

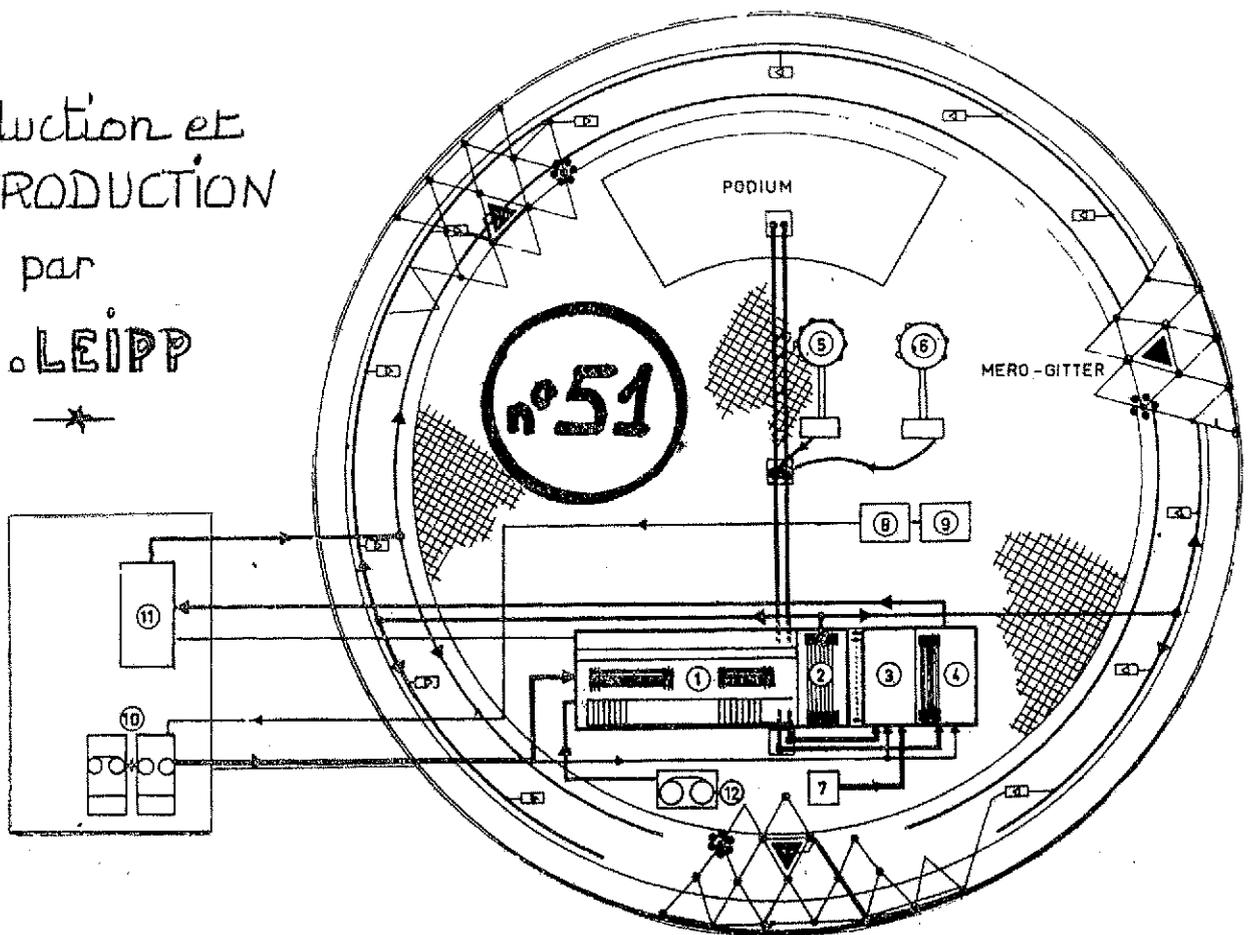
F. WINCKEL

ARCHITECTURE et
MUSIQUE SPATIALE

Traduction et
INTRODUCTION

par

E. LEIPP



GAM

BULLETIN DU GROUPE d'ACOUSTIQUE MUSICALE
FACULTÉ DES SCIENCES - PLACE JUSSIEU - TOUR 66 - PARIS 5'

GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE

Laboratoire d'Acoustique

Faculté des Sciences

Place Jussieu Tour N°66

5° étage

BULLETIN N° 51Adresse postale :
9 Quai Saint Bernard

Réunion du Vendredi 20 Novembre 1970

Thème : ARCHITECTURE ET MUSIQUE SPATIALE avec Fritz WINCKEL

M. le Doyen GAUTHIER, pris par ses obligations, n'a pu assister à notre séance,

Etaient présents :M. le Professeur SIESTRUNCK Président
M. LEIPP Secrétaire général; Melle CASTELLENGO, SecrétairePuis, par ordre d'arrivée :

M. RISSET (Compositeur numérique agrégé de physique); M. Fritz WINCKEL, Professeur à l'Université Technique de Berlin; Melle CASTELLENGO (assistante au Laboratoire); M. J.S. LIENARD (Ingénieur Arts et Métiers); MM. BARBAT, LOOS et MAGAIN (Laboratoire d'Acoustique de l'I.C.E.T, Bruxelles-Rixensart); M. GILOTAUX (Directeur technique Pathé Marconi); M. CEODEN (Musicien modulateur à la RTB, professeur à l'Institut National Supérieur des Arts et Spectacles : INSA, Bruxelles); M. Akira TAMBA (compositeur, CNRS); M. J. DEWEVRE (conseiller-rédacteur technique en électro-acoustique); M. ROMER Musicologue à ZURICH; M. LELOU (Musicien Modulateur RTB); M. FRANCOIS (Laboratoire d'Acoustique de l'EDF); M. F. FORET (Compositeur); M. NISSIM (Ingénieur ENSM); M. J.L. VAL (Maitre assistant Faculté des Sciences de Paris); Melle D. FIVIZE; M. ZIEGLER (Secrétaire général CISAC); M. TOURTE (Professeur honoraire de batterie au Conservatoire); M. CHENAUD (Président de l'AFARP); M. BATAISSIER (Secrétaire général au SIERE); M. TESTEMALE (Assistant en Informatique); M. EVARTS (Commission Internationale de la Musique UNESCO); Mme et M. SCHLUMBERGER; M. J.J. BERNARD (Professeur à la Faculté des Sciences de Paris); Mme CHARNASSE (Musique-informatique CNRS); M. NELVA PASQUA (ENSBA); M. PSALMON (St GOBAIN, division Isolation France); M. CRUBILLE (St GOBAIN, division Isolation France); M. GIRY (acoustique du Théâtre de la Ville de Paris); Mme ROMER (ZURICH); Melle TEES (ZURICH); Mme Colette HERZOG (Opéra); Melle GRANCHE (orthophoniste); Melle Monique PAILLE (Professeur de musique d'Etat); M. Du FRESNE; Melle DINVILLE (Orthophoniste); Mme KRILL-CAPELLO; M. GUILBERT; M. J. BORIS (Architecte); Dr KADRI (Orthophoniste); M. John WRIGHT (musicien, musicologue); M. TRAN QUANG HAI (Etnomusicologue, Musée de l'Homme); Mme M.J. CHAUVIN (rédactrice musicale); M. J.J. DUPARCQ (Directeur Revue Musicale, Paris); Mme BOREL MAISONNY (orthophoniste); M. K. NAGLER (Preneur de son, DETMOLD, Allemagne); M. BRAURE (Informaticien); M. René SIESTRUNCK (Etudiant Lettres); M. OUNA (Traducteur musical).

Excusés : M. Charles MAILLOT (Lyon); M. BLONDELET (Ets Buffet Crampon); M. P. LANGEVIN; Dr. PERROT; M. TALAMON; Dr DORGEUILLE; M. R. LEHMANN; M. CONDAMINES, Mme SOLA; Melle COURTIN; Dominique CHAILLEY; M. Cosme SERGENT; M. COSTERE; M. GOLEA; M. ISOIR; M. RENAUD; M. OBERDOERFER; M. FAYEULLE; M. MOLES; M. P. LEHMANN.

PERIODIQUE : 6 numéros annuels

Prix de vente : service gratuit

Imprimeur : Laboratoire de Mécanique Physique de la Faculté des Sciences

Nom du Directeur : M. le Professeur R. SIESTRUNCK.

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

ARCHITECTURE ET MUSIQUE SPATIALE

avec le Prof. Dr. Ing. Fritz WINCKEL
de l'Université Technique de BERLIN

PRESENTATION DE F. WINCKEL par M. le Prof. SIESTRUNCK

Beaucoup d'entre vous connaissent déjà Fritz WINCKEL, Professeur à l'Université Technique de BERLIN, et certains se rappellent certainement la réunion du GAM où il nous a exposé ses idées et travaux sur l'acoustique des salles, en mars 1965 (Bulletin GAM N° 11 : Influence de l'acoustique des salles sur l'évolution du style musical).

L'acoustique des salles a été, pour Fritz WINCKEL une préoccupation constante depuis de nombreuses années. Avant notre réunion GAM, en 1965, il avait eu l'occasion d'accompagner un orchestre lors d'une tournée aux USA, et d'étudier ainsi le rôle des différentes salles avec le même orchestre.

Fritz WINCKEL, est aussi spécialiste en acoustique musicale, et ses deux principaux ouvrages sont bien connus :

- " Klangwelt unter der Lupe " Max Hesse 1952,
traduit en français chez DUNOD (par MOLES) sous le titre de :
" Vues nouvelles sur le monde des sons ", puis en anglais et en polonais.

- " Experimentelle Musik ", qui vient de sortir avec la collaboration de divers autres chercheurs. C'est un des rares ouvrages sur ces questions, et qui apporte entre autres des renseignements sur les musiques expérimentales en Allemagne, et tout spécialement à l'Université Technique de Berlin où Fritz WINCKEL travaille en collaboration avec Boris BLACHER. Ce compositeur expérimental a réalisé de nombreuses œuvres de musique spatiale, en particulier la célèbre " Notlandung " donnée à l'Opéra de HAMBOURG, il y a plusieurs années déjà.

Fritz WINCKEL était donc particulièrement bien placé pour étudier le délicat problème de l'installation électro-acoustique destinée au pavillon Allemand de l'Exposition Universelle d'OSAKA, cet été.

Délicat, en effet, car ce pavillon de 30 mètres de diamètre, était de forme sphérique. La surface intérieure était garnie de 650 haut-parleurs, pilotés à loisir soit par un programme automatique, soit à partir d'une boule sur laquelle des boutons permettaient d'envoyer aux divers groupes de haut-parleurs les séquences musicales venant de 8 pistes. On pouvait donc moduler le champ acoustique à volonté. D'autre part des lumières disposées partout pouvaient être commandées de même, et simultanément, par une autre "boule de commande".

Fritz WINCKEL va nous parler de toutes les difficultés qu'il a rencontrées. Mais je crois que M. LEIPP voudrait nous dire quelques mots au préalable.

INTRODUCTION

par E. LEIPP

Le thème de notre réunion ce soir est l'acoustique des salles pour musiques expérimentales, et plus spécialement pour musiques spatiales. Je remercie très vivement Fritz WINCKEL, un des rares spécialistes en ce domaine, de nous apporter des informations fraîches et de première main. C'est lui, en effet, qui fut chargé d'étudier toute la "sonorisation" du Pavillon Allemand de l'Exposition d'OSAKA : nous serons donc bien documentés..

Les musiciens savent bien que la salle est un paramètre important pour la qualité de la musique que l'on y joue. Selon le cas, le même orchestre, le même soliste, le même instrument vont nous sembler merveilleux, ou, inversement : ordinaires, plats, secs, maigres, sourds, etc... Les instrumentistes et chefs d'orchestre savent bien que la salle les trahit bien souvent, ou les gêne parfois de façon considérable. Un artiste qui ne "s'entend pas" ne peut régler son jeu ou son chant, et dès lors il n'est pas à l'aise et joue mal. La salle est en fait un "prolongement", une véritable "partie" de l'instrument de musique, ce que nous avons eu l'occasion de vérifier objectivement de nombreuses fois déjà.

Les fabricants d'instruments qui désirent ne pas décevoir leurs clients savent bien que si le local d'essai est trop petit, trop assourdi, les instruments sonnent mal. On pourrait citer des luthiers comme Vuillaume, qui firent fortune parce qu'ils avaient bien compris cela ! Des facteurs d'orgue aussi. On raconte qu'André SILBERMANN, avant d'accepter la construction d'un instrument et pour ne pas compromettre sa réputation, se promenait dans l'église considérée, frappant le sol de sa canne. A n'en pas douter, cette opération lui permettait d'obtenir des informations intéressantes sur l'acoustique de la salle. Il savait bien que, dans une mauvaise église, on ne peut faire un bon orgue. Il savait bien qu'un orgue de salon sonne nécessairement trop "sec" et désagréablement. De telles observations empiriques sont largement justifiées; on peut le montrer depuis que l'on dispose de moyens d'analyse adéquats de la musique (sonographe). Les expériences que nous avons faites sont très démonstratives de ce point de vue : la salle modifie non seulement l'"enveloppe" des sons, due à la réverbération, mais aussi l'intensité relative des composantes des sons.

La salle modifie donc le timbre, mais aussi, et de façon très importante, les transitoires d'attaque, qui deviennent plus ou moins flous, et les transitoires d'extinction, dont le rôle est déterminant sur la qualité de la musique.

Bref, la salle joue un rôle capital dans la mesure où elle change plus ou moins la forme des sons, cette forme globale déterminant directement leur qualité. Il n'est donc pas étonnant que les praticiens du son se soient souciés de l'acoustique des salles dès l'Antiquité ! On n'avait alors d'autre moyen que l'oreille pour tester une salle. L'oreille est un instrument merveilleux, mais elle n'est pas adaptée pour faire des mesures ou analyser des spectres. Elle est faite pour apprendre des "formes" acoustiques, les stocker, les reconnaître, les combiner, toutes opérations pour lesquelles des mesures sont, en fait, bien inutiles ! La possibilité de faire des mesures ou d'obtenir des documents "photographiques" objectifs des caractéristiques acoustiques d'une salle n'en reste pas moins précieuse pour étudier l'acoustique des salles, et le sonographe est tout à fait précieux pour étudier les déformations des sons dans une salle. Rappelons à ce sujet que le sonographe permet d'obtenir trois documents différents décrivant le son de façon exhaustive : le relevé de niveau, le sonogramme et les spectres.

Le relevé de niveau est la courbe qui indique de quelle manière un son s'éteint dans une salle. On tire par exemple un coup de pistolet et on enregistre ce qui se passe. On appelle alors durée de réverbération, le temps qu'il faut pour que le niveau du son diminue de 60 décibels. Cette durée peut donc être mesurée directement sur l'enregistrement de niveau. Elle peut aussi être calculée par la célèbre formule de SABINE, qui nous apprend que la durée de réverbération (T) est proportionnelle au volume (V) de la salle et inversement

proportionnelle à la surface (S) et au coefficient d'absorption (a). Ce dernier dépend des matériaux du revêtement interne de la salle. On a donc

$$T = 0,16 \quad V/S.a$$

Cette formule simplifiée a été "améliorée" de diverses façons. Il faut cependant bien préciser que la durée de réverbération n'est qu'une des très nombreuses variables qui conditionnent la qualité musicale d'une salle. Elle ne rend compte, en particulier, ni de l'aspect temporo-spectral de l'établissement et de l'extinction du son, ni des formants (de la "couleur" de la salle). Deux salles peuvent avoir exactement la même durée de réverbération, alors que les musiciens et auditeurs les trouveront totalement différentes du point de vue qualité.

Le sonagramme proprement dit, par contre, permet d'apprécier ces dernières qualités et de les définir de façon objective. Si par hasard le spectre précis en dB/Hz était intéressant, en tel ou tel point, le sonographe permet aussi de l'obtenir, on peut toujours sans difficultés. On notera cependant le peu d'intérêt d'un "spectre" classique en musique : en effet, les phénomènes acoustiques, en parole, musique ou bruit, sont des phénomènes évolutifs dans le temps. Le spectre change donc à chaque instant et c'est surtout son évolution qui importe du point de vue information perceptive.

On se rappellera, d'autre part, qu'il est possible de fabriquer, à l'aide de procédés électro-acoustiques une "réverbération artificielle". L'opération consiste à capter le signal émis dans une salle trop "sèche", à le "traiter" pour le prolonger plus ou moins systématiquement et simuler ainsi la réverbération réelle. Il va de soi que cette "réverbération artificielle" n'est qu'une simulation assez imparfaite; elle donne cependant un effet intéressant surtout quand on ne peut procéder autrement. L'expérience montre qu'entre un enregistrement de musique réalisé en salle très sèche (durée de réverbération inférieure à 1 seconde par exemple) et le même traité avec réverbération artificielle, l'auditeur moyen préfère statistiquement la réverbération artificielle. Peut-être la réverbération "naturelle" n'a-t-elle d'importance que pour ceux qui sont habitués à entendre la musique dans des salles réelles de grandes dimensions; il s'agit d'un jugement esthétique où notre conditionnement joue sans doute un rôle important.

Quoiqu'il en soit, l'acoustique des salles est restée une science empirique jusqu'à une date très récente. Les disputes entre GARNIER et Lachez lors de la construction de l'OPERA de PARIS sont célèbres... GARNIER se défiait de la "science acoustique" de son époque. Nous savons maintenant que c'était à juste titre. Certains pensaient alors qu'il s'agissait d'un problème de géométrie simple. Bien longtemps après, beaucoup pensaient encore que l'acoustique des salles était une question peu compliquée. Nous n'en voudrions comme preuve qu'un article paru dans SCIENCE ET VIE en Juin 1934 sous le titre "Peut-on réaliser scientifiquement une bonne acoustique dans les salles de spectacle" par André CHARMEIL, Ancien élève de Polytechnique, et où il est dit textuellement :

" Depuis une quinzaine d'années, la technique de la construction des salles de spectacle (théâtres, cinémas, conférences, concerts) a subi de profondes modifications... Toutefois, grâce aux progrès réalisés récemment dans la science de l'acoustique architecturale, on peut dès maintenant, arriver à construire - à coup sûr - des salles donnant entière satisfaction à ce sujet ... "

Il s'en faut, et de beaucoup, qu'en 1970 on soit encore aussi optimiste ! Construire une salle qui satisfait à la formule de SABINE est "scientifiquement" possible; mais affirmer que la salle sera considérée comme bonne par l'usage est une autre affaire ! Pour réaliser scientifiquement une bonne acoustique, il faudrait d'abord connaître les données en présence. Elles sont nombreuses entre la structure physique des signaux que l'on se propose de rayonner dans la salle, les dispositions géométriques et acoustiques de la salle elle-même et les propriétés du récepteur humain. On se trouve devant une combinaison comportant au moins une cinquantaine de variables qui interfèrent les unes avec les autres. L'ordinateur même, que l'on a tenté d'utiliser récemment (SCHROEDER) n'apportera de réponse que dans la mesure où on pourra lui mettre en mémoire toutes les données qu'on est loin de posséder actuellement. Aussi les "bonnes" salles dans la mesure où il s'agit de salles pour un grand public, restent-elles largement le fruit du hasard et de

l'expérience empirique du constructeur habile, qui prévoit d'ailleurs généralement des moyens de correction et de réglage assez larges lors de l'établissement des plans... De toutes façons, il ne peut être question de construire de salle "universellement bonne", car la qualité d'un contenant dépend bien évidemment de celle du contenu : il ne peut exister d'emballage universel ! L'expérience montre en tout cas qu'il faut abandonner l'idée et l'espoir de réaliser une bonne salle à partir de données géométriques ou acoustiques simplistes. De ce point de vue nous pensons qu'on a été bien inspiré de donner à construire l'OPERA DE PARIS à GARNIER. Celui-ci avait visité au préalable toutes les salles existantes en Europe à l'époque et questionné tout le monde lors de ses voyages, alors que LACHEZ - son traité le montre bien - pensait l'acoustique des salles à partir de données géométriques très théoriques, et dont nous savons maintenant combien il faut se défier.

Encore GARNIER et LACHEZ avaient-ils à traiter un problème précis et relativement simple ; une scène où sera placée la source sonore (avec possibilité pour celle-ci, en choisissant bien son emplacement, de "corriger" les défauts éventuels de la salle) et des places bien définies pour les auditeurs. Or ce problème, malgré les dires de CHARMEIL, est loin d'être résolu en 1970... Personne ne peut sérieusement affirmer être à même de construire une salle de bonne qualité à partir de formules mathématiques ou technologiques précises. A fortiori ne peut-il être question de trancher "scientifiquement" l'acoustique de salles pour musiques expérimentales ou spectacles d'avant garde, où l'acteur se déplace dans la salle, où l'auditeur-spectateur monte sur la scène, où la source et le récepteur humain changent continuellement de place et d'orientation. La plupart des salles destinées à ce genre de manifestations sont construites à partir d'idées esthétiques ou pratiques très incertaines quant à la qualité acoustique et émises souvent par des personnes n'ayant aucune information sérieuse sur les problèmes d'acoustique en général et encore moins d'acoustique des salles. Ces "idées" sont souvent fournies par des musiciens ou des poètes. Nous savons à quel point il faut être attentif à ce que disent et pensent les artistes, et lorsqu'il est possible de matérialiser, de les réaliser, on peut faire généralement d'intéressantes "expériences pour voir", qui ne portent pas à conséquence lorsqu'on sait d'avance que la construction ne sera que très provisoire. C'est le cas, en général, des expositions internationales. C'était le cas à OSAKA, pour le pavillon Allemand, destiné aux musiques spatiales, et dont Fritz WINCKEL va nous parler en connaissance de cause, puisqu'il a été chargé de faire l'étude des installations électro-acoustiques de ce pavillon, et qu'en collaboration avec le compositeur Boris BLACHER il a présenté une oeuvre de musique spatiale spécialement étudiée et écrite pour cette "salle de musique" particulière .

Résumons l'essentiel. STOCKHAUSEN avait un jour émis l'idée de faire de la musique dans une sphère, idée assez saugrenue. Mais pourquoi ne pas essayer si l'occasion s'en présente ! La sphère n'est peut être pas la meilleure salle de musique du monde... mais on saura au moins ce qui se passe acoustiquement dans une telle salle et on pourra en tirer toutes sortes de conclusions intéressantes, les négatives étant souvent d'importance égale aux positives

La salle était une sphère de 30 m de diamètre. Elle était destinée à faire de la musique spatiale éventuellement en "live", c'est-à-dire avec la collaboration de musiciens traditionnels jouant d'un instrument.

Dans cette sphère, l'auditeur sera, tout comme dans une salle de concert ordinaire, assis en un point déterminé. Les sources seront fixes; plus exactement on disposera sur la paroi interne de la sphère 650 haut-parleurs, répartis sur des baffles triangulaires dont chacun regroupe des haut-parleurs aigus, médium et graves. Deux "ensembles" de 4 haut-parleurs très graves (ne passant que ce qui est en dessous de 300 Hz) sont disposés sous les auditeurs, le "plancher" étant percé de trous qui laissent passer les sons.

Ces 650 haut-parleurs sont groupés en 50 combinaisons que l'on peut exciter de façon autonome, grâce à un "programme" préétabli, ou bien, si on le désire, en agissant sur une petite sphère comportant des touches (sensor). Lorsqu'on appuie sur une touche, on met en action tel groupe de 50 haut-parleurs. Une deuxième boule similaire permet de commander 35 "luminaires" d'ampoules électriques répartis sur l'intérieur de la sphère.

Si l'on excite successivement et graduellement divers groupes de haut-parleurs disposés tout autour de l'auditeur, on peut produire aisément des sensations de déplacement

fictif de la source sonore ou encore, à volonté, réaliser une sorte de "contrepoint" acoustique, stéréophonique, ou stéréophonique-multiple. Bref, on peut maîtriser le champ sonore et faire de la MUSIQUE SPATIALE.

Du point de vue de l'acoustique des salles, tout cela ne va pas sans poser de sérieux problèmes.... dont Fritz WINCKEL va nous entretenir. L'idée des musiques spatiales n'est pas nouvelle. GABRIELLI et d'autres avaient fait d'intéressants essais il y a bien longtemps et Pierre SCHAEFFER a réalisé de tels effets en concrète il y a bien des années déjà. Ici, il s'agit d'une expérience d'envergure. Ce n'est pas le moment de faire le procès de ce type particulier de musique; on l'aime où on ne l'aime pas. Ce qui nous importe c'est d'être informé des choses qui se font et des problèmes qui se posent, et cela par ceux qui savent de quoi ils parlent. De ce point de vue, nous avons la chance que Fritz WINCKEL ait accepté de nous apporter son expérience des salles pour musiques spatiales. Il a même accepté de nous apporter la bande de musique composée par Boris BLACHER pour OSAKA. Mais nous devons nous excuser tout de suite auprès de lui et aussi auprès des auditeurs du GAM : il sera bien impossible de recréer dans cette salle, où nous ne disposons que d'une installation stéréophonique à deux enceintes, les conditions auditives comparables à celles d'OSAKA... Nous sommes bien obligés de nous en contenter et de nous consoler en pensant qu'il vaut mieux avoir une mauvaise photographie de la réalité, pour s'en faire une idée, plutôt que rien du tout ...

Je m'excuse aussi auprès de Boris BLACHER que nous trahissons sûrement, et je passe la parole à Fritz WINCKEL.

ARCHITECTURE et MUSIQUE SPATIALE

par Prof. Dr. Ing. Fritz WINCKEL

Traduction : E. LEIPP

1°) INTRODUCTION : Notre époque a vu se lever maintes contradictions entre musique et architecture !

La salle de concert classique ne correspond plus aux impératifs de la musique d'avant-garde. C'est pourquoi on expérimente de nos jours souvent dans des foyers, des salles de pas perdus, des halls d'exposition et autres. Par ailleurs, des architectes conçoivent des projets fantastiques de salles qui devraient être adaptées aux bizarreries des oeuvres musicales faites à l'aide de bruitages et aux oeuvres de musique réalisées par voie électronique ou encore à l'aide de sons instrumentaux systématiquement distordus.

Il faut insister d'abord sur le fait que les extravagances architecturales sont très défavorables aux exécutions de musique instrumentale et aux concerts classiques. En particulier, l'homogénéité du champ acoustique est alors perdue et de telles salles ne sont plus "neutres" relativement à la qualité des sons et à l'expression musicale. De toutes façons, elles ne sont plus universelles dans ces conditions; or c'est souvent ce que l'on exige pour des raisons économiques. Les contraintes de l'architecture apparaissent clairement au chef d'orchestre, chaque fois qu'il ne réussit plus à régler la balance entre les divers groupes instrumentaux, et à faire dire à l'orchestre ce qu'il veut.

Dans les grandes salles, la musique de haut-parleurs, est régulée par le preneur de son à un niveau tel qu'elle "remplisse" les salles, même les plus mauvaises. Mais on sature ainsi le système auditif des auditeurs, et on ne joue guère, alors, sur la balance grave-aigu, les effets de "présence" etc...

La méconnaissance des problèmes d'acoustique des salles, en particulier chez les architectes, conduit à des réalisations mal adaptées à la musique, mais aussi à des conceptions erronées de la part des spécialistes des musiques expérimentales. On ne semble pas être conscient du fait que l'architecture de la salle contribue largement à la qualité de la musique, et en détermine souvent le succès ou l'échec. On connaît de ce point de vue deux exemples de salles de même volume et de même capacité : le Musikvereinssaal et le Konzerthaus de Vienne. On se rend aisément compte des défauts de ces salles en écoutant des enregistrements sur bandes qui n'ont pas été préalablement corrigés à la prise de son.

Il est donc important de chercher à définir les paramètres d'une salle et d'en préciser les influences perceptives lors d'un spectacle, tant en ce qui concerne la vision que l'acoustique. Cela devrait permettre d'éviter les erreurs dans l'art d'agencer une salle du point de vue architectural pour obtenir de bons résultats auditifs et visuels.

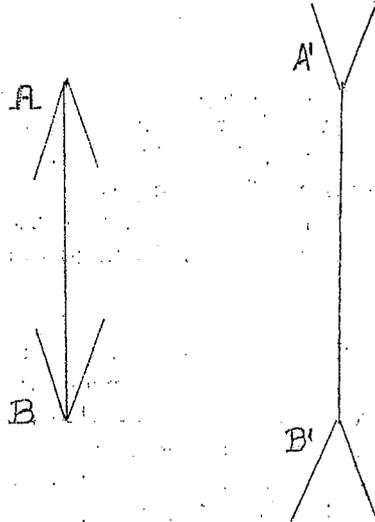
La sensation spatiale en optique

Pour l'architecte, la disposition spatiale est un problème de vision surtout. Une salle considérée comme "objet", est délimitée par des cloisons. La forme que l'on rencontre le plus souvent en architecture est le parallélépipède. La sensation spatiale qu'une telle salle provoque, dépend des proportions du parallélépipède, des surfaces et de leur articulation, du matériau, de la couleur et de l'éclairage. Les dispositions intérieures, de leur côté jouent notablement sur la sensation d'espace ainsi que les objets placés dans la salle. Avec un même volume intérieur, la sensation de volume peut, pour cela, être multipliée par 10 et plus, selon les cas !

...../

Contrairement à la manière baroque où les surfaces internes sont très tourmentées, l'époque moderne, cubiste, préconise des surfaces lisses, réfléchissantes - pour la lumière comme pour le son - et que l'on peut désigner sous le vocable d'"anti-acoustiques". Cette façon de faire peut se justifier du point de vue architectural, mais elle est inadéquate pour réaliser des salles de concert.

Passons à un problème particulier : celui des illusions de nos sens. Tout le monde le sait, comment on peut provoquer systématiquement des illusions optiques. On utilise pour cela des déformations de perspective, des combinaisons de hachures etc... Voici des exemples bien connus donnés par Müller-Lyer (1889) (fig.1)



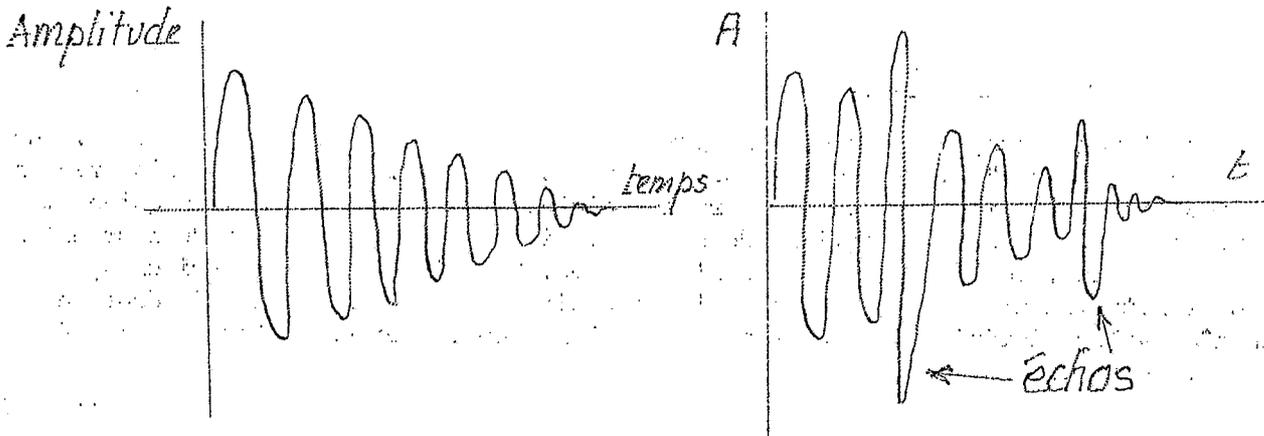
AB paraît plus petit que A'B' c'est une illusion d'optique bien connue. Si AB représente une arête de mur, la sensation de grandeur du local n'est pas la même que dans le cas A'B' et cette sensation réagit sur l'audition.

On peut aisément imaginer des effets similaires de lignes dans une salle : dans ces conditions on se trompe dans l'appréciation du volume réel de la salle. Le volume apparent relatif d'effets psychologiques qu'il faut étudier. Les mesures objectives en cm, cm² et cm³ sont d'importance secondaire.

Sensation spatiale dérivée de la perception acoustique.

L'espace peut être apprécié par l'oreille. Lorsqu'un aveugle parcourt une salle, il en juge les dimensions d'après le bruit de ses pas, la réverbération de la parole, et aussi d'après le bruit de fond. Comment cela se fait-il ?

Lorsqu'on tire un coup de pistolet dans une salle, le son se propage dans toutes les directions, se réfléchit sur des murs plus ou moins éloignés, puis atteint l'oreille d'un auditeur placé en un point donné. Celui-ci perçoit en fait des séries successives d'impulsions acoustiques, mais qui se fondent les unes dans les autres en un signal quasi continu dont la forme dépend bien entendu des caractéristiques de la salle : état des surfaces, distances entre les murs, nature des matériaux (absorption) - (fig.2).



Quand les proportions de la salle sont mal conçues, au lieu d'un son unique, on en perçoit deux : c'est le phénomène de l'écho. La forme des sons perçus par le système nerveux de l'auditeur, tout comme en vision, véhicule donc l'information sur les dimensions de la salle, fut-ce au prix de certaines erreurs dues aux illusions acoustiques. Le son gagne donc en caractère, en volume, en brillance selon les dispositions de la salle. On observe d'ailleurs des effets semblables lorsqu'on modifie la lumière sur une scène.

A l'intérieur d'une cathédrale, le son argentin de la clochette produit un effet acoustique particulier pendant la messe : il induit à une concentration intérieure lors de la prière, en déterminant des effets psychologiques de réduction du volume de l'église. Les sons puissants de la cloche, rayonnant leur message dans l'espace produisent un effet inverse. Il existe à cela une explication acoustique objective. Les sons graves "remplissent" bien les grandes salles à longue durée de réverbération, mais les sons aigus, très directionnels, sont absorbés par les cloisons : ils ne sont donc perçus que directement.

D'une façon très générale, l'architecte ne se préoccupe guère de l'effet de sensation de volume ou le sous-estime. Citons par exemple le célèbre Giedion : "La région où l'imagination spatiale peut évoluer sans contrainte, est l'espace au-dessus des têtes, celui qui n'est pas à portée des mains. Ici l'esprit ne subit plus aucune contrainte.

De tels arguments montrent une totale méconnaissance des lois de l'acoustique des salles.

Quels sont donc les critères qui déterminent la qualité d'une salle ?

Ce sont le volume, la géométrie de la salle, les proportions dans les trois directions principales, l'articulation des surfaces entre elles, le matériau et les reliefs décoratifs. On ne peut omettre le mur du fond, susceptible d'absorber plus ou moins fortement les fréquences graves, moyennes ou aiguës, ce qui rend les images acoustiques perçues dans la salle, claires, sombres, sonores, étouffées, précises ou floues. Les dispositions internes dans la salle jouent de même un rôle considérable : le public en particulier est très absorbant. Finalement, les caractéristiques structurales de l'intérieur du bâtiment réagissent sur la durée de réverbération, qui varie avec la fréquence, et sur l'allure de la décroissance temporelle du son, qui dépend de la diffusion de l'énergie acoustique. Tous ces paramètres sont mesurables et déterminent la compréhensibilité de la parole, la netteté ou le degré de flou de la musique, la qualité des "basses", la légèreté et la finesse des sons, la qualité des chœurs etc....

La communication de messages, but ultime de la salle

La salle est destinée à la communication de messages musicaux et audio-visuels. Elle doit permettre à un haut degré, la communication entre artiste et public, le contact entre ces deux partenaires. Les groupes d'avant garde préconisent même le mélange des auditeurs et des acteurs en une seule communauté. Le spectacle classique ne serait plus digne que du musée : l'information y est à sens unique et ne provoque pas de réactions en feedback.

Bien différente est la tentative actuelle de réaliser une communication véritable entre les deux partenaires. On cherche ici à dépasser les relations classiques par exemple entre le sacré et le profane à l'église, entre la scène et le public au théâtre. Ce ne sera plus la "visionneuse" traditionnelle, séparée de l'auditoire par des dispositions architecturales, la fosse d'orchestre de l'Opéra jouant ici le rôle de cloison de séparation. On ne peut plus concevoir actuellement de communication unilatérale : l'enseignement et la morale d'un côté, l'auditoire passif de l'autre. Il n'est plus possible de perpétuer ces habitudes traditionnelles en raison de l'intellectualisation croissante des masses et de leur accès à la culture. En fait, toute l'humanité devient mobile, fluctuante, et on va désormais mettre en contact les groupes humains afin qu'ils échangent leurs informations. Ceci implique nécessairement une réorganisation de l'espace des lieux de spectacle. Notre époque ressemble de ce point de vue à la Renaissance : on cherche à y renouveler toute chose.

⊗ c'est le "Guckkasten", en allemand.

...../

La Philharmonie de Berlin fut construite selon les données de Hans Scharoun. L'idée directrice était de "réunir les hommes en cercle". Cette salle pentagonale, est restée, après des années, un archétype universellement apprécié (fig.3). Dans cette salle, la concavité habituelle de la coupole traditionnelle, défavorable du point de la communication orale, est remplacée par la convexité du plafond en toile de tente, ce qui est bénéfique du point de vue acoustique. Grâce à la disposition de trois scènes surélevées différentes et à l'installation d'une chaîne audio-visuelle, répartie dans tout l'espace de la Philharmonie, on peut réaliser toutes les expériences possibles en son et en spectacle. Ainsi nous avons réparti divers groupes instrumentaux dans la salle (Bach, l'Offrande musicale - sur quatre scènes - ; Berlioz : Le Requiem avec 4 orchestres de cuivres; Berio : Allelujah II pour 5 groupes instrumentaux). Ce désir de placer l'auditeur dans le "bain sonore" se retrouve d'ailleurs en technique moderne de prise de son pour disques. En enregistrement stéréophonique on dispose, en effet, le microphone au milieu de l'orchestre. L'auditeur a ainsi la sensation de se trouver au milieu de l'évènement sonore.

Les exigences actuelles des dramaturges et de la liturgie ont conduit les architectes à la recherche de principes nouveaux, qui ont abouti à la construction des nombreux "théâtres en rond", comme ceux que l'on trouve aux U.S.A. en particulier, à la Philharmonie de Berlin (1963) ainsi qu'en de nombreuses petites églises chrétiennes construites pour diverses sectes américaines.

L'idée de réunir en un groupe homogène dans une salle de forme appropriée tous les membres d'une communauté n'est pas nouvelle. Elle a présidé déjà à la construction du Panthéon de Rome (125 après JC) avec sa coupole de 43 mètres de diamètre et à celle de la Hagia Sophia (537 après JC). En fait, pour ces rassemblements d'hommes on construisait deux types de bâtiments : la salle longue (basilique) et le bâtiment en rond (dôme, coupole) qui ont toujours existé dans l'histoire concurrentiellement, et furent l'objet de querelles permanentes entre les églises.

Coupole et Sphère.

Le désir de réaliser la salle idéale permettant à tous de communiquer les uns avec les autres avec le maximum de facilité, a conduit depuis longtemps à la conception des salles sphériques. On ne se souciait cependant guère d'acoustique alors ! Dès 1770 l'architecte français Ledoux avait imaginé une maison sphérique. L'idée fut reprise aux expositions universelles de Paris (1900), de Bruxelles (1958) et de Montréal (1967) où l'on put admirer la sphère géante en plexiglas du pavillon des U.S.A. (diamètre : 70 mètres) due à l'architecte Buckminster Fuller. C'est là un genre de construction que l'on peut réaliser de nos jours !

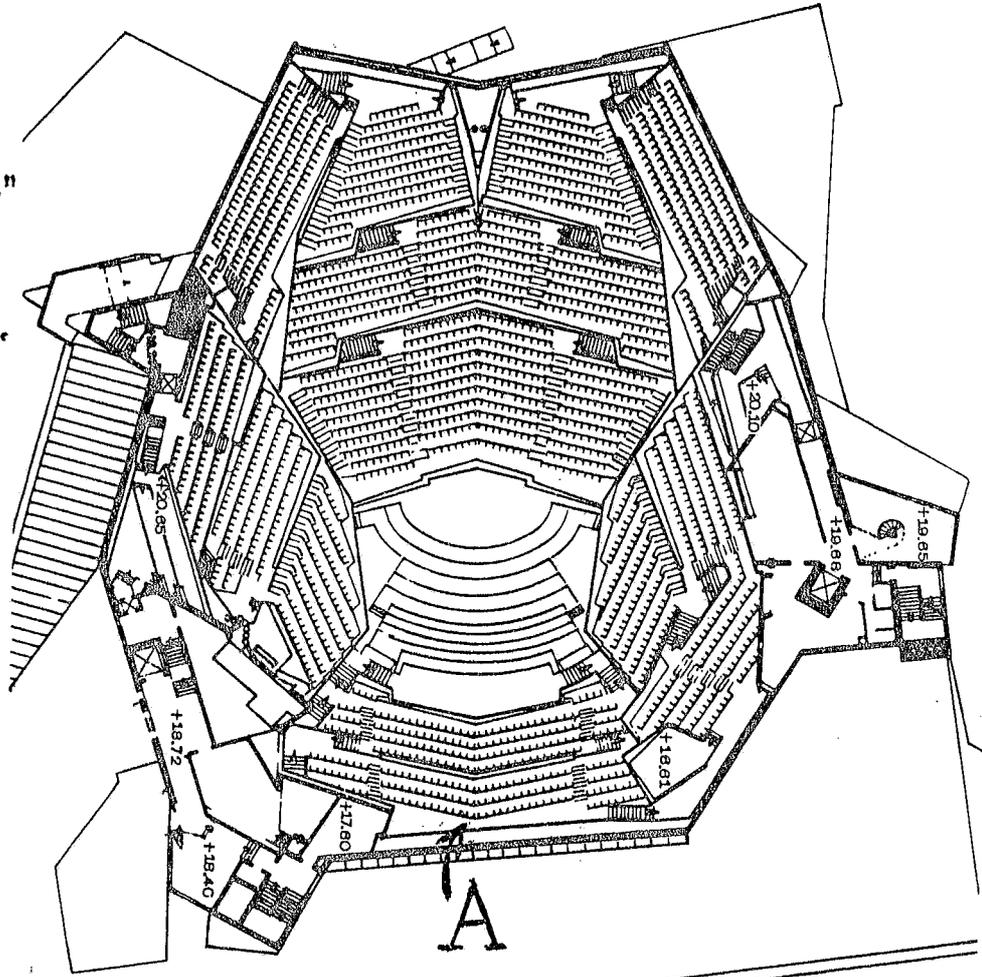
Dans les auditions de musique expérimentale électronique, un problème particulier se pose, car on cherche ici à distribuer des haut-parleurs partout. On n'est donc plus du tout lié à la forme traditionnelle des salles de concert, puisqu'aussi bien il n'existe plus de source unique, de scène, d'orchestre ou de solistes.

A l'occasion d'un congrès de musique électronique, pendant l'exposition de L'EXCELLES, Stockhausen émit l'idée suivante : " J'imaginerais volontiers une salle sphérique, garnie sur toute sa surface interne de haut-parleurs. Au milieu de cette sphère serait suspendu un plancher acoustiquement transparent pour y placer les auditeurs. Ceux-ci pourraient alors écouter une musique composée spécialement pour cette salle et qui viendrait d'en haut, d'en bas et de côté ".

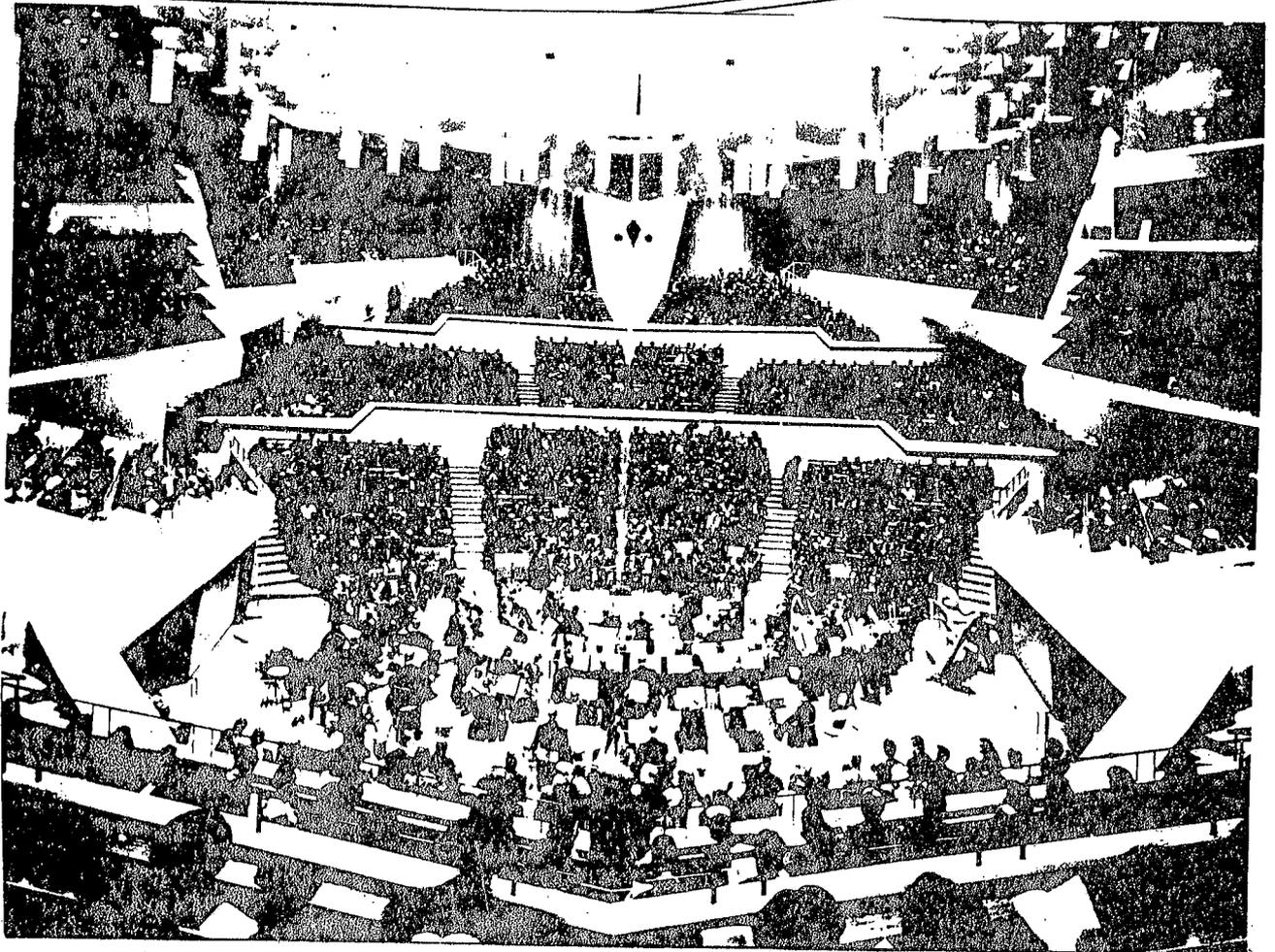
Cela, ne va pas sans poser de graves problèmes ! L'acousticien des salles sait bien, en effet, que les surfaces concaves sont à déconseiller, parce qu'elles déterminent des focalisations. L'audition est alors différente d'un point à l'autre de la salle. Si la source se trouve par exemple sur la paroi intérieure, le son, après réflexions multiples, se concentrera en un point diamétralement opposé. On vérifie ce phénomène par exemple dans la coupole de St Pierre de Rome. Lorsqu'un locuteur y parle en se tournant vers le mur, on l'entend parfaitement, mais seulement au point opposé. Cette "salle" n'est pas bonne partout pour l'intercommunication et l'idée d'amener le groupe acteur-spectateur

PLAN DE LA
PHILHARMONIE DE
BERLIN

C'est une "salle en rond"
de forme polygonale.
L'orchestre est normale-
ment tourné vers le haut.



Cette photographie, avec
orchestre et public, est
prise à partir du point A.



Pupitre mélang

Commande auto

Son

Lumière

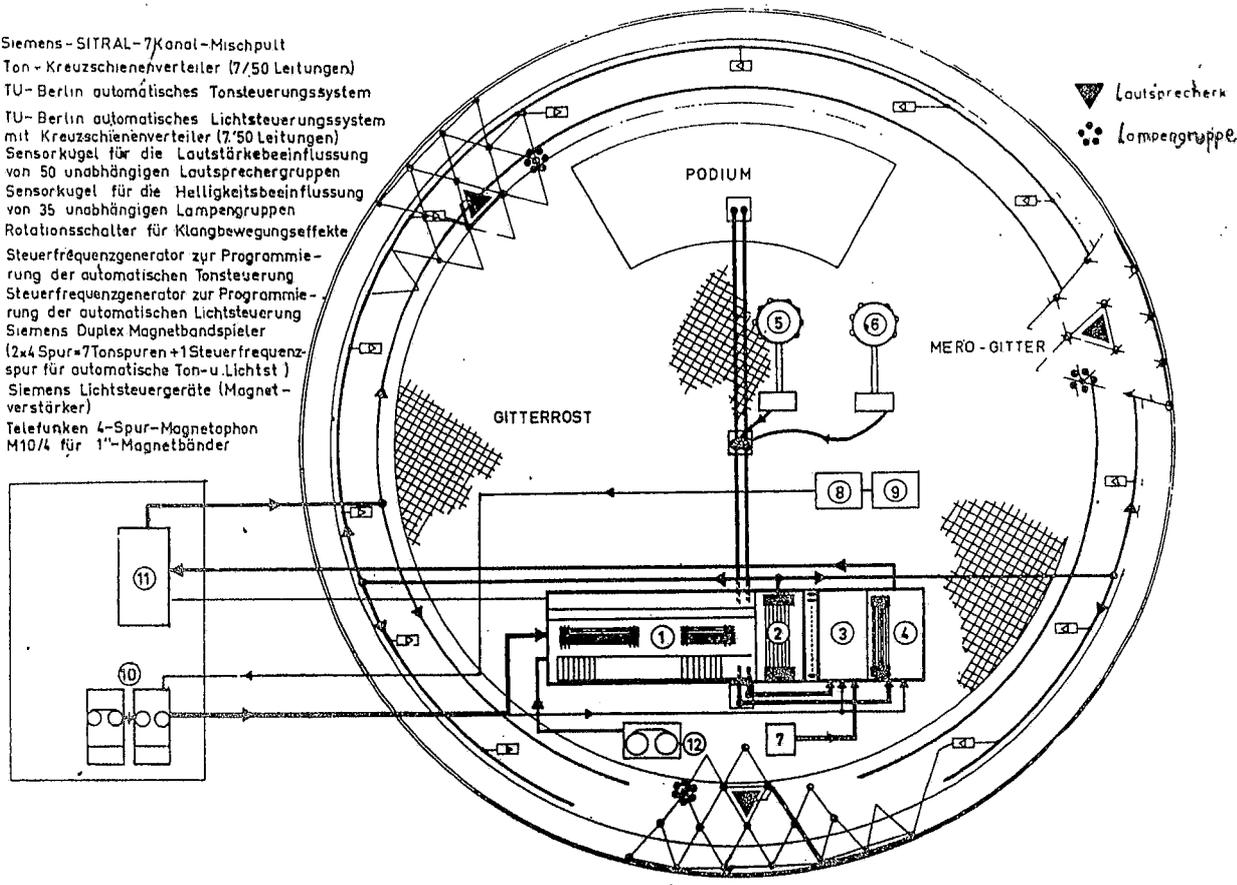
Sensor son

Lumière

Magnéto. 8 pistes

Magnéto 4 pistes

- ① Siemens - SITRAL-7 Kanal - Mischputt
- ② Ton - Kreuzschienenverteiler (7/50 Leitungen)
- ③ TU - Berlin automatisches Tonsteuerungssystem
- ④ TU - Berlin automatisches Lichtsteuerungssystem mit Kreuzschienenverteiler (7/50 Leitungen)
- ⑤ Sensorkugel für die Lautstärkebeeinflussung von 50 unabhängigen Lautsprechergruppen
- ⑥ Sensorkugel für die Helligkeitsbeeinflussung von 35 unabhängigen Lampengruppen
- ⑦ Relationschalter für Klangbewegungseffekte
- ⑧ Steuerfrequenzgenerator zur Programmierung der automatischen Tonsteuerung
- ⑨ Steuerfrequenzgenerator zur Programmierung der automatischen Lichtsteuerung
- ⑩ Siemens Duplex Magnetbandspieler (2x4 Spur=7 Tonspuren + 1 Steuerfrequenzspur für automatische Ton-u. Lichtst.)
- ⑪ Siemens Lichtsteuergeräte (Magnetverstärker)
- ⑫ Telefunken 4-Spur-Magnetophon M10/4 für 1"-Magnetbänder



Plan du PAVILLON ALLEMAND de l'Exposition d'OSAKA (1970) (vue d'en haut)

La sphère a 30 m de diamètre. Elle est entièrement isolée de l'extérieur du point de vue acoustique. Sa surface interne est garnie d'ensembles de haut-parleurs (baffles triangulaires, en noir). En tout, il existe 650 haut-parleurs disposés en 50 groupes dont chacun est commandé par une touche (sensor) que l'on peut enfoncer avec les doigts. Les 50 touches sont placées sur une petite sphère de commande. Une autre sphère similaire permet d'allumer et d'éteindre à volonté des groupes de lampes. On est maître ainsi du champ acoustique et du champ lumineux.

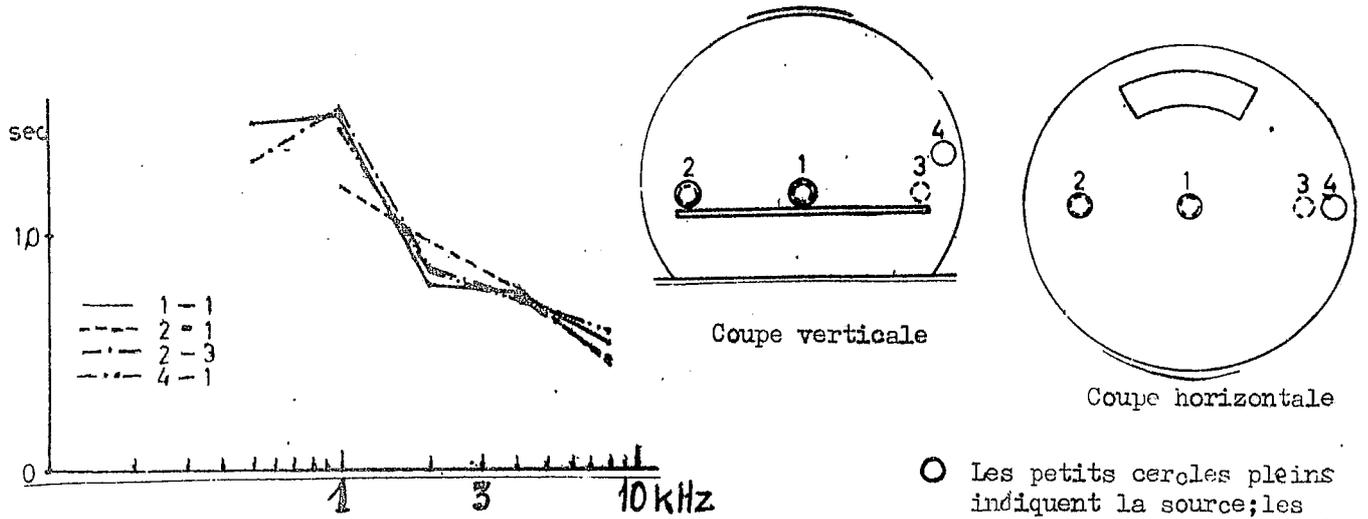


Diagramme de réverbération. En abscisse on porte les fréquences en Kilohertz ; en ordonnée la durée de réverbération en secondes. Celle-ci ne dépasse jamais 1,4 secondes ; cette salle est donc assez sèche.

○ Les petits cercles pleins indiquent la source ; les cercles pointillés, le point d'enregistrement des sons.

au centre d'une coupole, n'est donc justifiée que pour des raisons optiques, visuelles. Dans ces conditions, la communication acoustique entre les participants d'un spectacle est plutôt mauvaise, et conduit à des sentiments de frustration. Malgré cela, on continue encore actuellement à construire des coupoles (Cresge Hall à Cambridge/Mass.; Jahrhunderthalle à Frankfurt-Hoechst, auditorium de Pittsburg de 140 m de diamètre en forme de demi-sphère ouverte à la lumière du jour). L'argument de vouloir reconstituer une voûte céleste n'est pas très convaincant (à part Pittsburg), car la coupole est généralement cachée par des faux plafonds ou des plaques réfléchissantes accrochées au-dessus de la scène. Dès lors, l'architecture contemporaine n'est plus guère fonctionnelle du point de vue des messages sonores et ne conserve de valeur que du point de vue symbolique ou esthétique visuelle.

On peut éviter les focalisations en revêtant les surfaces internes de matériaux absorbants, comme on le fait dans un planétarium par exemple. On réalise alors en fait, une salle sourde, dont on régénère l'acoustique à l'aide des haut-parleurs disposés sur les parois. Ceux-ci sont susceptibles de simuler les réflexions sur les murs grâce à des systèmes électroniques (lignes de retard).

Exemple : Le studio sphérique allemand de l'Expo 70. (fig. 4)

Voici des mesures faites par l'Université Technique de Berlin dans une sphère de 27 mètres de diamètre (Expo 1970, Pavillon Allemand) dont les parois étaient recouvertes de plusieurs couches superposées fortement absorbantes.

La durée de réverbération de la salle vide, entre 500 et 1000 Hz, est de 1,4 secondes : il faut signaler ici que les haut-parleurs étaient disposés par groupes de cinq sur des baffles (planches) triangulaires de 0,5 m² chacune. Ces planches étaient réparties sur la surface interne de la sphère. Des tubes métalliques qui maintenaient l'ensemble et un trou d'aération était disposé dans le haut de la sphère. Ces dispositions provoquaient nécessairement des réflexions parasites. En particulier, le plancher perforé, espèce de grillage sur lequel étaient placés les auditeurs, suspendu à 5 mètres au-dessus du sol, déterminait un petit écho localisé, reconnaissable sur la courbe de réverbération grâce à trois pointes, mais celle-ci ne causait en fait aucun trouble pour les auditeurs. Les trous de la courbe de réponse de la salle provenaient de ce que les rayons acoustiques issus des haut-parleurs directionnels, ainsi que les réflexions éventuelles correspondantes, passaient par le point de focalisation où ils interféraient.

Grâce à la possibilité de tout régler électroniquement, y compris la durée de réverbération, il était possible de faire dans cette salle de la musique électronique de manière satisfaisante. J'avais fait des démonstrations publiques dans le Planétarium de Bochum, en 1967, à l'occasion d'un congrès sur l'astronomie en l'an 2000, où l'on diffusait de la musique en montrant simultanément, sur la coupole, les constellations en l'an 2000. De telles salles ne sont cependant pas adaptées à la musique d'orchestre traditionnelle. En effet, d'une part les transitoires des instruments de musique "passent" mal dans les chaînes électro-acoustiques; d'autre part la réverbération artificielle, nécessaire dans une telle salle "sourde", n'est pas très satisfaisante. La sphère n'est donc certainement pas la salle universelle de concert de l'avenir !

Musique spatiale par l'électronique .

La possibilité technique de réaliser des enregistrements sur pistes multiples utilisant plusieurs haut-parleurs, est apparue de bonne heure, et Pierre Schaeffer en fit une démonstration pour la première fois à Donaueschingen, en 1953 en présentant son oeuvre de musique concrète "Orphée". Pour des musiques de ce type, les salles parallélépipédiques sont les plus appropriées, parce que les angles droits des murs, où sont disposés les haut-parleurs, favorisent la directionnalité de ceux-ci. C'est pourquoi la localisation des 4 voix était bonne. On peut réaliser ainsi des compositions contrapunctiques, en tenant compte de la géométrie de la salle. Ceci donne au compositeur de nouvelles possibilités d'organisation de l'oeuvre sonore.

...../

Voici un autre point. Il est bien connu en stéréophonie que deux haut-parleurs, distants de plusieurs mètres, déterminent une sensation de source fictive unique située au milieu, entre les deux sources réelles. Mais, si on augmente le niveau d'un côté et si on le baisse simultanément de l'autre, on éprouve une sensation de déplacement de cette source fictive de l'un vers l'autre des deux haut-parleurs. On peut exploiter cet effet avec les haut-parleurs placés dans des angles opposés de la salle et produire ainsi des sons tournants, qui voyagent dans la salle, en jouant sur la balance des niveaux relatifs. On peut aussi simuler des sauts en diagonale, des échos, grâce à des procédés d'itération, pilotés à partir du pupitre de mélange. Ceci permet de réaliser des exécutions musicales dynamiques sur le plan horizontal.

Ces considérations avaient conduit, il y a longtemps déjà, à des tentatives pour réaliser des sources acoustiques fictives mobiles, et cela avait incité les architectes à concevoir des salles particulières où les haut-parleurs étaient disposés de façon adéquate. Un exemple en était le pavillon Philips de Le Corbusier-Xenakis à l'Exposition de Bruxelles (1958). On pouvait observer ici des effets spatiaux dynamiques, mais les démonstrations de déplacement des sources fictives n'étaient pas très convaincantes. Notons que les sons se laissent d'autant moins maîtriser de ce point de vue que leur fréquence est plus basse. Les sons graves sont particulièrement sensibles aux courbures des salles par exemple. Pour les hautes fréquences, il se produit des réflexions sur les parois dures opposées. Pour éviter cet ennui, on rend les surfaces absorbantes, mais en procédant ainsi, on élimine alors les possibilités de faire déplacer la source acoustique fictive. On retiendra encore que des surfaces de parois courbes restent très gênantes pour le réalisateur de musiques spatiales. L'ouvrage précité de Le Corbusier pouvait se justifier pour une exposition de durée limitée, mais il n'était certes pas adapté au théâtre expérimental, qui nécessite une salle neutre.

De toutes façons, la notion de source ponctuelle perd de son intérêt. Les concerts de musique expérimentale ont en effet montré, depuis une quinzaine d'années que, dans les salles spécialement agencées, une source quasi-ponctuelle n'est guère perçue et ne représente qu'un élément secondaire de la composition. Par contre l'expérience montre que du point de vue spatial, ce qui importe c'est la conception préalable, quasi contrapunctique, du plan de l'oeuvre. La qualité de chaque salle doit alors être expérimentée empiriquement. Lorsque ces salles sont trop petites, on est par ailleurs souvent gêné par leur fréquence propre, que l'on perçoit dans de nombreux enregistrements de variétés, surtout si l'on a utilisé une forte réverbération artificielle. La localisation et les déplacements de la source échappent ici complètement à l'oreille.

Données optimales pour les salles

D'après toutes les considérations précédentes, il apparaît clairement que la salle la mieux adaptée à la musique du point de vue acoustique reste le parallélépipède rectangle, dont les proportions dimensionnelles sont de l'ordre de $3/4$ ou de $3/5$. On rappellera de ce point de vue, que, pour la musique classique, les meilleures salles de musique du monde restent le Musikvereinsaal de Vienne, le Concertgebouw d'Amsterdam, le Symphony Hall de Boston, salles de 2000 places et plus, dont la réverbération est voisine de 2 secondes.

Réverbération naturelle et réverbération artificielle

Pour l'exécution de musique électronique, une salle assez sèche, avec une durée de réverbération de l'ordre de 1,2 à 1,5 secondes est correcte, parce que la musique moderne recherche la netteté, l'acuité des contours sonores permettant de meilleurs moyens d'expression. Mais il faut tout de même prévoir une réverbération artificielle réglable. Cette réverbération artificielle est réalisée par des moyens électro-acoustique, et on la surajoute au son normal. La salle semble alors plus élargie, effet que l'on accroit encore en utilisant conjointement une lumière très tamisée. Le son devient dès lors plus plastique, les voix fusionnent mieux : le contact de la matière sonore avec l'auditeur s'améliore. Lorsque le pupitre de commande permet de régler à loisir la réverbération, il n'est pas douteux que l'on dispose d'une variable importante de dynamique spatiale.

Notre époque est "audio-visuelle" et on assiste actuellement à de nombreuses tentatives pour renouveler le "spectacle". Le spectacle traditionnel avait résolu ses problèmes empiriquement; problème difficile en raison des nombreuses variables qui interagissent les unes sur les autres. On sait d'avance qu'une solution quelconque ne peut être qu'un compromis entre audition et vision. Les essais de spectacles d'avant garde montrent bien que les "scénographes" se heurtent aux mêmes problèmes que leurs prédécesseurs, et c'est bien évident si on considère par exemple - et entre autres - le problème de la directionnalité de l'oreille et de l'œil, qui est très différent pour l'un et l'autre.

Ainsi F. WINCKEL nous a-t-il montré cette figure (d'après J. TROGER) où l'on voit, en haut, le diagramme du pouvoir directionnel de l'oreille à diverses fréquences. Pour les sons graves il n'y a guère de problèmes... mais les sons aigus ne sont guère perçus que dans la direction du conduit auditif de l'oreille!

Pour l'œil il en est tout autrement (fig. du bas). On donne ici les deux champs visuels tel qu'on les voit devant soi, avec leur partie commune (croisillons)

Dans le spectacle audio-visuel, il faut satisfaire au mieux ces deux diagrammes avec le minimum de fatigue pour le spectateur. Le spectacle classique tient implicitement compte des impératifs qui en découlent.

Un autre problème important est celui de la quantité d'information assimilable par le spectateur.

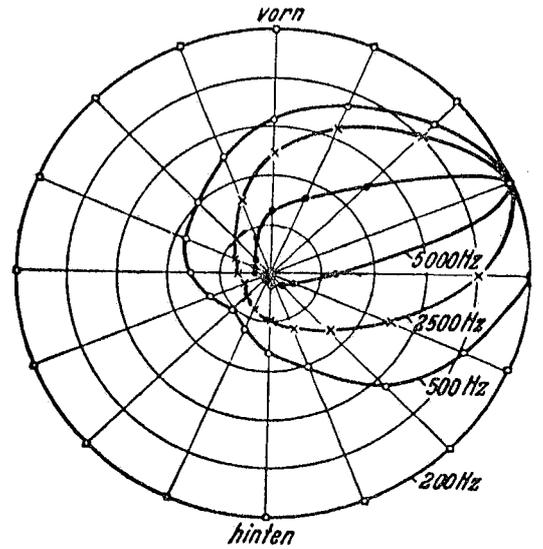
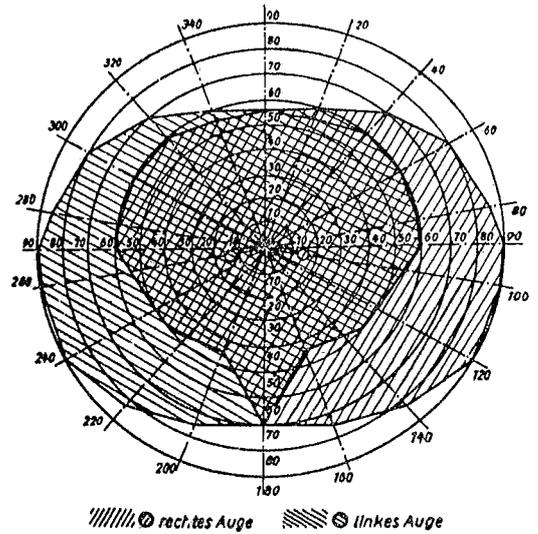


Abb. 5 Richtempfindlichkeit des Ohres für Tonhöhen von 200 Hz (g°), 500 Hz (c²) und Obertöne im Bereich von 2500 bis 5000 Hz (nach J. Tröger)



tion des chaînes d'amplification. Dans ces conditions, les preneurs de sons et compositeurs sont évidemment tentés, alors, de monter les niveaux au maximum; en procédant ainsi, on monte évidemment le niveau des basses, selon les courbes de Fletcher-Musson, mais corrélativement aussi ceux de l'aigu qui devient insupportable.

Pour conclure, il faut bien dire que les exécutions de musiques électroniques n'ont pas joui d'une grande considération ces dernières années. Nous en avons donné quelques raisons. En dehors de la qualité insuffisante des compositions, il faut considérer aussi le fait que la scène n'est occupée que par des haut-parleurs ! Ceux-ci ne peuvent retenir bien longtemps l'attention de l'auditeur. C'est une des raisons pour lesquelles les compositeurs de musiques électroniques font écouter leurs oeuvres à des niveaux énormes, atteignant le seuil de douleur et susceptibles d'endommager le système auditif de l'auditeur. On s'imagine à tort augmenter de cette façon la capacité de perception de l'auditeur, et retenir ainsi son attention. Mais ce n'est qu'une illusion : le contenu informatif et esthétique de l'oeuvre est plutôt détruit par ces intensités énormes.

Formes musicales hybrides (mélanges de sons traditionnels et électroniques).

La solution la plus viable de musique expérimentale semble résider dans l'utilisation simultanée de musique électronique et de musique "normale", réelle, instrumentale ou vocale. Ici, l'électronique "joue" en même temps que le soliste ou l'orchestre. On peut par exemple s'arranger pour que la musique normale jouée sur scène soit envoyée par microphone au studio où elle est instantanément plus ou moins déformée, transformée, puis réinjectée dans la salle par haut-parleur, ce qui permet aux solistes de régler leurs effets à loisir. Une autre solution intéressante consiste à capter les sons émis par le musicien instrumentiste et à les utiliser pour piloter des appareils qui les transforment en signaux lumineux dont le rythme correspond donc à la musique et que l'on peut visualiser sur grand écran de télévision.

Ces méthodes hybrides et d'autres à venir ne sont plus, à proprement parler des "musiques électroniques". Le terme de "musiques expérimentales" serait plus approprié; du moins tant qu'on n'aura pas trouvé de terme spécifique mieux adapté. L'auteur sait bien qu'on a utilisé le terme de "musique électronique" dans les années 50, au studio expérimental de Cologne, pour désigner les sons synthétisés à partir de sinusoïdes. En fait, le terme de "musique expérimentales" fut cependant utilisé bien longtemps avant, dans un sens différent, mais qui a conservé son actualité et sa signification.

Limites de l'art spatial audio-visuel.

Le spectacle audio-visuel diffusé dans toutes les directions pour satisfaire de façon optimale des auditeurs, a des limites, imposées surtout par les organes des sens de l'homme. Le Cinérama, où l'on projette sur les 360 degrés d'un mur cylindrique des paysages, des avions ou des automobiles, des shows et des scènes de foules, ne semble pas avoir réussi à dépasser le stade où il en était voici dix ans.... On n'a jamais réussi à réaliser de cette façon des spectacles valables pour le cinéma ou la télévision. La cause en est simple. L'oreille perçoit des sons venant de toutes directions; même de l'arrière; l'oeil ne voit que dans un angle étroit..... La musique spatiale est possible en utilisant des haut-parleurs répartis dans tout l'espace. Le spectacle visuel pose d'autres problèmes... et dans le cadre de la communication acteur-public, à l'Opéra et au cinéma, il faut bien se résigner à cliver le son et la lumière, pour des raisons visuelles et physiologiques. On ne peut pas continuellement modifier l'orientation de la tête sans fatigue exagérée, et d'ailleurs cela romprait l'unité du spectacle visuel. Tout ce qui précède, montre donc les limitations impératives et incoercibles qui régissent l'exécution d'une oeuvre d'art spatiale.

Bibliographie :

- 1) F. Winckel, Vues nouvelles sur le monde du son. Dunod. Paris 1960.

tion des chaînes d'amplification. Dans ces conditions, les preneurs de sons et compositeurs sont évidemment tentés, alors, de monter les niveaux au maximum; en procédant ainsi, on monte évidemment le niveau des basses, selon les courbes de Fletcher-Musnon, mais corrélativement aussi ceux de l'aigu qui devient insupportable.

Pour conclure, il faut bien dire que les exécutions de musiques électroniques n'ont pas joui d'une grande considération ces dernières années. Nous en avons donné quelques raisons. En dehors de la qualité insuffisante des compositions, il faut considérer aussi le fait que la scène n'est occupée que par des haut-parleurs ! Ceux-ci ne peuvent retenir bien longtemps l'attention de l'auditeur. C'est une des raisons pour lesquelles les compositeurs de musiques électroniques font écouter leurs oeuvres à des niveaux énormes, atteignant le seuil de douleur et susceptibles d'endommager le système auditif de l'auditeur. On s'imagine à tort augmenter de cette façon la capacité de perception de l'auditeur, et retenir ainsi son attention. Mais ce n'est qu'une illusion : le contenu informatif et esthétique de l'oeuvre est plutôt détruit par ces intensités énormes.

Formes musicales hybrides (mélanges de sons traditionnels et électroniques).

La solution la plus viable de musique expérimentale semble résider dans l'utilisation simultanée de musique électronique et de musique "normale", réelle, instrumentale ou vocale. Ici, l'électronique "joue" en même temps que le soliste ou l'orchestre. On peut par exemple s'arranger pour que la musique normale jouée sur scène soit envoyée par microphone au studio où elle est instantanément plus ou moins déformée, transformée, puis réinjectée dans la salle par haut-parleur, ce qui permet aux solistes de régler leurs effets à loisir. Une autre solution intéressante consiste à capter les sons émis par le musicien instrumentiste et à les utiliser pour piloter des appareils qui les transforment en signaux lumineux dont le rythme correspond donc à la musique et que l'on peut visualiser sur grand écran de télévision.

Ces méthodes hybrides et d'autres à venir ne sont plus, à proprement parler des "musiques électroniques". Le terme de "musiques expérimentales" serait plus approprié; du moins tant qu'on n'aura pas trouvé de terme spécifique mieux adapté. L'auteur sait bien qu'on a utilisé le terme de "musique électronique" dans les années 50, au studio expérimental de Cologne, pour désigner les sons synthétisés à partir de sinusoides. En fait, le terme de "musique expérimentales" fut cependant utilisé bien longtemps avant, dans un sens différent, mais qui a conservé son actualité et sa signification.

Limites de l'art spatial audio-visuel.

Le spectacle audio-visuel diffusé dans toutes les directions pour satisfaire de façon optimale des auditeurs, a des limites, imposées surtout par les organes des sens de l'homme. Le Cinérama, où l'on projette sur les 360 degrés d'un mur cylindrique des paysages, des avions ou des automobiles, des shows et des scènes de foules, ne semble pas avoir réussi à dépasser le stade où il en était voici dix ans.... On n'a jamais réussi à réaliser de cette façon des spectacles valables pour le cinéma ou la télévision. La cause en est simple. L'oreille perçoit des sons venant de toutes directions, même de l'arrière; l'oeil ne voit que dans un angle étroit.... La musique spatiale est possible en utilisant des haut-parleurs répartis dans tout l'espace. Le spectacle visuel pose d'autres problèmes... et dans le cadre de la communication acteur-public, à l'Opéra et au cinéma, il faut bien se résigner à cliver le son et la lumière, pour des raisons visuelles et physiologiques. On ne peut pas continuellement modifier l'orientation de la tête sans fatigue exagérée, et d'ailleurs cela romprait l'unité du spectacle visuel. Tout ce qui précède, montre donc les limitations impératives et incoercibles qui régissent l'exécution d'une oeuvre d'art spatiale.

Bibliographie :

- 1) F. Winckel, Vues nouvelles sur le monde du son. Dunod. Paris 1960.

- 2) F. Winckel, le développement du style de la musique du point de vue acoustique. (Bulletin du GAM N° 11 - Mars 1965).
- 3) F. Winckel, les qualités acoustiques et électro-acoustiques des salles de concert d'avant et d'après guerre. Journées d'Etude du Festival International du son, Chiron, Paris 1965, p.116-125.
- 4) F. Winckel, Akustischer und visueller Raum, in "Experimentelle Musik". Ecrits de l'Académie des Arts de Berlin. Vol. 7. Editeur : Gebr. Mann, Berlin 1970.



D I S C U S S I O N

Résumée par E. LEIPP

M. LEIPP. Je remercie encore M. WINCKEL de nous avoir informé de tous ces problèmes. L'audition de la musique composée par Boris BLACHER pour OSAKA me suggère de nombreuses réflexions. (D'abord, il est clair que notre chaîne d'audition ^{ou laboratoire} n'est pas adaptée à ce genre de musique; pour percevoir ce que BLACHER veut nous dire musicalement, il faudrait la "boule" d'Osaka... C'est à mon sens, un très grave inconvénient : on ne peut écouter correctement ce type de musique sur sur place... et il est impossible de la reproduire à partir d'un disque, fut-il stéréophonique. La sensation d'espace est perdue. Il faudrait au moins 4 haut-parleurs, un magnétophone à 4 pistes, un pupitre de commande et toute une installation qui n'est pas à la portée des auditeurs moyens en général

Je retiens par contre plusieurs idées intéressantes. Celle, par exemple, que Fritz WINCKEL a suggérée sur les possibilités de faire de la musique spatiale dans des salles existantes à faible durée de réverbération, par exemple à l'Opéra etc...

D'une manière très générale, l'intérêt de l'expérience d'OSAKA me semble considérable. On a réalisé ici une salle très assourdie, où des dispositions électro-acoustiques très élaborées permettent vraiment de moduler le champ acoustique à loisir. On peut "jouer" avec la salle fictive, la "gonfler" ou "dégonfler" à volonté à un moment quelconque, ce qui permet d'étudier les incidences de sensation d'espace dans l'audition de ces musiques.

D'autre part, il est clair que pour les musiques spatiales de ce genre il faut nécessairement admettre la présence de haut-parleurs. Sans doute les générations futures n'auront-elles de ce point de vue aucun problème puisqu'elle est à peu près exclusivement conditionnée au haut-parleur !

Une question se pose. Nous savons bien que les "délicats" rejettent souvent systématiquement l'introduction du haut-parleur à l'Opéra ou à d'autres spectacles.

M. RISSET. Tout dépend évidemment de l'habileté de celui qui sonorise la salle... A l'Albert Hall on a récemment repensé l'acoustique et introduit des haut-parleurs; personne ne l'a remarqué. Il en est de même pour la Scala de MILAN.

M. LEIPP. Il faudrait faire des enquêtes statistiques pour connaître l'avis des usagers; tout dépend de l'oreille qu'on a et aussi de ce qu'on tolère dans l'audition d'une oeuvre. D'autre part, la sonorisation est une opération coûteuse.

M. RISSET. Pour améliorer acoustiquement le Philharmonic Hall par les voies ordinaires, traditionnelles, de l'acoustique (conseils, correction acoustique etc...) on a dépensé quelque 800 000 dollars. On aurait pu installer une belle chaîne de sonorisation à ce prix !

...../

Je voudrais que M. WINCKEL nous dise ce qu'il pense de la réverbération artificielle. Est-elle aussi riche, aussi complexe, aussi vivante que la réverbération naturelle ?

M. WINCKEL. Je crois qu'on peut y atteindre; il suffit de disposer d'un pupitre de commande assez élaboré. Les échantillons musicaux d'Osakà que vous avez entendu comportent de la réverbération artificielle et je pense qu'elle n'a choqué personne.

M. FRANCOIS. Un point me préoccupe : les diverses places d'une salle quelconque présentent toujours des différences du point de vue auditif; il en est de bonnes, de mauvaises, d'aiguës, de sourdes etc... Pour bien faire, il faudrait classer les places par catégories, convenant à chacun, selon son audiogramme... Tel qui entend mal les aiguës serait dans l'axe des haut-parleurs aigus etc...

M. WINCKEL. En stéréophonie, de toutes façons, la seule place correcte est celle où les deux haut-parleurs sont à même distance de l'auditeur; toutes les autres sont moins bonnes : c'est bien connu.

M. RISSET : Il est des cas où les distorsions du son à telle ou telle place peuvent être bénéfiques.... Varèse, que tout le monde connaît, avait une oreille extraordinaire. Mais comme tout le monde, lorsqu'il fut plus âgé, il entendait mal les fréquences aiguës, et il cherchait alors à "monter" inconsciemment leur niveau, ce qui, pour les autres auditeurs, était assez désagréable.

M. LÉLOUX. Je reviens à la question de la réverbération artificielle. Il est certain que celle-ci est supportable, voire bonne, si elle ne représente qu'un appoint à la réverbération naturelle. Si on joue en salle sourde, la réverbération artificielle est plutôt mauvaise. Mais s'il existe déjà 1,2 ou 1,4 secondes de durée de réverbération naturelle, les choses s'arrangent bien mieux. La salle vraiment sourde c'est celle que l'on réserve aux musiciens de jazz qu'on isole les uns des autres à l'enregistrement dans des compartiments sans réverbération. On ajoute ensuite de la réverbération artificielle : pour moi l'effet est très laid.

M. KRILL CAPELLO. Je pense qu'il faut bien distinguer les deux cas : celui de la musique traditionnelle, où la réverbération artificielle ne fait jamais bon effet; puis celle des musiques expérimentales, que l'on a intérêt à diffuser dans les salles les plus sourdes possible et traiter par des moyens technologiques appropriés.

M. RISSET. J'ai entendu un montage de musique fait par VENEKLASEN et joué en salle sourde comportant un dispositif de simulation d'une salle; c'était assez extraordinaire.

Mme M.J. CHAUVIN. Si on fait de la musique dans une boule, il faudrait aussi supprimer la gravité si on ne veut pas aboutir à un divorce psychologique !

M. LEIPP. J'ai été particulièrement intéressé par les idées de WINCKEL sur l'interaction entre son et lumière. Dans un spectacle musical ordinaire, un concert, il y a généralement quelque chose à voir, et, psychologiquement ou esthétiquement, cette information visuelle n'est pas négligeable. Lorsque la musique de l'orchestre nous semble inintéressante, nous observons le chef d'orchestre, les musiciens. Ce supplément d'information est perdu dans les musiques expérimentales ! Lorsque l'on va à un concert de musique concrète, la contemplation des boules à haut-parleur sur la scène manque vraiment d'intérêt et gêne plus d'un auditeur.

Mme Colette HERZOG. Si on a vraiment besoin de voir quelque chose, c'est que la musique manque d'intérêt. La vision gâte l'audition, du moins en musique pure.

M. CEOEN. A défaut de compléments visuels, il faut de l'imagination. Mais je pense qu'il ne faut pas dissocier image et musique.

M. LEIPP. J'ai déjà précisé tout à l'heure ce que j'en pensais. Ce qui me semble bien inutile, si l'auditeur a de l'imagination, c'est de vouloir le mettre dans le phénomène sonore. Le fin du fin en art n'est pas de montrer, de faire toucher du doigt, mais de suggérer, ce qui nécessite des qualités imaginatives du récepteur.

...../

Mme HERZOG. Je suis bien de cet avis ! Si un auditeur s'ennuie, c'est que la musique ne réussit pas à capter son attention, à solliciter son imagination. La bonne musique s'écouter les yeux fermés : elle est assez riche pour permettre cela.

M. REGNIER. Je crois que la musique offre deux aspects : on peut la considérer au niveau sonore ou au niveau du langage. Si on écoute une oeuvre et qu'on ne perçoit pas le langage qu'elle parle, la faute en est au compositeur, qui n'a pas mis assez d'information dans sa composition.

M. LEIPP. Une chose est certaine : si l'oeuvre ne contient pas assez d'information, ce n'est pas en augmentant son niveau qu'elle en gagnera beaucoup, ni en faisant de la stéréophonie ou de la musique spatiale; les "effets" n'ont jamais sauvé une oeuvre d'art. S'il s'agit d'un langage, il faut de toutes façons que l'auditeur ait d'abord appris ce langage; le conditionnement est donc déterminant dans l'appréciation de la qualité artistique d'une oeuvre, spatiale en particulier.

M. GILOTAUX. Lorsque nous faisons des enregistrements, nous disposons toujours des microphones d'appoint près de certains instruments, ceux qu'on percevrait mal dans la masse orchestrale. Dans l'exécution et l'audition réelle, cela est bien inutile : l'auditeur regarde le musicien et éventuellement oriente sa tête de façon à mieux le percevoir.

M. DUPARCO. Ce qui me gêne dans les musiques du type "concrète", enregistrées sur bande, c'est que l'oeuvre est figée une fois pour toutes sur la bande, alors que dans les exécutions de musique traditionnelle, l'oeuvre est chaque fois recréée....

M. WINCKEL. Ce n'est pas tout à fait exact ! on peut largement agir sur le timbre par filtrage, superposer à la musique des sons traités en temps réel dans un studio voisin de la salle d'exécution, modifier même la hauteur. Nous disposons environ de 30 variables pour agir sur le message enregistré sur bande.

M. LEIPP. Je pense que la musique est d'abord l'art de découper le temps et que notre système auditif est organisé pour percevoir des rapports de durée. Est-il possible de moduler les rapports de durée entre sons d'une oeuvre ? On peut utiliser le "tempophon" mais alors on travaille en différé et non en audition directe.

M. RISSET. On pourrait bien jouer sur la vitesse de défilement de la bande; mais alors on modifie simultanément la hauteur....

Mlle CASTELLENGO. Nous avons fait des essais avec le "tempophon". Il faut bien le dire : on peut moduler la durée que de 10 ou 15 %. Au delà, le tempophon détruit passablement le message; surtout lorsqu'il s'agit de musique....

M. GUIBERT. Pierre Henry dit souvent : "je vais vous interpréter telle oeuvre" et selon l'inspiration il fait tout à fait autre chose avec la même bande, ne serait-ce qu'en jouant sur la répartition des voix dans les 16 canaux qu'il utilise.

M. LEIPP. On peut sans doute obtenir ainsi des effets différents. Mais en pilotant la commande à l'aide de programmes automatiques, les possibilités sont beaucoup plus grandes qu'en les pilotant manuellement.

M. RISSET. C'est ici que la commande par ordinateur devient très souple : on fait vraiment ce qu'on veut ainsi, et en temps réel

X. Ce que recherche le compositeur d'oeuvres expérimentales lorsqu'il "joue" une de ses oeuvres en salle, c'est de retrouver, grâce aux réglages électro-acoustiques, la sonorité qu'il entendait en studio, lors de la composition de l'oeuvre. Il est donc important de pouvoir "simuler" électroniquement les effets d'une salle, pour pouvoir retrouver cette sonorité.

Mlle CASTELLENGO. Dans un autre ordre d'idées, je pense que nous n'avons pas, pour les musiques expérimentales, les mêmes exigences de qualité que pour les musiques tradi-

tionnelles entendues en salle, car nous n'avons pas de références. L'esthétique des musiques expérimentales reste très mal définie !

Y. On redécouvre actuellement les musiques spatiales de GABRIELLI, qui disposait les musiciens en des points différents de l'église St-Marc à Venise. Il est évident qu'en donnant ces oeuvres au concert où l'on place les musiciens côte à côte, on trahit l'oeuvre....

M. RISSSET. Quand des sons musicaux synthétiques sont vilains, on ne peut toujours en accuser la salle... C'est bien souvent parce que ces sons musicaux sont pauvres !

M. FRANCOIS. Sait-on quelque chose sur l'influence de la salle sur les sons dits subjectifs.

M. LEIPP. Il faut bien s'entendre sur le sens du mot "sons subjectifs"... Un son subjectif est en général un son où manque le fondamental ou les harmoniques de rang inférieur. Ceci n'empêche pas de percevoir le "fondamental", car la perception de la hauteur n'est pas comptage de fréquence fondamentale, mais appréhension du degré de serrage des raies spectrales. Une chose est sûre : pour les sons "subjectifs" de hauteur très grave, l'effet ne sera pas le même que s'il y avait effectivement un fondamental objectif intense. La raison en est simple. Les sons graves se propagent sphériquement et les sons aigus en ligne droite, directionnellement. Il est donc évident que la salle réagira différemment dans les deux cas. WINCKEL l'a bien dit tout à l'heure : les sons graves remplissent bien les salles de grandes dimensions, mais pas les aigus.... Bref, le son grave à fondamental subjectif sonnera toujours beaucoup plus "maigre" dans une grande salle. On sait tout cela en facture d'orgue, où les fondamentaux subjectifs sont souvent utilisés lorsqu'on ne peut ou ne veut pas (pour des raisons d'économie) utiliser de très grands tuyaux. On simule alors les tuyaux graves par association de tuyaux, donnant du "fondamental subjectif". On le voit : en musique rien n'est simple.

M. WINCKEL. On pourrait longuement parler de ce problème et de certains autres qui relèvent de la psychologie. Pour résumer, je dois dire que la musique que vous venez d'entendre serait bien meilleure si nous étions dans une grande salle réverbérante. Celle-ci ajouterait beaucoup dans la sensation de "gonflement" et de rétrécissement de l'espace, effet que nous avons systématiquement voulu et recherché avec Boris BLACHER.

M. LEIPP. Je crois que nous ne trancherons pas le débat ce soir. L'exposé de Fritz WINCKEL et la discussion qui a suivi montrent que l'acoustique des salles pour musiques expérimentales pose des problèmes compliqués et difficiles. La démonstration sonore n'était malheureusement pas très éloquente : il nous aurait fallu une installation plus élaborée. Cependant nous avons tous tiré matière à réflexions de cette réunion et je remercie une fois encore Fritz WINCKEL d'avoir accepté de nous communiquer ici le fruit de son expérience.