

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET MUSIQUE



Bach **OR** computer?

La musique informatique (autrement dit la musique composée ou/et produite informatiquement par ordinateur) est à peu près aussi ancienne que l'ordinateur. En 1957, sont produits de manière indépendante :

la première composition musicale par ordinateur, intitulée « the ILLIAC Suite » (préparée par les compositeurs et scientifiques Lejaren Hiller et Leonard Issacson, sur l'ordinateur ILLIAC I à l'University of Illinois at Urbana-Champaign aux États-Unis), en utilisant des chaînes de Markov (c'est-à-dire, des modèles probabilistes de transitions, par exemple à partir d'une note Do, il y a 70 chances sur 100 que la note suivante soit un Sol et 30 chances sur 100 qu'elle soit un Fa) et des contraintes (permettant de filtrer de mauvaises solutions), la partition résultante étant interprétée par un quartet (humain) de cordes ;
et la première synthèse sonore par ordinateur (aux Bell Telephone Laboratories aux États-Unis, à l'aide du programme MUSIC I écrit par l'informaticien Max Mathews pour l'ordinateur IBM 704) d'une courte composition monodique intitulée « The Silver Scale » (composée pour l'occasion par le linguiste et acousticien Newman Guttman).

L'année 1957 signe ainsi l'acte de naissance des deux facettes principales et complémen-

taires de l'informatique musicale : la composition algorithmique (c'est-à-dire, la composition musicale définie selon une suite d'instructions et d'informations associées, comme pour une recette de cuisine) et la synthèse sonore numérique. Dans la suite de ce texte, nous allons nous concentrer sur la première facette, la composition algorithmique, qui exprime le mieux la créativité du compositeur (inventivité mélodique, harmonies, rythme) et les capacités de l'ordinateur de se mesurer ou non à l'humain.

Notons que la composition algorithmique et l'utilisation du stochastique (c'est-à-dire, l'intervention du hasard dans les choix, par exemple de la note suivante) peut être située dès la fin du 18^{ème} siècle, et attribuée (peut-être à tort) en 1787 à Mozart, avec son jeu de dés musical (« Muzikalisches Würfelspiel ») dans lequel, en lançant à plusieurs reprises deux dés, on choisit chaque élément successif parmi un ensemble de segments mélodiques prédéfinis (et fixes).

L'« Illiac Suite », quant à elle, utilisait des modèles mélodiques abstraits, définis à la main. D'autres types de modèles abstraits peuvent être également utilisés, tels des grammaires génératives, à l'image des grammaires pour une langue, des règles, etc. Cependant, la définition de tels modèles par

les musiciens est difficile à mettre au point. L'idée d'apprendre automatiquement un tel modèle à partir d'exemples, en utilisant ainsi l'apprentissage machine, est à la base du changement de paradigme utilisant l'Intelligence Artificielle. La méthode est générique, puisque le style musical dépendra du corpus d'exemples musicaux choisis. Ainsi, si on présente à la machine des mélodies celtiques ou bien de musique sérielle (dodéca-phonique) ou de cadences de blues, la machine apprendra le style correspondant, de manière indépendante d'un formatage initial selon une théorie musicale spécifique (éducation musicale classique, jazz, pop...), ce qui est le plus souvent le cas des êtres humains.

Les deux principaux modèles qui peuvent être appris automatiquement à partir d'exemples sont : d'une part les chaînes de Markov (voir ci-dessus) et d'autre part les réseaux de neurones artificiels (inspirés en partie du fonctionnement du cerveau et en particulier du système de la vision humaine, ainsi que de méthodes de prédiction purement statistique). Ces derniers ont actuellement le vent en poupe, du fait des succès des réseaux de neurones, par exemple pour des tâches de reconnaissance d'images, mais aussi de prédiction du climat ou de traduction automatique, et bien d'autres encore.

Les techniques ont atteint une telle maturité qu'il est maintenant possible d'apprendre de manière précise à partir d'un corpus bien choisi d'exemples le style d'un compositeur (classique ou moderne) et de créer ensuite *ad libitum* de nouvelles courtes compositions selon ce style. Dans certains cas, même les spécialistes ont du mal à distinguer ce qui provient du compositeur ou bien de l'ordinateur. On peut parler d'une forme de test de Turing musical, du nom du mathématicien anglais Alan Turing, qui avait imaginé en 1950, peu avant la naissance de l'ordinateur, un test capable de distinguer une intelligence artificielle d'un être humain. Cependant, l'intérêt artistique reste à notre avis assez limité. À quoi bon en effet recréer des musiques dans un style déjà connu ? (à la manière d'une forme de « Jurassic Park » musical, bien qu'utilisant un corpus d'artéfacts musicaux plutôt qu'un code génétique).

« cela soulève ainsi la question de la créativité artificielle »

La génération peut de plus être paramétrée (« conditionnée ») par différentes caractéristiques spécifiées par l'utilisateur (ambiance triste ou gaie, manifestation de surprise, tension, etc.) et ainsi s'adapter à des documen-

taires ou/et des publicités. De fait de nombreuses entreprises récentes, telles AIVA, Amper Music, Juke Deck et Muzeeek, proposent déjà de la génération de musique à la demande. Cependant, les musiques générées, satisfaisantes quand elles sont brèves, lassent en général rapidement quand elles sont longues, car il leur manque une direction et une structure. Ceci est d'ailleurs une des directions de recherche actuelle, l'émergence de structure ou bien (ce qui est plus pragmatique) l'imposition de structure.

Par ailleurs, et ceci est un pendant de l'efficacité même de l'apprentissage machine, les musiques générées ont tendance à trop coller au style appris et manquer d'un peu d'originalité. Ceci n'est d'ailleurs pas forcément un problème pour certains styles de musique où les créateurs ne sont pas toujours très innovateurs et se copient souvent mutuellement. De manière plus générale, cela soulève ainsi la question de la créativité artificielle, c'est-à-dire dans quelle mesure un ordinateur peut être créatif ? Précisons que tenter d'y répondre est déjà une étape subjective. De plus, nous pensons que le problème est en partie mal posé et qu'il nous paraît plus intéressant de considérer l'ordinateur comme un assistant d'un musicien

plutôt que comme un créateur artificiel autonome.

Un exemple est le disque « Hello World », réalisé par différents musiciens, dont Stromae, utilisant un environnement prototype d'aide à la création musicale, développé à Sony Computer Science Lab à Paris en collaboration avec des universités dans le cadre du projet « Flow Machines ». Par exemple, le morceau « In the House of Poetry » offre des mélodies et harmonies audacieuses et originales qui ont été proposées par la machine, puis ont été retravaillées de manière incrémentale (comme d'ailleurs pour une création musicale plus conventionnelle) par les musiciens avec son appui (le menu « Track by Track » du site web résume de manière très intéressante le *modus operandi* choisi pour chaque morceau). Comme certains des chercheurs du domaine, nous croyons ainsi plus en une approche de *co-création homme-machine* plutôt qu'une création autonome par la machine seule. L'ordinateur a ainsi pour rôle de suggérer, compléter, etc., tout cela sous le contrôle du musicien. On peut ainsi s'inspirer par exemple des Beatles pour une mélodie, du compositeur de jazz Wayne Shorter pour l'harmonie, etc., et explorer pas à pas des sources différentes d'inspiration et en générer des extrapolations, tout en gardant le contrôle de chaque étape. Idéalement, un tel type d'outil pourrait servir autant à des musiciens débutants qu'à des musiciens expérimentés, et sans avoir à étudier systématiquement différents styles musicaux de différents compositeurs. L'ordinateur n'est ainsi plus vu comme un substitut à l'homme (ce qui pose alors la question de son avenir) mais comme un assistant, nourri à la demande d'expérience musicale variée. Idéalement, le musicien peut se concentrer sur ses intuitions et sa créativité, la machine l'aidant à élaborer la mise en œuvre.

Jean-Pierre Briot et François-David Pachet

Jean-Pierre Briot, Apprentissage profond et génération de musique, Hors série Intelligence artificielle, Tangente – L'aventure mathématique, N° 68, pages 30-37, septembre 2019. <http://www-desir.lip6.fr/~briot/cv/apgm-2019>

François Pachet, Pierre Roy, Benoit Carré, Assisted music creation with Flow Machines: Towards new categories of new, Chapitre 8 du « Handbook of Artificial Intelligence for Music », édité par Eduardo Miranda, Springer, à paraître en 2020. <https://arxiv.org/abs/2006.09232>

Skygge *et al.*, Hello World, Flow Records, janvier 2018. <https://www.helloworldalbum.net/>



© kalhh