

INSTRUMENTS DE MUSIQUE TRADITIONNELS INSTRUMENTS DE MUSIQUE ÉLECTRONIQUES *

par Mlle CASTELLENGO

L'apparition des techniques électro-acoustiques au début de ce siècle suscita d'immenses espoirs quant à l'avenir de la musique. Beaucoup, avec Jorg MAGER, furent éblouis : un « océan des sons » s'ouvrait devant eux, qu'on allait pouvoir explorer, un Nouveau Monde musical était à découvrir. On pourrait enfin s'affranchir des difficultés, des limites et des imperfections des instruments traditionnels. Non seulement on allait pouvoir les imiter, mais on les dépasserait en richesse, en précision, en étendue, en facilité de jeu. Mieux : on réaliserait de l'inouï !

Depuis lors, d'innombrables instruments électroniques ont vu le jour, allant des simples oscillateurs à battements aux « orgues électroniques » les plus perfectionnés pour lesquels une habile publicité affirme : « Le miracle de la musique électronique permet à chaque pianiste l'exécution de tous les instruments sans jamais avoir appris à les jouer ». En fait, devant les modèles que l'on nous propose, nous sommes séduits, subjugués dès les premiers accords. D'aucuns se laissent tenter, achètent l'instrument. Mais pourquoi reviennent-ils si nombreux et si vite à leur guitare, à leur clarinette ? Pourquoi continue-t-on à apprendre le piano ou le violon au prix de nombreuses années d'effort si tout est possible et facile avec un instrument électronique ? Ce problème nous intrigue depuis longtemps au Laboratoire d'Acoustique, où la musique est l'objet de nos préoccupations continuelles. Comme nous avons étudié de près un grand nombre d'instruments traditionnels et quelques instruments électroniques, le moment est venu de faire le point sur cette importante question.

I. LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE TRADITIONNELS

Tout au long de cette étude nous nous attacherons exclusivement au côté esthétique et sonore de la musique, considérant l'instrument comme machine à fabriquer des sons musicaux.

Les instruments de musique traditionnels sont le fruit de centaines

* Travail réalisé sous la direction de M. LEIPP.

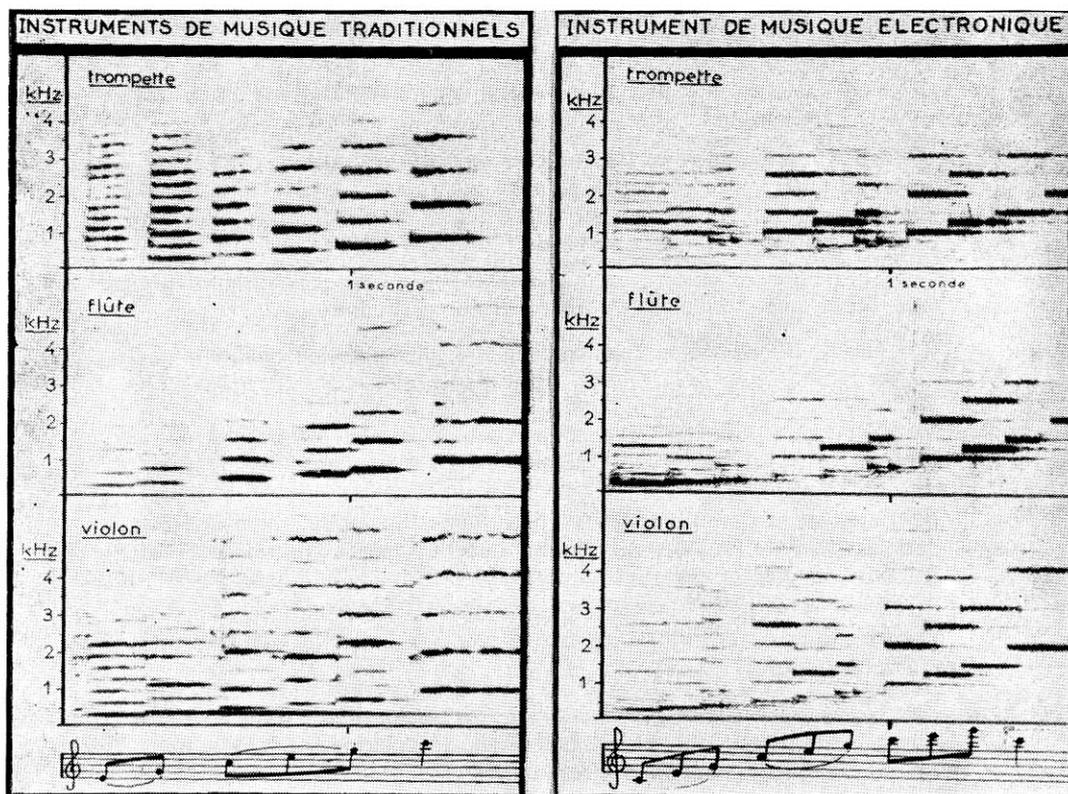


FIG. 4 (Hors texte)

Le sonographe permet d'étudier l'évolution simultanée de la fréquence et de l'intensité en fonction du temps. Cette analyse montre de la musique jouée d'une part sur des instruments traditionnels, d'autre part sur différents jeux d'un même instrument électronique. On note, dans le premier cas, la variété des formes acoustiques, des spectres, des attaques, et toutes les fluctuations qui donnent de la vie au son. Dans le deuxième cas au contraire, l'allure est très similaire d'un jeu à l'autre, les attaques en particulier sont toutes du même type.

un clavier de piano, ils peuvent séduire un nouveau venu par la possibilité de changer de registre et de déployer une certaine virtuosité. L'absence de champs de liberté reste cependant le défaut principal des instruments électroniques actuels, et explique pourquoi ils ne peuvent rivaliser avec les instruments traditionnels pour des auditeurs raffinés. Il va sans dire que ces défauts ne sont pas irréductibles, mais il faut d'abord bien en connaître les causes.

IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Pour réaliser une musique vivante au sens propre du terme, les instruments doivent posséder de larges champs de liberté afin de permettre au musicien de modeler continuellement les sons pour les rendre intéressants. On peut imaginer des dispositifs pour produire automatiquement des fluctuations variées mais il ne faut pas se leurrer : celles que réalise le musicien traditionnel ne sont aléatoires qu'en apparence ; un bon instrumentiste est capable de répéter, s'il le désire, des notes musicales de formes très compliquées avec une grande précision. A la limite, il faudra doter l'instrument électronique d'un « cerveau électronique » remplaçant le musicien, c'est-à-dire d'une machine à calculer de haute capacité munie de programmes et de mémoires correspondant à un apprentissage de 10 ou 20 années... On peut alors s'interroger sur l'intérêt de tels instruments ? A supprimer toutes les difficultés de jeu on perd du même coup une partie importante du plaisir que l'on peut prendre : « jouer » d'un instrument de musique, et qui comporte une part importante de combinatoire entre les données musculaires apprises pour agir sur les champs de liberté afin de créer le son. En fait un instrument intéressant sera toujours difficile à jouer, donc long à apprendre, tel le Trautonium [Bib 4] qui a réellement apporté des éléments intéressants, surtout dans le domaine des sons que l'on ne peut pas produire avec des dispositifs mécaniques. La recherche, il est vrai, est loin d'être terminée et la technique est en progrès constants. Mais seule l'étude approfondie des instruments traditionnels peut apporter une réponse précise quant à la doctrine à suivre pour aboutir à une solution satisfaisante.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LEIPP E. — Les champs de liberté des instruments de musique. *Bulletin du G.A.M.* N° 10, février (1965) Ed. Interne, Faculté des Sciences, Paris.
- [2] LEIPP E. et MILC CASTELLENGO. — Qu'est-ce qu'un son de clarinette ? *Das Musikinstrument*, N° 8, (1964) Frankfurt/Main.
- [3] MOLES A. — *Théorie de l'information et perception esthétique*, Ed. Flammarion, Paris (1958).
- [4] SALA O. — Mixtur Trautonium und Studio-Technik, *Gravesaner Blätter*, N°s 23-24, Ars Viva, Mainz (1962).

d'années de recherche empirique et l'expérience montre qu'ils exploitent au mieux les propriétés de l'oreille et du cerveau. Une visite au musée de l'Homme montre combien l'ingéniosité humaine est grande en ce domaine. Tous les procédés mécaniques imaginables pour produire et manipuler les sons ont été inventés. Quelles sont donc les caractéristiques objectives des sons produits par ces instruments ?

1. Etude physique des sons musicaux traditionnels

On sait que le sonographe permet de « photographier » un son quelconque dans ses trois dimensions : fréquence, temps, niveau. Prenons par exemple une phrase musicale jouée à la flûte traversière (fig. 1a). Le temps est en abscisse, la fréquence en ordonnée, l'intensité est proportionnelle à la noirceur et à la grosseur des traits.

La première constatation qui s'impose est que les phénomènes musicaux sont très complexes ; on n'y trouve pas de sons stables. En particulier :

— Pour une note donnée, *le spectre change continuellement* (rapports d'intensité des composantes, fluctuations de la fréquence, etc...).

— *La forme et la durée de l'attaque varient d'une note à l'autre.* Généralement, les harmoniques graves apparaissent les premiers 1^{re} et 3^e note). Il se produit quelquefois des phénomènes complexes au moment du coup de langue, dont la durée est de quelques milli-secondes ; ils sont dus à l'apparition de partiels d'un autre régime vibratoire (4^e et 6^e note).

On peut faire les mêmes remarques pour *l'extinction* du son. *D'une fois sur l'autre (a, b, c, d) le même fragment musical présente des changements considérables.* Or il s'agit du même instrument joué par le même musicien, à quelques secondes d'intervalles. Pour rendre l'exemple encore plus frappant, nous avons extrait la 5^e note et placé l'une en-dessous de l'autre les quatre interprétations successives. On pourrait refaire l'expérience avec un violon, un piano ou tout autre instrument traditionnel : *les sons émis ne sont jamais les mêmes.*

2. Les champs de liberté des instruments de musique traditionnels

Toutes ces fluctuations sont produites plus ou moins systématiquement par le musicien qui peut agir sur le système excitateur et sur le résonateur. Il a ainsi une marge de possibilité de variations, ou « champ de liberté », dans l'une ou plusieurs des trois dimensions du son. Plus cette marge est grande, plus l'instrument offre de ressources variées mais plus il est, corrélativement, difficile à jouer, car il faut apprendre à maîtriser les variables en cause. On distingue ainsi plusieurs champs de liberté.

a) *Le champ de liberté des hauteurs*

Les instruments à sons entretenus permettent de jouer des notes différentes, mais les possibilités d'en varier la hauteur changent selon les cas.

Ainsi, on distingue les instruments à sons fixes comme l'orgue, le piano, l'harmonium, etc... dont le champ de liberté des hauteurs est nul. Ils sont généralement destinés à des musiques harmoniques qui exigent un accord précis.

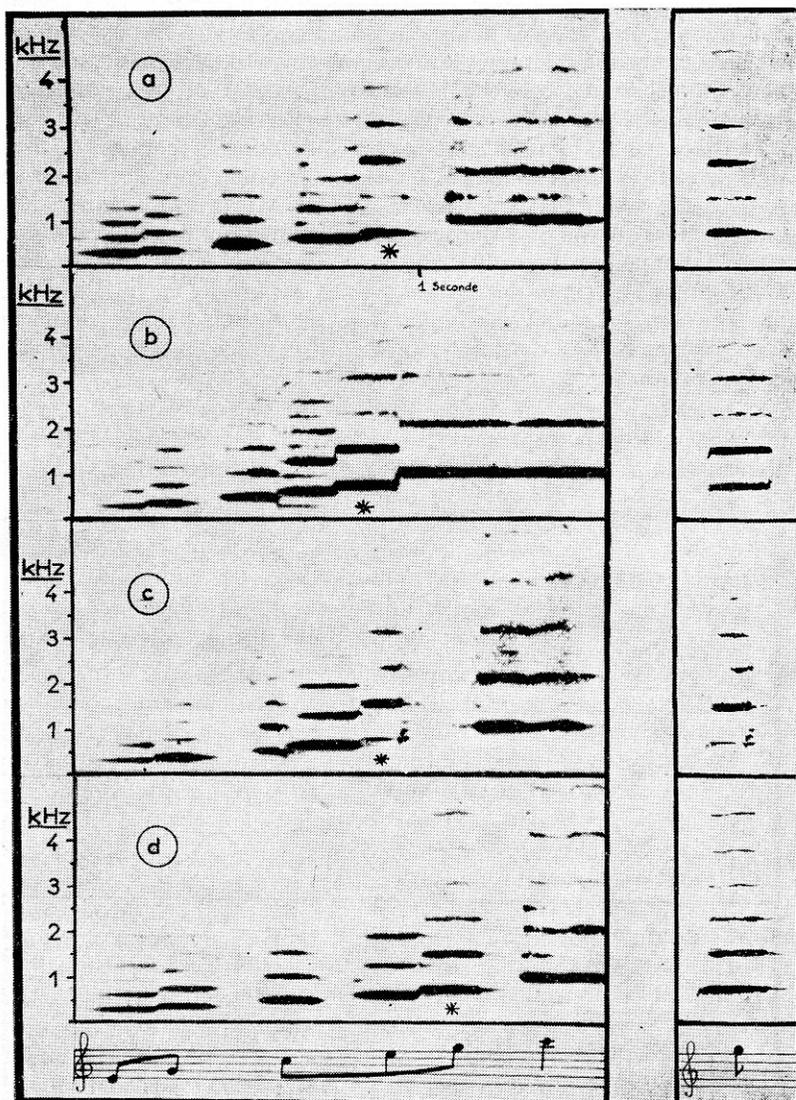


FIG. 1a. Sonagramme d'une phrase musicale jouée à la flûte traversière. L'analyse montre des fluctuations continues de fréquence et d'intensité

b, c, d. — Cette phrase est répétée par le même musicien à quelques secondes d'intervalles ; on note des changements considérables d'une fois sur l'autre.

La même note repérée par un astérisque dans chaque exemple a été isolée à droite de la figure afin de permettre une comparaison immédiate.

A l'inverse, les instruments à cordes sans frettes, du type violon, ont un champ de liberté des hauteurs illimité. Il en est de même, des instruments à cordes orientaux où l'on peut agir sur la tension des cordes : Vina Indienne, cithare et monocorde Viet-Namiens.

Entre ces deux extrêmes se trouvent tous les instruments à vent et à trous (flûte, hautbois, clarinette) ou à cordes et à frettes (guitare, viole de gambe) dans lesquels le musicien peut modifier la hauteur d'une note donnée selon des techniques appropriées : on pince plus ou moins l'anche du hautbois, on couvre l'embouchure de la flûte traversière, on modifie la pression de l'air dans la bouche, on tire latéralement la corde de la guitare etc. Une étude approfondie de ce problème a donné lieu à un exposé au G.A.M. [Bib 1]. L'expérience montre ainsi qu'une flûte ou un hautbois n'émettent pas les sons de la gamme tempérée, mais donnent la possibilité au musicien habile de produire en fait toutes les fréquences comprises entre la note la plus grave et la note la plus aiguë, donc de jouer la gamme tempérée si ce schéma est fixé dans sa mémoire, mais aussi toute autre gamme qu'il voudra.

Le champ de liberté des hauteurs est certainement une des caractéristiques les plus importantes d'un instrument de musique. Sur le plan musical il permet de réaliser des attractions mélodiques qui sont

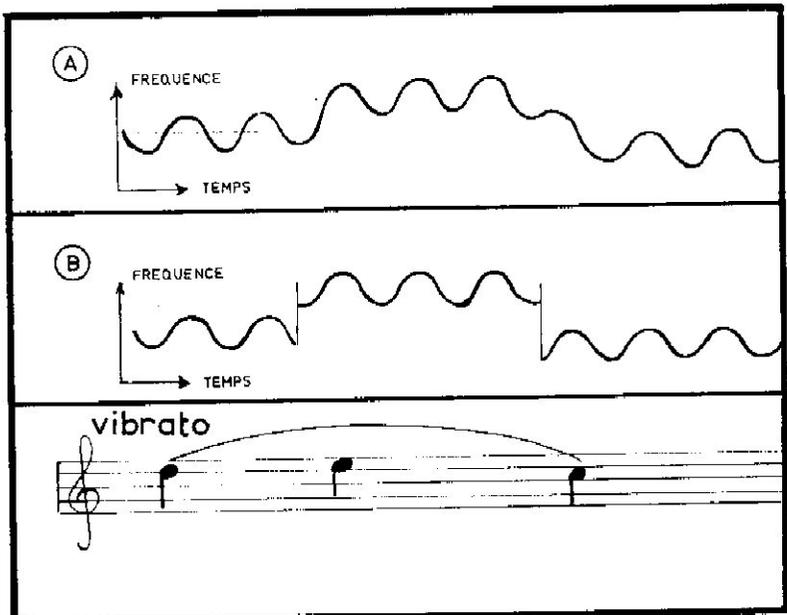


FIG. 2. Sonagrammes schématisés d'une phrase mélodique

A — Instrument possédant un champ de liberté de fréquence (violon, chant). Le musicien peut relier les notes les unes aux autres de façon continue et réalise ainsi des « formes mélodiques » bien raccordées.

B — Instrument sans champ de liberté de fréquence (vibrato automatique). La liaison entre les notes ne peut pas se faire.

l'essence de la musique monodique, de produire des vibratos de fréquences et surtout de lier les notes les unes aux autres par des raccordements en fréquence créant ainsi des *formes mélodiques* qui apparaissent bien sur les sonagrammes (fig. 2).

b) *Le champ de liberté en durée*

Pour les instruments à sons entretenus, la durée est limitée soit par les possibilités humaines (volume des poumons) soit par des données mécaniques (longueur de l'archet) ; l'orgue, la vielle à roue, la cornemuse sont des cas particuliers d'instruments dont le champ de liberté des durées est illimité.

Pour les « percussions », le champ est variable selon l'amortissement du système et va de quelques fractions de secondes (castagnettes wood-block) à plusieurs secondes (cloches, notes graves du piano avec pédale forte, vibraphone avec résonateurs). Dans la plupart des cas, on remédie à une durée trop courte en répétant plusieurs fois la même note (trilles-roulements du xylophone) ou en adoptant un jeu très orné, faisant une grande place à la virtuosité.

c) *Le champ de liberté en intensité*

Il conditionne les possibilités expressives d'un instrument : pouvoir jouer fort ou doucement et passer graduellement d'une nuance à l'autre. Dans tous les instruments à percussion, y compris le piano, on agit sur la vitesse de frappe et la masse des marteaux pour obtenir des attaques plus ou moins fortes ; mais l'extinction du son est toujours d'intensité décroissante. Les instruments à sons entretenus permettent, eux, de modifier l'intensité de façon continue, en cours de production du son.

Il faut signaler le cas des instruments à vent à embouchure de flûte, où pression et fréquence sont liés. On ne peut obtenir des différences d'intensité pour une même note, que s'il est possible de corriger la fréquence par d'autres moyens (en couvrant l'embouchure de la flûte traversière ou par des doigtés de fourches).

L'orgue n'a, théoriquement, pas de champ de liberté d'intensité. En fait, l'organiste dispose de plusieurs jeux et peut obtenir des effets de « piano et forte » successifs en changeant de timbres. Il existe aussi la boîte expressive dont le rôle principal est de filtrer les fréquences aigus. Il s'agit là du deuxième aspect du champ de liberté d'intensité, lié au champ de liberté en timbre. Cette particularité est exploitée par la plupart des instruments de musique traditionnels qui réussissent à produire des différences d'intensité subjective énormes, sans exiger d'énergie supplémentaire : c'est uniquement la répartition en fréquence de cette énergie qui change. En voici un exemple significatif (fig. 3). Une note de clarinette ($Mi_4 = 659 \text{ Hz}$) qui dure 30 secondes est affectée d'un crescendo continu de PP à FF. L'analyse à l'enregistreur de niveau montre une différence d'intensité de 15 dB à peine entre ces deux extrêmes, mais en analysant le spectre on constate un enrichissement progressif du timbre vers les harmoniques aigus et plus particulièrement ceux de la zone sensible de l'oreille (de

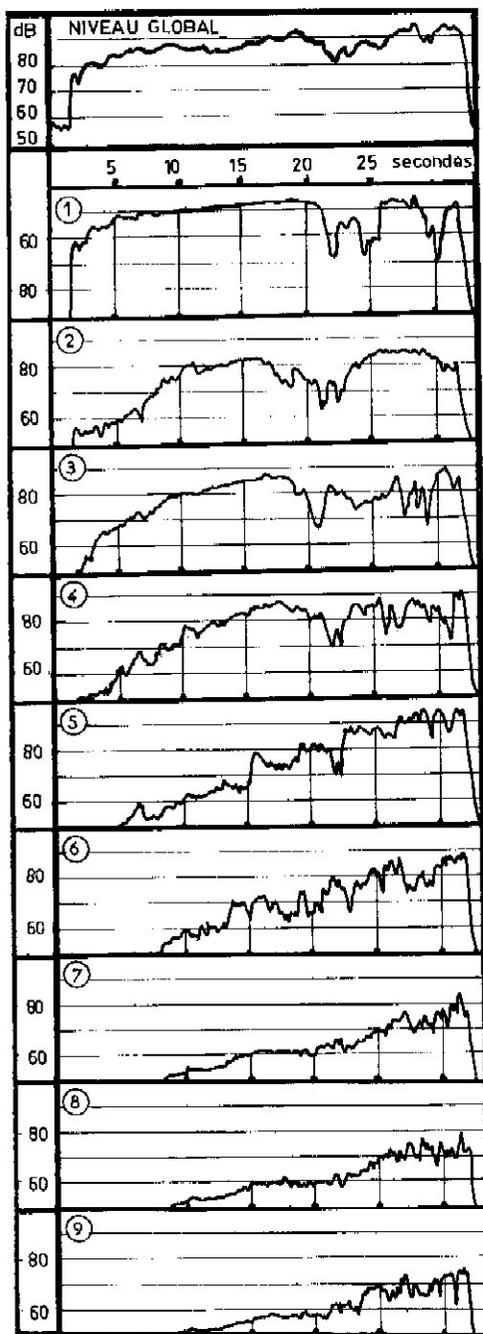


FIG. 3. Analyse d'une note tenue de clarinette en crescendo de PP à FF ($M_{i4} = 659$ Hz).

La courbe de niveau global indique une différence d'intensité de 15 dB seulement entre le début et la fin. Les courbes de 1 à 9 montrent l'évolution du niveau en fonction du temps pour les 9 premiers harmoniques. On voit que le crescendo se traduit par l'apparition progressive d'harmoniques placés dans la zone sensible de l'oreille. D'autre part, en mesurant l'intensité de chaque harmonique on vérifie que le spectre change continuellement.

1 000 à 5 000 Hz), ce qui justifie l'impression subjective d'un crescendo « immense ».

d) *Le champ de liberté en timbre*

Le timbre est une fonction complexe des trois dimensions du son ; hauteur, intensité, durée. On sait maintenant que le spectre n'est pas seul en cause. On distingue généralement : l'établissement (transitoire d'attaque), l'entretien (période quasi-stationnaire), et l'extinction du son (transitoire d'extinction). Du point de vue de l'instrument, la partie déterminante dans le timbre est le mode de production du son : corde frottée, frappée, pincée, anche double, battante, etc. Il détermine une forme statistiquement commune à tous les sons d'un instrument donné. Le résonateur intervient bien entendu par ses caractéristiques (dimensions, amortissement, fréquences de résonance), mais de façon secondaire. Or, sur un instrument donné, le musicien ne peut pas changer le mode d'excitation mais il peut en varier les paramètres. Prenons par exemple la clarinette. Une note quelconque a le timbre caractéristique de cet instrument, dû à la production du son par une anche simple, battante, associée à un tuyau pratiquement fermé à un bout. Mais le musicien peut modifier la pression de l'air dans la bouche, le point d'appui sur l'anche, la force d'appui, les dimensions de la cavité buccale, etc. et changer ainsi le timbre de cette note à tout instant [Bib 2].

Un dernier aspect du timbre est à préciser quant aux instruments de musique polyphoniques : les interactions des sons les uns sur les autres. Le cas est particulièrement net pour le piano. Lorsqu'on libère les étouffoirs, il se produit des échanges d'énergie entre les cordes en relation harmonique ce qui a pour effet des changements continuels de timbre. On trouve l'exploitation systématique de cet effet dans la musique de Debussy et d'auteurs contemporains (accords plaqués dans le grave, tenus, et suivis de mélodies dans le registre médium ou aigu).

En conclusion, les instruments de musique traditionnels sont des outils merveilleusement souples, permettant au musicien de manipuler le son dans ses trois dimensions. Les variations qu'il produit ainsi ne sont pas aléatoires mais dépendent des caractéristiques mécaniques des instruments et des contraintes anatomiques humaines. On comprend aussi que de tels instruments nécessitent une étude longue et difficile afin d'apprendre à coordonner les mouvements musculaires pour faire varier plusieurs paramètres simultanément.

II. LA PERCEPTION DES SONS MUSICAUX

1. Les données de la psycho-physiologie humaine

A la base de toute perception se trouvent des cellules nerveuses ; d'une part, les cellules réceptrices qui transforment l'énergie mécanique (vibration de l'air) en énergie électrique (influx nerveux), d'autre part, les cellules du cortex granulaire qui procèdent à l'analyse du message sensoriel dans les trois dimensions simultanées (ici :

fréquence, temps, niveau). Or on sait qu'une cellule sensorielle réceptrice soumise à une excitation adéquate se fatigue rapidement si tous les paramètres de l'excitation sont constants : des sons parfaitement stables sont pénibles à supporter. Il faut donc utiliser des sons constamment fluctuants, ce que la musique traditionnelle a fort bien compris depuis toujours. Mais d'autres éléments interviennent sur lesquels la théorie de l'Information nous apporte de la lumière.

2) La théorie de l'information

Cette question est traitée en détail dans l'ouvrage de A. MOLES [Bib. 3]. En voici l'essentiel.

La musique est un message et comme telle, elle obéit aux lois de la théorie de l'information. On peut considérer soit le message sémantique (la partition) soit le message esthétique (domaine sonore) qui seul nous intéresse ici. Le nombre d'éléments perçus par un individu dépend des possibilités de son système oreille-cerveau et en particulier des pouvoirs séparateurs de ce système, en temps, fréquence et intensité. On sait qu'un message totalement prévisible, un son parfaitement stable dans ses trois dimensions par exemple, est banal. Un message totalement imprévisible comme un bruit blanc est, au contraire, entièrement original. Mais l'un et l'autre n'ont aucune valeur pour l'auditeur. Le message idéal, celui qui apporte une certaine quantité d'information assimilable se place entre ces deux extrêmes. Or nous avons vu que les sons joués par le musicien sur des instruments traditionnels ne sont jamais exactement les mêmes (fig. 1). Chaque répétition apporte un supplément d'information qui rend ces sons toujours intéressants. Il en est de même dans le domaine visuel : une frise exécutée à la main est belle et intéressante à regarder parce que chaque motif, bien que semblable aux autres, apporte un certain taux d'originalité du fait des irrégularités de facture. Au contraire, dans une frise mécanique où tous les motifs sont exactement semblables les uns aux autres, l'œil se désintéresse rapidement. La perfection technique est ennemie de l'art...

Les données de la perception des sons musicaux confirment donc les conclusions que nous avons tirées de l'étude des sons musicaux traditionnels : la musique est un phénomène sensible utilisant non des objets sonores mais des « êtres vivants » intéressants à écouter parce qu'ils changent et évoluent continuellement, selon des lois très précises. Que faut-il penser, de ce point de vue, des instruments électroniques actuels ?

III. LES INSTRUMENTS ÉLECTRONIQUES

1. Généralités

Depuis les premières expériences de Lee de Forest et de Thérémin, les instruments électroniques se perfectionnent de jour en jour, mais, d'une façon générale, on part toujours d'une vibration électrique sinusoïdale, triangulaire ou carrée à laquelle on fait subir diverses

modifications de forme et qui, après amplification, sort sur un haut-parleur.

Cette façon de produire des sons offre des avantages non négligeables :

- Absence d'inertie du générateur de sons.
- Possibilité d'obtenir de très grandes intensités par amplification électrique.
- Possibilité d'exploiter les zones marginales de l'aire audible.
- Création de sons nouveaux (spectres et attaques).

En revanche, tous les instruments de ce type sont liés, dans l'état actuel de la technique, à des impératifs contraignants : caractéristiques des circuits oscillants, des haut-parleurs dont on connaît bien les défauts (traînage, inertie, courbe de réponse, etc.).

Sur le plan musical, les possibilités qu'offrent ces instruments sont fonction des champs de liberté qu'ils possèdent.

2. Champs de liberté des instruments de musique électroniques

Il faut distinguer au départ, deux types d'instruments différents.

a) *Les instruments monodiques du type onde Martenot* dans lesquels le musicien module lui-même le son à partir des éléments que lui fournit l'instrument. Il est maître de la hauteur, de la durée, de l'intensité et du timbre. Un tel instrument est musicalement intéressant, et offre de plus des possibilités que l'on ne trouve pas dans les instruments classiques.

Mais il est nécessairement monodique car les possibilités humaines sont limitées, et difficile à jouer, ce que démontre l'existence d'une classe au Conservatoire.

b) *Les instruments polyphoniques du type « orgue »* dans lesquels le son est entièrement synthétisé. Il en existe quelques variantes, mais en général on ne peut pas faire fluctuer la hauteur des notes : l'instrument est accordé une fois pour toutes. Les variations d'intensité se font à l'aide d'un potentiomètre, mais on nous présente ainsi toujours le même objet, plus ou moins grossi, alors qu'en musique traditionnelle les variations d'intensité sont toujours accompagnées des variations de spectre. En bref, le champ de liberté en timbre est nul pour les notes disponibles.

Il reste bien les registres de timbres différents. Mais on s'aperçoit, et l'étude au sonographe le montre clairement, qu'un registre est un stéréotype que l'on repère très vite. Toutes les notes ont un spectre identique, calqué sur le même modèle ; elles se reproduisent parfaitement d'une fois sur l'autre, sans changement. Le problème des attaques de son, essentiel pour le timbre, est souvent mal résolu ou pas du tout. On a tôt fait de repérer « l'attaque électronique » et de s'en lasser (fig. 4).

Mais comme les instruments de ce type sont polyphoniques et accessibles immédiatement à tout instrumentiste sachant jouer sur