

1971

COLÓQUIO

artes

REVISTA DE ARTES VISUAIS, MÚSICA E BAILE

5

**2.ª SÉRIE / 13.º ANO
DEZEMBRO
1971**

Dietrich Mahlow

**LOURDES CASTRO
OU LE CHOC DE LA FASCINATION**

Damián Bayón

**EL GRECO
CREADOR DE CONJUNTOS PLÁSTICOS**

Jannis Xénakis

**LE DOSSIER DE L'EQUIPE DE MATHEMATIQUE
ET AUTOMATIQUE MUSICALES (E. M. A. MU.)**



**FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN
LISBOA**

Sumário

DIRECTOR

JOSÉ-AUGUSTO FRANÇA

DIRECTOR-ADJUNTO PARA MÚSICA,
BAILADO, TEATRO E CINEMA:
CARLOS DE PONTES LEÇA

EDITOR : António da Costa Isidoro
CONSULTOR ARTÍSTICO: Fernando de Azevedo
ORIENTAÇÃO GRÁFICA: Manuel Correia
SECRETARIADO-GERAL: Maria Elisa Marques

FUNDACIÃO CALOUSTE GULBENKIAN

Director, Redacção e Administração:
Fundação Calouste Gulbenkian
Lisboa - Portugal
End. tele: FUNDAGULBENKIAN-LISBOA
Telef. 7692-7621-46

Número avulso: 3.500
Estrangeiro: US \$2.00/10,00 F. P.
Assinatura: (3 números) 150.000
Estrangeiro: US \$10.00/50,00 F. P.

Distribuição e assinaturas:
Empresa Nacional de Publicidade
Avenida da Liberdade, 266 — Lisboa 2

Distribuição e assinaturas no Brasil:
Líbris, Agência Literária, S. A.
Rua do Rosário 173-2.º — Rio de Janeiro, GR.

A venda em São Paulo
no MUSEU DE ARTE
Avenida Paulista, 1578

En vente à Paris
à la LIBRAIRIE LA HUNE
170, Bd. Saint-Germain

Composição, gravura e impressão:
Neogravura, Lda. Lisboa

Os textos não solicitados e não publicados
não serão devolvidos.

O director da Revista recebe os colaboradores
em dias e horas fixados antecipadamente.

4

Dietrich Mahlow

LOURDES CASTRO
OU LE CHOC DE LA FASCINATION

14

Damián Bayón

EL GRECO
CREADOR DE CONJUNTOS PLÁSTICOS

24

Egidio Álvaro

RAYNAUD-MONORY-KLASSEN
TRÊS SELVAS — TRÊS ALFABETOS — UMA REVOLUÇÃO

33

José M. Moreno Galván

MILLARES

35

José-Augusto França

OS MONSTROS E OS OUTROS

38

Fernando Lemos

O QUE É E O QUE NÃO É

40

Iannis Xénakis

LE DOSSIER DE L'ÉQUIPE DE MATHÉMATIQUE
ET AUTOMATIQUE MUSICALES. E.M.A.Mu

49

Fernando Pernes

CARTA DE LISBOA E DO PORTO

52

Henry Galy-Carles

LETTRE DE PARIS

55

Mário Barata

CARTA DO RIO DE JANEIRO

58

Flávio Gonçalves

A EXPOSIÇÃO DOS MESTRES DO SARDOAL
E DE ABRANTES

66

José-Augusto França

NA MORTE DE JORGE BARRADAS

67

José Sasportes

«ART AND SOCIAL CHANGE»

69

NOTICIÁRIO DA FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN
ARTES PLÁSTICAS, MÚSICA, BAILE E CINEMA

73

Marie-Thérèse Mandroux

TRADUCTIONS ET RÉSUMÉS

Capa

«Sombra bordada», por Lourdes Castro, 1971. Foto Manuel Serejo,

Lisboa.

Fotos

(5, 7/11, 13) André Morain, Paris. (15/18, 20) Foto Mas, Barcelona.
(24) Daniel Pype, Créteil. (25) Jean Dubout, Paris (cortesia do C.N.
A.C., Paris). (26) André Morain, Paris. (32) Philippe Guérin, Paris.
(34) Atelier Mário Novais, Lisboa. (37) L. D. Cuscoy, Las Palmas.
(49) André Morain, Paris. (52) Office du Film du Québec (cortesia do
Musée d'Art Contemporain, Montréal) e Reinaldo Pica, Buenos Aires.
(54) (D) Luc Jouber, Paris (cortesia da Galerie Jeanne Bucher, Paris),
(M) Jean Dubout, Paris (cortesia da Galerie Daniel Gervis, Paris).
(58/65) Atelier Mário Novais, Lisboa. (60) Abreu Nunes (cortesia do
Museu Nacional de Arte Antiga. (66/67) Atelier Mário Novais, Lisboa.



Le Dossier de l'Equipe de Mathématique

Par IANNIS XÉNAKIS

Lorsqu'un individu, avec quelques amis isolés, veut ouvrir des voies de recherches en marge des cadres et institutions établies, il faut du temps, beaucoup de temps, de la patience et de la ténacité. Dix ans ont en gros été nécessaires. Cette durée aurait sans doute pu être réduite de moitié si l'auteur de ces lignes avait pu y consacrer plus de temps. Aujourd'hui, la chose existe et fonctionne presque de son élan propre et semble ne plus devoir s'arrêter. Elle correspond à des besoins que des jeunes de plus en plus nombreux ressentent, elle répond à une nécessité qui s'est créée depuis quelques années.

Voici quelques points sur le chemin parcouru.

1960 — Je proposai à Pierre Schaeffer de créer au sein de son service à la RTF une recherche fondamentale visant l'analyse et la synthèse des sons ainsi que la composition à l'aide d'ordinateur (j'avais déjà obtenu des promesses d'aide chez IBM). Mais Pierre Schaeffer avait un parti pris qui était très divergent du mien; il refusa. Il possédait pourtant beaucoup de moyens...

1961 — Grâce au Congrès International de Gravesano, organisé en août par Hermann Scherchen, j'entrai en contact avec N. Guttmann qui présentait les récents travaux de Max V. Mathews, de J. R. Pierce et de lui-même sur la synthèse des sons, entrepris aux laboratoires de la Bell Telephone Company de New Jersey, à l'aide d'ordinateurs et de convertisseurs par la transformation des résultats numériques du calcul en sons. La communication de N. Guttmann fixait le type d'appareil nécessaire à une exploration radicale et homogène de

la macro- et micro-composition musicales à l'aide du calcul. Je brûlais d'impatience de pouvoir tester et conquérir de nouvelles terres que j'imaginais très différentes de toutes les tentatives électro-acoustiques d'alors.

1962 — Je priai mon ami François Génys d'intervenir auprès de la direction de la compagnie IBM-France pour débloquer des fonds et construire l'équipement de conversion. Naïvement, je croyais que les perspectives formidables que la technologie des ordinateurs ouvraient à la musique étaient évidentes et devaient ouvrir un peu les caisses de ceux qui étaient à la tête de ces industries. La direction IBM ne fut pas de cet avis.

Puis je frappais à la porte d'une des plus grosses entreprises commerciales et de recherches dans le monde. Dans la lettre que je lui adressai je m'efforçai de définir le but et le cadre de la recherche qu'elle devait financer.

La réponse négative se fit attendre longtemps.

1964 — Je repris l'offensive dans plusieurs directions :

a) Il s'était formé une association intitulée assez pompeusement «Fondation pour l'Art, la Recherche et la Culture» qui devait convertir les gains de diverses sociétés (l'initiative revenait à Saint-Gobain) en «Art, Recherche et Culture». Les lettres et les contacts restèrent négatifs.

b) J'écrivis à l'Inspecteur Général des Spectacles au Ministère des Affaires Culturelles. Cette démarche permit, quelques années plus tard une aide annuelle.

Mais sur le moment elle ne donna rien.



FRANÇOIS GENUYS, MARC BARBUT, CLAUDE SAMUEL, GEORGES TH. GUILBAUD, MICHEL DUFRENNE, IANNIS XENAKIS

et Automatique Musicales. E.M.A.Mu.

c) En Septembre j'écrivis à la direction du Conseil International de la Musique à l'Unesco avec à l'appui une étude qui devait être publiée à l'occasion d'un congrès qui me semble ne pas avoir eu lieu [document I].

Démarche restée sans conséquence.

d) J'écrivis à la direction de la Fondation Ford, sans résultat.

1965-1966 — Il est curieux que je n'aie jamais songé à m'adresser tout naturellement à l'institution musicale officielle, au Conservatoire National de Musique. A quoi bon ! J'ai préféré me tourner vers l'Université de Paris, vers G. Th. Guilbaud et Marc Barbut, directeurs d'Études du Groupe de Mathématique Sociale de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 17, rue Richer. Ce fut un pas décisif. Ils donnaient au projet un cadre, leur amitié, leur confiance et leur appui. Mathématiciens ouverts, tournés vers l'avenir. Quelle chance ! Presqu'en même temps une première somme d'argent, fournie par mon ami le compositeur René Schneider, donnait un premier support matériel et permettait du coup un démarrage officiel.

Un conseil scientifique fut créé [document II].

Je formai alors un dossier que je présentai à l'aide d'André Masson au Ministre André Malraux qui pensant qu'il s'agissait d'une recherche scientifique pure (!) la transmit à son collègue de la Recherche Scientifique, Palewski, qui ne put rien faire car il changea de ministère peu après. Résultat nul, donc. Puis le 20 Décembre 1966 fut fondée l'E. M. A. Mu dans les locaux des éditions Boosey & Hawkes mis gentiment à notre disposition par leur directeur Mario Bois. Il s'agissait de faire connaître

le lancement pour trouver les fonds et l'aide nécessaire à son équipement technologique.

L'ORTF et les critiques musicaux ont aidé à cette naissance, comme en témoigne un article paru dans «Le Monde» peu après.

1967 — Enfin les objectifs de l'E. M. A. Mu étaient précisés dans une brochure interne [document III].

Y. Jamati, du conseil scientifique de l'E. M. A. Mu, se proposait de faire construire la partie convertisseur N-A à l'Institut Blaise Pascal où il faisait des recherches de reconnaissance des formes dans le domaine du langage. Pour le lecteur de bande magnétique, il fallait trouver des fonds ailleurs.

Des rencontres, des séminaires, des discussions s'organisaient à l'E.M.A. Mu, 17, rue Richer.

1968 — C'est à ce moment que j'eus un premier contact avec la Directrice du Service de Musique du seul organisme européen qui fasse du mécénat, la Fondation Calouste Gulbenkian de Lisbonne. Cette dame, ancienne mathématicienne et musicienne, se montra très intéressée et c'est grâce à son appui que le Conseil Administratif de la Fondation faisait le don inespéré de l'argent nécessaire à l'achat du lecteur de bande magnétique.

Mais les événements de Mai 68 avaient changé beaucoup de choses et avaient surtout affecté l'Institut Blaise Pascal, pierre de touche de la construction du système de conversion. Le don Gulbenkian restait radieux mais scolaire, inaccessible ! L'E. M. A. Mu s'enlisait dans les sables des impossibilités. Il fallait sous peine d'y renon-

cer se tourner ailleurs: a) trouver un substitut à Blaise Pascal qui pouvait très difficilement continuer la construction du système malgré la bonne volonté de Jamati; b) trouver des fonds supplémentaires pour couvrir toutes les dépenses et pas seulement celles du dérouleur. Fin d'année pleine de difficultés.

Heureusement Marcel Landowski récompensait la démarche effectuée auprès de son prédécesseur en allouant 10.000 frs. par an à l'E. M. A. Mu. Ce soutien, il est vrai négligeable, car incapable de couvrir le salaire même d'un seul technicien, permettait par contre de montrer que s'établissait pour l'E. M. A. Mu un intérêt non plus en provenance d'individus enthousiastes et inspirés mais de l'Etat, ce qui pouvait le cas échéant faciliter les dons d'argent. Une sorte de garantie.

C'est ici que se place une nouvelle cascade d'événements et de personnes bénéfiques à l'E. M. A. Mu.

1969 — M. Louis Le Prince Ringuet, professeur à l'École Polytechnique et Directeur du Centre de Physique Nucléaire au Collège de France et M. André Astier, professeur à l'École Polytechnique, me regrettent avec beaucoup de gentillesse. Immédiatement, comme par enchantement, ils donnaient leur appui moral, invitaient l'E. M. A. Mu à installer l'équipement de conversion au Centre de Physique Nucléaire du Collège de France et demandaient au CNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications) d'assurer la construction et la mise au point de tout le système de conversion. C'était évidemment le sauvetage de l'E. M. A. Mu, à condition de trouver la somme qui devait payer l'achat du matériel, le CNET faisant don de l'étude, de la mise au point et du contrôle de l'équipement. Ce sont MM. Libois, Dondoux, Profit et Jousset qui furent de suite favorables.

Cette lettre d'engagement du CNET était vitale et arrivait simultanément avec l'appui de Madame de Azeredo Perdigão qui promit de tout faire pour que la Fondation Gulbenkian complète le don initial, ce qui revenait à le doubler.

Déjà, les efforts et travaux de l'E. M. A. Mu attiraient l'appui des groupes de travail de la Faculté de Vincennes, du Groupe de Recherches Musicales de l'ORTF, ainsi que d'autres chercheurs. Les réunions se multiplièrent.

C'est vers la fin de l'année que M. Louis Le Prince Ringuet reçut au Collège de France Madame et Monsieur de Azeredo Perdigão, President de la Fondation Calouste Gulbenkian, montrant ainsi sa totale solidarité avec l'E. M. A. Mu et qu'à la suite fut accordée la totalité de la somme nécessaire à l'achat du matériel !

1970 — Finalement un triple contrat fut établi reliant la Fondation Gulbenkian au Collège de France et au CNET en faveur de l'E. M. A. Mu.

Cependant la vie interne au sein de l'E. M. A. Mu continuait à travers des réunions. Des séminaires furent or-

ganisés dans une tentative, sans doute précoce, pour son élargissement public, tels cette série [document IV].

1971 — Enfin, à la séance du 22 Mars, MM. Profit et Lachaise présentèrent le schéma technique du convertisseur qui sera mis à la disposition de l'E. M. A. Mu vers la fin de 1971 [document V].

Ainsi une autre étape décisive est franchie, celle de la technologie de base.

Il reste, dans les mois qui viennent, à préparer le travail de recherche dans plusieurs directions. Mais il faut encore trouver de l'argent pour rémunérer des chercheurs qui donneraient beaucoup de leur temps à l'E. M. A. Mu. L'organisation du software, par exemple, fait appel à des jeunes programmeurs qui, sans être nécessairement des musiciens, devront trouver par contre un intérêt théorique profond dans la création d'assemblages nouveaux, de langages plus spécialisés... tâches à résoudre très prochainement pour que les expériences puissent avoir lieu en enrichissant tout le monde. La mise en commun des résultats, des discussions et les échanges entre les disciplines au sein de l'E. M. A. Mu rejoigneront sur tous. L'ère des spéculations peut s'ouvrir maintenant. Mais le fondement de l'E. M. A. Mu est, doit rester, expérimental. Les théories peuvent parfois être très intéressantes et prometteuses mais il est indispensable qu'elles s'établissent autour d'un noyau expérimental sous peine de s'évaporer dans la gratuité et la généralité. C'est pour cela que le véritable visage de l'E. M. A. Mu n'apparaîtra que lorsque, dans son sein, les travaux de personnes telles que Risset, Greussay, Barbaut, Riotte, Regnier, Benzecri... seront réalisés, déterminants. Il est très certain qu'il n'y aura pas un visage unique car nous ferons tout ce qui est en notre pouvoir pour préserver la recherche fondamentale de l'E. M. A. Mu de la dictature des chapelles. Selon les disponibilités des finances, des horaires, des hommes, il sera possible pour quiconque d'utiliser les moyens de conversion de l'E. M. A. Mu, de coordonner ses résultats avec ceux d'autres chercheurs et de les communiquer. L'initiative ne doit pas venir d'une direction supérieure mais des tentatives enthousiastes de ceux qui, malgré les difficultés, s'agglutinent à cette planche lancée au gré des intelligences et des talents. Cependant, dans la mesure des divers niveaux de maturité, des théories, des fils conducteurs seront enseignés par des spécialisés à de moins spécialisés, pendant des cycles variables, durant l'année. Ce qui garantit la sauvegarde, aussi bien de l'individualité que des groupements initiateurs libres, non imposés. Ce sont les deux étiquettes de l'organisation du travail. La direction de l'E. M. A. Mu devra rester de nature plutôt catalytique dans les idées et les travaux. Il y a encore quelques années l'E. M. A. Mu était solitaire tel un mât. Maintenant, et grâce aussi à son action, il est entouré d'individus et de groupes qui se tendent les mains et se partagent les espérances.

DOCUMENTS

I MUSIQUE ET CALCULATRICES ELECTRONIQUES

Pour bien saisir le sens et la portée de l'emploi des ordinateurs (calculateurs électroniques), il est nécessaire de faire succinctement le point des techniques actuelles de production du son (électromagnétiques ou instrumentales) et de légitimer historiquement et scientifiquement un tel emploi. C'est à dire de discerner l'impasse des musiques actuelles et son dépassement et de céder une axiomatique et une formalisation musicale.

L'IMPASSE DE LA MUSIQUE ELECTROMAGNETIQUE ET INSTRUMENTALE

On dit que les musiques électroniques, électromagnétiques, concrètes, expérimentales etc.... c'est à dire celles qui se diffusent par des chaînes électroacoustiques, ont bouleversé la musique. Est-ce vrai? Voici les trois niveaux possibles d'un tel bouleversement:

- a) celui des techniques de fabrication des sons;
- b) celui du rapport public-musique;
- c) celui des conceptions compositionnelles.

a) En effet grâce au magnétophone on peut étirer un événement sonore à volonté. Le magnétophone et ses équivalents mnémoniques ont l'importance historique de la fixation du langage par l'écriture. De plus, les moyens mécaniques ou électroniques d'action sur le symbole sonore inscrit sur bande permettent théoriquement un grand champ d'investigation et un enrichissement du répertoire des matériaux sonores. En fait, ce champ, après 15 années de recherches, semble assez restreint et tautologique. La coexistence de ses techniques et les techniques des instruments classiques dans des œuvres mixtes, montrent parfois leur complémentarité mais jamais leur contradiction. Ainsi donc le bouleversement qu'ont apporté les techniques des musiques électromagnétiques n'est pas fondamental, et la musique électromagnétique malgré même ses possibilités spatiales, est actuellement dans une impasse.

La musique électromagnétique n'a pas démolí l'orchestre classique qui est resté jusqu'ici imbattable sur la finesse de définition du son, sa vie interne, sa qualité qui est tellement diversifiée en catégorie fortes de «timbres», sa maniabilité et enfin sa reproduction toujours diverse à chaque exécution.

La musique électromagnétique nécessite de nouveaux moyens techniques et théoriques beaucoup plus puissants pour s'en sortir mais qui existent, à notre portée, à condition d'y réfléchir et de savoir s'en servir.

b) Le rapport musique-public est devenu plus difficile, car plus pur, dans le sens où tout élément visuel est banni puisque ni chef ni virtuose ni orchestre ne sont là pour fixer l'excédent énergétique de l'œil. Cette musique nous oblige à une existence purement auditive. D'où une gêne car très peu même parmi les musiciens, n'écoutent qu'avec leurs oreilles, d'où souvent le compromis du mélange de l'orchestre vivant à l'ensemble des haut-parleurs. (En outre, la qualité des chaînes électro-acoustiques comme nous venons de le dire n'est pas suffisante et ceci provoque la fatigue de l'oreille au même titre que des verres déformants pour l'œil.)

Pourtant cet accouplement non encore accepté par le public devrait enfin conduire à la formulation d'une solution par l'architecture. Une architecture, qui, par un façonnage extraordinaire de l'espace ambiant, absorberait non seulement l'excédent de l'œil mais aussi la passivité et l'immobilité forcée du corps entraînées par les moyens devenus soporifiques, le disque, la radio, la télévision. De toutes manières le rapport musique-public n'a pas été bouleversé faute très probablement d'une architecture adaptée et nouvelle.

Un autre moyen serait de répondre à une question assez vieille d'ailleurs: ne serait-il pas intéressant de trouver des formes musicales qui nécessiteraient l'intervention du public? (cf. Stratégie Musicale dans mon livre *Musiques Formelles*).

Enfin la musique active devrait avoir sa part importante en pédagogie.

c) Niveau des conceptions compositionnelles. La crise de la musique électromagnétique n'est pas uniquement une crise d'instrumentation (au sens musical) mais, et surtout, une crise d'orientation idéologique et de formalisation. Ce manque d'ailleurs n'est pas spécifique à la musique électromagnétique, il est même particulièrement aigu en musique instru-

(Rapport pour l'UNESCO)

mentale où toutes les vertus énumérées plus haut deviennent des sables mouvants où s'enlise la routine sérielle ou post-sérielle ou graphique ou improvisée (pseudo-aléatoire), créant ainsi la dégénérescence d'une partie de la musique et son isolement actuel.

Nous allons voir maintenant quelle est la voie royale qui fera sortir les deux expressions de l'impasse.

En fait, sous-jacents aux problèmes aussi bien de la musique instrumentale que de la musique électromagnétique, existent un problème de la composition tout-court, et un autre, celui de l'esthétique, mais l'un et l'autre conjoints et solidaires.

La valeur esthétique est hélas toujours subjective ou au mieux statistiquement objective, ce qui la place au plus bas de l'échelle des vérités humaines, le degré le plus haut étant peut-être la «vérité» de la Géométrie Euclidienne qui semble encore être universelle, dans l'espace terrestre et le temps.

Si donc on évite cet écueil et si nous nous bornons au problème de la composition nous nous trouvons aussitôt sur un terrain plus solide et nous allons voir comment on pourrait rattacher des données et faits musicaux à cette vérité plus universelle qu'est le langage mathématique.

Car c'est cette voie, la voie de la critique, de la réflexion qui peut nous conduire à l'aide de la formalisation mathématique et de ses auxiliaires, les cerveaux électroniques et les machines analogiques, à un dépassement de la crise actuelle.

Mais, je dois préciser une fois pour toutes, qu'il ne faut pas admettre une sorte de soumission de la musique à la mathématique. En général il semble que la mathématique et la musique ont des terrains où elles s'identifient par exemple lorsqu'on considère les sons comme l'équivalent sonore des signes graphiques mathématiques (cf. Chap. V de *Musiques Formelles*) et que l'on opère sur eux les mêmes techniques qu'en certaines branches des mathématiques, ou encore lorsqu'on veut comparer ce qui échappe à l'investigation et aux mots, c'est à dire l'inspiration du mathématicien qui le conduit à bâtir l'infini (Cantor), à celle du musicien qui invente des musiques nouvelles (Debussy).

En particulier nous allons voir maintenant très rapidement comment la tradition musicale vieille d'au moins 25 siècles permet actuellement une définition axiomatique qui place la musique de plain pied avec la géométrie et l'algèbre et ouvre une ère d'interpénétration jamais envisagée jusqu'ici.

CORRESPONDANCE ENTRE MUSIQUE ET MATHÉMATIQUE (AXIOMATIQUE ET FORMALISATION)

L'aspect le plus fondamental de la musique est peut-être la structure d'ordre qu'elle renferme. Cet aspect a été pressenti par Pythagore et Platon et s'est perpétué à travers les millénaires en constituant une substance de base du langage musical. Les noms d'Aristoxène, de Boëce, de Hucbald, de Zarlino, et de Rameau sont des sommets de cet effort de systématisation et de formalisation de la musique. Toute la pratique musicale fut tributaire de, et soumise à cet aspect logistique.

Or le 17e siècle voit la consécration de la gamme chromatique tempérée. Il est hors de mon propos d'en faire l'historique mais cette création a une portée beaucoup plus grande qu'on ne le pense en général et je m'efforcerai de le montrer.

Elle correspond en musique à l'invention des nombres naturels des mathématiques et c'est elle qui permet la généralisation et l'abstraction les plus fécondes. Dès lors, sans être conscient de sa valeur théorique universelle, J. S. Bach avec son «clavecin bien tempéré», montre la neutralité de cette gamme puisqu'elle servait de support aux modulations des constructions tonales et polyphoniques. Mais ce n'est que deux siècles plus tard, par un cheminement dévié, que la musique dans l'ensemble rompt définitivement avec les fonctions tonales. Elle se trouve alors devant le vide de la neutralité de la gamme chromatique tempérée et en la personne de Schoenberg elle recule et se replie sur des positions plus archaïques. Elle ne prends pas encore une conscience épistémologique de la structure d'ordre total que cette gamme privilégiée renferme.

Aujourd'hui on peut affirmer qu'après 25 siècles d'évolution musicale on aboutit à une formulation universelle en ce qui concerne la perception des hauteurs qui est la suivante:

**L'ENSEMBLE DES INTERVALLES MÉLODIQUES
EST MUNI D'UNE STRUCTURE DE GROUPE
AVEC L'ADDITION COMME LOI DE COMPOSITION**
(cf., *Musiques Formelles*, ch. V)

Cette structure est indépendante bien sûr de l'unité intervallique qui peut être un demi-ton (V12), le comma (81/80), ou tout autre intervalle unitaire. Elle est universelle car la structure d'ordre total est valide dans les musiques traditionnelles du Japon, des Indes, d'Afrique, etc.... Or, cette structure n'est pas spécifique aux hauteurs mais également aux durées, aux intensités, aux densités et à d'autres caractères des sons comme par exemple le degré d'ordre ou de désordre. Ce qui donc est intéressant c'est la profonde identité de structure de nombreux caractères du son.

Nous pouvons maintenant, pour renforcer cette constatation historico-expérimentale, donner deux axiomatics de la gamme tempérée chromatique prise au sens large de sa structure. Elles suivent l'axiomatique des nombres de Peano.

L'une d'elles conduit à une Théorie des Cibles qui à l'aide des congruences modulo 2 construit des structures particulières telles que la gamme majeur, mineure, etc.... Mais nous n'allons pas poursuivre dans cette direction.

Les deux définitions abstraites de la gamme chromatique tempérée (au sens large, gamme des densités, des hauteurs, d'ordre, des durées etc...) permettent la mise en correspondance légitime des nombres et des caractères sonores qui sont isomorphes.

Dès lors, le Rubicon ayant été franchi, la musique devient, dans de nombreux domaines, identique (équivalente) aux mathématiques. Mais comme les mathématiques sont tantôt des moyens (formalisation des opérations par le calcul) tantôt des réflexions (théories des probabilités, des ensembles, logiques...) de même la musique peut contenir ces deux aspects. Elle peut même contenir plus, car elle s'appuie aussi sur des êtres non analysés suffisamment par la rigueur de la raison tels que les timbres qui échappent à la structure d'ordre total, tel que le contenu émotionnel, aussi purifié des contingences socio-culturelles soit-il etc....

COMPOSITION MUSICALE ET MACHINES CALCULATRICES

Grâce à l'axiomatique précédent et aux conséquences qui en découlent la musique est en pensée unifiée aux sciences. Ainsi pas de rupture entre elles et les arts. Car les arts de la vision pourraient aussi se formaliser à nouveau et conquérir de nouveaux domaines parallèles à ceux de leur fille aînée la géométrie.

L'ère des Arts Scientifiques est commencée. Désormais, le musicien devra être un fabricant de structures globales, de combinaisons de structures (formes) et de matière sonore. Tout reste à faire dans ces deux directions primordiales.

La première, celle des structures, pourra s'aider des ordinateurs puissants actuels. Je pense qu'ayant montré la structure de groupe de la gamme chromatique tempérée au sens large, l'emploi de machines digitales n'a plus besoin d'être légitimé. Il ne constitue donc pas un mystère. Le mystère, s'il y en a, réside en fait dans les structures mentales de la musique et non pas dans les ordinateurs qui ne sont que des outils, des prolongements de la main et de la règle à calcul.

Les raisons pour lesquelles ils sont nécessaires sont les suivantes :

- a) Grand nombre de calculs intermédiaires fastidieux.
- b) Exploration exhaustive des modalités d'un schème compositionnel.
- c) Couplage des ordinateurs à des machines électroniques automatiques de production de matière sonore, afin d'automatiser la production musicale, aussi bien des micros que des macrostructures.

Les points a et b sont applicables également à la musique instrumentale. Pour donner un exemple, un passage d'orchestre à cordes d'une durée de 30 secondes peut nécessiter le calcul complexe de 1500 notes.

La deuxième direction, celle de la matière sonore, nécessite, devant l'impasse des musiques électromagnétiques actuelles, deux catégories de machines :

- a) Des convertisseurs des données numériques de l'ordinateur en sons (convertisseur de digital à analogique) et des convertisseurs des sons en nombres (convertisseur d'analogique à digital). Ces deux types de convertisseurs seront couplés aux ordinateurs.
- b) Des machines analogiques autonomes de transformation de grandeurs physiques en sons et inversement de sons en grandeurs physiques.

Une troisième catégorie de machine pourrait être ajoutée (elle est à créer en entier). Elle utiliserait des servomécanismes complexes suivant des schèmes qui simulerait des organismes et des échanges bio-physiologiques par exemple. Cette troisième catégorie servirait à ex-

plorer les deux directions primordiales, celle des structures compositionnelles et celle de la création de matière sonore.

MUSICOLOGIE ET MACHINES

Si l'exploration du futur musical appartiendra essentiellement au calcul et aux machines calculatrices et transformatrices, l'exploration musicologique les exige aussi.

On peut diviser la musicologie en deux catégories :

- a) **Musicologie diachronique**: celle qui étudie le passé d'une culture musicale.
- b) **Musicologie comparée**: celle qui compare les cultures musicales.

En raison de l'universalité de la structure de groupe de caractères essentiels des sons, les deux branches de la musicologie devront tôt ou tard adopter des méthodes modernes d'investigation telles que la statistique ou les processus en chaîne, les méthodes logistiques etc.... Des modèles de gammes, de raga par exemple, devront être testés. Déjà certains chercheurs se sont orientés en musicologie transversale vers des processus stochastiques, d'autres font construire des appareils électroniques qui faciliteraient en musicologie comparée les recherches entreprises sur les échelles et sur les musiques qu'elles supportent. Mais ce n'est qu'avec l'emploi des ordinateurs couplés à des convertisseurs par exemple, qu'un cycle d'une culture musicale, du passé ou actuelle, pourra être efficacement exploré et expérimenté.

Comment en pratique faire fructifier cette prise de conscience de l'universalité des structures de base de la musique, et partant, de la mécanisation poussée de la création musicale du présent et du futur, aussi bien que de la connaissance musicologique du passé?

La réponse serait de fonder un Centre Ordinal de Recherches Musicales.

CENTRE ORDINAL DE RECHERCHES MUSICALES

Objet. Il serait indispensable de créer un centre spécial qui aurait pour objet l'étude et la réalisation de structures compositionnelles, de structures de sons, et d'étude des structures des perceptions. Ces recherches seront basées sur le calcul numérique à l'aide d'ordinateurs et sur des appareils électroniques spéciaux qui convertiraient les résultats des calculs directement en sons (convertisseurs). D'autres appareils analogiques sont également à envisager.

Essentiellement ce centre contiendrait le ou les convertisseurs, les magnétophones et les diffuseurs (haut-parleurs), le couplage avec les ordinateurs se faisant à distance par le truchement de bandes magnétiques ou autres supports mobiles. D'autres appareils analogiques.

En outre, le Centre Ordinal de Recherches Musicales ouvrirait des champs d'investigations scientifiques en physiologie, psychophysiologie et musicologie dans des étapes et suivant un programme bien défini.

Etapes :

- a) Etablissement sur plan d'un avant-projet avec étude mathématique et électronique du ou des convertisseurs musicaux les plus efficaces et estimation du projet;
- b) Réalisation des appareils et installation du Centre;
- c) Exploitation permanente du centre;
- d) Etudes et réalisation d'autres machines analogiques ou mixtes.

Il serait très souhaitable que l'UNESCO s'intéresse à un tel projet.

PÉDAGOGIE

La musique deviendrait-elle ainsi hermétique et hautement spécialisée, par conséquent inaccessible au public passif et incompréhensible?

Oui si l'éducation musicale ne change pas. Or l'éducation musicale peut et doit changer pour deux raisons :

- a) Pour pouvoir suivre l'évolution et être à même d'apprécier les dernières musiques.

Le mythe de la musique accessible immédiatement et à la portée de n'importe quel sujet moyen, mythe hérité de certaines traditions de cours (musique=divertissement) existe encore. Pourtant la musique de Mozart n'est pas populaire en Afrique noire et la musique du théâtre Noh ne l'est pas davantage en Europe. Sachant que ces trois cultures musicales renferment de hautes valeurs esthétiques qui les caractérisent leur non-universalité respective est due au conditionnement pédagogique et au milieu socioculturel dans lequel les sujets évoluent.

De même en ce qui concerne la rupture technico-esthétique entre le passé récent et le présent Européens. Le public n'a pas le temps de s'adapter à la rapide évolution de la musique comme autrefois. Les scandales de croissance en font foi. Mais si le public ne peut plus suivre de lui-même, il faut l'aider par le conditionnement pédagogique. Même si l'on se tient à la relation

musique-plaisir la mise au point de Platon (*Timée*) est toujours valable; car, les mouvements des sons qui provoquent en nous des mouvements concordants à ceux-là... «procurent un vulgaire plaisir à ceux qui ne savent pas raisonner; et à ceux qui savent, une joie raisonnée, par l'imitation de la divine harmonie qu'ils réalisent dans des mouvements périssables».

- b) Le haut contenu de la musique tel qu'il a été défini plus haut, devient une des formes les plus élevées de la pensée humaine et aucun enseignement des sciences ou des techniques, ne pourra jamais remplacer un enseignement nouveau radical de la musique, qui devra comprendre la réflexion sur la forme et ses éléments sonores à l'aide des nouveaux concepts logico-mathématiques.

Outre la joie de manipuler de tels concepts, cette éducation apportera la vraie mobilité de l'esprit conscient, bref, elle apportera l'esprit de recherche purificatrice, tel que le préconisait par exemple Parménide.

II NOTE SUR LES RECHERCHES MUSICALES

J'ai suivi, depuis plusieurs années, quelquesunes des études et des créations musicales faites par J. Xenakis. Lui-même a participé à plusieurs de nos réunions de travail du Centre de Mathématique Sociale. Un commencement de dialogue s'est ainsi formé, qui m'a permis — outre l'estime que j'ai acquise pour les qualités scientifiques et artistiques de J. X. — d'apprécier ses projets de recherches futures.

L'exploitation des ressources électroniques, actuelles ou futures, tant pour donner corps à des réflexions méthodiques sur la création musicale, que pour stimuler des réflexions elles-mêmes, me paraît être une voie imposée; déjà, dans divers domaines de la recherche mathématique, de telles coopérations ont porté leurs fruits, et d'autres se développent.

Le problème du couplage direct d'instruments producteurs de sons avec les mécanismes de la composition, outrepasse mes compétences: je souhaite que s'y intéressent des techniciens ouverts au dialogue, et quelques premiers coups de sonde m'ont persuadé que ce doit être possible. En tous cas, chaque progrès fait en ce sens rendra des services considérables à une autre partie des recherches qui m'intéressent le plus,

CONCLUSION

J'ai essayé d'esquisser le cadre général dans lequel peuvent s'harmoniser des positions autrefois tenues pour irréductibles, telles que les musiques folkloriques ou traditionnelles, les musiques antiques, les musiques modernes, les musiques calculées. Ce cadre semble être basé sur une axiomatique universelle des principaux caractères des sons, ainsi que sur une formalisation dont les modalités restent à être découvertes pour la plupart des cas. Les mathématiques et leurs outils, les ordinateurs et les diverses autres machines sont là, langage universel enseigné ou devant être enseigné à tous les hommes, pour unifier et enrichir aussi bien la création que la connaissance d'un univers sonore extraordinaire, avec les conséquences eugénistes que cela implique.

IANNIS XENAKIS
Berlin-Paris Sept. 1964

professionnellement, et qui sont liées à celles que nous menons dans divers autres domaines de l'étude scientifique des activités humaines.

Non seulement la musique (conçue comme une activité sociale) peut bénéficier de l'apport de la mathématique, dans toute son étendue d'aujourd'hui — mais, en retour, l'adaptation de la recherche mathématique aux «sciences de l'homme», peut être fortement stimulée par le progrès des études musicales telles que les conçoit J. X.

Je suis donc prêt à témoigner de cet intérêt auprès de ceux qui pourraient d'une manière ou d'une autre aider à la réalisation des projets. Et je suis prêt aussi à y collaborer, et à y engager divers chercheurs de mon entourage que l'aventure devrait tenter.

Ecole Pratique des Hautes Etudes, Sciences Economiques et Sociales, Groupe de Mathématique Sociale et de Statistique (Paris, le 29 avril 1965).

G. TH. GUILBAUD
(Directeur d'études)

III NOTE SUR L'E. M. A. MU

(Equipe de Mathématique et d'Automatique Musicales)

SA FONDATION

L'E. M. A. Mu a été fondée à la fin de 1966 par Messieurs M. Barbut, F. Genuys, G. Th. Guilbaud et I. Xenakis, ce dernier en assumant la direction. Administrativement elle est rattachée au Centre de Mathématique Sociale de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE) 6^e section (17, rue Richer, Paris 9^e).

Cette création a été rendue possible grâce aux premières subventions privées offertes par Messieurs R. Schneider et J. P. Bamberger.

Un conseil scientifique a également été fondé auquel ont bien voulu participer:

MM. M. Barbut, Directeur d'Etudes à l'EPHE.

D. Charles, Assistant d'Esthétique à la Faculté des Lettres de Paris-Nanterre.

M. Dufrenne, Professeur d'Esthétique à la Faculté des Lettres de Paris-Nanterre.

P. Fraisse, Professeur de Psychologie à la Faculté des Lettres de Paris-Sorbonne.

R. Francès, Professeur de Psychologie à la Faculté des Lettres de Paris-Nanterre.

F. Genuys, Conseiller scientifique à la Compagnie IBM-France.

G. Th. Guilbaud, Directeur d'Etudes à l'EPHE.

Y. Jamati, Chef du Service Electronique du laboratoire de recherches avancées en moyens d'informatique (RAMI) (CNRS).

B. Jaulin, Directeur du Centre de Calcul à la Maison des Sciences de l'Homme.

A. Lentin.

C. Levi-Strauss, Professeur au Collège de France.

C. Revault d'Allonnes, Maître-Assistant d'Esthétique à la Faculté des Lettres de Paris-Sorbonne.

I. Xenakis, Compositeur de Musique.

BUT DE L'E. M. A. MU

1. L'E. M. A. Mu veut procurer un instrument inter-disciplinaire, pour l'expansion de la connaissance et de la créativité musicales afin de contribuer au développement et à la revitalisation de la musique en tant qu'art dans l'éducation et la société.

Ceci est fondé sur le postulat que seule l'association de la science (art) musicale avec celle des mathématiques, de l'informatique, de la technologie électronique, des sciences sociales, etc., peut déterminer des constantes universelles applicables à l'interprétation du passé, au développement du présent et à l'orientation du futur. C'est ainsi que la musique pourra vraiment réassumer la position privilégiée qui lui revient dans la société.

L'Equipe a pour mission de contribuer à la rénovation des études générales et spécifiques en musique, y compris la composition musicale. Cette rénovation est nécessaire pour assimiler et utiliser les nouvelles idées et concepts que les mathématiques et les sciences peuvent fournir à l'éducation et à la créativité en musique.

Le programme de cette équipe doit déterminer les bases de la musique en mettant l'accent sur la pensée d'aujourd'hui. Ce qui n'exclut pas l'étude et la recherche dans le passé, bien au contraire car, regarder vers le passé avec les yeux du présent amène la régénération du passé ainsi que la régénération du futur.

Il est nécessaire de reconstruire axiomatiquement (en allant jusqu'aux plus ultimes prémisses de base) l'ensemble du phénomène de la musique (en tant que sons organisés selon des lois fondamentales) depuis les structures les plus élémentaires jusqu'aux constructions sonores les plus complexes. C'est pourquoi un des prémisses du travail de l'équipe est que l'on ne peut créer la musique, soit automatisée (musique créée grâce à des moyens électroniques de toutes natures et mise sur bandes en tant que résultat final), soit produite par des moyens plus traditionnels (instrumentaux ou vocaux), sinon en s'appuyant sur des bases solides tirées des disciplines telles que les mathématiques, l'acoustique, l'électronique, la physique, la théorie des langages, la théorie musicale, la musicologie, l'ethno-musicologie, etc.

Aujourd'hui, on peut se représenter plusieurs caractères du son tels que la hauteur, la durée, la vitesse, la densité, etc. et partant, une partie importante de la musique, comme possédant une structure mathématique bien définie, comme la structure de groupe, par exemple. Cette constatation détruit beaucoup de barrages empêchant l'introduction en composition musicale des langages universels et généraux créées par les mathématiques.

Or, si cette attitude formalisatrice et axiomatisante a nécessité l'emploi des dernières techniques du calcul automatique, il lui manque un complément indispensable, celui de la synthèse scientifique de sons à l'aide d'ordinateurs et de dispositifs électroniques spéciaux.

PROGRAMME GÉNÉRAL DES ACTIVITÉS DE L'E. M. A. MU.

I — Pédaagogie

- a) Enseignement théorique
 - b) Séminaires et conférences
 - c) Applications sonores

II — Recherche

- a) Recherche fondamentale
 - b) Approche de la composition lumineuse
 - c) Séminaires et conférences

1 — a : Enseignement théorique :

1 — premier niveau de structures musicales (structure hors-temps et temporelle, algèbre des ensembles et des espaces vectoriels y compris théorie des cribles).

2 — deuxième niveau de structures musicales (modèles mathématiques et physiques puisé dans les processus stochastiques (entre autres markoviens) cybernétique théorie des jeux mécanique statistique).

3 — technologie et langage des machines à calculer — éléments de programmation.

4 — étude sur le son — production artificielle des sons

I — b: Séminaires et conférences adaptés à la musique (physiologie de l'audition, acoustique architecturale, électronique, psychologie, musicologie, éducation musicale, mathématique, physique, informatique)

I — c: Applications sonores

1. Les élèves construisent des modèles mathématiques ou d'autres types éventuellement, les programment et les font calculer par des ordinateurs.

2 — Les élèves procèdent à la réalisation sonore de ces modèles (à l'aide de l'orchestre classique ou des voix, à l'aide des procédures de la musique concrète ou électronique, à l'aide des convertisseurs numérique — analogique, à l'aide d'automates de diverses natures).

3 — Essai de classification des sons et de leurs structures.

II — a : Recherches fondamentales

3 — Recherches fondamentales

1 — Niveau des sons

- critique de l'analyse de FOURIER et recherche d'autres bases de l'espace fonctionnel en jeu
- examen de l'hypothèse granulaire du son
- expérience avec programmation ad hoc
- élaboration de dispositifs électroniques

2 — Niveau typologique: types de structures complexes (construction de structures de plus grande complexité, programmation de ces structures, expérimentation pour l'efficacité, banque de sous-programmes, création de super-programmes).

3 — Systèmes électroniques
(Équipement électronique nécessaire aux recherches précédentes, projets d'automates électroniques spéciaux).

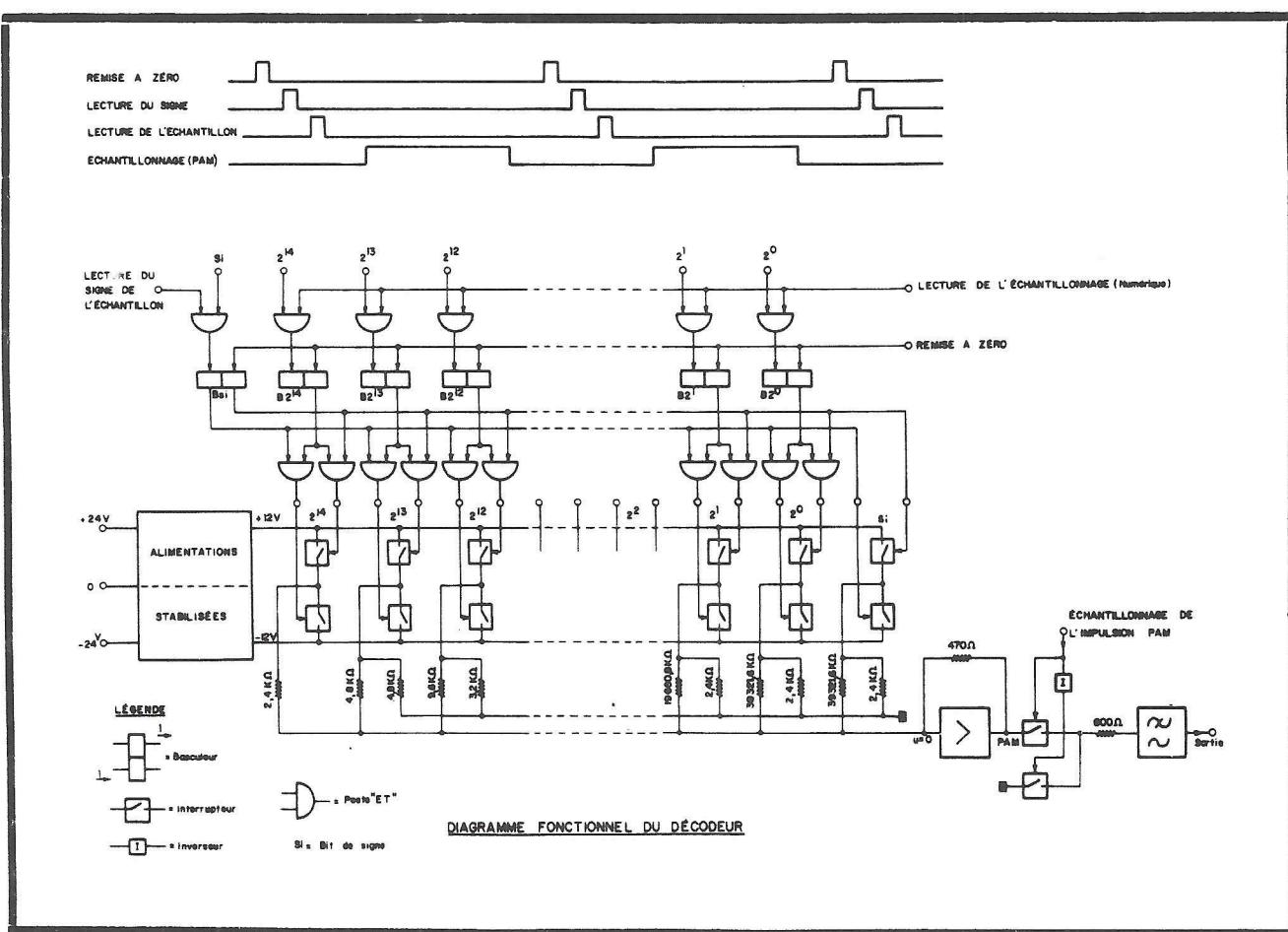
II — b: L'étude a pour objet les structures fondamentales de la vision par analogie aux structures fondamentales de la musique. Mise en relief des correspondances.

1 — Etudes théoriques analogues à celles de la musique (I.II) (mises en correspondances, équivalences).

en correspondances, équivalences).

2 — Équipement expérimental
(dispositifs électroniques spéciaux, moyens visuels d'entrée et de sortie des ordinateurs, etc.)

(1967)



V DESCRIPTION DU DISPOSITIF D'ECOUTE DE MUSIQUE SYNTHETISEE PAR CALCULATEUR ELECTRONIQUE

PRINCIPE DU DISPOSITIF

Les informations sonores, élaborées à l'aide d'un calculateur sont fournies sous forme d'échantillons numériques à 16 et enregistrées par bloc de 4096 octets sur bande magnétique (2048 échantillons).

Les informations numériques de la bande sont lues bloc après bloc au rythme de l'unité de bande magnétique pour être stockées momentanément dans un mémoire tampon de 4096 octets de capacité.

Les échantillons sont extraits de la mémoire tampon à une fréquence bien définie provenant d'une «horloge» de grande stabilité pour alimenter le décodeur chargé de restituer le signal analogique.

La mémoire tampon est chargée bloc après bloc par l'unité de commande de bande magnétique simultanément à lecture des échantillons. L'arrêt-marche de l'unité de bande magnétique est déterminé en fonction des niveaux de «remplissage» et de «débordement» de la mémoire tampon.

CARACTERISTIQUES GENERALES

Unité de bande magnétique

L'unité de bande magnétique est le dérouleur Ampex TM16 291-2 à 9 pistes, comprenant la platine de défilement et ses asservissements, les alimentations et uniquement les circuits de lecture (pas de possibilité d'écriture).

Vitesse de défilement: 150 pouces par seconde.

Densité d'enregistrement: 800 octets par pouce.

Débit par bloc: 120 000 octets/s.

Procédé de codage: NRZI (non return to zero IBM)

Le TM16 291-2 pourra être transformé en 1600 octets par pouce, et probablement équipé en bi-densité par la société Ampex dans 1 an environ*.

Le débit par bloc sera alors de 240 000 octets/s.

Le procédé de codage sera «NRZI et phase encoding (PE)».

Mémoire tampon

La mémoire tampon est une mémoire à tores de ferrite Ampex type RF-5. Les caractéristiques sont les suivantes:

Capacité: 4096 octets

— temps de cycle: 1400 ns (cycle complet)
 800 ns (demi cycle)

— temps d'accès en lecture: 400 ns

La mémoire sera utilisée en mode «écriture seule» et «lecture seule».

Horloge et Fréquences d'échantillonnage

— Les circuits d'horloge sont étudiés pour utiliser l'unité de bande magnétique Ampex TM16 291-2 à 800 et 1600 octets par pouce.

Les blocs sur la bande étant le 4096 octets et les intervalles entre blocs étant de 0,6 pouce, le débit maximal après «lissage» dans la mémoire tampon sera de:

— 110 000 octets/s pour des bandes à 800 octets par pouce à 150 pouces/s.

198 000 octets/s pour des bandes à 1600 octets par pouce à 150 pouces/s.

Pour chaque densité (800 ou 1600 octets/s) les fréquences d'horloge et d'échantillonnage qui ont été choisies, ainsi que les bandes des signaux restitués à la sortie du décodeur sont les suivantes:

a) 800 octets par pouce à 150 pouces/seconde.

Fréquence d'horloge (kHz)	104	78	52	26
---------------------------	-----	----	----	----

Fréquence d'échantillonnage (kHz)	52	39	26	13
-----------------------------------	----	----	----	----

Bande des signaux restitués (kHz)	26	19,5	13	6,5
-----------------------------------	----	------	----	-----

L'oscillateur pilote est à la fréquence de 1248 kHz.

b) 1600 octets par pouce à 150 pouces/seconde.

Fréquence d'horloge (kHz)	188	141	94	47
Fréquence d'échantillonnage (kHz)	94	70,5	47	23,5
Bande des signaux restitués (kHz)	47	35,24	23,5	11,75

L'oscillateur pilote est à la fréquence de 2256 kHz.

Le dispositif pourra donc être piloté par l'une ou l'autre de ces deux fréquences pour fonctionner avec l'unité de bande magnétique Ampex TM16 2191-2 équipée en bi-densité.

Les fréquences d'horloge seront commutables par boutons poussoirs. Cependant, le dispositif pourra fonctionner éventuellement avec l'unité de bande magnétique IBM 2420. Dans ce cas les fréquences d'horloge, d'échantillonnage et les bandes des signaux restitués par le décodeur seront:

Fréquence d'horloge (kHz)	248	186	124	62
Fréquence d'échantillonnage (kHz)	124	93	62	31
Bande des signaux restitués (kHz)	62	46,5	31	15,5

La fréquence de l'oscillateur pilote devra être à 2976 kHz.

Dans ce cas un nouvel interface entre l'unité IBM 2420 et le dispositif devra être réalisé.

Décodeur

Le schéma de la figure 1 représente le décodeur et ses alimentations. Tous les circuits sont étudiés, et l'ensemble du décodeur est en cours de réalisation.

Un générateur d'échantillons va être étudié pour vérifier son fonctionnement et effectuer des mesures de bruit de quantification.

Le niveau du signal analogique à la sortie du décodeur, après filtrage sera de l'ordre de 1 V^o f sur 600

Filtrage

Pour les premiers essais, un seul filtre a été prévu.

La fréquence de coupure de ce filtre est de 19,5 kHz ce qui correspond à la fréquence d'échantillonnage de 30 kHz. Son gabarit est donné figure 2.

Des essais pourront être effectués sans filtre à la fréquence d'échantillonnage de 52 kHz.

Format du signal numérique sur la bande magnétique

Le signal numérique sera enregistré par blocs de 4096 octets. Le mot de code de chaque échantillon devra être en code binaire symétrique, c'est à dire que le premier élément binaire (eb) représentera le signe du signal, les autres eb, la valeur absolue du signal.

Les octets de rang impair devront représenter l'eb de signe, et les 7 eb suivants les poids relatifs 2^1 à 2^6 : les octets de rang pair devront représenter les poids relatifs 2^0 à 2^5 .

Les poids des eb sur les pistes devront nécessairement être les suivants:

signe et 2^7 , 2^1 et 2^6 , 2^{13} et 2^5 , 2^{12} et 2^4 , 2^{11} et 2^3 , 2^{10} et 2^2 , 2^9 et 2^1 , 2^8 et 2^0 .

Les blocs ne seront jamais précédés de préambule. Seuls les deux octets de contrôle après chaque bloc pourront être maintenus.

Bandes magnétiques pour essais

Plusieurs bandes magnétiques seront nécessaires pour effectuer les essais.

La première pourrait contenir une onde sinusoïdale à 1000 Hz d'amplitude crête à crête égale à toute la dynamique du décodeur.

Pour les autres bandes, les caractéristiques des signaux à enregistrer seront à préciser ultérieurement.

(Centre National d'Études de Télécommunications — Groupement Informatique et Transmission de Données)

* Le coût de cette transformation pourrait être de l'ordre de 50 000 F TTC.