

LA MUSIQUE EN BONNE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

MÉMOIRE UE19 - SESSION 2022

SANTONJA Lucille – DN MADe Numérique 3

SOMMAIRE

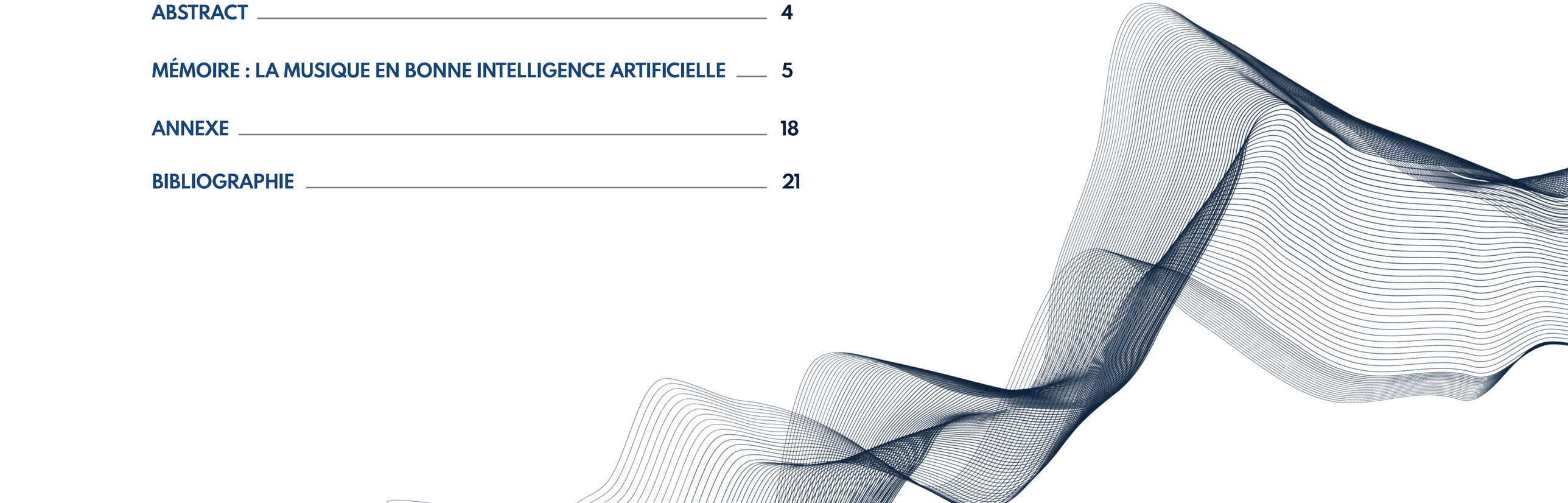
REMERCIEMENTS 3

ABSTRACT 4

MÉMOIRE : LA MUSIQUE EN BONNE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE 5

ANNEXE 18

BIBLIOGRAPHIE 21



REMERCIEMENTS

J’adresse mes remerciements aux personnes qui m’ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je remercie Mme MILLE, M. NIVET et M. JEANDENAND qui m’ont guidé dans mon travail et m’ont aidé à trouver des axes de recherches et solutions pour avancer, mais aussi pour leur bienveillance à mon égard.

Je souhaite particulièrement remercier mes parents pour leur aide précieuse à la relecture et à la correction de mon mémoire.

Et en dernier lieu, je souhaite remercier mes ami.e.s qui m’ont aidé à tenir bon, tout au long de ce mémoire.

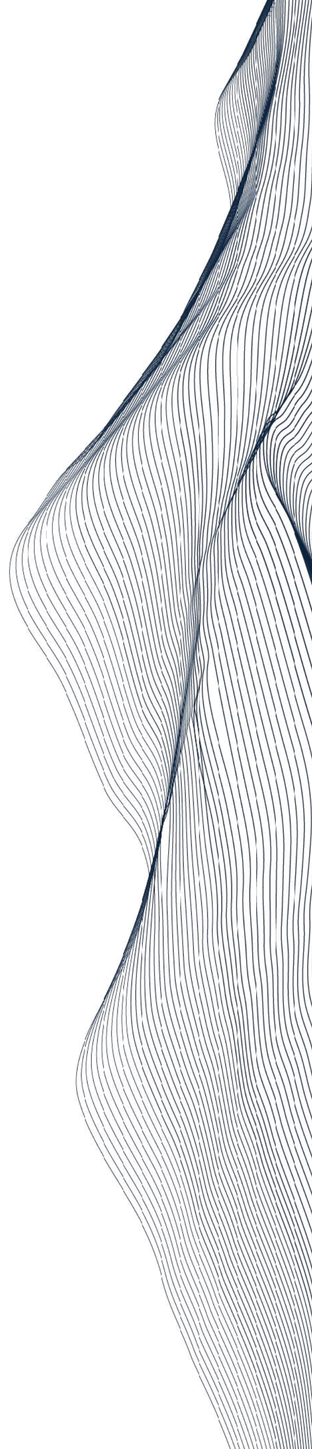
ABSTRACT

Artificial Intelligence, otherwise called A.I, is the development and the theory of computers systems which can understand certain tasks which normally need the intelligence of humans. The technology is used more and more in different domains and is becoming increasingly prevalent in music. It has changed our way of creating, producing, listening and consuming music.

My dissertation addresses the question of how A.I. can influence the creation and composition of music, and that the role of the designer becomes crucial to design and shape unique, user-centric products and experiences.

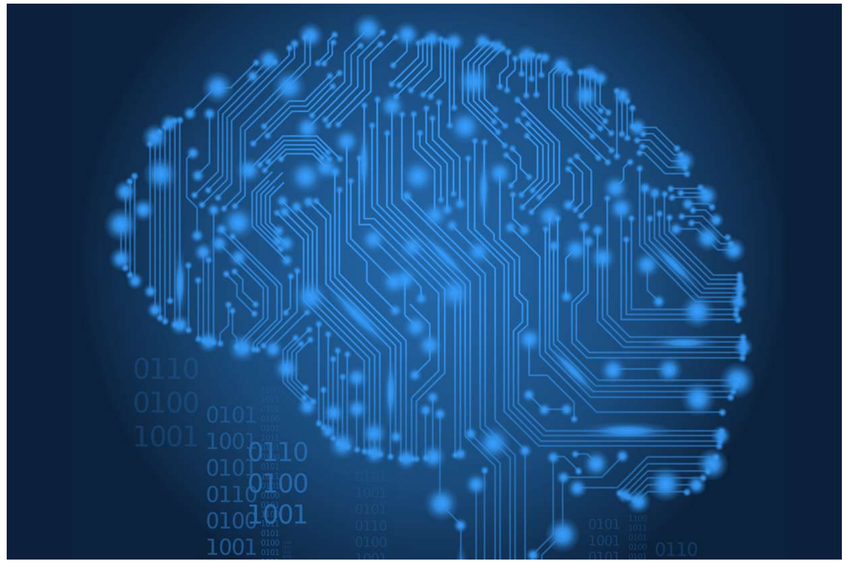
I want to prove that the A.I. offers a wide range of possibilities for the composers, from beginner to professional musicians. Research in this domain is widespread and attempts to help creation, but interfaces created by system programmers and developers have a functional vision while designers focus on the user. It is therefore essential that the designer is integrated into projects to be able to create facilitating, intuitive, and user-friendly interfaces.

The question is not so much whether A.I. can replace a human, but rather how it can help them to constantly perfect and improve. The most important is to find a balance between technical progress and human creativity.



LA MUSIQUE EN BONNE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'Intelligence artificielle[1], l'I.A., basée sur des technologies très développées, intervient dans de nombreux domaines et envahit notre quotidien. Citons par exemple les agents conversationnels tels que Alexa d'Amazon ou les chatbots. L'exploitation des I.A. permet surtout d'améliorer certains éléments existants, notamment dans la prise de décision : grâce à des analyses poussées et à ses capacités de prédiction. L'I.A. permet ainsi d'augmenter l'intelligence humaine et d'améliorer la qualité, l'efficacité et la créativité des prises de décisions, et de faciliter un bon nombre de tâches, notamment d'un point de vue professionnel. Adobe Sensei, dans le domaine de la retouche photo-vidéo, en est le parfait exemple. L'I.A. transforme les méthodes de travail et Adobe, pionnier dans ce domaine, avec sa technologie Sensei accélère les tâches de détourage, facilite la prise de décision pour le remplissage en temps réel et optimise la créativité. Mais qu'en est-il du domaine musical ? Qu'apporte le machine learning et l'apprentissage automatique à l'art de la musique ?



© Forbes

[1] Définition et informations complémentaires en Annexe.

Les avancées technologiques ont toujours fait évoluer la musique, et ont modifié notre façon de concevoir la musique. Mais quel rôle joueront l'I.A. et le numérique ? Leur champ d'application est très large et un nombre incroyable d'applications voient le jour.

Un autre acteur se doit de saisir cette nouvelle technologie, le designer. Son rôle sera essentiel pour imaginer et comprendre les nouveaux usages afin de rendre les nouveaux outils accessibles et ainsi gagner l'adhésion des utilisateurs.

Artistes, concepteurs et designers devront collaborer avec la 'machine' afin de créer la musique du futur avec de nouveaux outils-instruments.

Nous allons d'abord présenter la musique assistée par l'I.A. de manière conceptuelle. Nous démontrerons ensuite à travers quelques applications, que l'I.A. ouvre des possibilités illimitées aux compositeurs, mais que ce futur musical résolument technologique doit être centré sur l'utilisateur pour que son expérience soit véritablement inédite et que sa pratique soit facilitée, simple et efficace.

L’intérêt porté par l’homme aux phénomènes sonores remonte à la nuit des temps. Par manque de sources écrites, seuls les vestiges d’instruments de musique et d’objets sonores du temps de la préhistoire sont la preuve de cette volonté. Aristote[1] fut un des premiers à émettre l’éventualité que le son est un phénomène de nature ondulatoire. Il était donc tout à fait normal qu’au fil de son évolution et des progrès techniques, l’homme multiplie les expériences pour s’affranchir des limites matérielles (instruments) pour créer de nouveaux sons et bousculer la création musicale. Les découvertes sur le son, sa captation, sa production et sa reproduction n’ont cessé depuis le XIX^{e} siècle. En particulier, avec l’avènement de l’électricité, puis l’électronique au XX^{e} siècle l’humain a transformé son environnement musical. Les premières expérimentations musicales avec des ordinateurs et l’I.A. apparaissent dans les années 1950. Progressivement, l’I.A. devient pour la musique un domaine de recherche académique actif. Et la musique assistée par ordinateur a fait son entrée au conservatoire de musique, attestant d’une nouvelle ère qui s’ouvre dans le domaine musical. Cette évolution s’est accélérée au cours des dernières décennies. L’industrie musicale a subi un bouleversement dans la manière d’être consommée, communiquée, créée et produite.[2]



Max Mathews programmant l’IBM 7090

[1] Aristote est un philosophe et polymathe grec de l’Antiquité datant du IV^{e} s. av. J.-C.

[2] Frise chronologique des découvertes et évènements numérique majeur dans le domaine musical en Annexe.

La rencontre entre musique et I.A. était une évidence. Depuis l'Antiquité, les liens entre la musique et les algorithmes ont suscité l'intérêt des scientifiques et des compositeurs, et les recherches vont toujours bon train, autant chez les acteurs du privé que du public comme en France à l'IRCAM[1]. Cet institut lance régulièrement de nouveaux projets.

Citons par exemple, OMax un logiciel d'improvisation qui permet d'explorer les interactions entre l'homme et la machine. Ce programme d'I.A. analyse en direct ce que joue un musicien et retranscrit ce morceau, mais avec de légères différences.

Le logiciel Antescofo permet de mixer des instruments de musique réels à des dispositifs électroniques et s'adapte au jeu du musicien. Comme un orchestre humain, il suit l'interprète et s'adapte à son jeu afin de ne pas limiter son expression artistique.



Facade de l'IRCAM

© IRCAM

[1] L'Institut de recherche et coordination acoustique/musique est un centre français de recherche scientifique, d'innovation technologique et de création musicale internationalement reconnu dont l'activité est consacrée à la création de nouvelles technologies pour la musique et le son. Fondé en 1970 par Pierre Boulez avec Michel Decoust.

Ces logiciels fournissent ainsi au musicien des stimuli à la fois familiers et provocants. Un musicien, comme un chercheur, travaille de façon empirique en tâtonnant, sans connaître à l'avance le résultat final. L'I.A. n'invente rien dans le processus de création, le musicien imagine, expérimente, innove, mais il délègue une partie de son pouvoir à des ordinateurs, tout en gardant la maîtrise et en imposant son style. L'I.A. ne fait qu'étendre et multiplier son modèle d'origine. C'est une véritable aide à la composition pour le musicien et une source d'inspiration. Ces deux exemples montrent que la créativité d'un musicien peut être stimulée grâce à l'I.A. Mais ces expérimentations et recherches restent encore dédiées à une certaine élite musicale et nécessitent des ingénieurs qualifiés pour les faire fonctionner. Il est donc important de penser à des interfaces ergonomiques, conviviales et de rendre l'interaction avec la machine le plus naturel possible. À ce stade, il y a encore une grande liberté que le designer devra s'approprier pour générer des interfaces graphiques accessibles, à partir des différents paramètres (timbres, sonorités, hauteur…). La configuration de l'outil sera primordiale pour une expérience positive de l'utilisateur.

Les coûts associés à de telles recherches et au développement sont colossaux. C'est pourquoi les applications grand public ont compris l'importance de l'interface afin d'obtenir l'adhésion des utilisateurs et les fidéliser et rentabiliser leur investissement. Comme MAGIX Music Maker et GarageBand[1], ces applications ont une ergonomie optimale et tout est pensé pour une utilisation dans un cadre familial. Cette accessibilité démocratise la production musicale. Les outils numériques[2] à dispositions permettent de créer, jouer, diffuser de la musique en toute autonomie, et offre liberté, indépendance et autonomie aux musiciens confirmés et amateurs. Mais cette autonomie de produire de la musique s'accorde-t-elle avec une démarche de création ?

Si on revient à notre exemple de GarageBand, bien que la palette des possibilités soit grande, on reste dans des sons préenregistrés et des boucles toutes prêtes à être utilisées. Ce n'est que de la superposition et mélange de genres, il n'y a pas de création musicale à proprement parler. Certes cela concourt à l'arrivée de nouveaux styles avec le mélange des genres, déjà une tendance repérable avec la club music, de l'Internet wave à l'indie dance. Mais ces logiciels de musique grand public tendent les pièges de la standardisation et du formatage de la musique.

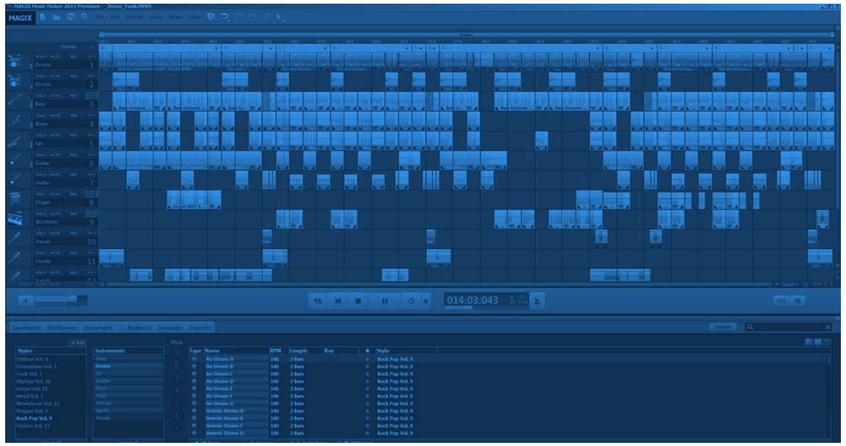
[1] Des applications qui peuvent créer une courte chanson dans n'importe quel style avec n'importe quel instrument sans pour autant avoir de connaissances musicales et informatiques.

[2] Supports d'enregistrement, outils de synthèse, de sampling, d'amplification et des éditeurs de composition.



Interface de GarageBand

© Apple



Interface de MAGIX Music Maker

© Magix

D’autres I.A. plus performantes peuvent imiter des styles, à ce stade rien de révolutionnaire dans la musique si ce n’est la facilité de créer des copies musicales telle qu’une chanson inédite des Beatles. Pour François Pachet[1], l’imitation musicale n’est pas musicalement intéressante, ce qui est intéressant avec l’I.A. c’est de pouvoir inventer de nouvelles choses, de pousser les compositeurs en dehors de leur zone de confort.

Le numérique donne aussi la possibilité de créer des sonorités inexistantes ou qui sont irréalisables à l’aide d’instruments traditionnels, c’est le cas des infrabasses. On peut obtenir des instruments augmentés, qui dépassent les capacités des instruments classiques. L’I.A. est en train de changer la perception des instruments, et réinvente la relation musicien-instrument : les touches d’un PAD peuvent produire le son d’une cymbale, une mollette amplifier le timbre d’un violon, etc.

[1] François Pachet est un scientifique français, compositeur et directeur du Spotify Creator Technology Research Lab.

On peut aller encore plus loin dans cette démarche de transformation avec le violon au design futuriste qui transforme les ondes sonores en signal électrique, le Violon piézoélectrique[1]. Composer et jouer avec de tels instruments devient alors très stimulant. Une nouvelle génération d'instruments pourrait voir le jour. La voix, pourrait devenir un véritable instrument, avec des cordes vocales « augmentées » – ou avec le développement de l'Auto-Tune[2].



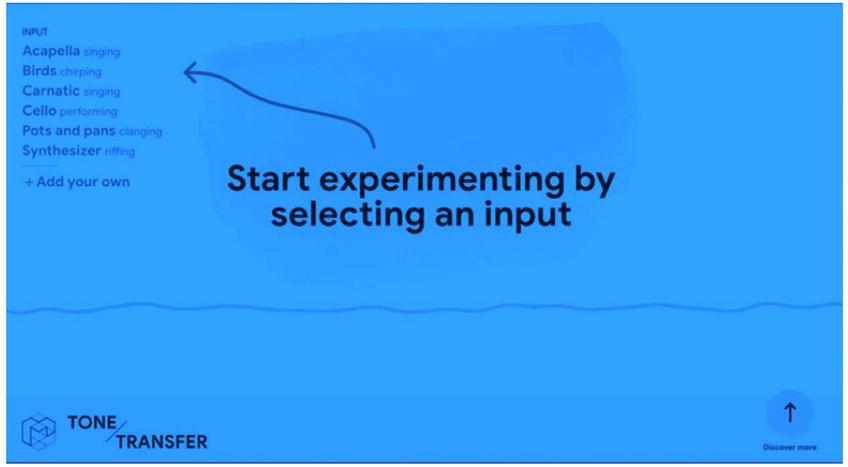
Violon piézoélectrique

[1] Le son qu'il produit n'est pas émis par quatre cordes vibrantes, mais par un phénomène appelé piézoélectricité. Autrement dit, quand deux cordes de ce violon sont soumises à une pression, ce dernier produit un courant électrique qui est ensuite amplifié puis transformé en onde sonore par l'intermédiaire d'une enceinte.

[2] Logiciel qui corrige les défauts de la voix tout en la modifiant. Mais aujourd'hui, il est principalement employé pour créer de nouvelles sonorités.

Transformer n’importe quel son, un fredonnement, un rythme tapé dans les mains en instrument de musique de votre choix devient un jeu d’enfant avec l’application Tone Transfer[1].

Un algorithme va convertir cet air en signal numérique qui à son tour sera converti en solo de violon, par exemple. Cet outil permet à quiconque de s’essayer à la composition, mais permet aussi au vrai musicien de penser et de créer la musique différemment. C’est une nouvelle manière de composer, mais aussi d’appréhender l’instrument justement parce qu’il n’y en a plus ! Le ‘geste’ de jouer d’un instrument disparaît, mais faire de la musique est rendu possible pour n’importe quel néophyte grâce à des interfaces dédiées, créées par des designers, avec une prise en main facile et qui anticipent l’impact émotionnel de l’utilisateur.

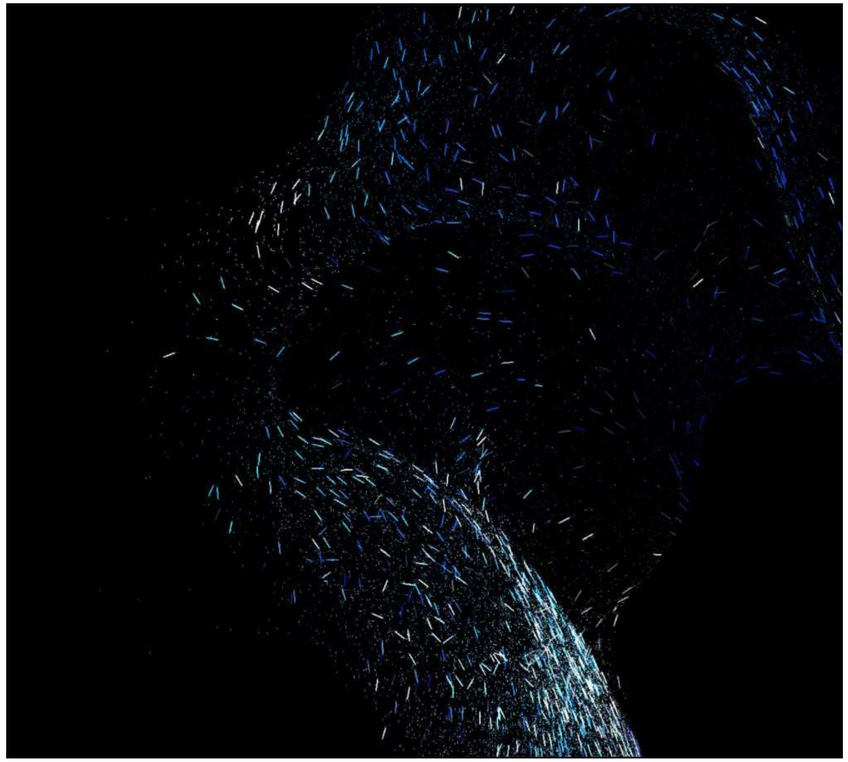


Interface de Tone Transfer

© Magenta.tensorflow

[1] Crée par le programme de recherche open source Magenta, qui vise à expérimenter et à créer des liens entre Art et l’intelligence artificielle. Tone Transfer transformer un son en musique jouer par un instrument précis.

Au-delà du côté convivial et ludique, l'I.A. permet d'avoir un format plus inventif et surtout mettre le compositeur face à ses propres emprunts et ainsi l'obliger à faire évoluer son écriture. Par exemple l'auteur-compositeur-interprète, Jean-Michel Jarre propose une application nommée EON[1], avec laquelle l'I.A. génère de la musique - et des visuels assortis - à l'infini. Cette application va à contre-courant des formats habituels et nous invite à revoir nos habitudes. Ceci va certainement permettre l'expansion du VJing[2], mais aussi repenser les concerts : plus spectaculaires et plus virtuels.



© Jeanmicheljarre

Visuel d'une musique généré par l'application EON

[1] Plus de visuels générés par l'application EON en Annexe.

[2] VJing est un terme qui désigne la performance visuelle en temps réel. C'est une création et/ou une manipulation de l'image via la médiation technologique en direction d'un public, le tout synchronisé avec de la musique.

À travers ces exemples, on constate que la production et la création musicale, grâce au numérique, est en pleine mutation. Les nouvelles technologies, loin d'étouffer la création musicale, conduisent à une plus grande démocratisation de la production et création musicale. Les instruments de musique évoluent et tendent vers une musique de plus en plus synthétique. En plus d'apporter des sonorités inédites, les instruments électroniques ont fait évoluer la gestuelle du musicien. Les recherches dans ce domaine sont intenses et nous sommes loin d'avoir tout découvert ni inventé.

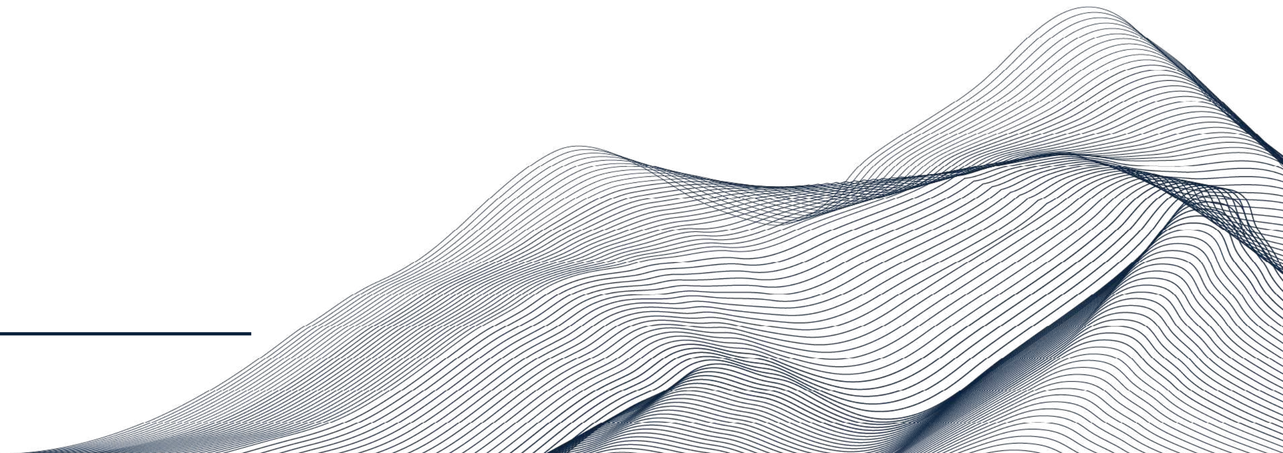
Est-ce une voie d'avenir ? À l'heure où le vinyle fait un retour fracassant, trop tôt pour dire si la musique toute numérique sera de mise. Les rock stars seront-elles remplacées par des robots ou des hologrammes ? Participerons-nous à des concerts sans y être grâce au casque virtuel ?



Ces possibilités futuristes ne sont pas à exclure, mais il est certain que cette technologie offre de nouveaux modes d'interaction qui bousculent certainement le monde normé et classique au sens académique, qu'est la musique. La question n'est pas tant de savoir si une I.A. peut remplacer un humain, mais plutôt comment elle peut l'aider à se perfectionner et à s'améliorer constamment, le plus important étant de trouver un équilibre entre progrès technique et créativité humaine. Le musicien devra s'adapter au nouveau mode de penser, créer et jouer la musique avec l'I.A. et devra maîtriser de nouveaux instruments : des logiciels. Il est donc essentiel que le designer soit intégré dans les projets pour pouvoir créer des interfaces facilitantes, intuitives, et conviviales. Ces applications vont se multiplier, et la concurrence sera forte. Le designer devra imaginer les nouveaux usages, nouvelles pratiques et leurs nouveaux publics.

De la même façon qu'on ne peut aujourd'hui plus imaginer un monde sans Google, je pense que l'I.A. va d'une manière ou d'une autre se révéler indispensable au secteur de la musique. Le musicien devra trouver sa place et le designer jouera un rôle clef pour permettre à ces avancées techniques de répondre à un réel besoin utilisateur. Au-delà de la technologie, 90% de l'efficacité d'une solution est liée à la qualité de l'interaction, c'est pourquoi le designer se doit de saisir cette technologie, car « on ne voit pas de grande avancée humaine sans nouveaux outils[1] ».

[1] Jean-Louis Fréchin, président de l'agence NoDesign.



ANNEXE

Définition et informations complémentaires sur l'I.A.

L'intelligence artificielle, d'un point vue théorique vise à mimer le fonctionnement du cerveau humain pour apprendre, raisonner, mais aussi s'adapter. Grâce à une technique de programmation informatique complexe qui utilise des probabilités et des statistiques, elle stimule cette intelligence. On appelle cela plus communément le machine learning ou apprentissage automatique. La machine exécute des règles prédéterminées par la programmation. Transposer les partitions musicales en algorithme numérique et créer des bases de données musicales infinie sont des opérations faciles pour ces intelligences artificielles.

Le deep learning ou apprentissage profond, dérivé du machine learning s'appuie sur un réseau de neurones artificiels qui s'inspire du cerveau humain. La machine est capable d'apprendre par elle-même. Le deep learning apporte un profond changement à l'I.A. Cette avancée permet d'exploiter leur potentiel pour interagir et de transmettre des données.

Frise chronologique des découvertes et évènements numériques majeurs dans le domaine musical :

1842 : Début de l'informatique et apparition de l'idée de créer de la musique électronique. Ada Lovelace et Charles Babbage imaginaient de « composer de manière scientifique et élaborer des morceaux de musique de n'importe quelle longueur ou degré de complexité », avec des machines de calculs.

1897 : Invention du telharmonium, l'ancêtre du synthétiseur par Thaddeus Cahill. C'est la première fois que des sons acoustiques ne proviennent pas d'instruments.

1920 : Invention par Léon Thérémine du thérémine, avec son boîtier électronique et ses deux antennes, l'instrument produit de la musique sans être touché par l'artiste. Il a inspiré Paul Tanner pour les chœurs de la chanson good vibrations des Beach Boys.

1951 : Production d'un son par un ordinateur d'Alan Turing.

Années 60 : L'informatique musicale naît. Max Mathews est le pionnier de la musique produite par l'informatique. Il conçoit les premiers convertisseurs analogiques/numériques.

1974 : La première International Computer Music Conference s'est tenue au Michigan State University. Progressivement, l'IA pour la musique devenait un domaine de recherche académique actif.

1980 : David Cope de l'université de Californie à Santa Cruz développait EMI (Experiments in Musical Intelligence), un programme Lisp capable de composer des pièces musicales dans les styles de Bach, Mozart, Brahms. EMI comprenait une importante base de données de descriptions de styles, de règles de recombinaisons, et différentes stratégies de compositions.

1985 : L'ordinateur Atart ST, révolutionne la musique digitale. Il est le premier ordinateur à proposer des ports MIDI aux musiciens.

1989 : Sortie du logiciel Cubase qui propose une timeline horizontale, avec différentes pistes sons, les unes au-dessus des autres.

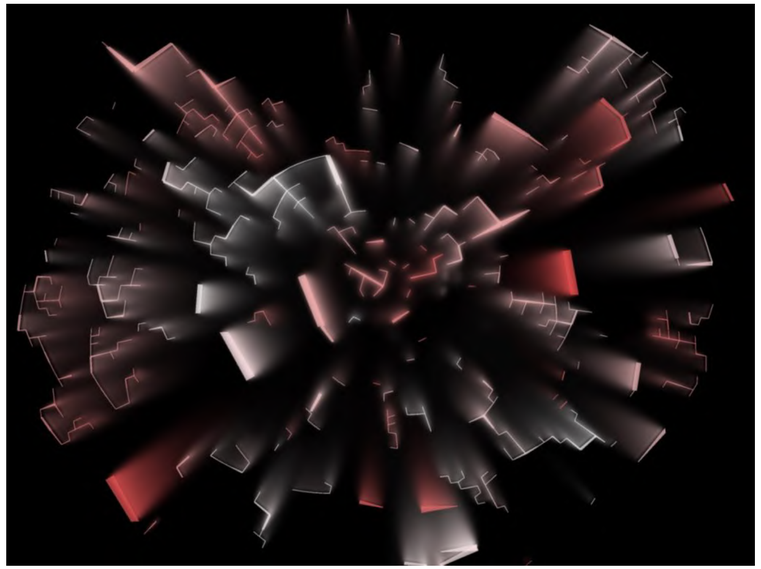
2000 : Démocratisation des logiciels et des formations pour s'initier à la MAO.

2009 : Le personnage humanoïde Miku Hatsune donnes ses premiers concerts sous forme d'images 2D projetées sur un écran. Elle s'exprime par le biais d'une application de synthèse vocale développée pas Crypton Media.

2016 : Une intelligence artificielle compose la chanson Daddy's Car dans le style des Beatles. L'IA du Sony CSL Research Laboratory a combiné différents éléments de plusieurs chansons des Beatles pour générer la sienne.

6 février 2019 : Après 200 ans d'attente la symphonie N°8 inachevée de Schubert, a enfin été terminée, grâce à une I.A.

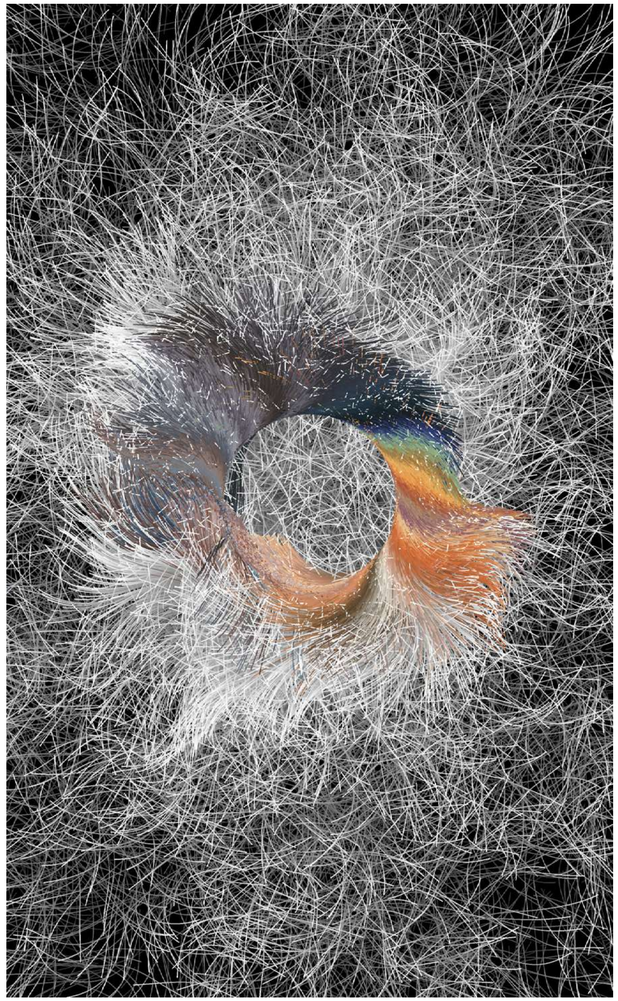
Quelques visuels de l'application EON imaginée par Jean-Michel Jarre, qui produit de la musique à l'infini avec des visuels assortis



© factmag.com



© tapsmart.com



© jeanmicheljarre.com



© youtu.be

BIBLIOGRAPHIE

SITES

Amsellem Emilie, Qui sont ces IA qui composent de la musique, MBA MCI Let's go Digital, publié le 23/03/2017, URL : mbamci.com

Bellin Isabelle, L'I.A. fait de plus en plus entendre sa musique, DAP Data Analytics post, publié le 12/04/2018, URL : dataanalyticspost.com

Boehly Audrey, Ce violon futuriste ne sonne pas comme les autres, Sciences et avenir, publié le 15/03/2015, URL : sciencesetavenir.fr

Bruneau Michel, Didier André, Risset Jean-Claude, SONS-Production et propagation des sons, Encyclopédie Universalise, URL : universalis.fr

Cont Arshia, Jacquemard Florent & Gaumin Pierre-Olivier, Antescofo à l'avant-garde de l'informatique musicale, Newsletter Interstices, publié le 09/11/2012, URL : interstices.info

Delia Antoine, INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : AU CŒUR DE LA MUSIQUE DE DEMAIN, Blog, publié le 13/05/2018, URL : blog.antoinedelia.fr

Devis Ninon, L'avenir de la créativité musicale sera-t-il artificiel ?, The Conversation, Publié le 2/06/2021, URL : theconversation.com

Devis Ninon, L'intelligence artificielle au service de la création musicale, Sorbonne Université dans les médias publié le 20/06/2021, URL : sorbonne-universite.fr

Fabre Cédric, L'avenir de la musique : des lendemains qui chantent ?, publié le 16/10/2019, Article dans HagerForum, URL : hagergroup.com

H. Boris, L'IA va-t-elle changer l'industrie musicale ?, Usbek&Rica, le média qui explore le futur, publié 26/12/2019, URL : usbeketrica.com

Heudin Jean-Claude, « Angelia » l'intelligence artificielle : le futur de la musique, Futura Tech, publié le 18/08/2021,URL : futura-sciences.com

Julian Sébastien, On a testé EON, l'appli de Jean-Michel Jarre qui génère de la musique à l'infini, l'Express, publié le 24/11/2019 URL : lexpress.fr

Jarre Jean-Michel, Jarrelab EON URL : https://jeanmicheljarre.com/eon

L. Bastien, Google transforme vos fredonnements en solos d'instruments grâce à l'IA, le Big Data.fr publié le 2/10/2020, URL : lebigdata.fr

Milliand Roux Valentine, La musique à l'ère du numérique, blog école du design publié le 29/06/2017, URL : blogs.lecolededesign.com

Niedercorn Frank, Benoît Georges, L'IA, prochaine frontière du design, Les Echos, publié le 5/12/2017, URL : lesechos.fr

Nowacki Caroline, Le design, atout majeur pour l'intelligence artificielle - Capgemini Engineering France (capgemini-engineering.com), URL : capgemini-engineering.com

Saidani Mohamed MASTER SHS UPEM, L'impact des évolutions technologiques sur l'industrie musicale, Les Mondes Numériques, publié le 30/01/2016, URL : lesmondesnumeriques.wordpress.com

Stereolux, Le jour où IBM chanta, Histoire des Arts Informatiques (N°1) Arts numériques Musique, publié le 21/03/2016, URL : stereolux.org

ARTICLES

Heinrich Marie-Noëlle. Création musicale et nouvelles technologies : quelle rencontre possible ?. In : Quaderni, n°48, Automne 2002. Le risque : les choix technopolitiques. pp. 41-51.

Hamon-Beugin Valentin, Comment l'intelligence artificielle révolutionne l'industrie de la musique, Le Figaro, Publié le 28/02/2020

CONFÉRENCE

Sonorités de la Préhistoire, conférence du 15/09/2012 URL : learningcenters.nordpasdecalais.fr

YOUTUBE

Schoenauer Marc, Créativité et intelligence artificielle, conférence à l'université Paris-Saclay, mise en ligne le 24/10/2018, URL : youtube.com

PVNOVA, Odyssée du Son, Chapitre 1, mise en ligne le 18/04/2014, URL : bing.com

PVNOVA, Odyssée du Son, Chapitre 4 : la révolution numérique, mise en ligne le 18/04/2014, URL : bing.com

PODCAST

IA, quel futur pour la musique ? Informatique, musique, quand l'outil devient support, grâce à l'Intelligence Artificielle, sommes-nous en train de basculer dans le nouvel univers de la création musicale ? Interview de Jean-Claude Heudin par Matthieu Deboeuf-Rouchon, Lionel Tardy et la participation d'Emmanuelle Leneuf du 10/12/2020, URL : innovationtalk.tech

BIBLIOGRAPHIE

Laurent Aubert, "Le geste musical", Cahiers de musiques traditionnelles n°14, Georg, 2002.

MÉMOIRE

Rousseaux Francis, Une contribution de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage symbolique automatique à l'élaboration d'un modèle d'enseignement de l'écoute musicale, THESE de DOCTORAT de l'UNIVERSITE PARIS 6 spécialité : Informatique, UNIVERSITE PARIS, 8/02/1990, URL : tel.archives-ouvertes.