



## Daniel ARFIB

*Daniel Arfib est à la fois un scientifique et un musicien. Chercheur au CNRS à Marseille depuis 1977, il y a développé de nombreux outils de synthèse par ordinateur, de transformation des sons et élaboré de nouvelles possibilités pour la conception et la réalisation d'instruments de musique numériques. Il participe à des actions européennes dont DAFx (effets audionumériques) et ConGAS (contrôle gestuel de systèmes audionumériques).*

*Il est aussi compositeur de musique sur ordinateur, avec des œuvres telles que « le Souffle du Doux » ou « Fragments complets » et joue aussi sur scène avec les instruments issus de la recherche (groupes « Fotosonix » et « Tutti quanti computing orchestra »).*

Nous allons décrire dans cet article des instruments de musique virtuels, qui se jouent sur scène avec des instrumentistes en chair et en os. Ils font appel, aussi bien dans leur conception que leur réalisation, à des processus abstraits, qui brisent la chaîne cause-effet d'un instrument acoustique, où le son est relié au geste de l'instrumentiste par des systèmes physiques. Instruments virtuels donc, mais on verra que la virtualité n'est pas forcément là où on pense qu'elle est. Mais les instruments réels aussi, car pour exotiques qu'ils soient, des objets sont manipulés par des instrumentistes, et des sons entendus par des auditeurs.

Mais avant de partir dans la description de ces instruments virtuels bien réels, voyons si l'on peut les insérer dans ce thème plus général qui est la virtualité dans le monde des arts.

### LES INSTRUMENTS VIRTUELS RAMÈNENT DANS L'INVISIBLE CE QUI EST NORMALEMENT VISIBLE

La relation du virtuel et de l'art peut être ressentie comme une part du rapport du visible à l'invisible. En effet, l'art peut être vu comme la manifestation visible d'une présence invisible, nommée inspiration dans nos doctrines occidentales, mais pouvant ailleurs être sujet à l'expression d'une divinité sous-jacente au monde. C'est donc dans un contexte chargé qu'est arrivée en science de l'information la notion de « réalité virtuelle », un jeu de mot insensé et à la fois porteur de sens, et celle « d'instruments de musique virtuels ». Le virtuel remplit d'abord la fonction de cacher, d'être invisible, de disparaître. Dans le domaine du virtuel, il s'agit donc de savoir ce dont on parle, avant de dire où cela nous mène.



### LE VIRTUEL EST UN NIVEAU D'ABSTRACTION, PAS UNE NÉGATION DU RÉEL

Tout d'abord la virtualité : est-elle uniquement la négation du réel, ou un niveau d'abstraction indépendant? Je pencherais personnellement pour la seconde option : la virtualité en un sens ne dénie pas le réel, elle le précède, dans l'ordre de la manifestation : c'est une idéation, une abstraction qui a son sens en elle-même. A titre d'exemple, un son virtuel est un son qui ne provient pas d'un mécanisme physique comme une corde ou une caisse de résonance mais d'un processus de calcul de signaux (comme ceux d'un CD, qui contient 44100 nombres successifs par seconde). Pour autant ce son calculé ne dénigre pas le réel, on l'entend à travers des hauts-parleurs et l'oreille de l'auditeur va conduire cette vibration vers les nerfs auditifs sans distinguer une réalité ou une virtualité. C'est au niveau de la perception que l'on pourra ou non déceler par exemple une nappe de sons de synthétiseurs plutôt qu'un ensemble de violons.

### VIRTUALITÉ ET CORPORÉITÉ

On sent toutefois que la virtualité est un monde d'action et d'interaction qui est différent du monde dit « réel » : les objets ne sont pas les mêmes, et ils réagissent d'une manière

différente. Par exemple une image vidéo peut être couplée à un geste par une relation sortant de l'ordinaire. Le couplage entre le mouvement d'un danseur et une telle image procède de l'imagination créatrice plus que des lois de la mécanique. C'est donc au sens de la corporéité qu'il faut évaluer la notion de virtualité : ce qui est virtuel est en soi décorporéisé. La virtualité n'exclut pas le sentiment de présence ; d'autre part l'existence de la « réalité mixte » où des éléments de virtualité s'ajoutent à des éléments de réalité, brouille encore le discours.

### VIRTUALITÉ ET PRÉSENCE : PRÉSENCE DU SON, PRÉSENCE DE L'INSTRUMENTISTE

La question de la présence dans le virtuel est importante. Pour prendre le sujet de la matière sonore, le son, virtuel ou réel, est-il présent ou non ? Et c'est là que réel et virtuel s'emmêlent à merveille : un son modifié par ordinateur est à la fois réel et virtuel. De la même manière, des instrumentistes utilisant des instruments « virtuels » peuvent avoir un sentiment de présence ou non suivant la capacité du système à installer un sentiment personnel. Ce sentiment de présence, à la fois pour le spectateur et pour l'acteur est un fait majeur du monde de l'art. Il ne signifie pas de produire une sensation conventionnelle, le propos peut être décalé, mais d'installer



l'impression d'un monde imaginaire qui trouve une cohérence dans le référentiel humain.

### L'INSTRUMENT DE MUSIQUE NUMÉRIQUE

L'instrument de musique numérique est une variété essentielle de l'orchestre contemporain. Il va de l'adjonction de dispositifs électroniques (guitare électrique) à la confection de rapports entre captation d'une image et son qui débordent largement le concept d'instrument. On peut parler dans ce dernier cas de sonification de chorégraphie plus que d'instrumentation musicale.

Les instruments de musique numérique que nous avons réalisés au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS sont une combinaison d'un programme de synthèse sonore, de capteurs gestuels, et d'un programme de mise en correspondance entre les données du geste et les données du son. Ce qu'on nomme capteur gestuel est ici tout périphérique d'ordinateur qui recueille des informations sur le mouvement humain. La souris en est un, quoique sûrement un des moins maniables pour le contrôle gestuel de processus sonores, mais il en existe bien d'autres, qu'ils soient des pièces rapportées sur des instruments classiques ou des périphériques alternatifs (tablettes, joysticks, caméra vidéo en particulier).

Les caractéristiques de nos instruments sont qu'ils donnent la primauté au son numérique, qu'ils utilisent des périphériques mis en contact avec le toucher de l'être humain, qu'ils sont pris en charge par les deux mains, et qu'une attention toute particulière est donnée à la relation geste-son. On trouvera ainsi dans ce domaine des instruments « faits au labo » le « Voicer », l'émulateur photosonique, la Corde filtrante, les « Scanglove s », etc.

### SON RÉEL, SON VIRTUEL

Dans ces instruments, le son est numérique et sort des hauts-parleurs, à partir d'un programme d'ordinateur, mais cela en soi n'est pas un gage pour définir si le son est naturel ou virtuel : nous sommes tellement habitués au CD que nous quali-

fierons de naturel un son simplement enregistré. Nous assemblons des modules informatiques pour créer des programmes de synthèse et de transformation sonore, et notre démarche à la fois scientifique et technique est celle-ci : pour nous, le son numérique n'imité pas, il explore. La définition d'un son « virtuel » n'est donc pas si simple : entre la variété allotropique d'un son enregistré et la synthèse ex abrupto, il y a place pour mille variations. Mais en fin de compte, l'oreille sait trouver de quoi se nourrir, et les sons de synthétiseur deviennent aussi typés que ceux des instruments.

### GESTE RÉEL, GESTE VIRTUEL

Le geste lié aux instruments acoustiques est codifié par la matière : entre le geste du guitariste, ou du violoniste, et le son, ce sont les lois de la physique qui sont mises en œuvre. C'est à la fois la gloire et la limitation de ces instruments : on joue avec les lois de la nature, et cela assure une cohérence, et une limite.

Le geste lié à la virtualité est a priori délié de ce type de contrainte. Geste libre donc ? Essayez de jouer ou de simuler le jeu d'un piano dans le vide, et vous verrez que les touches sont bien utiles. Le geste instrumental virtuel n'est pas nécessairement un geste libre expressif, à notre sens il ne l'est même pas du tout : le geste instrumental n'a pas besoin d'être beau, mais d'être en parfaite coordination avec le son émis. Le son par contre a besoin d'expressivité, et le geste est à son service. Le luthier informatique a donc les coudées franches, et il peut définir à loisir quels types de gestes vont conduire le son, car il va aussi définir les lois qui lient gestes et sons. Des typologies de ces gestes virtuels tombent sous le sens : par exemple un geste de décision s'opère à un moment donné, alors qu'un geste de modulation est une variable du temps. Les capteurs de surface telles les tablettes graphiques sont étonnantes de précision, et le geste du crayon y est spontané. Les gestes opérant sur un joystick le sont devenus tout autant. L'utilisation d'une tablette multipoint est plus aventureuse, et les « doigts pointants » sont encore des objets à l'état de recherche.

### GESTE - SON, QUEL LIEN ?

Lier le son au geste, qu'est-ce donc ? C'est en fait relier l'intention du geste à l'expression du son, chose plus facile à dire qu'à faire. Concrètement, il faut relier mathématiquement les données du geste aux paramètres de synthèse du son. C'est un travail d'informaticien musical, qui nécessite une grande expertise : il faut que les gestes soient adéquats, et par exem-



ple, dans le cas de la bi-manualité, que les tâches à accomplir par chacune des mains répondent bien à la coordination ou la complémentarité. Ainsi seulement on obtient un instrument de musique virtuel performant.

### VOIX VIRTUELLE, NAVIGATION ET FILTRAGE, SCULPTURE DYNAMIQUE

Nous allons maintenant décrire trois réalisations, effectuées respectivement par Loïc Kessous, Daniel Arfib/ Patrick Sanchez, et Jean-Michel Couturier au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique au CNRS de Marseille. Ces instruments illustrent des propos musicaux différents, car la démarche vraie est de partir de ce que l'on veut dans le son, et de réaliser une application pratique qui illustre bien la notion d'instrument avec ce concept musical déterminé.

Le premier instrument est le Voicer, qui consiste en un contrôle bi-manuel de synthèse de voyelles. Ce chant de voyelles est piloté par deux périphériques, une tablette graphique qui contrôle la mélodie avec des gestes circulaires, et un joystick qui gère l'articulation des voyelles. Pour en jouer, il faut comprendre la distinction faite ici entre la mélodie et le timbre. Dans le Voicer, le timbre est celui d'une voyelle artificielle, et donc on se déplace de voyelle en voyelle à l'aide d'un joystick. La mélodie, elle, est jouée avec une tablette graphique, et l'on dispose d'une sorte de clavier circulaire, avec la fonction supplémentaire d'un passage continu entre deux secteurs, ce qui permet en particulier le vibrato.

Le second est l'émulateur photosonique, qui répond à la double action de circuler dans une base de sons, et de sculpter les sons piochés dans cette base. Emuler, c'est simuler par programme un appareil existant, ici le synthétiseur optique photosonique de Jacques Dudon. Les gestes de faire bouger une lumière et un filtre sont ici remplacés par l'action bi-manuelle encore sur une souris «absolue» (le point sur l'écran est le point sur la tablette) et un stylo associé à une tablette graphique. Le choix d'un disque, ensemble des sonorités dans lesquelles on navigue, assure l'espace des sons disponibles ; les disques sont réalisés par l'Atelier d'Exploration Harmonique. L'ensemble des gestes possibles devient l'établi de composition, d'interprétation et d'improvisation possible. Pour utiliser l'émulateur, il faut combiner deux gestes : l'un va décrire à l'aide de la souris des mouvements linéaires, circulaires, d'arches qui donnent la tonalité du son, l'autre va sculpter le son, horizontalement c'est celui d'un rehaussement d'har-

moniques, verticalement c'est un effet Doppler, changement de fréquence lié au mouvement, qui permet en particulier des vibratos.

Le troisième instrument est la Corde filtrante, dans lequel les équations d'une corde molle (bougeant suffisamment lentement pour qu'on voit le mouvement) sont utilisées pour piloter le filtrage d'un bruit coloré. Les mouvances de la corde, ses ondulations, ses retours au repos induisent des comportements similaires au niveau du son. Un monde étrange se déroule alors auditivement. Les évolutions sont amenées par un modèle semi-physique de corde dont les paramètres sont contrôlés par le musicien. La corde est modélisée par un ensemble de masses, de ressorts et d'amortisseurs, formant un système que l'on peut mettre en mouvement en appliquant des forces sur les masses. Une fois mise en mouvement, le musicien peut contrôler en temps réel l'évolution de la corde en agissant sur ses paramètres (raideur, amortissement). La corde est généralement affichée sur un écran, procurant un retour visuel pertinent, car l'évolution de la corde est directement liée à ce que l'on entend : l'évolution du spectre du son. D'autres instruments, tels le Scangloves, l'Argran, le Xtar, la Corde scannée, ont été développés, et font l'objet de recherches scientifiques (dont deux thèses) et de représentations musicales (TQCO, Fotosonix). Car tous ces instruments de recherche sont aussi des instruments de scène, où ils se combinent avec d'autres instruments, acoustiques ou électriques.



DOIGTS POINTANTS © DR

### VIRTUEL OU NON, UN INSTRUMENT EST UN INSTRUMENT

Qu'est ce qu'un instrument musical, donc, qu'il soit virtuel ou réel ?

Tout d'abord il faut qu'il puisse exister comme une entité reconnaissable, qu'on puisse dire « cet instrument est un Voicer » comme on dit « cet instrument est une guitare » par exemple. Ce n'est pas seulement le timbre de l'instrument qui va le caractériser, mais les gestes familiers que l'on peut opérer. Pour s'intégrer, ces nouveaux instruments doivent pouvoir être joués non seulement en solo, mais aussi en groupe, et cela dans différents styles, et avec des configurations variables. Avoir un répertoire est judicieux, même si au départ l'écriture tient plus du guide graphique que de la partition. On peut donc dire qu'un instrument de musique numérique est plus qu'une combinaison d'éléments constitutifs, il s'incorpore et devient un élément préhensible et compréhensible.

### INVENTER, COMPOSER, TRANSMETTRE

Quelles implications l'usage de la virtualité peut avoir dans la musique ? Le fait que l'instrument utilise des techniques de la virtualité n'y change rien : l'instrument de musique numérique est d'abord un instrument de musique. On pourra donc inventer de nouveaux gestes, de nouveaux jeux instrumentaux, notamment en formation, et bien sûr improviser. On pourra composer, et même si écrire le geste, l'expressivité, les nuances, les espaces sonores est un art nouveau, il s'appuie sur l'acte pédagogique, la transmission. Que transmettre donc ? Le geste ou le son ? La pédagogie est peut-être en fait

la transmission du lien entre l'instrument et l'instrumentiste. Les instruments virtuels posent de nouveaux challenges (ou défis), ils permettent aussi de nouvelles explorations, qui tournent toutes autour de l'humain. Car le virtuel, aussi pur soit-il, s'appuie sur la faculté perceptive, sensorielle mais aussi neuronale, de l'homme.

### CONCLUSION

La virtualité dans l'art ? Un thème récurrent depuis l'utilisation des techniques numériques, au point que le référentiel culturel a beaucoup changé en vingt ans. La modernité de l'équipement ne suffit pas pour épater le public, et la prouesse technique n'est pas gage d'émotion. C'est donc souvent avec un souci de mêler esthétique et science que se réalisent les meilleures alchimies sonores actuelles.

### Daniel ARFIB

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique - CNRS - Marseille  
<http://www.lma.cnrs-mrs.fr/~IM>



VOICER DEMO © DR