

1. REUNION DU 15 MAI 1964

Etaient présents : M. le Professeur SIBSTRUNCK, Président  
M. LEIPP, secrétaire général; Melle CASTELLENGO, secrétaire  
M. MOLES, Docteur-es-lettres et es-Sciences, Professeur assis-  
tant à l'Université de Strasbourg; M. DUCLOS, Chef des chœurs  
de l'Opéra, M. J.J. DUPARCO (Revue Musicale), M. KLEIN, facteur  
de pianos, représentant l'AFIMA; MM. PHILIPPOT (Service des Il-  
lustrations musicales de la RTF), M. BOLESZAW NAWROCKI (UNESCO),  
M. CHARTRAIN, Melle GUIBERTEAU, Melle CLEMENCEAU, M. SAVOURET,  
du Conservatoire.

M. LIENARD, Ingénieur CNAM; M. RISSET agrégé de Physique.  
Melle CHAUVIN, secrétaire de Rédaction du Courrier Musical de  
France.

Excuse : M. BLONDELET, représentant les Ets BUFFET CRAMPON

2. REUNION DU VENDREDI 26 JUIN 1964

Melle CASTELLENGO nous parlera de : " LA MUSIQUE DES OISEAUX ".  
De Janequin (16° siècle) à Messiaen (20° siècle), les musiciens  
ont introduit les chants d'oiseaux dans leurs oeuvres. Pourtant  
les oiseaux possèdent des organes phonateurs et une " oreille "  
différentes des nôtres; leurs chants sont placés dans une tessi-  
ture généralement plus élevée que celle de notre musique et sur-  
tout ont un " tempo " beaucoup plus rapide que celui auquel nous  
sommes habitués. Aussi, beaucoup de leurs inflexions nous échap-  
pent-elles à l'audition parce que trop aiguës ou trop brèves.  
Grâce aux appareillages électro-acoustiques actuels il est deve-  
nu possible de les ramener à notre échelle de temps et de fréquer-  
ce et d'apprécier leur musique. Le sonographe nous fournit la  
" partition " à partir de laquelle on peut reconstituer le chant  
par un mécanisme inverse de transposition.

3. FICHE PERSONNELLE.

Nous serions reconnaissants aux personnes qui s'intéressent aux  
activités du G.A.M., de nous retourner, s'ils ne l'ont déjà fait,  
la fiche jointe au bulletin N° 4 ; ou de nous l'apporter à la  
prochaine réunion.

COMPTE-RENDU DE LA REUNION DU 15 MAI 1964

par M. LEIPP et Melle CASTELLENGO.

Le thème de l'exposé était : " Théorie Informationnelle de la Musique " présenté par M. MOLES.

La théorie de l'Information est l'une des grandes théories de la science actuelle, qui se classe à côté de la théorie atomique, la théorie des quanta, etc... On peut considérer la musique comme un message : elle en suit les lois théoriques; cette théorie est actuellement capable d'enserrer dans un corps de doctrine le phénomène général de la perception musicale; mais il y a une difficulté de principe qui tient à la nature même du phénomène étudié, rendant délicat le passage de la doctrine d'ensemble à l'application immédiate.

I - LA MUSIQUE EST UN PHENOMENE SONORE.

1°) Représentation tridimensionnelle du son.

Les phénomènes sonores variables sont des suites d'" objets " définis par leurs trois dimensions : niveau, fréquence, temps, et l'on peut à proprement parler les " photographier " avec les appareils électro-acoustiques actuels, comme nous l'avons montré lors de la dernière réunion (compte-rendu dans le bulletin N° 4 : emploi du sonographe).

2°) Ce qu'en pense l'oreille.

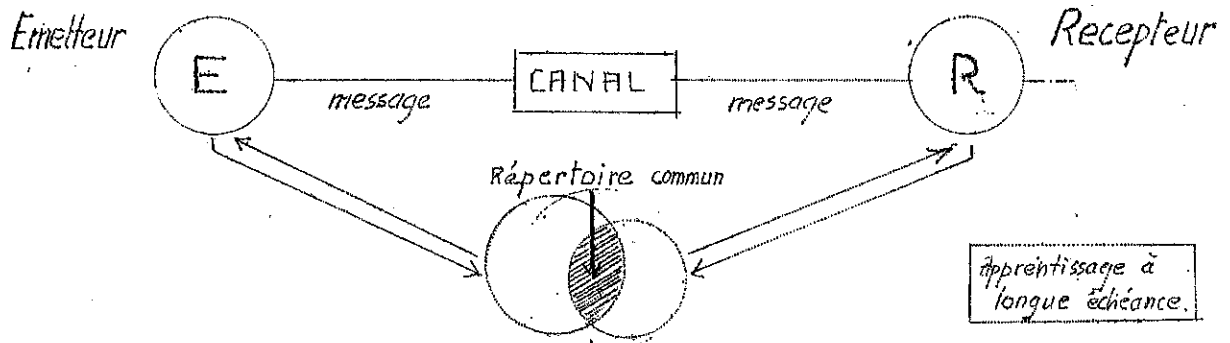
L'oreille humaine n'est capable de percevoir les phénomènes sonores que s'ils sont compris à l'intérieur d'une " aire acoustique " délimitée en fréquence (30 à 16000 Hz) et en intensité (0 à 120 dB). D'autre part cette aire est décomposable par les seuils différentiels de perception dans ces deux domaines (par exemple deux sons distants de moins de 1 savart dans la bande 500-1000 Hz sont identiques pour l'oreille). Donc le nombre de sons possibles est fini; l'aire acoustique est constituée en fait de petits carreaux assemblés, de " quant de " grains de son ". Un spectre sonore est l'assemblage d'un certain nombre de ces grains selon certaines règles restrictives; il est perçu par l'oreille comme un timbre. Il peut évoluer au cours du temps. Le phénomène musical est une composition reconnaissable d'un certain nombre de ces éléments, ou grains; c'est ce qu'on appelle en philosophie la thèse structuraliste. La " structure " est l'ensemble des règles (ou code) qui régissent l'assemblage de ces éléments. A partir de ces données, nous allons essayer de raisonner la façon de construire ce phénomène. Nous appellerons " répertoire " l'ensemble de ces grains de son définissables et énonçables par les psycho-physiologistes.

II - LA MUSIQUE EST UN MESSAGE : information sémantique

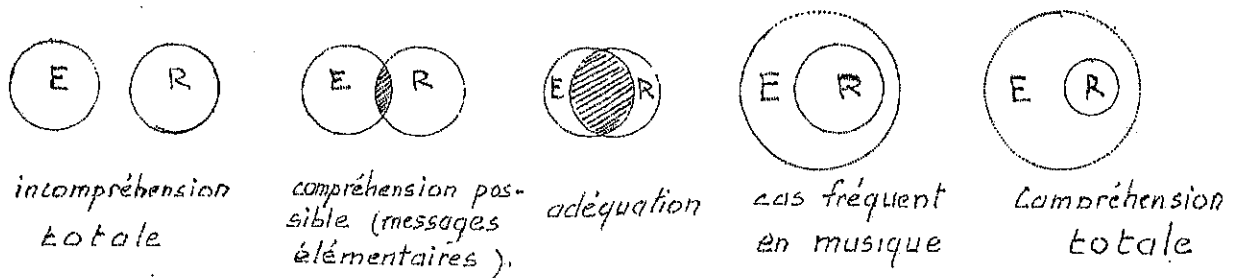
1°) Théorie de la communication des messages.

.... /

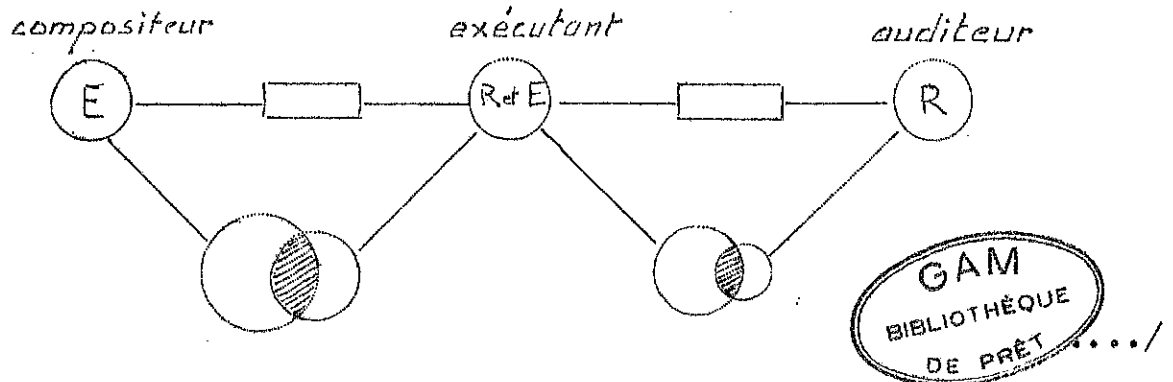
Nous partirons de l'hypothèse purement gratuite, mais importante, que la musique est faite pour être entendue, donc s'adresse à un " auditeur normal " défini pour les besoins de la théorie, et que nous pourrions ensuite différencier de façon plus réaliste. Comment doit-on assembler les objets sonores pour qu'ils soient perceptibles dans leur ensemble ? Cette question nous amène au problème de la communication des messages.



Tout message suppose un émetteur et un récepteur qui communiquent par l'intermédiaire d'un " canal ", et qui possèdent chacun un certain répertoire de signes. Plusieurs cas peuvent se présenter, selon l'intersection relative de ces deux répertoires du récepteur et de l'émetteur, depuis l'incompréhension totale (faute de répertoire commun il n'y a plus de message possible) jusqu'au point où le répertoire de l'auditeur englobe celui de l'émetteur (le message est alors perçu intégralement) ; la communication des messages ne repose que sur la partie commune de ces deux répertoires.



L'assemblage des signes du répertoire se fait selon un ensemble de règles qu'on nomme " structure " ou code. En musique, le compositeur avec l'exécutant au moyen des signes conventionnels du solfège musical et l'exécutant communique à son tour avec l'auditeur par le canal de l'audition directe ou de la chaîne électro-acoustique.



2°) Dialectique originalité-banalité.

Comment assemblons-nous les signes les uns aux autres ?

- Méthode du chimpanzé philosophe : il tire d'un chapeau les numéros des grains de son qu'il juxtapose. La musique étant une modulation de la durée, le chimpanzé a " écrit de la musique " avec la suite des numéros qu'il a tirés. Il a mis les éléments sonores les uns à côté des autres dans une originalité totale. A aucun moment le récepteur ne peut prévoir ce qui va suivre; il est constamment déçu dans son attente et finit par abandonner : le message est inintelligible.

- à l'extrême opposé, on peut imaginer un son simple de fréquence fixe et de durée indéfinie : celui-ci est parfaitement intelligible, mais d'une banalité totale. A chaque instant le récepteur peut prévoir à coup sûr ce qui va suivre : il abandonne aussi, par désintéressé. Qu'est-ce qu'un message réel? C'est quelque chose situé entre ces deux extrêmes : ni parfaitement ordonné, ni parfaitement désordonné. La musique est une dialectique heureuse entre le banal et

l'original. Ce qui la détermine, c'est la " quantité d'imprévisibilité " contenue dans un assemblage de signes c'est ce qu'on appelle l'information". Cette information, nous savons désormais la mesurer (en principe) à l'aide de la formule de SHANNON. L'information est mesurée par le logarithme (binarié) de l'imprévisibilité  $1/\bar{w}$  de l'assemblage d'éléments réalisés

$$H = \log_2 1/\bar{w} = - \log_2 \bar{w}$$

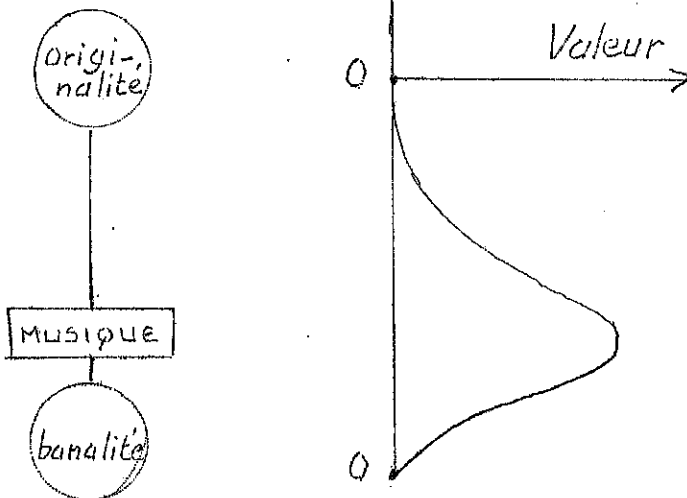
Le compositeur, généralement très au-dessus de l'auditeur moyen, fait toujours une oeuvre un peu plus riche en originalité que ce à quoi les auditeurs sont habitués. Un

bon musicien est capable de reconnaître les éléments du répertoire et de prévoir la façon dont ils sont assemblés. Il est capable de saisir une évolution et de percevoir des formes à l'intérieur d'un certain nombre de signes à partir de la prévisibilité de ces signes successifs. Une forme est un assemblage prévisible; la mesure de l'information est donc la mesure de la complexité des formes proposées à l'auditeur.

3°) Quantité d'information - redondance.

A partir des travaux des théoriciens de l'information, on doit admettre que le nombre d'éléments d'originalité assimilables par un

...../



récepteur humain est limité à environ 16 par seconde (unités d'information ou " bits "). C'est le système nerveux central qui est responsable de cette limitation. Au delà de ce nombre il y a " saturation " du récepteur, qui ne " suit plus ". Le problème est donc de " diluer " dans une certaine quantité de " signes " une quantité maximum d'originalité. Ainsi un message trop original pourra être épuisé par la répétition; le nombre global des signes augmente, mais l'originalité du message diminue en proportion. On démontre que la quantité d'originalité décroît comme l'inverse du logarithme du nombre de répétitions.

Dans la musique cette solution est généralement trop simple et la répétition n'est jamais parfaitement identique; le compositeur change quelque chose à chaque répétition; la tessiture, l'instrumentation; il introduit des broderies etc... C'est une méthode pour maintenir une originalité suffisante tout en permettant à l'auditeur d'assimiler les figures répétées.

On accroît l'intelligibilité en accroissant la redondance, grandeur inverse de l'information. La redondance est l'excès relatif du nombre de signes par rapport à ceux qui auraient été strictement nécessaires pour convoier la même quantité d'originalité. Le compositeur dilue une même quantité d'originalité dans un plus grand nombre de signes; son message en devient plus intelligible; il requiert par là-même plus de temps pour l'appréhender. Ce compositeur a donc la possibilité de monter ou de descendre le taux d'originalité du message global. Comprendre est percevoir des formes; si ces formes sont des assemblages prévisibles de signes, la compréhension sera donc liée à la redondance.

### III - LA MUSIQUE COMME UN ART : l'Information esthétique.

Le fait musical n'est pas épuisé par son aspect sémantique d'un assemblage original de signes reconnaissables. Il ne suffit pas de définir l'ensemble des notes de la gamme ou des signes du solfège la musique ne se réduit pas seulement à la partition. Le phénomène sonore subit des variations par rapport à son squelette sémantique. Or les seuils auditifs qui déterminent les grains de son sont inférieurs aux marges d'erreurs qui se présentent dans la réalité. En musique un  $do_3$  est  $256 \pm 5$  Hz; mezzo-forte se traduit par  $70 \text{ dB} \pm 3$ . Malgré ces fluctuations on ne cesse pas d'entendre un do mf. Il y a donc possibilité pour le " réalisateur " d'un phénomène musical d'exploiter un "champ de liberté" autour de la norme sans qu'on cesse de la reconnaître pour telle. Il existe alors entre l'émetteur et le récepteur un autre message superposé au message sémantique : le message esthétique.

On pourrait refaire pour le message esthétique le même raisonnement que pour le message sémantique. Il s'agit d'un équilibre entre originalité-banalité. Plus l'originalité est grande, plus le phénomène est imprévisible.

...../

IV - LA MUSIQUE : Dialectique information sémantique - information esthétique.

Il y a donc une dualité dans le système, deux aspects d'une même réalité. La capacité du récepteur étant limitée, le compositeur joue incessamment sur un équilibre entre information sémantique et information esthétique. Si, par exemple, la partition est très originale, l'auditeur n'a pas le temps d'apprécier les subtilités de l'orchestration; inversement une trop grande richesse de timbres détourne l'attention au détriment de la partie sémantique. C'est une loi de composition connue plus ou moins intuitivement des musiciens (opposition timbres-durées). L'auditeur passe plus ou moins consciemment et avec facilité du plan sémantique au plan esthétique, puisant l'originalité là où elle lui est accessible. Ce jeu compensatoire se fait à plusieurs échelons : celui des notes, des phrases musicales, des mouvements etc...

Tels sont donc les éléments d'une théorie informationnelle de la musique. En fait, la réalité est infiniment plus complexe : l'auditeur normalisé n'existe pas. Il y a autant d'auditeurs que d'êtres humains; chacun selon son conditionnement musical est capable de percevoir un niveau d'intelligibilité différent : on peut les étudier dans leurs capacités personnelles d'appréhender une plus ou moins grande quantité d'originalité, en fonction en particulier de leur culture musicale qui elle-même dépend de la civilisation dans laquelle ils vivent (gammes, division de l'octave, répertoire des timbres et des associations d'éléments).

M. MOLES nous fait entendre ensuite une bande faite en collaboration avec M. PHILIPPOT, dans laquelle il présente des échantillons musicaux classés par taux croissant d'originalité, depuis le son sinusoïdal de durée indéfinie, de fréquence et d'intensité fixes, jusqu'à la musique aléatoire des machines à calculer et, à la limite, au bruit blanc. A peu de choses près, les oeuvres présentées retraçaient les grandes lignes de l'histoire de la musique, ce qui montre que la musique progresse en explorant des systèmes de plus en plus complexes, de plus en plus informatifs, de plus en plus difficiles à appréhender elle tend vers l'imprévisible.

DISCUSSION

M. SIESTRUNCK. Est-il possible de chiffrer la quantité d'information et peut-on définir la probabilité de transition ?

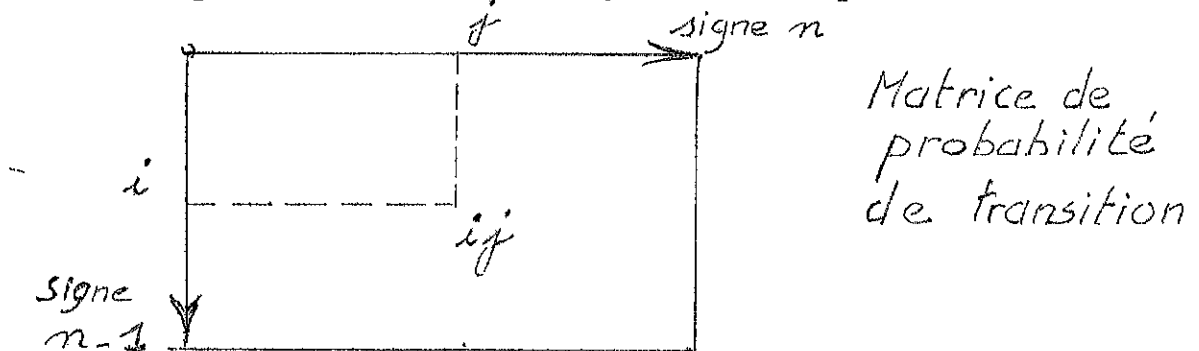
Réponse de M. MOLES : M. MOLES donne d'abord quelques précisions sur la mesure de la complexité, c'est-à-dire de la prévisibilité; puis il donne un exemple de mesure de la quantité d'information fournie par une gamme comportant 4 notes. Pour déterminer une des notes, on décompose la gamme d'abord en deux parties :

...../

- la note est-elle dans la première moitié ? Oui ou non ?  
Cette opération est un " bit " d'originalité. Supposons que ce soit " oui " .

- la note est-elle dans le premier quart ? Oui ou non ?  
Cette opération vaut un deuxième " bit " . De cette façon, la note a été identifiée sans ambiguïté et il a suffi de deux questions (deux " bits " ) pour définir la réponse, puisque  $4 = 2^2$   $\log_2 2^2 = 2$ .

La quantité d'information se mesure donc en nombre de questions binaires (dichotomies) qui suffisent à définir sans ambiguïté le signe. En ce qui concerne la succession des notes, on peut établir un tableau chiffrant la probabilité de transition. Ainsi après un mi on a 0,2 (20 %) de probabilités de voir apparaître un ré. Un tel tableau définit sur le plan sémantique, le style d'un compositeur.



M. LIENARD. Il semble que la musique évolue vers une originalité croissante; celle-ci a-t-elle un terme ? Peut-on le prévoir ?

Réponse de M. MOLES. Il n'y a oeuvre musicale que dans la mesure où il y a perception par l'auditeur d'un ordre dans l'assemblage des éléments du son qui constitue la musique. Notre culture évolue certes vers des systèmes de plus en plus complexes et on ne peut prévoir ce qui se passera dans un avenir lointain. La quantité d'originalité assimilable étant liée au nombre de neurones du cerveau humain, il semble qu'elle soit limitée, à moins d'un changement de notre cerveau ici nous tombons dans la science fiction...

M. DUCLOS. L'oreille est-elle la même en 1964 qu'en 1800 ?

Réponse de M. MOLES. Physiologiquement parlant l'oreille n'a certainement pas changé. Mais le conditionnement, c'est-à-dire l'ensemble des données que nous emmagasinons dans notre mémoire et qui est lié à la société dans laquelle nous vivons, a considérablement changé.

M. DUPARCQ. Vous nous avez fait entendre Debussy (" Jeux ") après Bach, donc vous l'admettez comme plus complexe. Or il me semble qu'il y a chez Bach certaines formes plus complexes que chez Debussy. N'y a-t-il pas deux sortes de complexité ?

.... /

Réponse de M. MOLES. Vous touchez à un point faible de mon exposé. L'estimation de la complexité est faite à partir du répertoire des signes auxquels nous sommes habitués; il change avec le conditionnement. D'autre part, les " microfigures " sont quelquefois plus compliquées, que les " macrofigures " musicales, et inversement. Qu'est-ce qu'on écoute réellement? Il faudrait savoir ce qu'écou- tent d'abord les gens. Ainsi la série d'exemples proposée n'a-t-ell qu'une valeur approximative. Selon sa " fenêtre mémorielle " (de l'ordre de 5 à 6 secondes) l'auditeur se porte vers les macro ou les microstructures. Il semble que la culture corresponde à un élargissement de cette fenêtre et à une possibilité d'appréhender des structures de plus en plus grandes. Rappelons pour préciser que la perception conduit à distinguer trois types de mémoire : la mémoire instantanée (environ 1/15<sup>o</sup> de seconde), la mémoire phos- phorescente (5 à 6 secondes) et la mémoire mémorisée, inscrite dans les circuits du cerveau et qui s'efface difficilement.



Le conférencier nous a présenté ici les grandes lignes de la Théorie de l'Information et ses rapports avec la musique. On trouvera un exposé détaillé de ces questions dans :

" THÉORIE DE L'INFORMATION ET PERCEPTION ESTHÉTIQUE " par A. MOLES Flammarion (1958) Paris.

Cet ouvrage contient également une importante bibliographie.

---

(\*) Nous remercions vivement M. MOLES d'avoir bien voulu relire et compléter le présent compte-rendu.