

Décembre 1969

N° 45

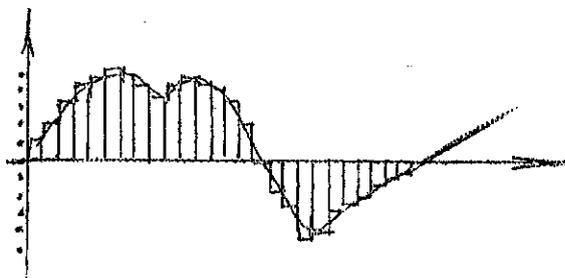
J. C. RISSET



L'ORDINATEUR

comme

INSTRUMENT de MUSIQUE



G A M

BULLETIN du GROUPE d'ACOUSTIQUE MUSICALE
FACULTÉ des SCIENCES - Place Jussieu Tour 66. PARIS

G. A. M.

PARIS, 10 Janvier 1970

GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE

Laboratoire d'Acoustique

Faculté des Sciences

~~10 Rue Copernic~~ - PARIS 5°

Place Jussieu - TOUR 66

Adresse Postale

9 Quai St-Bernard 5°

BULLETIN N° 45

L'ORDINATEUR COMME INSTRUMENT DE MUSIQUE

par J.C. RISSET

REUNION DU 15 Décembre 1969.

M. le Vice Doyen L. GAUTHIER nous avait honoré de sa présence.

Etaient présents :

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président.

M. LEIPP, Secrétaire général.

Melle CASTELLENGO, Secrétaire.

Puis, par ordre d'arrivée :

M. J.S. LIENARD (Ingénieur A. et M.); M. J.C. RISSET (CNRS); A.M. de BREM (Etudiant Nanterre); M. R. SCHUTZE (facteur de clavecins, Heidelberg); M. GILOTAUX (Directeur technique Pathé Marconi); M. MIKOSKA (Pathé Marconi); Mme CHARNASSE (CNRS); M. TIMSIT (Etudiant); M. BRUN (Centre de Calcul Analogique); Mme BRUN, Professeur de musique; M. KISSELHOF (Revue : Panorama instrumental); M. B. MACHE (Compositeur); Melle BARILLON (Professeur de Musique); M. BATISSIER (SIERE); M. GARDERET (CETHEDEC); Melle BARREAU (Professeur de Musique); M. A. DUFRESNES (ENS St-Cloud); M. JOUHANEAU (CNRS); M. CHALANDE (Ecole pratique Hautes Etudes); M. NICOLLE (Eurogram); M. SURUGUE (Ethnomusicologie); M. DUBUC (Ingénieur CNAM); M. S. OUNA (traducteur); Mme et M. MOLNAR (Psycho-physiologie); M. QUINIO (CNRS, CCA); M. POUBLAN (Médecin biologiste); M. BASCHET (Structures sonores); M. LEANDRI; M. FAYEULLE (Chef de la Fanfare de l'OPERA); M. LEGUY (Etudiant TELECOM); M. LESTRADE; M. MOUTET (Office National de Recherches Aéronautiques); M. GIRVES (Electronicien); M. DUPARCQ (Directeur de la REVUE MUSICALE); M. CHIARUCCI (GRM, ORTF); M. TESTEMALE (Informaticien); M. TEIL (Centre de Calcul Analogique CNRS); M. A. GICQUEL.

PERIODIQUE : 6 numéros annuels

Prix de vente : service gratuit

Imprimeur : Laboratoire de Mécanique Physique de la Fac. des Sciences de Paris.

Nom du Directeur : M. le Professeur SIESTRUNCK.

N° d'inscription à la commission paritaire : 46 283

L'ORDINATEUR, INSTRUMENT DE MUSIQUE

par J.C. RISSET

En 1965, j'ai présenté aux auditeurs du G.A.M. divers exemples sonores synthétisés à l'aide d'ordinateurs (1). Un ordinateur, associé à un dispositif de conversion numérique-analogique approprié, constitue un outil de synthèse potentiellement très puissant, qui permet de synthétiser virtuellement n'importe quel son à partir de la donnée de ses paramètres physiques; pour en tirer efficacement parti, il faut savoir quels paramètres physiques correspondent à tel ou tel son désiré. Il reste beaucoup à apprendre dans ce domaine, comme les auditeurs du G.A.M. le savent bien.

Depuis 1965, les ressources de la synthèse des sons à l'aide d'ordinateurs se sont grandement accrues, et je tenterai de donner un aperçu des possibilités actuelles. Tout d'abord je décrirai brièvement le procédé de synthèse, puis je présenterai des sons synthétiques "paradoxaux" qui ne pourraient guère être produits par des instruments réels; ensuite, après avoir exposé les problèmes qui se posent à l'utilisateur, je donnerai des exemples des progrès que j'ai récemment accomplis aux Bell Telephone Laboratories dans la synthèse de timbres divers. Je conclurai après la présentation d'une oeuvre musicale réalisée à l'aide de l'ordinateur pour laisser du temps à la discussion.

LE PROCÉDE DE SYNTHÈSE DES SONS :

Un son peut être défini par la fonction $p(t)$ donnant la pression acoustique en fonction du temps. $p(t)$ est proportionnelle à la tension électrique qu'il faut envoyer sur un haut-parleur pour reproduire le son.

Les ordinateurs manipulent des nombres. L'on peut passer des nombres aux sons grâce à l'échantillonnage numérique. Un théorème mathématique (2) indique qu'une onde $p(t)$ ne contenant pas de fréquences supérieures à une limite F est parfaitement définie par la donnée de $2F$ nombres par seconde, les échantillons d'amplitude de l'onde (c'est-à-dire les valeurs instantanées des amplitudes) à des intervalles réguliers espacés de $\frac{1}{2F}$ secondes : $p(t)$, $p(t + \frac{1}{2F})$, $p(t + \frac{2}{2F})$, ..., $p(t + \frac{n}{2F})$, ... On peut ainsi, à partir de nombres que l'ordinateur peut engendrer, reconstituer une fonction $p(t)$ sous forme d'une tension électrique variable au cours du temps : on obtient le son en envoyant cette tension électrique sur un haut-parleur.

Il faut remarquer que la synthèse d'échantillons de l'onde sonore n'est pas le seul procédé permettant d'utiliser des ordinateurs pour produire des sons. Il existe un moyen simple à mettre en oeuvre, mais très rudimentaire : l'extraction de l'un des bits d'un registre de l'ordinateur, dont le contenu est contrôlé par programme, permet d'obtenir des ondes carrées de diverses fréquences. Une possibilité plus intéressante consiste à connecter à l'ordinateur un synthétiseur électronique de sons, comportant par exemple des oscillateurs contrôlés électriquement (voltage-controlled oscillators) : l'ordinateur doit fournir les tensions commandant les fréquences des oscillateurs. Dans ce cas le débit de données qui doit sortir de l'ordinateur est assez faible, si bien qu'on peut obtenir les sons en temps réel. Cependant ce procédé ne possède pas le caractère d'universalité propre à la synthèse d'échantillons de l'onde sonore : ses possibilités dans le domaine du timbre sont limitées et dépendent de l'équipement particulier associé à l'ordinateur; l'installation est d'ailleurs coûteuse et délicate dans l'état actuel des techniques.

Je reviens donc à la synthèse d'échantillons de l'onde sonore, illustrée par la fig.1. L'ordinateur calcule une suite de nombres puis les délivre à la sortie à un rythme uniforme correspondant à la fréquence d'échantillonnage. Un convertisseur

numérique-analogique convertit les nombres successifs en impulsions respectivement proportionnelles aux nombres. La suite d'impulsions est lissée par un filtre passe-bas, à la suite duquel on obtient l'onde sous forme d'une tension électrique. On envoie alors cette tension sur un haut-parleur où on l'enregistre à l'aide d'un magnétophone.

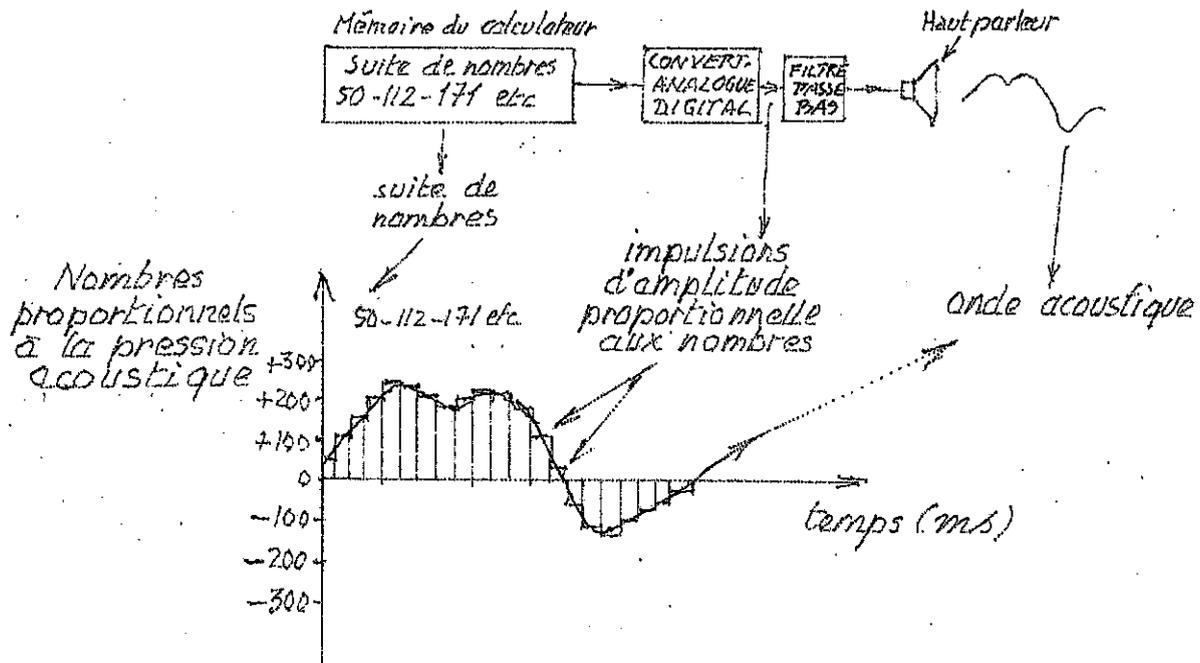


Figure 1

Pour engendrer des sons contenant des fréquences jusqu'à 15 000 Hz, il faut 30 000 nombres par seconde de son. Cela serait impraticable sans l'emploi d'ordinateurs. Si l'on utilise un ordinateur, le temps de calcul nécessaire dépend de la machine utilisée, du programme et de la complexité du son désiré; en général le calcul ne peut être fait en temps réel. Aussi les nombres calculés sont emmagasinés sur une bande magnétique numérique; quand le calcul est terminé, cette bande peut être jouée à la vitesse appropriée pour sortir les nombres à la vitesse d'échantillonnage puis les convertir en sons.

Le procédé permet d'obtenir une sortie stéréophonique par la synthèse de deux voies indépendantes (ou davantage).

En principe tout son qui peut être enregistré pourrait être produit de cette façon. Les limitations techniques du procédé résultent du remplacement de quantités continues par des nombres discrets, ce qui est inéluctable dans tout traitement par ordinateur. Le taux fini d'échantillonnage impose une limitation de la bande de fréquence. La précision finie de représentation numérique des échantillons introduit une distorsion ou si l'on préfère un bruit de quantification. On peut dès maintenant réduire ces défauts au point de les rendre inaudibles. Ainsi en représentant les échantillons par des nombres à quatre chiffres significatifs, on obtient un rapport signal sur bruit de quantification supérieur à 65 dB; un taux d'échantillonnage de 40 000 Hz produit des fréquences jusqu'à 20 000 Hz. (Il y a un compromis à adopter entre bande passante et économie de temps de calcul, puisque le temps de calcul est essentiellement proportionnel à la fréquence d'échantillonnage). Dans l'état actuel de la technologie, les limitations techniques de la synthèse des sons à l'aide d'ordinateurs coïncident en fait avec celles de la haute fidélité (enregistrement sur magnétophone, utilisation de haut-parleurs).

UN PROGRAMME GENERAL POUR LA SYNTHESE DES SONS.

Un ordinateur ne fonctionne que sous contrôle d'un programme, qui lui spécifie la marche à suivre. Pour la synthèse des sons, le programme doit se charger de calculer les nombreux échantillons de l'onde à partir d'une description commode des paramètres physiques du son désiré; il est souhaitable qu'il soit puissant et général

mais d'usage simple, et aussi qu'il soit efficace, qu'il demande peu de temps de calcul. Ces impératifs ont été remarquablement conciliés dans la série des programmes MUSIC conçus par Max MATHEWS, le pionnier de la synthèse des sons à l'aide d'ordinateurs (3). Ces programmes sont très utilisés aux Bell Telephone Laboratories et dans nombre d'universités aux Etats-Unis.

Dans le cadre de cet exposé, que je voudrais consacrer surtout aux exemples sonores, je ne puis entrer dans les détails de ces programmes. Qu'il me suffise d'indiquer que l'utilisateur a la possibilité d'agencer comme il le désire des blocs-unités, groupes d'instructions qui simulent des appareils tels qu'oscillateurs, générateurs de bruits, additionneurs, filtres, modulateur... L'utilisateur peut spécifier aussi des fonctions, soit par une définition algébrique, soit en les dessinant à l'aide d'un dispositif comme la Rand tablet. La différence avec un studio de musique électronique est grande : avec l'ordinateur, on ne dispose pas du temps réel; mais on a la possibilité d'un immense degré de contrôle, de précision, de reproductibilité et de complexité.

DEUX EXEMPLES SIMPLES DE SYNTHÈSE.

Le premier exemple présente trois sons successifs, qui sont si l'on veut trois approximations successives d'un son de cloche. Le 1er son est formé de 9 composantes sinusoïdales à des fréquences (224 Hz, 368 Hz, 476 Hz, 684 Hz...) non liées harmoniquement (comme c'est le cas dans un son de cloche réel). L'amplitude de toutes ces composantes décroît exponentiellement en fonction du temps, et cette décroissance est synchrone, comme dans un carillon électronique. Dans le 2° son les composantes ont les mêmes fréquences que dans le 1er, mais la décroissance d'amplitude n'est plus synchrone : comme dans le cas d'un son réel, les composantes graves résonnent plus longtemps que les composantes aiguës; le son résultant est bien plus naturel quoi qu'en soit un peu pauvre. Dans le 3° son, chaque composante grave est remplacée par deux composantes de fréquences très voisines - de façon similaire aux modes dédoublés d'une cloche dont la symétrie de révolution n'est pas parfaite. Il en résulte des battements qui communiquent quelque vie et chaleur au son. Pour réaliser de tels exemples dans un studio purement électronique, il faut disposer de nombre d'oscillateurs et de modulateurs de forme, et pouvoir les accorder et les synchroniser.

L'exemple suivant se rapproche d'un son de flûte, sans rechercher une imitation fidèle. L'onde est proche d'une sinusoïde - le spectre n'est pas le même pour les notes graves et aiguës; à cette onde sont imposées une enveloppe d'amplitude et aussi des modulations périodique et quasi-aléatoire d'amplitude. Certains paramètres physiques diffèrent d'une note à l'autre, ce qui permet d'introduire une certaine souplesse et de contrôler le phrasé (ainsi au début de certaines notes y a-t-il un portamento, c'est-à-dire un léger glissement de fréquence).

SONS PARADOXAUX.

Les sons présentés précédemment sont proches de sons d'instruments traditionnels mais l'ordinateur permet un contrôle sur les paramètres du son qui rend possible la synthèse de sons très artificiels possédant des propriétés paradoxales. J'ai présenté en 1965 la gamme chromatique sans fin de Shepard (4). J'ai depuis généralisé ce paradoxe dans le cadre d'une étude sur la perception de la hauteur des sons (5) : voici quelques échantillons sonores qui donnent lieu à des perceptions de hauteur peu usuelles.

Le premier exemple est un glissando qui paraît descendre sans fin : le son descend la gamme, mais après une descente d'une octave les paramètres physiques sont retournés au même état qu'au début. La fin de l'exemple illustre un effet de spatialisation par pseudo-stéréophonie, obtenu par un léger décalage temporel entre deux pistes sonores à part cela identiques.

Le second exemple est similaire : il est d'un timbre plus aigu et ne cesse de "monter" (nombre d'auditeurs le trouvent plus frappant).

Dans le troisième exemple, le glissando descend la gamme en même temps qu'il devient plus aigu.

Le quatrième exemple présente le même phénomène de manière plus évidente encore. Ces effets sont obtenus en contrôlant indépendamment les fréquences des composantes et leur distribution spectrale; ils démontrent que la hauteur n'est pas toujours simplement liée à la fréquence, et le cinquième exemple le démontre de façon très frappante; cet exemple comporte deux sons successifs, et le 2^o son est jugé par une grande majorité d'auditeurs plus haut que le 1^{er} son, or il est déduit du 1^{er} son en doublant les fréquences des composantes : voici un son dont la hauteur baisse lorsqu'on double la fréquence du magnétophone sur lequel on le joue !

Ces paradoxes peuvent s'interpréter à la lumière d'une théorie de la perception des hauteurs sonores, mais je n'en parlerai pas aujourd'hui : j'ai présenté ces sons pour démontrer que l'ordinateur permet de synthétiser des sons qu'on ne pourrait obtenir autrement. Le contrôle de la hauteur possible de cette façon ouvre d'ailleurs de nouvelles possibilités musicales : en fait une des raisons pour lesquelles je me suis intéressé à la réalisation de ces sons est la commande d'une musique de scène devant illustrer une chute rêvée - chute sans fond, pour laquelle les glissandos sans fin étaient tout indiqués. Voici deux brefs extraits de cette pièce; le dernier illustre aussi la simulation de l'effet choral (dû à la superposition d'un grand nombre de voix légèrement décalées en fréquence et en temps) par une modulation quasi-aléatoire d'amplitude convenablement choisie.

LE PROBLEME DE L'EXPLOITATION DES POSSIBILITES DU PROCEDE.

Les ressources potentielles de la synthèse des sons par ordinateur apparaissent illimitées. Cependant pour le musicien qui veut en tirer parti se pose un problème fondamental. Le musicien peut avoir une idée du type de son qu'il désire et être capable de le décrire de différentes façons : par des adjectifs, ou peut-être par référence à des sons existants comme ceux d'instruments de musique traditionnels. Mais l'ordinateur est incapable de faire usage de ce type de description : il lui faut une description complète de la structure physique du son à synthétiser. Il faut tout spécifier à la machine, y compris des détails qui sont implicites lorsqu'on parle par exemple de son cuivré ou de son de corde frottée à l'archet, mais qu'on ne sait pas au départ traduire en paramètres physiques. Et les sons réels intéressants musicalement sont beaucoup plus complexes qu'on ne le pense généralement. Pierce comparait voici quelques années la situation de l'utilisateur de ce puissant moyen de synthèse sonore à celle d'un sauvage en face d'un piano à queue : des choses merveilleuses pourraient sortir de cette boîte sans doute, le tout est de savoir comment s'en servir.

Le problème semble difficile, mais il n'est pas insoluble. Ce qui fait défaut, c'est un corps de connaissances psychoacoustiques, une science des corrélations entre paramètres physiques et timbre perçu des sons. Cette science se développe petit à petit, par exemple grâce aux travaux du Groupe de Recherches Musicales de l'O.R.T.F. ou grâce aux études d'acoustique musicale de l'équipe de M. LEIPP au Laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences de Paris, et surtout grâce à la synthèse des sons par ordinateur, qui fournit elle-même un outil irremplaçable. En effet, pour chaque son synthétisé, on garde avec les données fournies à l'ordinateur la description complète de la structure physique du son; et l'on peut varier séparément les paramètres physiques du son, pour apprécier à l'écoute leurs effets sur le timbre. La quête de sons musicalement intéressants paraît au début longue et difficile, mais toute conquête est définitive et tout utilisateur peut en bénéficier. Ayant pratiqué nombre d'essais de synthèse, j'ai réuni certains des plus significatifs dans un " catalogue " (6) qui consiste d'un disque des sons accompagné des données sur ces sons : ainsi ces sons peuvent être resynthétisés sur d'autres ordinateurs (ou parfois à l'aide d'équipement électronique). Si d'autres musiciens utilisant l'ordinateur s'astreignent à publier de cette façon leurs résultats de synthèse intéressants, le répertoire de sons qu'on sait produire s'enrichira très vite, en même temps que ce corps de connaissances psychoacoustiques qui faisait tellement défaut aux début de la " computer music ".

Un étudiant musicien n'apprend pas l'orchestration du jour au lendemain et les ressources de l'orchestre se sont d'ailleurs longuement enrichies. Comme toute technique musicale nouvelle, l'usage des ordinateurs pour la synthèse des sons suppose un apprentissage, d'autant plus que l'utilisateur joint aux responsabilités de compositeur celles d'interprète : mais dès à présent les ressources sonores et les possibilités proprement musicales qu'offre l'ordinateur pour composer, par exemple, au niveau même du son, sans avoir nécessairement à passer par des notes au sens classique, exercent une grande attraction sur les musiciens que concerne vivement la réalité sonore (7).

Les exemples qui suivent illustrent l'exploration de ressources sonores virtuelles de l'ordinateur effectuée depuis quelques années aux Belle Telephone Laboratories.

SONS PROCHES DE CEUX D'INSTRUMENTS REELS.

Les manuels d'acoustique enseignent que le timbre, qualité distinctive d'un instrument de musique, est associé à un spectre harmonique : la configuration de ce spectre déterminerait le timbre. Les essais d'imiter des sons instrumentaux à l'aide de l'ordinateur en décrivant le son à l'aide d'un spectre unique donné dans les manuels prouvent qu'il n'en est rien : bien souvent les sons qu'on obtient ainsi n'ont pas grand rapport avec les sons de l'instrument réel (voici un exemple pour le cas de la trompette). Les données classiques sur les instruments sont trop simplistes : il importe de savoir comment le son varie, de dégager parfois certaines lois pour tel ou tel type de son, et souvent d'avoir des données quantitativement très précises sur certains éléments (par exemple temps de montée, ou temps de décroissance des diverses composantes).

Nous avons étudié des sons de violon et de trompette pour obtenir les informations nécessaires à la synthèse de sons "cuivrés" ou proches de sons de cordes frottées. Nous avons effectué des analyses détaillées de sons réels, puis nous avons essayé des synthèses imitatives simplifiées en déterminant les facteurs auditivement importants (8).

Voici un exemple donnant des "sons de violon" synthétiques dûs à Mathews, Miller, Pierce et Tenne ; dans les dernières notes on a volontairement exagéré l'incertitude de fréquence au moment de la mise en branle de la corde par l'archet, d'une manière qui rappelle le râclage de l'archet d'un débutant.

Voici quelques sons de trompette réels et synthétiques entremêlés. (Des musiciens expérimentés ne peuvent les séparer de façon décisive).

Notre étude a permis de dégager la propriété la plus importante des sons cuivrés : l'augmentation considérable de la proportion des composantes de haute fréquence lorsque l'intensité sonore augmente. L'extrait musical suivant comporte parmi d'autres, une voix qui a été synthétisée suivant ce seul principe (donc d'après un modèle très schématisé).

Voici encore quelques sons cuivrés qui se rapprochent de trombones ou de cors - qui réalisent même une sorte d'intermédiaire entre cor et basson.

Evidemment le but poursuivi n'est pas d'obtenir une copie fidèle des sons d'instruments réels, mais d'avoir à sa disposition un vaste répertoire de sons musicalement utiles, débordant les timbres de l'orchestre classique mais aussi comportant des sons qui s'en rapprochent. Voici encore quelques sons de "percussion" - il n'y a pas de percussion matérielle, mais ces sons évoquent des percussions, même s'ils ne se rapprochent pas vraiment d'un instrument particulier.

SONS S'ECARTANT DE CEUX D'INSTRUMENTS REELS.

Voici des sons qui ne pourraient pas être produits par des instruments réels. Tout d'abord un glissando polyphonique assez spécial, puisqu'alors que la fréquence d'une voix varie de façon continue, les fréquences des autres voix varient parallèlement, de telle façon qu'il y ait entre deux voix une différence de fréquence constante (ce qui

signifie que l'intervalle musical entre voix varie constamment, puisqu'un intervalle constant correspondrait à un rapport de fréquence constant). Dans la suite de l'exemple, il y a une superposition dense de tels glissandos, dans diverses régions de fréquence. Les timbres obtenus ainsi sont très particuliers et riches.

Puis voici deux exemples où l'ordinateur développe un processus sonore qu'on pourrait appeler "analyse spectrale d'un accord" : au début l'on n'entend (par exemple) que les harmoniques 10, 11, 12 des notes de l'accord; puis l'harmonique 12 disparaît alors que l'harmonique 9 est introduit, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'accord ait atteint son état fondamental. Dans le premier exemple chaque harmonique a une attaque et une décroissance parabolique; dans le second exemple l'attaque est instantanée et la décroissance exponentielle ce qui donne un timbre entièrement différent. Les textures qu'on obtient ainsi procèdent d'un rigoureux développement harmonique, ce qui est sans doute un facteur de leur séduction sonore (9); elles ne sont pas sans rapport avec des sons que l'on peut obtenir à l'aide de modulateurs en anneau.

Je pourrais présenter nombre d'autres exemples; je préfère présenter certains des sons que vous avez entendus intégrés dans une composition entièrement jouée par l'ordinateur. Il s'agit d'une composition appelée Contre Apothéose, partie d'une musique de scène partiellement orchestrale, partiellement synthétique, que j'ai réalisée pour la pièce LITTLE BOY de Pierre Halet. Par le contrôle du son qu'il permet, l'ordinateur aide à concilier des exigences scéniques, qui commandent des éléments réalistes (bruits de sirène), et les exigences de la construction musicale.

CONCLUSION.

On ne peut guère conclure au sujet d'une discipline en pleine évolution. Toutefois les auditeurs qui ont entendu les exemples sonores que j'ai présenté en 1966 ont pu juger des progrès importants accomplis depuis quatre ans dans la synthèse des sons par ordinateurs : le stade des balbutiements est dépassé, et les connaissances qui permettent de tirer parti des possibilités latentes s'accumulent. En même temps on essaie d'autres modes d'utilisation de l'ordinateur pour produire des sons, modes plus immédiats sans doute, mais peut-être moins riches en ressources musicales neuves : l'ordinateur n'est pas un instrument de musique au sens habituel, il est virtuellement un orchestre à mille instruments, un immense synthétiseur de formes sonores, et il n'est pas certain qu'on en tire le meilleur parti en tentant de rapprocher son utilisation de celle d'un instrument de musique.

En tout cas l'ordinateur a déjà sa place en musique, et sous quelque forme que cela soit, il me paraît certain que son usage dans ce domaine va se développer : non pour remplacer les instruments existants : parallèlement à d'autres techniques électroniques, et aux ressources de l'orchestre, l'ordinateur proposera ses immenses possibilités, pour rendre plus entières encore les responsabilités du musicien.

NOTES ET REFERENCES.

1. J.C. RISSET - Situation de la recherche en acoustique musicale aux U.S.A. Bulletin G.A.M. - Septembre 1965.
2. J.M. WHITTAKER - Interpolatory Function Theory. Cambridge U^{ty} Press, London 1915.
3. M.V. MATHEWS, with the collaboration of J.E. MILLER, F.R. MOORE, J.R. PIERCE, et J.C. RISSET. The Technology of computer Music. M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1969.//

4. R.N. SHEPARD - Circularity in judgments of relative pitch. J. Acoust. Soc. Am. 36 (1964) p. 2346.
5. J.C. RISSET - Pitch control and pitch paradoxes demonstrated with computer-synthesized sounds. J. Acoust. Soc. Am. 46 (1969) p. 88.
6. J.C. RISSET - An introductory catalogue of computer - synthesized sounds. Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, N.J. 1969.
7. Pour Léopold STOKOWSKI, une pièce comme la chute n'en est plus à un stade expérimental, c'est de la musique.
Luciano BERIO espère pouvoir réaliser prochainement une oeuvre utilisant cette technique, que CAGE a utilisée et que BABBITI suit. XENAKIS cherche, ainsi que moi-même, à installer en France le dispositif de conversion nécessaire pour passer des nombres aux sons.
8. J.C. RISSET et M.V. MATHEWS. Computer analysis of instrument tones. Physics Today 22 (1969) p 23.
9. V. USSACHEVSKY m'a demandé la permission d'utiliser ces sons pour sa "Computer Piece" (1968).

o
oo oo

D I S C U S S I O N

(résumé par M. LEIPP)

B. MACHE - Pourriez-vous nous dire quel temps de travail représente la confection d'un son à l'ordinateur ?

M. RISSET - C'est extrêmement variable. Si on me donne la description physique précise d'un son, je puis réaliser le programme très rapidement. Si le programme est prêt et si l'on dispose d'un grand ordinateur, cela peut varier entre une demi-heure et une demi-journée; mais il faut attendre son tour pour avoir accès à la machine ! Pour fixer les idées, j'ai réalisé deux pièces de 10 à 12 minutes chacune; la première m'a pris un an, la deuxième deux mois...

Pour réaliser ensuite une partition à partir des sons isolés, il suffit d'ajouter au programme des spécifications.

B. MACHE - Quel langage utilisez vous ?

M. RISSET - Initialement c'était en langage d'assemblage que l'on travaillait. Maintenant on écrit en Fortran, langage universel, et qui permet de passer le programme facilement sur divers types de calculateurs.

B. MACHE - Combien d'instructions faut-il donner ?

M. RISSET - Tout dépend de la complexité de ce que l'on veut obtenir... On reste en tout cas toujours maître du contrôle des paramètres : c'est l'intérêt de l'opération !

B. MACHE - Quelle est la plus petite unité de temps à l'intérieur de laquelle on peut programmer une variation ?

M. RISSET - C'est le taux d'échantillonnage; disons 1/30 millième de seconde. En cas de besoin, on peut programmer des événements acoustiques situés en dessous du seuil temporel de perception.

...../

M. TIMSIT - L'information sur bande est discontinue; or, pour l'oreille le son est continu. Comment agence-t-on les événements pour que l'oreille ait la sensation de continuité ?

M. RISSET - Sur la bande magnétique sortant de l'ordinateur les enregistrements sont groupés par blocs d'information entrecoupés chaque fois d'un vide. Chaque bloc comporte 320 mots de 36 bits par seconde, et dans chaque mot on a trois échantillons. On passe par une mémoire tampon, pour pouvoir sortir les échantillons à un rythme continu, sans coupures. C'est une technique courante maintenant, mais il n'existe pas de système équipé pour la conversion en France...

M. LEIPP - Si on veut réaliser une musique intéressante, il ne suffit pas de disposer côte à côte des séries de sons fixes. Une assez longue expérience nous a convaincu que l'important, en musique, ce ne sont pas les notes isolées, mais la manière de les raccorder. De plus, en musique traditionnelle, on ne "sert" jamais deux fois de suite le même son, tout est strictement transitoire : il n'y a rien de stable, en toute rigueur : la structure physique, varie chaque fois alors que la note sur la partition est toujours la même ! Enfin, il n'existe aucun phénomène stable en musique, condition sine qua non sans laquelle les événements musicaux perdent leur intérêt : musicalement, la stabilité, c'est la "mort" des sons... C'est la micro-évolution temporelle qui véhicule l'intérêt auditif ! Tout cela doit compliquer énormément le problème de la réalisation synthétique de "pièces" musicales si on se propose d'obtenir des résultats comparables à ceux que fournissent les instruments traditionnels.

M. RISSET - A vrai dire, on ne cherche pas à simuler les instruments traditionnels, mais à faire des sons qui n'existent pas dans la nature.

M. LEIPP - Oui ! Mais je crois à l'intérêt de l'étude préalable des musiques traditionnelles : les techniques traditionnelles de la musique recouvrent des réalités très compliquées; elles exploitent au mieux les propriétés du système auditif humain : nous avons souvent eu l'occasion d'insister sur ce point. Cette étude préalable permettrait de réaliser à l'ordinateur des sons plus intéressants. Bref ce qui manque actuellement, c'est une meilleure connaissance des lois de perception de la musique

M. LEANDRI - De combien d'appareils vous servez-vous entre la conception et la réalisation des sons ?

M. RISSET - Théoriquement il suffit d'un seul appareil : le convertisseur. Pratiquement on se sert ensuite de l'appareillage électro-acoustique classique pour faire des mixages, ce qui représente une économie. On pourrait en effet synthétiser des accords de sons simultanés; mais on a beaucoup de mal alors à équilibrer leurs intensités relatives.

B. MACHE - En quoi les sons à l'ordinateur sont-ils supérieurs aux sons naturels ?

M. RISSET - En ce qu'on dispose constamment d'un contrôle total sur les divers paramètres;

B. MACHE - S'agit-il d'une supériorité musicale ou théorique ?

M. RISSET - La question reste posée ! Le problème capital est celui du délai entre la conception et la production des sons. La fabrication en temps réel n'est pas pour demain, mais pour après-demain sûrement.....

X. - Est-il possible d'imaginer mentalement ces sons synthétiques, d'avoir une inspiration à leur sujet ?

M. RISSET - Parfois la réalisation des idées à priori que l'on se forge est magnifique, parfois elle est très décevante !

- Ici se place l'audition de diverses oeuvres réalisées avec des ordinateurs, et en particulier l'une des plus anciennes (DAISY) où se trouve synthétisé du chant,

c'est-à-dire parole et musique simultanées.

Y. - Y a-t-il une utilisation industrielle ou commerciale de la parole synthétique ?

M. RISSET - Bien sûr ! Si on téléphone à la bourse de New York pour avoir des renseignements sur le change, c'est un ordinateur qui répond

M. LEIPP - Je pense qu'il s'agit d'une espèce d'horloge parlante... Ce n'est pas vraiment de la synthèse de la parole, mais de l'assemblage de mots enregistrés au préalable sur bande. C'est un problème sur lequel nous reviendrons un jour, puisqu'avec la collaboration du Centre de Calcul Analogique du C.N.R.S. nous avons en cours un programme de mise en machine de parole synthétique selon d'autres méthodes; mais ce n'est pas le lieu d'en parler ici. Je préférerais poser à M. RISSET une question plus directement liée à notre sujet. Je suis allé récemment à HAMBOURG, et j'y ai rencontré M. WIGGEN, qui, à STOCKHOLM est en train de monter un centre de production de musique synthétique, incluant l'utilisation d'un ordinateur. Peut-être pouvez-vous nous donner des informations précises sur cette affaire !

M. CHIARUCCI - Dans le cadre de la Radiodiffusion norvégienne, WIGGEN avait élaboré l'idée d'un studio électronique à base de techniques digitales. Entre temps, c'est une association d'artistes qui a repris la question avec la collaboration de l'Institut d'informatique de la Faculté des Sciences de Stockholm. On a construit un grand nombre d'oscillateurs, de modulateurs, de filtres, d'amplis que l'on peut piloter digitalement. Théoriquement on peut faire ainsi tout ce qu'on veut. Mais tant que l'on ne connaîtra pas mieux les lois de perception de la musique, de telles installations ne peuvent produire que des musiques peu élaborées, il faudrait inventer un langage

Dr CLAVIE - Oui ! mais la musique n'est pas un langage

M. LEIPP - Je suis bien de cet avis; la musique est un jeu et non un langage : ce n'est pas tout à fait la même chose ! Et pour intéresser des sujets à un jeu, il faut d'abord les conditionner, leur apprendre les règles de ce jeu, donc être capable de bien les préciser et les définir clairement. On est bien loin du compte en musique ! Si on veut rejeter les règles de la musique traditionnelle, il faut imaginer un autre système de règles, aussi compliqué, si on prétend faire quelque chose d'intéressant auditivement... C'est là que git sans doute l'obstacle le plus grave. La musique traditionnelle n'est pas une chose simple... Lorsqu'un musicien souffle dans un instrument ou gratte sur un violon, cela représente chaque fois des programmes de mouvement compliqués de plusieurs dizaines de muscles; le signal acoustique qui en résulte ne peut donc être simple. Que dire lorsqu'il s'agit de 80 musiciens jouant ensemble ! La partition est toujours une chose relativement simple; quant à la réalité acoustique qu'elle recouvre, c'est une autre affaire ! Il ne faut pas confondre la partition avec cette réalité !

M. RISSET - En effet, il ne faut se faire aucune illusion. La musique faite avec des ordinateurs représente un gros travail ! Cependant, l'ordinateur permet de réaliser des sons que les instruments traditionnels ne peuvent jouer...

B. MACHE - Si à partir du geste on avait directement le son que l'on imagine, il en résulterait une grande souplesse de réalisation ! mais depuis 20 ans tout le monde tente de réaliser cet idéal et il ne semble pas qu'on soit près d'y atteindre.

M. LEIPP - Il y a bien longtemps déjà que THEREMIN cherchait à réaliser cet idéal... mais il ne réussissait qu'à maîtriser des sons sinusoïdaux, assez pauvres... On bute continuellement sur ce problème de la complexité nécessaire pour rendre un son intéressant. Les solutions proposées par les musiques expérimentales semblent être de deux types. La solution "musique concrète" : on prend des sons réels avec toute leur complexité; ils conservent celle-ci, malgré les manipulations; mais on ne maîtrise pas du tout les variables de la structure physique des sons utilisés... La solution "ordinateur" est inverse : on peut y manipuler à loisir les variables, dans leurs moindres détails; mais comme ces variables sont nécessairement nombreu-

ses et fluctuantes si l'on se propose de fabriquer des séquences musicales intéressantes, on met des mois et des années pour réaliser quelque chose de comparable avec ce que l'instrumentiste fait en quelques secondes. Il est certain que l'ordinateur est une machine plus lourde à manipuler qu'un instrument de musique. Rien ne dit cependant qu'il en sera toujours de même : le futur ne fait que commencer de ce point de vue !

M. SIESTRUNCK - Nous remercions très vivement M. RISSET de nous avoir apporté les informations les plus récentes sur ce passionnant problème de la musique réalisée avec des ordinateurs. Nous avons tous apprécié à quel point les œuvres de RISSET sont musicalement plus intéressantes que beaucoup d'autres du même genre, où la virtuosité, facile en musique synthétique, ne compense pas toujours la pauvreté acoustique et musicale. J'ai le sentiment que les sons fabriqués par RISSET contiennent souvent ce "supplément d'âme" qui manque généralement aux "musiques électroniques". C'est, je crois un indice certain qu'on a saisi quelques secrets relatifs à ce qu'est un son musical vivant. Peut-être est-ce parce que RISSET est musicien !

NOTA : Pour ceux que ces questions intéressent, signalons une série d'articles parus récemment dans la revue "DIAGRAMMES du MONDE" (n° 146 - Les Musiques artificielles; Avril 1969, par Nicole Lachartre).

P.S. Nous espérons toujours trouver un jour le temps pour adjoindre à nos bulletins des petits disques souples : les échantillons sonores complèteraient agréablement ces bulletins. Nous manquons actuellement de temps... et d'argent !

LEIPP.