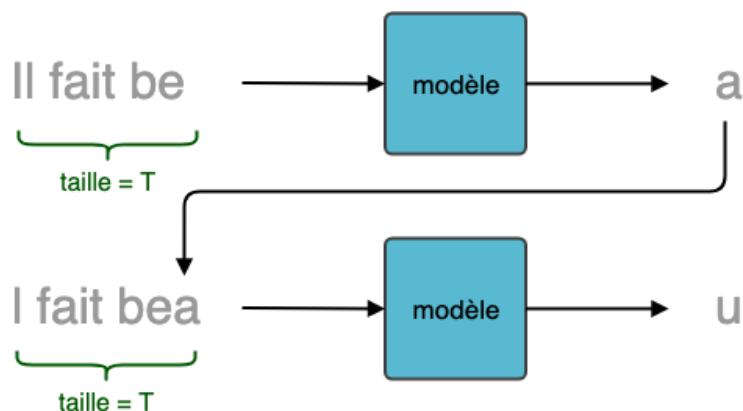


FIGURE 3.8 – Schéma explicatif de RNN (document [24])

7. Sepp Hochreiter (né 1967) est un informaticien allemand.

8. Jürgen Schmidhuber (né 1963) est un informaticien le plus connu pour son travail dans le domaine de l'intelligence artificielle, du deep learning et des réseaux de neurones artificiels.

### **3.4 Conclusion**

En résumé, le développement des différentes techniques de l'intelligence artificielle a contribué à des applications dans les domaines artistiques témoignant d'une large diversité. Les œuvres qui en déclinent ont même parvenu à faire tromper les plus professionnels.

Face à cette situation la question qui se pose : Ces œuvres sont-ils réellement créatives ? Ou ce n'est qu'une simple imitation des styles artistiques déjà existants ?

# Chapitre 4

## Créativité ou mimétisme .. ?

### 4.1 La créativité : une caractéristique humaine

Malgré les recherches acharnées qui ont été menées dans le but de faire preuve d'un certain niveau de créativité révélée par les machines comme nous les avons mentionnées précédemment, des experts en IA renoncent à l'idée de pouvoir créer une machine créative aujourd'hui avec les moyens scientifiques et techniques dont on dispose et ils insistent sur le fait d'attribuer la créativité à l'être humain. La machine est faite d'une manière qu'elle soit obéissante aux demandes de l'utilisateur et la créativité exige l'originalité. C'est pour cette raison par exemple qu'aucune machine aujourd'hui n'a pas pu réussir le test de Lovelace (section 2.2) basé nécessairement sur l'originalité. Alan Woodward<sup>1</sup> a fait la distinction entre la création artificielle et la créativité humaine en soulignant dans [11]

« Je pense que ce nouveau test montre que nous reconnaissions tous maintenant que les humains sont plus que des machines très avancées et que la créativité est une de ces caractéristiques qui nous sépare de l'informatique - pour le moment »

D'autre part on doit analyser le processus avec lequel se fait la création de l'oeuvre «créative» dans la peinture, la musique et les textes. Le *machine learning* (section 1.3.2) nécessite une base de données énorme contenant des modèles artistiques qui servent à l'apprentissage de la machine. Ces données manquent de l'émotivité, de la sensibilité et l'expérience propre qui distinguent la capacité créatrice chez l'être humain. C'est ce que soutient Michael Cook<sup>2</sup> en soulignant :

« *Ce genre de chose est vraiment importante pour la créativité – c'est comme ça qu'on se sent lié aux autres, qu'on est touché par des artistes. Nous comprenons souvent le travail des artistes en le comparant avec nos propres vies. Expérimenter la guerre, l'amour, avoir une histoire avec une ville, un pays... L'IA a du mal à avoir ce genre d'impact car nous partageons moins de choses avec elle qu'avec d'autres humains.* »

---

1. un expert en informatique de l'Université de Surrey

2. Michael Cook, chercheur associé à l'université de Londres, à l'origine d'un programme capable d'inventer des jeux vidéos

## 4.2 Critique graphique

Le processus de la création graphique est critiqué davantage lorsque les modèles reçus par la machine sont aussi fournis par une autre. Dans ce contexte, Jakob Uszkoreit<sup>3</sup> n'adhère pas à l'idée de nourrir des algorithmes par des données provenant des «GANs»(sous-section 3.1.1) car ces algorithmes font creuser un écart qui s'élargit d'un algorithme à un autre avec les propriétés qui caractérisent notre perception au monde réel. Pour cela il donne dans [1] l'exemple du chat qu'on aperçoit comme un animal quadrupède avec pelage, une moustache et qui miaule, tandis qu'un réseau de neurones l'aperçoit selon un certain pixel positionné à une certaine position. Ceci tend à éloigner la vision des machines au milieu environnant et leur façon de l'interpréter de notre propre vision et interprétation en tant que des êtres humains, ce qui fait différer la notion de créativité telle qu'on l'aperçoit de celle appliquée à une vision machinale et artificielle.

## 4.3 Critique musicale

La création musicale consiste à produire des morceaux semblables à un genre particulier et essayer de le mimer en absence d'originalité et d'un style propre voire même l'absence d'autonomie de la part des machines intelligentes. A titre d'exemple, les morceaux produits par les *Flow Machines* (section 3.2) doivent être réglés en quelques parties par le compositeur à chaque fois qu'ils sont créés. Dans ce cadre Jay Boisseau<sup>4</sup> a critiqué dans [29] les compositions musicales artificielles en disant :

*«Les ordinateurs ne sont pas créatifs, ce sont des 0 et des 1. La poésie générée par ordinateur est vraiment horrible ! »*

De nos jours, les machines peuvent créer elles-mêmes de la musique dans certains styles ( Bach par exemple) et même faire une musique meilleure que celles qui existe déjà et parvenir à faire tromper les experts en musique, mais c'est uniquement parce que la musique produite peut être jugée par rapport à une norme préexistante. Cependant ce que les machines ne peuvent pas faire, c'est de créer tout un nouveau style ou changer nos compréhensions et nos standards en terme musical. En d'autres termes, l'intelligence artificielle demeure incapable de faire preuve d'une créativité transformationnelle (section 1.2).

## 4.4 Critique textuelle

La création textuelle des machines intelligentes est également critiquée. En effet, les scénarios produits manquent de sens et de cohérence entre les paroles. A titre d'exemple dans le scénario de «Sunspring» (section 3.3) crée par le logiciel Benjamin le script commence comme suit : *«Dans un futur où règne le chômage de masse, les jeunes gens sont forcés de vendre du sang »*, déclare le personnage principal. *« Tu devrais voir le garçon et te taire, lui répond son interlocutrice. Je suis celle qui était*

---

3. Jakob Uszkoreit est chercheur chez Google Brain

4. Stratège en technologie IA et HPC chez Dell Technologies, directeur d'Austin Forum, fondateur d'Austin CityUP, PDG de Vizias.

*censée avoir 100 ans.* » ce qui montre l'incohérence dans les paroles malgré le respect du cadre général de la science-fiction tout au long du script par l'emploi d'un lexique approprié.

# Conclusion

Revenons maintenant à notre problématique où on s'est interrogé à propos du niveau de créativité que peut atteindre la machine. Les manifestations de cette créativité peuvent être restreintes à une créativité combinatoire essentiellement et une créativité exploratoire. Les machines intelligentes ont été capables de combiner des acquis artistiques stockés sous forme de *data* avec lesquels elles ont été capables de produire des œuvres créatives. Telle est le cas du processus d'apprentissage par les CANs et GANs (3.1.1) qui a été employé pour générer le tableau d'Edmond de Belamy (figure 3.3) ou bien le LSTM (3.3) pour la création textuelle qui fait combiner les lettres et génère des scénarios. De même les Flow Machines (3.2) ont fait l'exemple d'une créativité exploratoire en développant et faisant évoluer un style de musique donné. Cependant, cette créativité reste limitée et incapable de concurrencer la capacité humaine à faire preuve d'une créativité transformationnelle. Ceci reste lié à l'aspect algorithmique avec lequel l'intelligence artificielle fonctionne.

Face à une telle incapacité, il vaut mieux développer des nouvelles techniques au lieu de simuler le fonctionnement cognitif humain par des algorithmes. Cette limitation peut offrir un nouveau tremplin aux chercheurs pour inventer d'autres techniques rendant la machine intelligente plus indépendante de l'aspect algorithmique. A ce stade on peut se demander :

*-Quelles nouvelles techniques pourraient-elles révolutionner l'intelligence artificielle et élargir sa capacité créative ?*

# Bibliographie

- [1] Hanady Abboud. Quand l'intelligence artificielle devient créative. <https://medium.com/@hanady.abboud/quand-l-intelligence-artificielle-devient-cre%C3%A9ative-8b109491477a>, 2019.
- [2] ActuIA. Différence entre apprentissage supervisé et apprentissage non supervisé. <https://www.actuia.com/vulgarisation/difference-entre-apprentissage-supervise-apprentissage-non-supervise/>, 2018.
- [3] Anonyme. Création. l'intelligence artificielle sera-t-elle la nouvelle star de la musique ? <https://www.letelegramme.fr/soir/musique-l-intelligence-artificielle-sera-t-elle-la-nouvelle-star-12-03-2019-1221111.php>.
- [4] Anonyme. Intelligence. [http://www.histophilo.com/intelligence.php?fbclid=IwAR3DrdbWzEH6jhMX\\_1mNQmbQZY\\_6hUiu5qWwbZQ9fJSWg\\_vTuYEpwQMvFI](http://www.histophilo.com/intelligence.php?fbclid=IwAR3DrdbWzEH6jhMX_1mNQmbQZY_6hUiu5qWwbZQ9fJSWg_vTuYEpwQMvFI), 2010.
- [5] B.J. Copeland. Artificial intelligence. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>, 2019.
- [6] Mailys Cusset. Sunspring, le premier film imaginé par une intelligence artificielle. <https://www.bibamagazine.fr/culture/cinema/sunspring-le-premier-film-imagine-par-une-intelligence-artificielle-57379>, 2016.
- [7] Priya Dialani. Artificial intelligence doing wonders in the field of literature. <https://www.analyticsinsight.net/artificial-intelligence-doing-wonders-in-the-field-of-literature/>, 2019.
- [8] Olivier Ezratty. L'ia est-elle vraiment créative ? <https://www.ezratty.net/wordpress/2017/ia-est-elle-vraiment-creative/>, 2018.
- [9] Futura. Intelligence. <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/corps-humain-intelligence-13498/>.
- [10] Raphaël Grably. Peinture, musique : les intelligences artificielles sont désormais des artistes reconnus. <https://www.bfmtv.com/tech/peinture-musique-les-intelligences-artificielles-sont-desormais-des-artistes-reconnus.html1>, 2018.
- [11] Michael Guilloux. How creative is your computer ?lovelace 2.0 : un nouveau test d'intelligence artificielle. <https://www.developpez.com/actu/77696/>

Lovelace-2-0-un-nouveau-test-d-intelligence-artificielle-qui-se-positionne-comm  
2014.

- [12] Michael Guilloux. Lovelace 2.0 : un nouveau test d'intelligence artificielle. <https://www.developpez.com/actu/77696/Lovelace-2-0-un-nouveau-test-d-intelligence-artificielle-qui-se-positionne-comm> 2014.
- [13] Oleksii Kharkovyna. Artificial intelligence and music : What to expect ? <https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-and-music-what-to-expect-f5125cf934f>, 2019.
- [14] Bastien L. Test de turing – un test pour mesurer l'intelligence artificielle. <http://www.artificiel.net/test-de-turing>, 2017.
- [15] Maans. L'intelligence artificielle dans le secteur de la musique. <https://maans.eu/intelligence-artificielle-dans-le-secteur-de-la-musique/>, 2019.
- [16] Microsoft. Musique : l'intelligence artificielle et la puissance du cloud au service des compositeurs. <https://experiences.microsoft.fr/business/intelligence-artificielle-ia-business/musique-lintelligence-artificielle-cloud-compositeurs/>, 2018.
- [17] Microsoft. Tout savoir sur l'intelligence artificielle. <https://experiences.microsoft.fr/business/intelligence-artificielle-ia-business/comprendre-utiliser-intelligence-artificielle/#1>, 2018.
- [18] The Editors of Encyclopaedia Britannica. Ada lovelace. <https://www.britannica.com/biography/Ada-Lovelace>, 2019.
- [19] Sean o'Neill. How creative is your computer ? <https://slate.com/technology/2014/12/lovelace-test-of-artificial-intelligence-creativity-better-than-the-turing-test.html>, 2014.
- [20] François Pachet. Une machine peut-elle créer de la musique ? [https://www.youtube.com/watch?v=fTchcZGwsIg&t=3038s&fbclid=IwAR327n6lxBxS6M-GuKkrG8aqPL1tBAPP0K\\_yYeDPngPpFJ6E59u0cx1TJcw](https://www.youtube.com/watch?v=fTchcZGwsIg&t=3038s&fbclid=IwAR327n6lxBxS6M-GuKkrG8aqPL1tBAPP0K_yYeDPngPpFJ6E59u0cx1TJcw), 2017.
- [21] Olivier Reynaud. L'intelligence artificielle créative... vers de nouveaux horizons. <https://medium.com/@olivierreynaud/lintelligence-artificielle-creative-vers-de-nouveaux-horizons-efc588c761dd>, 2018.
- [22] Elsa Sayagh. L'intelligence artificielle peut-elle être plus créative que l'homme ? <https://www.welcometothejungle.com/fr/articles/l-intelligence-artificielle-peut-elle-etre-plus-creative-que-l-homme>, 2018.
- [23] Jack Schofield. Computer chatbot 'eugene goostman' passes the turing test. <https://www.zdnet.com/article/computer-chatbot-eugene-goostman-passes-the-turing-test/>, 2014.
- [24] Sofia Calcagno Sofiene Alouini. Les réseaux de neurones récurrents : des rnn simples aux lstm. <https://blog.octo.com/>

[les-reseaux-de-neurones-recurrents-des-rnn-simples-aux-lstm/,](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=les_reseaux_de_neurones_recurrents_des_rnn_simples_aux_lstm%2C&oldid=9060100)  
2019.

- [25] Zack Thoutt. What are creative adversarial networks (cans) ? <https://hackernoon.com/what-are-creative-adversarial-networks-cans-bb81d09aa235?fbclid=IwAR3SDimExpd01QSwgVDxTHR-B9QduEMxeoOFmTy1DUSmpmsF6bY-BEzQRNs>, 2017.
- [26] Morgane Tual. Intelligence artificielle : quand la machine imite l'artiste. [https://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/09/08/intelligence-artificielle-les-machines-peuvent-elles-etre-creatives\\_4749254\\_4408996.html](https://www.lemonde.fr/pixels/article/2015/09/08/intelligence-artificielle-les-machines-peuvent-elles-etre-creatives_4749254_4408996.html), 2015.
- [27] Morgane Tual. Une intelligence artificielle écrit le scénario d'un court-métrage. [https://www.lemonde.fr/pixels/article/2016/06/10/une-intelligence-artificielle-ecrit-le-scenario-d-un-court-metrag\\_4947819\\_4408996.html](https://www.lemonde.fr/pixels/article/2016/06/10/une-intelligence-artificielle-ecrit-le-scenario-d-un-court-metrag_4947819_4408996.html), 2016.
- [28] France TV. L'intelligence artificielle va-t-elle remplacer les compositeurs ? <https://www.lumni.fr/video/l-intelligence-artificielle-va-t-elle-replacer-les-compositeurs>, 2019.
- [29] Le Télégramme. Crédit. l'intelligence artificielle sera-t-elle la nouvelle star de la musique ? <https://www.letelegramme.fr/soir/musique/l-intelligence-artificielle-sera-t-elle-la-nouvelle-star-12-03-2019-12.php>, 2017.
- [30] équipe médias de rtbf. Un algorithme peut-il produire de l'art ? une toile à 432.500 dollars alimente le débat. [https://www.rtbf.be/info/medias/detail\\_un-algorithme-peut-il-produire-de-l-art-une-toile-a-432-500-dollars-alimente-1\\_id=10056701](https://www.rtbf.be/info/medias/detail_un-algorithme-peut-il-produire-de-l-art-une-toile-a-432-500-dollars-alimente-1_id=10056701), 2018.