

## Organigrammes informatiques : présence humaine et intelligence artificielle dans les arts et la culture

Marc Chemillier

Les organigrammes sont utilisés en informatique dans ce qu'on appelle les « organigrammes de programmation ». Ce sont des représentations graphiques normalisées de l'enchaînement des opérations et des décisions effectuées par un programme d'ordinateur. Même si on ne les visualise pas explicitement, ils sont à la base de toute utilisation de l'informatique. Nous allons présenter des applications logicielles (et donc, implicitement, des organigrammes de programmation) dans le champ de l'anthropologie et des arts. Dans ces domaines il s'agit de mettre en œuvre le concept de simulation. Nous entendons par ce terme le fait de modéliser un savoir relevant de l'oralité, puis de concevoir grâce au modèle un programme d'ordinateur qui imite ce savoir et peut, en théorie, produire les mêmes objets culturels. L'intérêt de cette démarche d'un point de vue anthropologique est de permettre ensuite la confrontation de ce « robot » avec les détenteurs du savoir étudié et de vérifier si les productions de la machine sont acceptables ou non aux yeux des connaisseurs. Au-delà de cette utilisation anthropologique de l'intelligence artificielle, les programmes simulateurs peuvent aussi avoir des applications intéressantes dans le champ artistique et nous en montrerons quelques exemples. On verra que la mise en œuvre d'artefacts de ce type conduit à réfléchir à la notion de présence dans les arts et la culture.



Figure 1 : Dessin vanuatu de la tortue de mer réalisé par Edgar Hinge (cliché Alban Da Silva).

Les dessins sur le sable sont une tradition pratiquée dans les îles du Vanuatu qui a donné naissance à un riche corpus de formes très élaborées comme celle de la tortue de mer représentée figure 1. Devenus symboles de l'identité du Vanuatu, ces dessins sont inscrits depuis 2008 sur la Liste représentative du patrimoine culturel immatériel de l'humanité à l'UNESCO. Ils sont chargés de significations héritées de la tradition, mais leur intérêt pictural tend à en faire des objets de simple contemplation pour les touristes notamment dans le cadre de festivals de dessins sur sable ou de façon permanente, dans les activités du Vanuatu Cultural Center. Le dessinateur Edgar Hinge y fait des démonstrations pour les étrangers de passage à Port-Vila. C'est lui qui a dessiné la tortue reproduite ci-dessus. Une première collecte de ces dessins avait été effectuée dans les années 1920 par l'anthropologue britannique Bernard Deacon. Grâce au travail de Deacon, qui a noté avec soin l'ordre dans lequel ces figures étaient tracées en numérotant tous les arcs dont elles sont constituées, on a pu étudier la logique qui est à l'œuvre dans cette activité. Le tracé suit en effet des règles précises qui ont suscité l'intérêt des ethnomathématiciens (Ascher 1998). Dans cette direction Alban Da Silva, mathématicien basé à Nouméa, a mené récemment des recherches passionnantes en combinant enquêtes de terrain dans l'archipel et étude formelle de ces tracés permettant d'en dégager un modèle (Da Silva 2022).

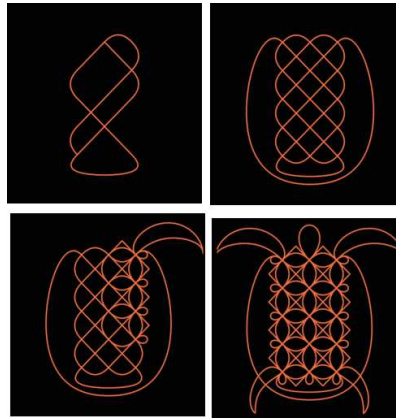


Figure 2 : Décomposition du tracé de la tortue de mer par le logiciel d'Alban Da Silva.

Il a conçu un programme informatique qui est capable de réaliser le tracé complet d'une figure. On lui donne en entrée un codage du dessin comportant l'ordre des segments et leurs principales caractéristiques, et il produit en sortie une visualisation de ce tracé sous forme d'une animation affichée sur l'écran d'un ordinateur. La figure 2 montre quelques étapes du tracé de la tortue obtenues par le programme d'Alban Da Silva. C'est un exemple de programme de simulation au sens où on l'a défini plus haut, car si le système a enregistré en mémoire les paramètres des tracés, il est capable de les restituer comme le ferait un informateur sur le terrain. L'animation permettrait facilement à un autochtone de comparer avec sa pratique personnelle en regardant si ce qui s'affiche sur l'écran est conforme à sa manière de faire.



Figure 3 : Tableau de divination à Madagascar expliqué par Njarike (cliché Marc Chemillier, 24 décembre 2002).

Je n'ai pas travaillé au Vanuatu, mais j'ai appliqué une démarche similaire dans une étude que j'ai menée sur la divination à Madagascar (Chemillier 2008). Cette pratique consiste à disposer sur le sol des tableaux de graines comme celui reproduit figure 3. Les éléments du tableau sont soit des graines isolées, soit des paires de graines. La partie supérieure comporte quatre lignes et quatre colonnes. Lorsqu'il s'agit de prédire la destinée, cette partie est tirée au hasard. La partie inférieure est calculée selon des règles très précises en combinant les éléments de la partie supérieure. Elle est donc complètement déterminée dès lors que les quatre lignes et les quatre colonnes supérieures sont connues. Les figures de la divination sont les suites de quatre éléments apparaissant dans ces colonnes (et dans les lignes du haut).

Certains tableaux remarquables intéressent particulièrement les devins. Par exemple dans celui de la photo ci-dessus, la figure 2211 vers laquelle pointe le doigt de devin est répétée un grand nombre de

fois à l'intérieur du tableau : cinq fois dans les colonnes du bas, deux fois dans les colonnes du haut et on la trouve même dans la deuxième ligne du haut (lue de droite à gauche). On dit que le tableau est *fohatse*. Le tableau est également remarquable d'un autre point de vue car les figures de divination sont associées à des points cardinaux. Par exemple, la figure 2111 est considérée comme orientée à l'Ouest. Lorsqu'un point cardinal n'apparaît qu'une seule fois dans un tableau, on dit que celui-ci est *toka* et il est considéré comme doté d'une grande force symbolique. C'est le cas du tableau de la photo ci-dessus car la figure 2111 apparaissant dans la colonne en haut à gauche est la seule de l'Ouest.

```

      o n s s
      .. . . n
      . . . . s
      . . . . s
      . . . . s

      .. . . . . . . . .
      .. . . . . . . . .
      .. . . . . . . . .
      s e e s s s s e
      -----
      o e s s
      .. . . . s
      . . . . s
      . . . . s
      . . . . s

      .. . . . . . . . .
      .. . . . . . . . .
      .. . . . . . . . .
      s e e s e e s s
      -----
      o n s s
      .. . . . n
      . . . . s
      . . . . e
      . . . . s

      . . . . . . . . .
      . . . . . . . . .
      . . . . . . . . .
      n s e s s s s s
      -----
      o e e e
      .. . . . s
      . . . . e
      . . . . s
      . . . . s

      .. . . . . . . . .
      .. . . . . . . . .
      .. . . . . . . . .
      s e e s e e s e
      -----

```

Figure 4 : Listing du calcul des tableaux avec 2111 unique figure de l'Ouest en haut à gauche.

J'ai réalisé un programme d'ordinateur qui calcule ces tableaux remarquables. Il permet de montrer par exemple, que les tableaux *toka* avec la figure 2111 unique représentant de l'Ouest dans la colonne en haut à gauche ne sont qu'au nombre de quatre. Le programme les affiche tous comme sur la figure 4, en indiquant les points cardinaux par des lettres. On reconnaît le tableau de la photo en dernière position dans ce listing.



Figure 5 : Séance de travail avec Njarike où l'on confronte ses données avec celles calculées par ordinateur (cliché Marc Chemillier, 9 décembre 2005).

Ce programme m'a beaucoup servi dans mon enquête de terrain à Madagascar. D'une certaine manière, il me dotait de connaissances analogues à celles des devins et ceux-ci me considéraient de ce fait comme l'un des leurs. Dans la confrontation avec les devins, l'ordinateur permet à l'anthropologue de parler d'égal à égal avec son informateur. C'est une sorte de prothèse avec laquelle il peut simuler l'assimilation de ces savoirs traditionnels. Plusieurs fois les devins m'ont qualifié d'*ombiasy be* (grand devin) et cela a facilité nos échanges. La photo de la figure 5 est extraite d'une séance avec le devin Njarike au cours de laquelle j'avais eu l'occasion de recourir à l'ordinateur pour calculer des tableaux *toka* d'un certain type dont Njarike avait noté cent variantes dans ses carnets. L'ordinateur a montré qu'il en existait cent-cinquante-et-un. Le dialogue qui a suivi a été reproduit dans (Chemillier 2017). Les réactions de Njarike sont intéressantes. Il relève que la connaissance de ces tableaux apportée par mon programme informatique échappe au processus traditionnel d'acquisition de ces connaissances (« ce n'est pas un devin qui lui a donné tout ça », *tsy nisy ambiasa nahazoany azy*). En effet, le mode traditionnel suppose une transmission, c'est-à-dire une rencontre entre devins et par conséquent une présence humaine, car les devins s'échangent des tableaux entre eux et les recopie sur les carnets d'un autre devin en les monnayant contre une valeur d'échange (bétail). Cette coprésence humaine est perturbée par l'introduction de l'ordinateur dont Njarike reconnaît la puissance, mais en la qualifiant de bestiale : « l'ordinateur est une bête » (*amin'ity ato biby*), ce qui au figuré signifie « qui ne craint rien, ne respecte rien ».



Figure 6 : Séance de possession *tromba* à Madagascar (cliché Marc Chemillier, 6 août 2000).

Cette approche par la simulation peut être appliquée dans bien d'autres domaines. Je l'ai expérimentée également à propos de la musique à Madagascar en étudiant le répertoire de la cithare *marovany* jouée dans le culte de possession *tromba*. La photo de la figure 6 montre une séance de *tromba*. L'officiante revêt un habit particulier et dispose sur un petit autel différents objets rituels. La séance dure plusieurs heures avec un accompagnement ininterrompu de cithare et de hochets et au bout d'un certain temps, l'officiante tombe en transe en basculant son corps en arrière dans les bras d'une assistante. Durant les phases préparatoires, on peut observer que l'interaction avec le cithariste est très forte. L'officiante lui adresse des invectives et fait des gestes pour orienter son jeu.



Figure 7 : Duo du logiciel d'improvisation Djazz avec le cithariste malgache Velonjoro (cliché Marc Chemillier, 18 mai 2016).

De nombreuses années après cette séance de *tromba* à laquelle j'avais assisté, j'ai entrepris un travail de recherche avec le cithariste Velonjoro. Dans l'intervalle, j'avais initié avec des collègues de l'IRCAM à Paris un projet de développement d'un logiciel pour l'improvisation musicale. Ce programme informatique comporte une phase d'apprentissage au cours de laquelle il apprend en écoutant le jeu d'un musicien, puis il est capable d'improviser en recombinaison des fragments de ce qu'il a enregistré. Le logiciel est contrôlé par un utilisateur qui peut paramétrer le processus de recombinaison. Dans le cas de la cithare malgache, une étape supplémentaire a été prise en compte pour traduire les notes jouées par la cithare dans un format reconnaissable par l'ordinateur (format MIDI). Cela a été rendu possible grâce aux travaux menés au laboratoire d'acoustique musicale de Jussieu par Olivier Adam et Dorian Cazau pour la mise au point de capteurs sur la cithare (Cazau et al. 2016). L'aboutissement de ce travail a été l'enregistrement le 18 mai 2016 à Tananarive d'un duo entre la cithare de Velonjoro et le logiciel d'improvisation dont est extraite la photo de la figure 7. Lorsqu'un ethnomusicologue s'efforce de jouer avec des musiciens traditionnels, les signes lui permettant de se rendre compte si son jeu est acceptable ou non sont en général assez simples : si les musiciens s'arrêtent de jouer, c'est qu'il y a un problème et les causes peuvent être multiples (mise en place rythmique, justesse des hauteurs, accentuation, etc.). Dans le cas présent, Velonjoro ne s'était pas arrêté de jouer et l'ordinateur était parvenu à le suivre sur plusieurs morceaux. Le cithariste avait même par moment validé explicitement ce qui sortait de la machine par des signes facilement reconnaissables comme on le voit sur la photo de la figure 7. À ce moment précis où l'intervention de l'ordinateur devait lui sembler pertinente, il s'était retourné en souriant. On peut penser que les productions de la machine, à cet instant au moins, étaient acceptables culturellement.

Malheureusement, Velonjoro est mort le 10 janvier 2017 à l'âge de cinquante-quatre ans, six mois après l'enregistrement de ce duo. D'une certaine manière, le logiciel garde une trace de son jeu comme une sorte d'avatar de la même façon qu'une archive vidéo conserve la mémoire de quelqu'un après sa disparition, mais à cette différence près que le logiciel peut l'imiter comme s'il rejouait *post mortem*. Ces expériences posent des questions assez troublantes sur la notion de présence en musique : qui joue quoi, à quel endroit et à quel moment ? Déjà l'enregistrement apparu au début du XXe siècle bousculait singulièrement notre rapport à la musique en contribuant de façon décisive à l'émergence de genres nouveaux comme le jazz. C'est ce que rappelle le philosophe Bernard Stiegler qui cite cette anecdote à propos de Charlie Parker selon laquelle celui-ci emmenait en tournée deux instruments dans ses bagages : son saxophone et un phonographe avec lequel il s'efforçait de reproduire les solos de son aîné Lester Young (Stiegler 1986). Il y a quelque chose de paradoxal dans cette relation consubstantielle du jazz et des technologies d'enregistrement. D'un côté on reconnaît au disque un rôle essentiel dans le développement du jazz et dans son expansion à l'échelle de la planète entière en permettant ce que Stiegler appelle un « court-circuit ». Et d'un autre côté on considère que l'enregistrement ne garde qu'une trace affaiblie de ce qu'est réellement l'expérience du jazz vécue « en présentiel », c'est-à-dire dans un concert en présence des musiciens qui improvisent.



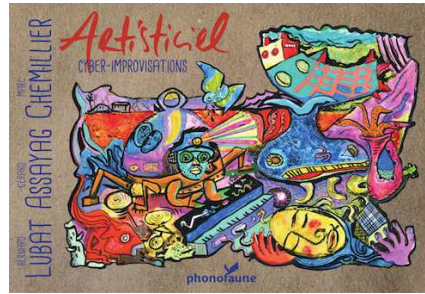


Figure 8 : Couverture du livre-CD *Artisticiel* avec le musicien de jazz Bernard Lubat paru le 28 mai 2021 (éditions Phonofaune).

Le logiciel d'improvisation que j'ai utilisé dans les expériences avec Velonjoro était conçu initialement pour faire de l'improvisation jazz. C'est surtout avec le grand jazzman Bernard Lubat que nous avons travaillé dès le début des années 2000 et celui-ci a joué un rôle déterminant dans le développement de ce projet. Le jazz est un champ artistique où la notion de présence et l'engagement physique des musiciens sont particulièrement valorisés. Au cours du travail avec Bernard, celui-ci a souvent mis en avant l'idée que le dépassement des capacités physiques du musicien et de ses gestes routiniers, était encouragé par la confrontation avec la machine. L'ordinateur est capable d'une virtuosité qui, sur le plan esthétique, peut confiner à l'absurde, mais qui peut aussi ouvrir des voies nouvelles dans l'imaginaire en montrant au musicien des chemins différents des habitudes apprises lors de son apprentissage. Le livre-CD *Artisticiel* paru récemment, dont la couverture est reproduite figure 8, dresse le bilan de vingt années d'expériences logicielles avec Bernard Lubat. Celui-ci s'en explique dans le livret : « Le travail avec les ordinateurs nous invite à l'aventure, à l'horreur esthétique, le courage d'affronter nos goûts, nos dégoûts et nos couleuvres. Grâce à ce travail qu'on a fait ensemble, j'ai pu découvrir que je pouvais faire des musiques insupportables pour mon éducation. » (Lubat et al., p. 38). Cette publication a été achevée en pleine crise sanitaire du coronavirus au moment où le confinement donnait un coup d'arrêt à la vie musicale en imposant la fermeture des salles de spectacle, l'annulation des concerts, etc. Pour compléter le CD, nous devions faire avec Bernard des séances en studio qui n'ont pu avoir lieu. En son absence, il a été décidé de faire tourner les logiciels seuls en déclenchant des improvisations sur des enregistrements de Bernard déjà existants, sur des archives que nous avons conservées. Certains plages du CD sont ainsi produites en donnant naissance à des improvisations que l'on peut qualifier de « différées » à la manière des embryons congelés.



Figure 9 : Vidéo d'une improvisation avec ordinateur sur le compte TikTok de Djazz (<https://www.tiktok.com/@digitaljazz>).

La distanciation sociale liée au Covid a favorisé le développement d'activités musicales en ligne. Les confinements mis en place dans les différents pays à partir du printemps 2020 ont joué un rôle de catalyseur. Le 23 avril 2020 le rappeur Travis Scott se produisait en live dans le jeu vidéo Fortnite sous la forme d'un avatar qui a rassemblé 12,3 millions de spectateurs (Potdevin 2020). Ces chiffres astronomiques laissent présager une multiplication d'expériences de ce type dans lesquelles la notion de « présence musicale » sera profondément transformée. Cette mise en spectacle d'artefacts amplifie une tendance apparue il y a quelques années avec les hologrammes de chanteurs décédés comme Tupac et les stars virtuelles comme Hatsune Miku (Guesdon & Le Guern 2016). Un autre phénomène caractéristique de la pandémie a été la croissance accélérée de TikTok, le réseau social de vidéos courtes basées sur des extraits musicaux utilisé surtout par les adolescents. La plateforme lancée en 2018 par l'entreprise chinoise ByteDance avait en juin 2020 doublé son nombre de téléchargements (2 milliards) par rapport à l'année précédente (Dor 2020). La manière fulgurante dont elle a propulsé certains titres musicaux à travers les innombrables vidéos d'adolescents reprenant ces titres en fond sonore a poussé de nombreux musiciens à se mettre sur TikTok. L'une des particularités intéressantes de cette application est la possibilité de faire un duo virtuel en ajoutant une partie musicale sur une vidéo existante. Des relations entre musiciens peuvent ainsi se nouer à distance. Tel musicien lance une invitation à faire un duo avec lui en affichant « duet me » sur sa vidéo. Tel autre fait un duo avec une vidéo qui lui plaît et parfois même sans que l'auteur ne soit au courant. Étant moi-même contraint de rester chez moi pendant la pandémie, j'ai commencé à publier des vidéos sur TikTok comme celle que l'on voit figure 9 mettant en jeu le logiciel d'improvisation. Le but est d'explorer le réseau social pour établir des contacts avec des musiciens et envisager avec eux des relations musicales pouvant impliquer le logiciel par exemple dans la pratique de duos virtuels. À la virtualisation opérée par l'improvisateur artificiel telle qu'on l'a décrite plus haut à propos de Velonjoro et de Bernard Lubat, s'ajoute une autre virtualisation due à ces nouvelles formes de relations musicales médiatisées par la plateforme numérique. Celles-ci posent des questions étranges sur la notion de « présence musicale » car le lien qui se forme entre musiciens consiste à partager des sons via le réseau social mais sans partager un même espace acoustique et sans communiquer via les micro-interactions sur le plan expressif qui s'échangent habituellement entre musiciens. Il s'agit en quelque sorte de relations musicales *in absentia*.

## Références

Marcia Ascher, *Mathématiques d'ailleurs: nombres, formes et jeux dans les sociétés traditionnelles*, Paris, traduction K. Chemla, S. Pahaut, Seuil, 1998.

Dorian Cazau, Yuancheng Wang, Marc Chemillier & Olivier Adam, An automatic music transcription system dedicated to the repertoires of the marovany zither, *Journal of New Music Research*, Volume 45 Issue 4, 2016, pp. 343-360.

Marc Chemillier, *Les Mathématiques naturelles*, Paris, Odile Jacob, 2008.

Marc Chemillier, De la simulation dans l'approche anthropologique des savoirs relevant de l'oralité : le cas de la musique traité avec le logiciel Djazz et le cas de la divination, *Transposition. Musique et sciences sociales*, Hors-série 1, Musique, histoire, société, 2017, <https://journals.openedition.org/transposition/1685>.

Alban Da Silva, *Étude ethnomathématique des dessins sur le sable du Vanuatu*, thèse, laboratoire SPHERE, UMR 7219, CNRS, Université de Paris (en préparation, 2022).

Fabiola Dor, Comment TikTok est devenu le grand gagnant de la crise du coronavirus, *Les Échos, Start*, 12 juin 2020.

Maël Guesdon, Philippe Le Guern, Une voix sans corps pour des corps sans voix. À propos des hologrammes en général et d'Hatsune Miku en particulier, Philippe Le Guern (éd.), *Où va la musique ? Numérimorphose et nouvelles expériences d'écoute*, Presses des Mines, pp. 213-230, 2016.

Bernard Lubat, Gérard Assayag, Marc Chemillier, *Artisticiel. Cyber-improvisations*, livre-CD, Phonofaune, 2021.

Pascaline Potdevin, Travis Scott sur « Fortnite », Alonzo sur « GTA »... Les concerts jouent le jeu du virtuel, *Le Monde, M le Mag*, 22 juin 2020.

Bernard Stiegler, Programmes de l'improbable, courts-circuits de l'inouï, *InHarmoniques*, 1986, pp. 126-159.