

Jürgen MEYER

# LA DISPOSITION DES MUSICIENS DANS L'ORCHESTRE

EN FONCTION DE LA DIRECTIONNALITÉ DES INSTRUMENTS

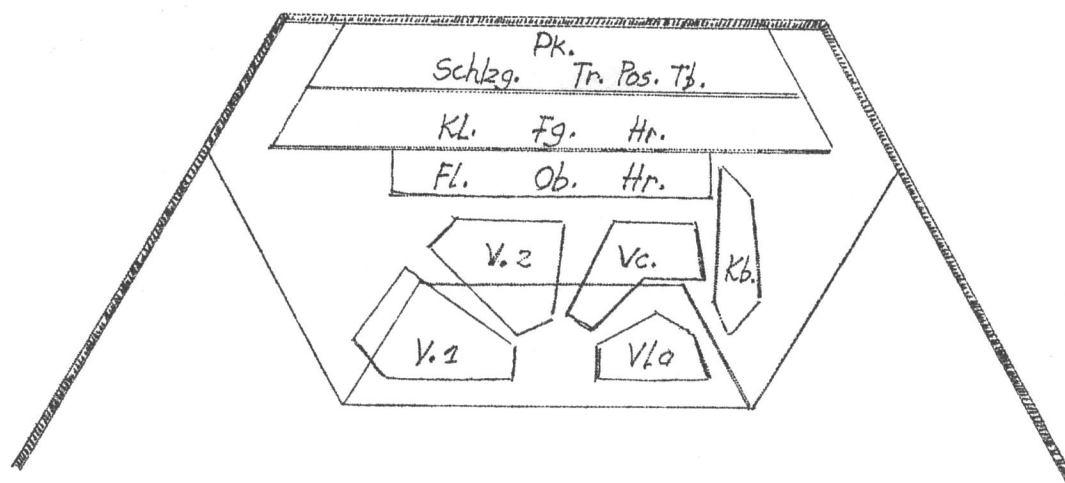


introduction, traduction et compte-rendu par

E. LEIPP

MAI 1970

N°48



# GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE  
FACULTE DES SCIENCES - TOUR 66 - PLACE JUSSIEU PARIS 5°

Jörgen MEYER

# LA DISPOSITION DES MUSIENS DANS L'ORCHESTRE

EN FONCTION DE LA DIRECTIONNALITE DES INSTRUMENTS

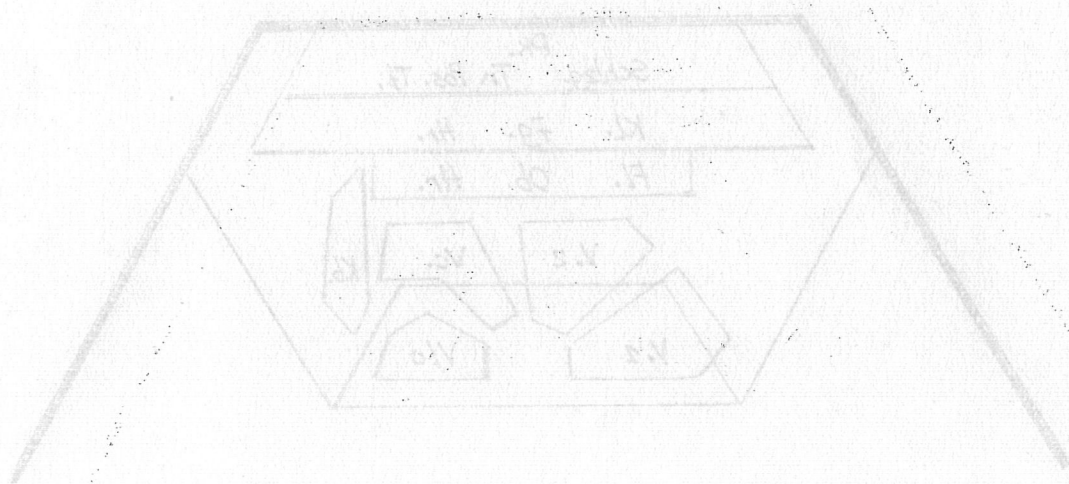


Introduction, production et compléments par

E. LEIP

MAI 1970

MAI 1970



# GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE  
FACULTE DES SCIENCES - TOUR 66 - PLACE JUSSIEU - PARIS 5

G. A. M.  
Groupe d'Acoustique Musicale  
Laboratoire d'Acoustique  
Faculté des Sciences  
Place Jussieu - Tour 66

PARIS, 1e 23 Mai 1970

Adresse Postale :  
9 Quai Saint Bernard, 9  
PARIS 5<sup>e</sup>

BULLETIN N° 48

LA DISPOSITION DES MUSICIENS DE L'ORCHESTRE

en fonction du Pouvoir directionnel des instruments de musique  
par Jürgent MEYER du Physikalish Technische Bundesanstalt  
Traduction et compte-rendu, avec une introduction par E. LEIPP

---

REUNION DU 15 MAI 1970.

M. le Professeur SIESTRUNCK, pris par les examens universitaires (agrégation) n'a pu être des nôtres.

M. GAUTHIER, Vice Doyen de la Faculté des Sciences nous avait honoré de sa présence et a bien voulu accepter de présider la séance.

Etaient présents :

M. LEIPP Secrétaire général et Melle CASTELLENGO, Secrétaire.

Puis, par ordre d'arrivée : M. FAYEULLE (Chef de la fanfare de l'OPERA de PARIS); M. J. MEYER, conférencier; M. CHENAUD (président de l'AFARP); M. RENAUD (Maître assistant Fac. Sciences de Paris); M. SAAB (musicologue, Beyrouth); M. F. FORET (Compositeur); M. WROBLEWSKI (ORTF); M. MICHOD; M. DELMOTTE (Trompette solo à l'Opéré); M. EUSTACHE (Flûte solo à l'Opéra); M. BATISSIER (Secrétaire général SIERE); M. ROLLIN (Professeur au Conservatoire National Supérieur de Musique de Paris); M. BLANC (violoniste, Opéra); M. LESTRADE; M. S. OUNA (Traducteur de la revue DAS MUSIKINSTRUMENT); M. DUPREY; M. J.C. HOMON; M. THEVET (Cor solo à l'Opéra, Professeur au Conservatoire de Versailles); M. DUBUC (Ingénieur CNAM, Musée d'Ethnomusicologie); M. JOUHANNEAU (CNRS, Collège de France); M. POUBLAN (médecin biologiste); M. Blaise CALAME (violoniste); M. TESTEMALE (Assistant à la Faculté des Sciences de Paris); M. GUILBERT (Ingénieur Télécomm.)

Plusieurs personnes retardées par les difficultés de circulation à la veille du week end de la Pentecôte ont omis de porter leur nom et adresse sur la liste des présents; nous ne pourrions donc leur faire suivre le bulletin, ce dont nous nous excusons vivement.

Excusés : M. GUEUENS, (Bruxelles); Mme STRAUS; M. HARTEMAN (Chef d'orchestre à l'Opéra Comique); M. GILOTAUX (Pathé Marconi); Mme HELFFER (Musée Guimet); M. FRIEDERICH (facteur de guitares); Dr DORGUEILLE; M. GUEN; M. FONTENEAU (AFSOA); M. TOURTE (Prof. honoraire au Conservatoire de Musique); Melle Gisèle BARREAU (Professeur de Musique); M. AROM (Musicologue); M. COSTERE; M. JUNCK (saxophones); M. LEHMANN (GALF); M. LOUVET (Comité National de la musique); M.J.J. BERNARD (Maître de conférences, Faculté des Sciences); M. SURUGUE (Musée d'ethnomusicologie); M. TESTEMALE; M. NICOLAS (carillonneur); M. VALLET (Directeur de la société GAVEAU-PLYEL); M. Ch. MAILLOT (Cordes harmoniques, Lyon); M. BLONDELET (Directeur Ets BUFFET CRAMPON).

---

PERIODIQUE : 6 numéros annuels.

Prix de vente : service gratuit.

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

Nom du Directeur : M. le Professeur SIESTRUNCK.

N° d'Inscription à la Commission Paritaire : 46 283.

[illegible]

Figure 1. The effect of the concentration of the *Agaricus bisporus* spores on the growth of *Agaricus bisporus* on the substrate. The concentration of the spores was 10<sup>4</sup> spores/g (A), 10<sup>5</sup> spores/g (B), 10<sup>6</sup> spores/g (C), 10<sup>7</sup> spores/g (D), 10<sup>8</sup> spores/g (E), and 10<sup>9</sup> spores/g (F). The substrate was a mixture of 100 g of straw and 100 g of manure. The substrate was incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>4</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>5</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>6</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>7</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>8</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>9</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>4</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>5</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>6</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>7</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>8</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C. The substrate was then inoculated with 10<sup>9</sup> spores/g of *Agaricus bisporus* and incubated for 14 days at 25 °C.

[illegible]



## LA DISPOSITION DES MUSICIENS A L'ORCHESTRE

par Jürgen MEYER

INTRODUCTION - TRADUCTION et COMPTE-RENDU par E. LEIPP

Jürgen MEYER, chercheur en acoustique musicale au P.T.B. (Physikalisch Technische Bundesanstalt de BRAUNSCHWEIG) est le spécialiste des problèmes de directionnalité des instruments de musique.

En mars 1967, à l'occasion d'un séjour qu'il fit à notre laboratoire, nous avons organisé une réunion sur ce thème relativement aux "cordes" et aux bois. Le bulletin GAM N° 27 auquel nous renvoyons, résume l'essentiel.

Entretiens, Jürgen MEYER a étendu ses investigations au pouvoir directionnel des "cuivres" : cor, trompette, trombone, tuba en particulier, et, percussions à part, il a maintenant fait le tour du problème, tant en salle sourde qu'en salle de concert normale.

Comme nous l'avions déjà précisé, la notion de pouvoir directionnel est importante, car elle justifie dans une large mesure la disposition empirique des instruments adoptée par les chefs d'orchestre habiles, qui en tiennent compte en fonction des caractéristiques acoustiques de la salle d'audition.

Le problème du rayonnement acoustique des machines à faire des sons que représentent les instruments de musique est en fait d'une complication inouïe, et la pratique en jeu normal est bien loin des abstractions théoriques que l'on trouve parfois dans les manuels d'acoustique. Rappelons à ce sujet quelques notions fondamentales.

Imaginons une sphère élastique, susceptible de se gonfler et de se dégonfler périodiquement, à des fréquences variées : c'est la "sphère pulsante". Il est bien évident que le son se propage alors dans toutes les directions, par sphères concentriques, et deux auditeurs, placés en des points quelconques, à la même distance de la sphère, entendraient exactement la même chose. L'énergie acoustique se "dilue" simplement de plus en plus avec la distance, et le son devient de ce fait de plus en plus faible. Si, au lieu d'un son simple, "sinusoïdal", la sphère pulse selon une loi complexe, il en est exactement de même. Mais avec la distance, l'air filtrerait graduellement le son, qui devient plus "sourd", en commençant par les composantes aiguës. Les expériences, célèbres, de KNUDSEN, ont montré effectivement qu'en dessous de 500 Hz, les sons pouvaient porter très loin (plusieurs kilomètres), alors que l'aigu est rapidement absorbé. Ceci justifie l'utilisation de sirènes très graves pour les bateaux, par exemple.

La sphère pulsante est bien entendu une abstraction, supposant un espace illimité sans obstacles, et dont la réalisation matérielle est impossible en toute rigueur.

On s'approche davantage de la réalité avec le "piston", dont un haut-parleur représente une réalisation approximative. Un piston comprime théoriquement une tranche d'air plus ou moins plane à la source. Mais l'expérience montre que le rayonnement acoustique d'un tel système ne suit pas du tout des lois simples. Le relevé du pouvoir directionnel des haut-parleurs a fait, depuis l'origine, l'objet de recherches poussées qui ont conduit à la mise au point de méthodes métrologiques que Jürgen MEYER utilise précisément pour les instruments de musique. Très généralement on vérifie qu'un haut-parleur rayonne les fréquences graves plus ou moins sphériquement mais, plus on monte vers les fréquences aiguës, plus l'angle de rayon-

nement se réduit autour de l'axe perpendiculaire au piston. L'expérience courante montre effectivement que lorsqu'on se place dans l'axe, d'un haut-parleur, la musique sonne plus "clair", la parole a "de la présence" : indices certains d'un spectre plus riche dans l'aigu. Le "champ acoustique" d'un haut-parleur en chambre sourde, affecte une forme géométrique bien définie, et relativement simple, que l'on relève de la façon suivante. On fixe le haut-parleur sur une table tournante, en salle sourde, et on l'excite successivement avec des fréquences étalon définies (100 Hz, 500 Hz, 1000 Hz .... 15000 Hz etc...). A chaque tour, correspondant à une fréquence définie, on relève des diagrammes polaires, qui sont des courbes de niveau centrées autour d'un point fixe, représentant le haut-parleur. L'ensemble de ces courbes donne une idée assez précise de la directionnalité du haut-parleur.

Mais les instruments de musique ne sont ni des sphères pulsantes, ni des pistons, ni des haut-parleurs... Du fait de leur conformation et de leurs particularités fonctionnelles, le champ acoustique est beaucoup plus compliqué et, de surcroît, variable dans le temps.

Sans entrer dans le détail, on saisit intuitivement que le violon, par exemple, rayonne plus d'énergie perpendiculairement au plan de sa table, que latéralement, dans la direction des éclisses. Le fond, de son côté rayonne de même beaucoup moins, surtout si le musicien appuie directement le fond sur son épaule gauche lors du jeu. D'autre part, le corps du violoniste réalise de toutes façons un obstacle, un écran, et modifie donc considérablement le rayonnement par absorption et filtrage.

On conçoit de même sans difficulté qu'une trompette rayonne mieux dans la direction de l'axe du tuyau, perpendiculairement au pavillon; on vérifie bien que le son est plus "percutant" dans cette direction. Mais il n'est pas douteux que l'instrument rayonne dans tous les sens : on entend l'instrument tout autour du musicien.. mais le son en est plus ou moins altéré.

Pour les instruments à trous latéraux, le problème se complique encore. En effet, chaque trou ouvert est une source de rayonnement. Il est donc évident que le champ sonore de ces instruments se modifie continuellement lors du jeu normal, puisqu'on ouvre et ferme sans cesse les trous.

Ces quelques observations suffisent pour mettre en garde contre certaines vues simplistes que l'on pourrait avoir à partir d'expériences de laboratoires. Encore faut-il prendre en compte de nombreuses autres variables dans la réalité. Ainsi, par exemple, les musiciens, placés en un point donné, ne restent pas immobiles lors du jeu : ils modifient constamment la direction de leur instrument pour des raisons variées, ne serait-ce qu'aléatoires. D'autre part, la présence d'un mur, d'un ensemble de murs, d'un plafond, une salle change tout, car ces divers obstacles renvoient les "rayons sonores" de façon compliquée et variable, ce qui modifie plus ou moins profondément le champ acoustique normal d'un instrument tel qu'on pourrait se l'imaginer à partir de recherches faites en salle sourde. De plus, pour l'étude, en salle sourde on se contente généralement de relever la directionnalité dans le plan horizontal puis dans le plan vertical. Mais ces deux plans sont insuffisants pour appréhender le rayonnement spatial d'un instrument, qui représente en fait des volumes "gigogne" enveloppés les uns les autres et dont il est difficile de donner une représentation graphique volumique ....

Le problème se complique encore lorsque plusieurs musiciens jouent ensemble; car ils se font mutuellement des "ombres acoustiques", et leurs champs sonores respectifs réagissent encore, de surcroît, les uns sur les autres !

Définir avec précision un champ sonore d'un instrument en jeu normal est pratiquement impossible. Et, pour achever ce tableau pessimiste, signalons encore que le chef d'orchestre est sensé régler un certain champ acoustique susceptible de satisfaire des auditeurs placés dans une salle, c'est-à-dire en des points où l'image acoustique est nécessairement différente de celle que perçoit le chef d'orchestre.. Celui-ci a d'ailleurs, une impression de "relief" très particulière, les musiciens étant disposés en demi-cercle autour de lui. Son oreille gauche ne perçoit évidemment pas du tout la même chose que son oreille droite de ce fait; alors que l'audi-

teur, placé au loin, entend un son global beaucoup plus homogène pour ses deux oreilles...

Bref, le problème posé par la directionnalité des instruments et la disposition des musiciens à l'orchestre est un problème compliqué, impliquant les interactions réciproques de nombreuses variables. Lorsqu'un chef d'orchestre règle la disposition de ses musiciens et le champ sonore, il réalise en fait un compromis difficile; pour atteindre un optimum, il lui faut beaucoup de "métier", une longue connaissance de la salle etc.. S'il réussit à produire un champ acoustique apprécié comme "bon", c'est le résultat de toute une série d'opérations relevant de l'informatique cérébrale, dont on commence seulement à supputer les mécanismes, et dont on est actuellement fort loin de posséder les données qui permettraient de résoudre le problème à l'aide d'ordinateurs. Le pouvoir directionnel des instruments est cependant une des données importantes du problème. Si la précision des mesures que l'on est amené à faire en chambre sourde est bien illusoire en ce domaine, des travaux comme ceux de Jürgen MEYER permettent cependant de dégager quelques idées claires sur l'allure des phénomènes en cause, d'autant plus que ce chercheur fait des efforts pour raccorder ses recherches avec la réalité musicale, en salle de concert. En particulier, grâce à la collaboration d'un jeune chef d'orchestre de talent, Héribert MESSER, il a pu réaliser un certain nombre d'expérience dans la salle de musique de BRAUNSCHWEIG, dont certaines sont très démonstratives, comme on a pu en juger à l'écoute des échantillons sonores que nous a présentés Jürgen MEYER à l'occasion de son exposé que nous allons à présent tenter de résumer au mieux.

#### EXPOSE de Jürgen MEYER

### SUR LA DISPOSITION DE L'ORCHESTRE EN FONCTION DE LA DIRECTIONNALITE DES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

traduit et résumé per E. LEIPP

Les recherches que nous avons développées à BRAUNSCHWEIG sur la directionnalité des instruments de musique : cordes, bois et cuivres se poursuivent depuis de longues années. Elles furent d'abord faites exclusivement au laboratoire, en salle sourde, avec des méthodes dont j'ai déjà parlé lors de la réunion du GAM, en 1967. A présent, nous sommes passés du laboratoire à la salle de concert, celle de BRAUNSCHWEIG en particulier, où j'ai pu faire de nombreuses expériences grâce à la collaboration de notre chef d'orchestre, Heribert ESSER, dont la réputation est internationale.

Parmi les "cuivres", la trompette représente le cas le plus simple de directionnalité et qui est particulièrement intéressant à étudier. Nos mesures du champ acoustique sont réalisées de la façon suivante au laboratoire. Le but est de relever, tout autour de l'instrument, dans le sens horizontal ou vertical, les points où l'intensité du son a baissé de 3 et de 10 décibels. La chute de trois décibels correspond à une diminution de moitié de l'énergie du son; la chute de 10 dB correspond à une diminution de moitié de l'intensité perçue à l'oreille. Pour l'expérimentation, on dispose l'instrument dans la position voulue sur une table tournante et on l'excite avec une bouche artificielle. Un filtre sélectionne dans le son rayonné telle ou telle bande (par tiers d'octave), autour de fréquences de repère. On obtient ainsi des relevés significatifs de la directionnalité de l'instrument (fig.1). Les fréquences sont en abscisse, les angles en ordonnée. Ces angles représentent les diverses directions autour de l'instrument supposé fixe, lorsqu'on tourne autour, dans le sens des aiguilles d'une montre.

La figure 1a donne ainsi le pouvoir directionnel d'une trompette en fonc-

...../



tion de la fréquence, pour une chute de 3 et 10 dB respectivement. Le dépouillement de ce document montre, que le champ ne décroît pas en fonction simple de la fréquence. L'allure est nette : à 500 Hz par exemple, le son "entoure" complètement l'instrument, de façon quasi sphérique; mais l'angle du champ se rétrécit au fur et à mesure que la fréquence monte à 10 000 Hz, l'angle n'est plus que de quelque 30° (pour 3 dB) et 60° pour 10 dB. Il existe des anomalies, dues aux particularités de rayonnement à la sortie d'un pavillon de trompette, où le "front" de l'onde n'est pas plan en toute rigueur pour les basses fréquences, et présente des anomalies de courbure à certaines fréquences discrètes, ce qui explique les irrégularités observées sur les courbes.

La comparaison avec le trombone (Fig. 1b) est éloquent. Le trombone est pratiquement une octave en dessous de la trompette du point de vue tessiture; mais le diagramme est à peine décalé vers la gauche (une tierce). Ceci montre que, pour les deux instruments, les champs angulaires ne sont pas directement proportionnels à la fréquence rayonnée. Cela vient en partie de ce qu'il n'y a pas similitude de forme entre le tuyau et le pavillon de la trompette et du trombone.

Ce diagramme est intéressant, mais pas très "parlant"; c'est pourquoi on a réalisé des diagrammes polaires, en définissant les angles dans lesquels, telle ou telle fréquence est rayonnée de façon plus intense. Ici, les limites du champ correspondent à une chute de 3 dB. Cela ne veut pas dire qu'on n'entend plus rien en dehors des zones indiquées ici. Voici, fig. 2a, le cas de la trompette (champ vertical). On vérifie qu'aux basses fréquences (650 Hz) le champ est assez ouvert. A 800 Hz, le champ s'ouvre, puis, à partir de 1000 Hz il se referme graduellement pour atteindre, autour de 4-15000 Hz, un angle assez étroit (environ 30°) Pour un auditeur placé dans la direction des hautes fréquences, le son a beaucoup plus de "brillant" qu'ailleurs. D'autre part, il est clair que s'il existe un plafond, le "grave" se réfléchit vers les auditeurs contrairement à l'aigu. Par contre, un mur latéral peut renvoyer les fréquences aiguës si la trompette est dirigée vers la paroi; pour l'auditeur placé dans la zone de réflexion de ce "faisceau aigu", la brillance du son en est fortement augmentée. Le timbre varie donc avec la place de l'auditeur.

Très généralement, pour définir les caractéristiques auditives de timbre des instruments, nous avons pris l'habitude à BRAUNSCHWEIG, de le décrire à partir de "formants", par analogie avec la voix humaine. On sait que les voyelles comportent des zones de fréquence préférentielles qui varient selon la voyelle considérée, et que l'on appelle formants. Ainsi, le son "ou" présente un formant grave, autour de 200-300 Hz; le son "o" comporte un formant autour de 400-600 Hz; le son "a", près de 1000 Hz. Lorsqu'il existe une zone préférentielle autour de 1500 Hz, le son devient nasal. Ainsi, nous dirons que le cor, avec un formant à 300 Hz sonne en "ou"; du moins chez nous en Allemagne car en France, on recherche une sonorité plus claire, se rapprochant de la sonorité du "a" avec un formant à 400 Hz. etc...

Il faut insister ici sur le rôle des cloisons. Dans le cas de la trompette, il est clair que les cloisons situées derrière le musicien jouent un rôle négligeable, car l'essentiel de l'énergie est rayonné vers l'avant. Avec le trombone (fig. 2b), tout est décalé vers le grave et le champ de cet instrument est beaucoup plus large. La cloison intervient donc plus pour le trombone. Selon la place de l'auditeur, par rapport aux cloisons "arrière", le son est plus ou moins brillant. On notera que le "brillant" peut devenir de la "dureté"; cela dépend de la distance de l'auditeur et aussi de son oreille individuelle. Il n'y a pas d'absolu en ce domaine qui relève de l'esthétique. Citons le cas de tel chef d'orchestre anglais célèbre, Sir Adrian BOLT, qui disposait ses trombones latéralement; la sonorité des trombones était ainsi passablement atténuée pour l'auditeur placé dans la salle.

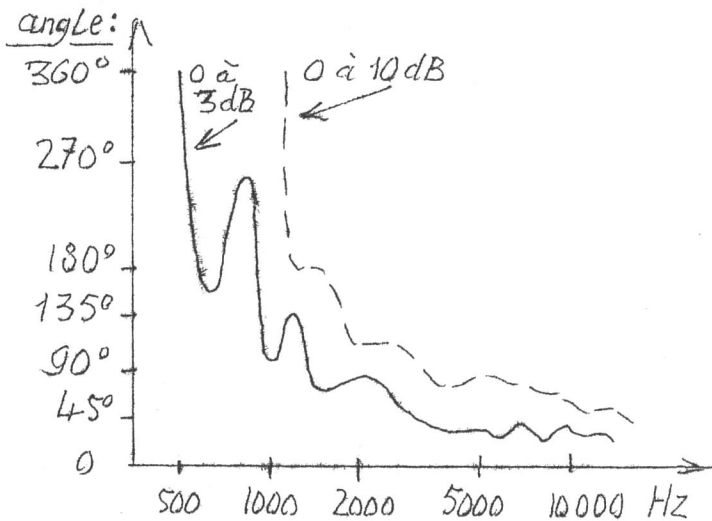
Relativement aux cloisons "arrière", le cas du cor est très particulier. D'abord, le tuyau est enroulé, et on conçoit intuitivement que le rayonnement doit en subir des conséquences. Ensuite, le musicien tient son instrument très près de son corps, et celui-ci fait alors une ombre très importante au champ. Enfin le musicien met sa main dans le pavillon, ce qui modifie bien entendu complètement le

...../



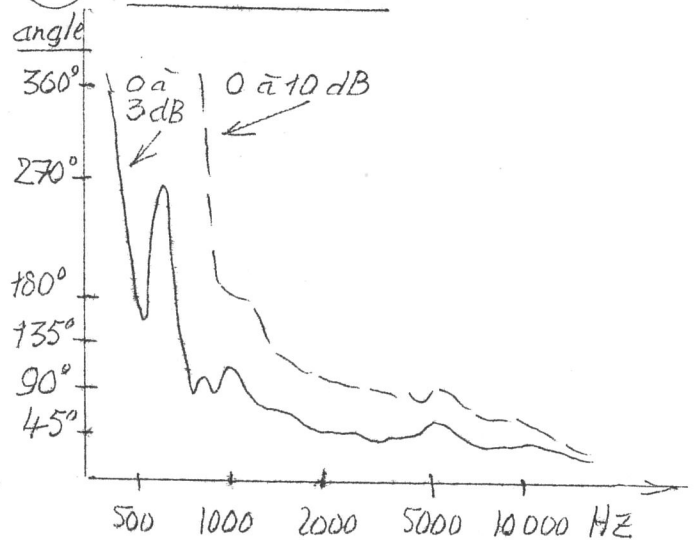
1a

# TROMPETTE



1b

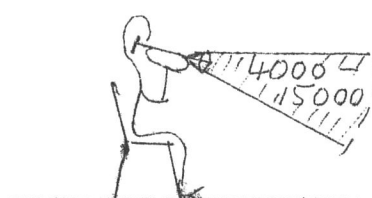
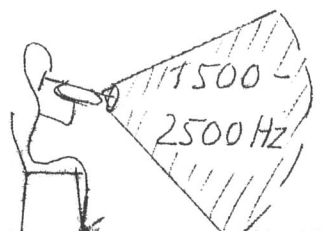
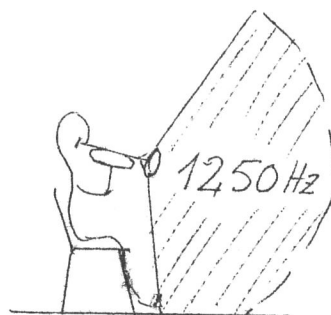
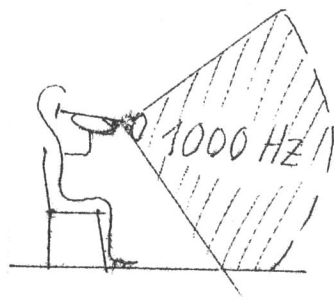
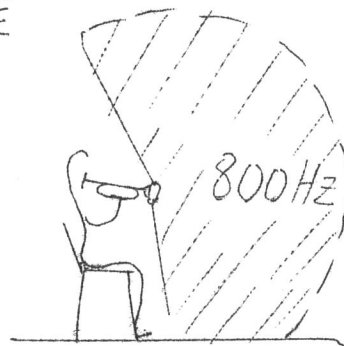
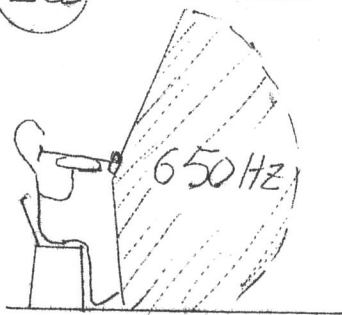
# TROMBONE



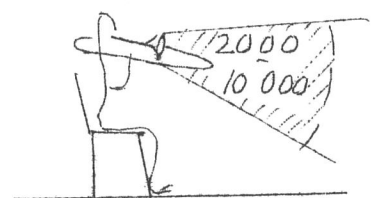
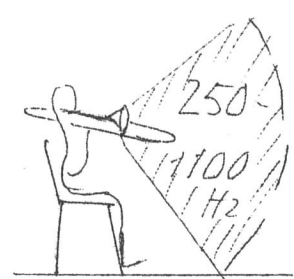
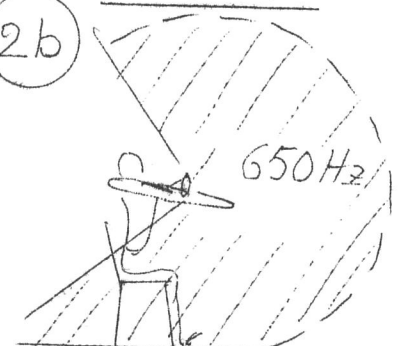
ANGLES de RAYONNEMENT en Fonction de la Fréquence :

Les "champs angulaires" se réduisent avec la Fréquence.  
Pour le trombone, les champs sont plus larges que  
que pour la Trompette. Les Figures ci-dessous montrent  
la même chose en utilisant des diagrammes polaires,  
plus "parlants".

2a Champ vertical: TROMPETTE



2b TROMBONE

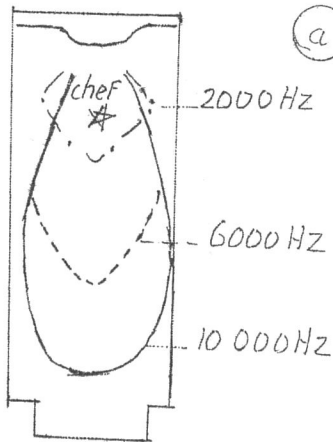


L'intensité "chute" de moins de 3dB à l'intérieur des champs.



COURBES D'EGAL NIVEAU à diverses Fréquences  
entre SON DIRECT et SON RÉVÉRBÉRÉ :

Fig 3a



(a) MUSIKVEREINSAL de VIENNE

La courbe de 6000 Hz signifie la limite où, pour cette fréquence, l'intensité du son direct est égale à celle du son réverbéré. Pour le MUSIKVEREINSAL, la quasi totalité des places perçoit plus de son direct. C'est l'inverse pour les places latérales de la STADTHALLE.

Fig 3b

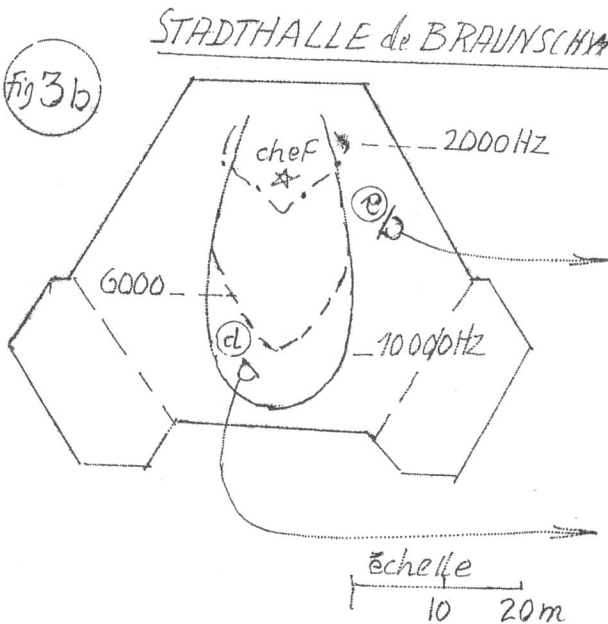
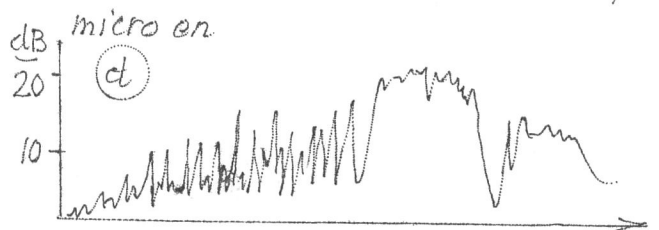
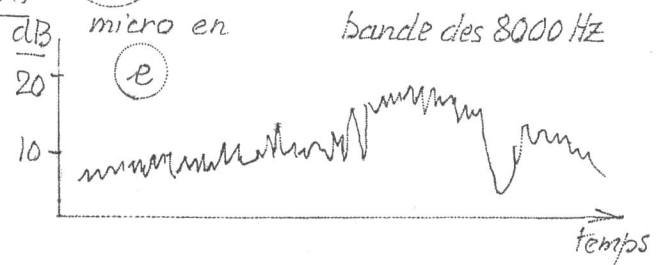


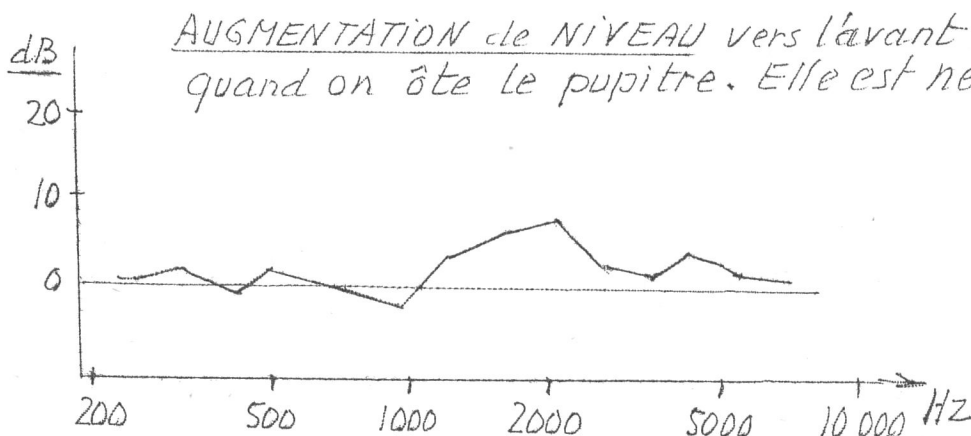
Fig 3c



STACCATO de TROMPETTE (8000 Hz)  
(9<sup>e</sup> symphonie de BRUCKNER)

A l'emplacement (e), les notes de trompettes émergent à peine;  
en (d), c'est le contraire....

Fig 3d



COURBES D'ÉGALITÉ DE NIVEAU À DIFFÉRENTES FRÉQUENCES  
DU SON DIRECT À 20 M DE L'ÉCRAN :

MUSIKERENSGAL DE VIENNE

La courbe de 6000 Hz est la limite  
 du son direct est égale à celle du  
 du son réfléchi. Pour le MUSIK-  
 VERTICAL, la zone d'écoute des  
 places devant l'écran son direct est  
 l'inverse pour les places latérales de la  
 STADTHALLE.

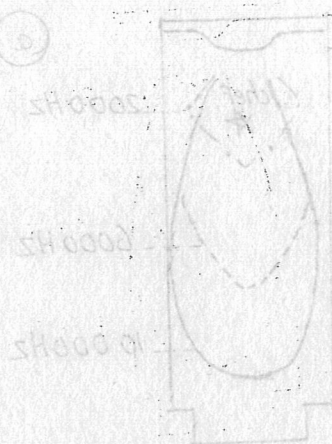


Fig 2a

STADTHALLE DE BRUXELLES

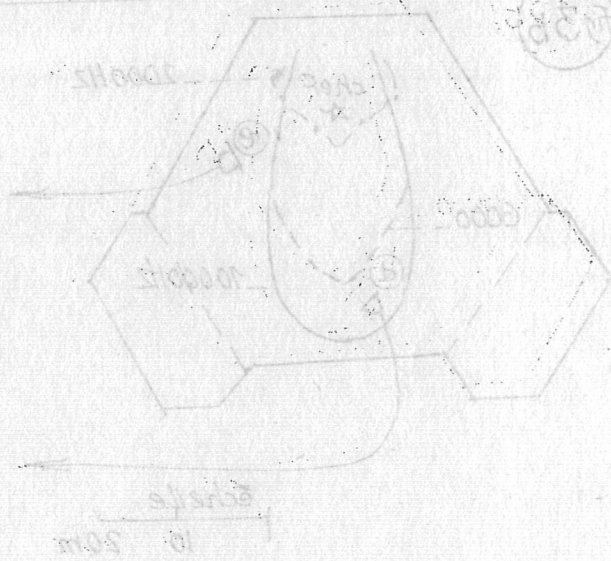
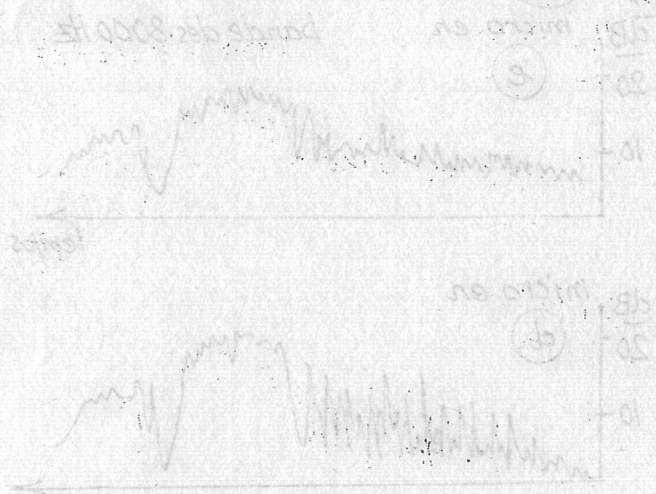


Fig 2b

STADTHALLE DE BRUXELLES (1000 Hz)  
 1<sup>re</sup> symphonie de BRUCKNER  
 A l'élévation (a), le son est  
 émis par l'ensemble d'instruments  
 et (b), c'est le contraire...

AUGMENTATION DE NIVEAU VERS L'AVANT D'UNE PROSCÈNE  
 quand on ôte le public. Elle est nettement...

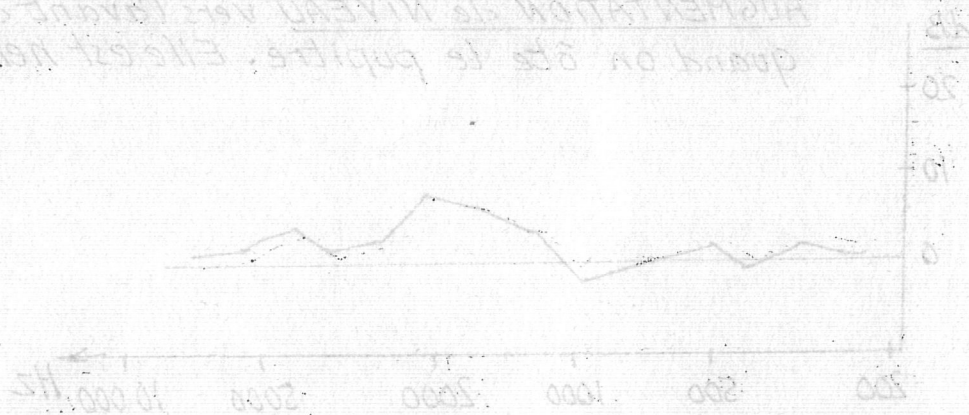


Fig 2c



champ acoustique. Contrairement à la trompette, le champ, et en particulier la partie aigüe des spectres, est rayonnée vers l'arrière... Pour cet instrument, les murs placés à l'arrière du musicien ou latéralement, jouent donc un rôle beaucoup plus important que pour la trompette ou le trombone. Les solistes habiles savent très bien exploiter cette particularité : lorsqu'ils veulent jouer des passages "percuteurs" simulant par exemple les sonneries des trompes de chasse, ils se tournent de manière à orienter au mieux leur pavillon vers la salle. Lorsqu'ils veulent adoucir leurs sons, ils font le contraire. Parfois, comme chez MALER, les cors jouent en dirigeant le pavillon vers le plafond; la sonorité est alors tout autre, d'autant plus qu'on ne peut plus mettre la main dans le pavillon dans ces conditions....

Nous avons fait de ce point de vue une expérimentation systématique en salle sourde. On fait jouer un cor, et on dispose derrière lui, à 1,50 m environ, une cloison carrée de bois (épaisseur 3cm, côté 2,50 m). On fait les relevés corrélatifs du champ acoustique : cloison placée en arrière, puis enlevée. Les résultats sont nets : dans l'aigu, autour de 2000 Hz, on gagne quelque 15 dB lorsque la cloison est placée au bon endroit. On vérifie que le gain est pratiquement nul, dans les mêmes conditions, lorsqu'on utilise une trompette, une clarinette ou un haut-bois. Avec ce dernier instrument, le musicien fait une "ombre" avec son corps, ce qui fait tomber l'intensité vers l'arrière de quelque 15 dB... Entre le cor et le haut-bois, il se produit donc vers l'arrière des musiciens un déséquilibre de près de 30 dB dans la partie aigüe des spectres, ceci montre qu'une salle en rond est mal adaptée à la musique classique.

Si nous passons de la chambre sourde dans la salle, tout va se compliquer singulièrement ! Ici, les réflexions par les parois se traduisent par une "réverbération", caractéristique pour chaque salle. Cette réverbération détermine une espèce de "brouillard", de "halo" sonore, qui enrobe plus ou moins la musique et dont les effets peuvent être favorables ou non. Favorables lorsque la réverbération est faible et atténue ainsi les petits défauts d'exécutions; défavorable lorsqu'à la limite toute la musique dégénère en magma sonore inintelligible où tout se brouille. En tout cas, il faut connaître cette réverbération si l'on se propose de faire des études en salle de concert. En Allemagne, l'habitude s'est prise de définir, pour chaque salle, une ligne de séparation fictive appelée "Hallradius", mot qui n'a pas d'équivalent en France, mais qu'on pourrait traduire par "ligne d'équilibre entre son direct et son réverbéré".

Voilà de quoi il s'agit. Dans un espace indéfini, où il n'existe ni murs, ni plafond, ni sol, on ne perçoit que le son direct. Celui-ci s'atténue avec la distance selon des lois bien connues. Dans une salle, une partie du son est renvoyée vers l'oreille de l'auditeur normal par les murs et plafonds. Lorsqu'on est tout près du musicien, le son direct est évidemment le plus intense, et le rôle de la réverbération est très faible. Mais au fond de la salle, le son direct a perdu beaucoup de son intensité et, par contre, le son réfléchi devient prédominant. Il est bien évident qu'entre ces deux positions limites se trouve une ligne où le son direct a exactement la même intensité que le son réfléchi. C'est l'ensemble des points de cette ligne qui détermine le "hallradius" c'est-à-dire la ligne d'équilibre entre son direct et réfléchi.

Cette ligne joue évidemment un rôle important pour définir la qualité des places d'une salle, - en admettant que les places mauvaises sont celles où le son direct est trop faible. De ce point de vue il est très intéressant de comparer deux salles de musique différentes. C'est ce que nous avons fait (fig.3).

C'est d'une par le "MUSIKVEREINSAAL" (fig.3a) de Vienne et la "STADTHALLE" de BRAUNSCHWEIG (fig.3b). Les deux salles ont à peu près le même volume (15 000 m<sup>3</sup>), et comportent 2 000 places. Mais le MUSIKVEREINSAAL a une hauteur de 18 m alors que la STADTHALLE avec 12 ou 13 mètres de haut, est évidemment plus étalée, puisque le volume est le même.

On vérifie alors que dans la MUSIKVEREINSAAL le "hallradius" s'incorpore très bien dans la salle : tous les auditeurs ont une grande partie de son direct, et les trompettes entre autres "sonnent" alors pour tous de façon très percutante, avec des attaques très franches. Par contre, la salle de BRAUNSCHWEIG, avec son étalement latéral, possède beaucoup de places où le son direct est plus faible que le son réverbéré, et en particulier dans ces "loges" latérales (Empore), surélevées à mi-hauteur du plafond, où sont placés très en retrait, plus de 200 auditeurs. Pour certaines oeuvres, où la netteté de jeu des trompettes joue un rôle important, il est évident qu'une telle salle n'est pas idéale. Je vais vous faire écouter un extrait de la 9<sup>e</sup> symphonie de BRUCKNER, où le son a été pris simultanément près du chef d'orchestre (c) et en deux points de la salle au fond (d) juste en face de la scène, et latéralement (e).

- (audition successive des échantillons sonores prélevés en ces trois points). -

La différence est parfaitement claire. Le premier enregistrement montre l'image sonore désirée par le chef d'orchestre, où tout est bien homogène. Dans la place située dans l'axe de la scène, les staccato de trompette émergent beaucoup plus nettement (ce que des analyses dans la bande aigüe montrent d'ailleurs très nettement (fig.3c). Par contre, vers la place latérale, les trompettes sont fortement atténuées, alors que les trombones émergent subitement de façon éclatante. Il est bien évident que l'auditeur perçoit aux deux points considérés (d et e) des images acoustiques très différentes, que l'on peut d'ailleurs qualifier de "meilleure" ou de "moins bonne" selon les idées esthétiques que l'on peut avoir. Mais ce qui est sûr, c'est que la paroi latérale joue un rôle important pour les trombones, qui sont alors trop "amplifiés" (ainsi d'ailleurs que les timbales).

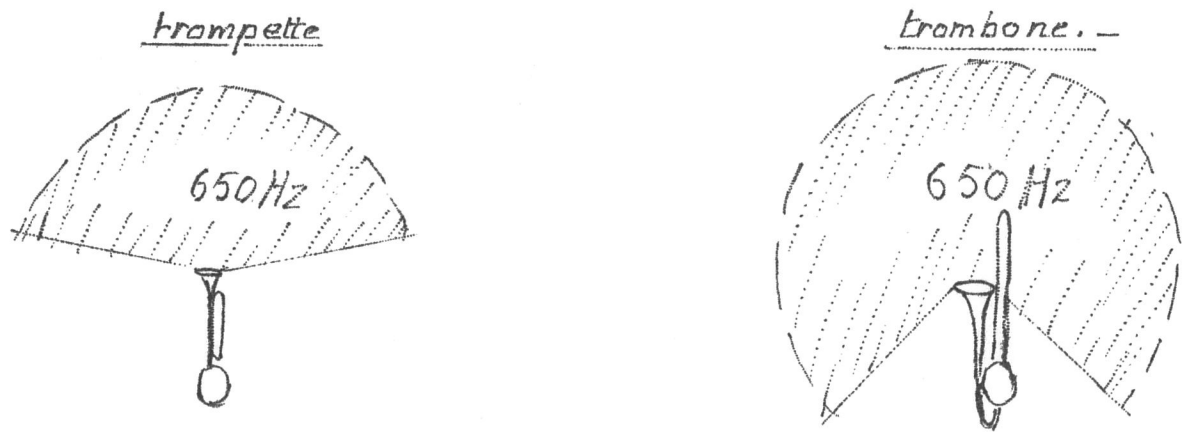
Je signale que ces enregistrements ont été faits en salle vide; mais les fauteuils et dossiers sont recouverts de velours, ce qui simule assez bien la présence des auditeurs normaux. De même nous avons fait des essais pour voir dans quelle mesure le pupitre et la partition jouait un rôle pour certains instruments comme la trompette, par exemple (fig.3d). Quand le trompettiste lève son instrument pour passer au-dessus du pupitre, on gagne près de 15 dB dans les fréquences élevées, ce qui est évident.

Si on considère successivement la disposition et l'orientation de chaque instrument, on peut évidemment tirer des conclusions assez précises à partir des enregistrements de champs sonores faits en salle sourde. Mais du point de vue du rendement acoustique des instruments sur scène, un autre problème émerge. Jusqu'ici nous n'avons considéré que le cas des instrumentistes assis sur un même plan. Or ce n'est pas nécessairement la meilleure disposition que l'on puisse adopter pour une salle donnée.

De ce point de vue, nous avons fait tout une série d'expériences à la STADTHALLE de BRAUNSCHWEIG, avec le concours de Heribert MESSER et de l'orchestre qui ont bien voulu se prêter à nos essais (fig.4).

Dans un premier cas, nous avons mis toutes les "cordes" sur le même plan, vers l'avant. Les bois et cors ont été disposés sur un deuxième plan, surélevé de 30 cm environ par rapport au plan des cordes (qui était à 1,15 m du sol). Enfin, les trompettes, trombones, batterie ont été placés sur un troisième plan encore plus élevé. Des inconvénients s'étant manifestés quant à la balance orchestrale, nous avons essayé une autre disposition. Ici les 1<sup>ers</sup> violons sont placés sur un premier plan, à 85 cm du sol, les 2<sup>es</sup> violons altos et cellos sur un autre, disposé 30 cm plus haut. Les bois sont étagés sur les deux plans suivants et enfin, viennent les trompettes; trombones et batterie, sur le 5<sup>e</sup> plan. Les contrebasses sont déplacées vers l'arrière et leur présence atténuée favorablement les cors. La balance obtenue ainsi est bien meilleure. On vérifie en effet qu'entre l'image acoustique perçue respectivement par le chef d'orchestre et les auditeurs, on conserve ainsi une similitude beaucoup plus considérable. Les mesures objectives ont en effet montré des

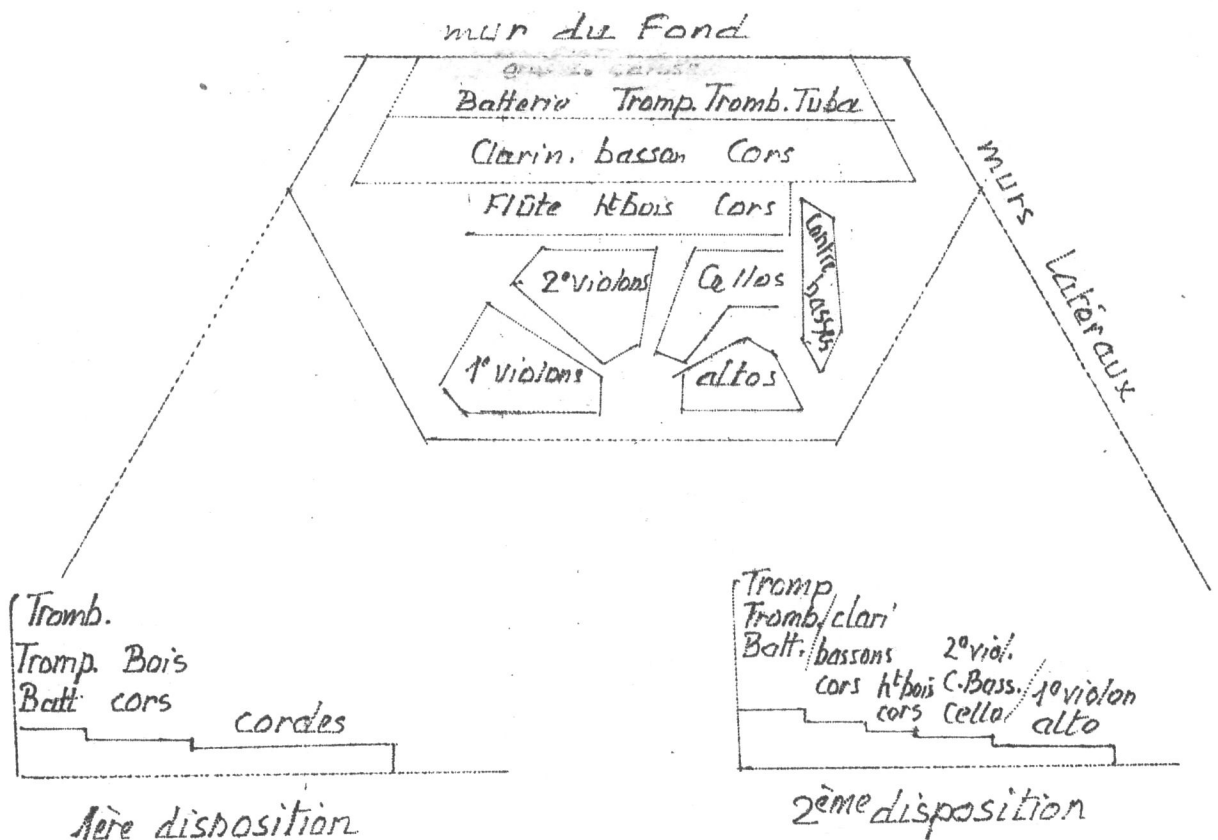
## Comparaison entre trompette et trombone sur le plan horizontal - à 650 Hz



On vérifie qu'autour de cette fréquence, le trombone rayonne dans un angle beaucoup plus ouvert que la trompette. On conçoit que le rôle des cloisons latérales et postérieures diffère notablement selon les instruments (figure ci-dessous)

## DISPOSITION des MUSICIENS à LA STADTHALLE de BRAUN SCHWEIG

fig 4



La 2<sup>e</sup> disposition s'est avérée bien plus favorable pour l'équilibre sonore de l'orchestre. Elle fut établie en collaboration avec le chef d'orchestre Heribert ESSER.



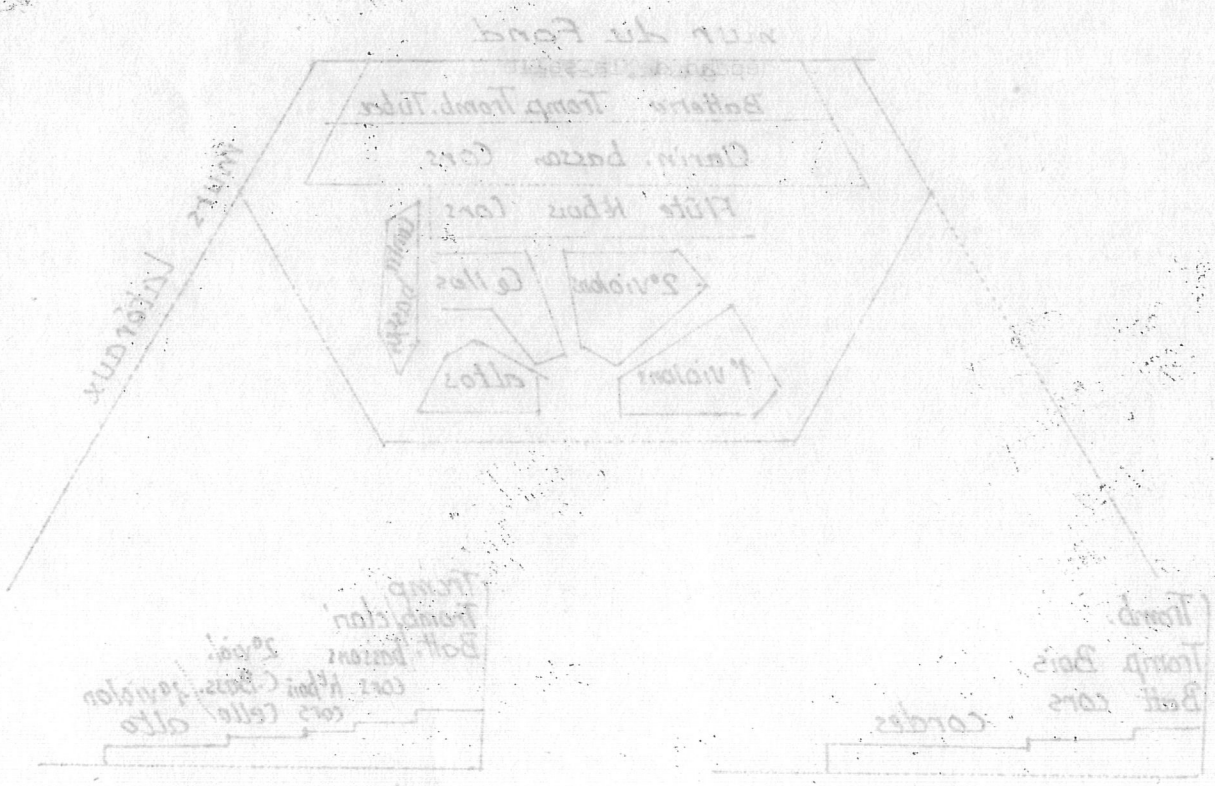
Comparaison entre trompette et trombone  
sur le plan horizontal — à 650 Hz



On vérifie qu'en tout de cette fréquence, la trombone rayonne dans un angle beaucoup plus ouvert que la trompette. On constate que la tête des colonnes latérales et postérieures diffère notablement selon les instruments (figure ci-dessous)

Disposition des musiciens à la STADTHALLE BRAUN

fig 4



1ère disposition      2ème disposition

La 2e disposition a été adoptée pour les raisons suivantes pour l'équilibre sonore de l'orchestre. Elle fut établie en collaboration avec le chef d'orchestre Herbert Esser.



écarts beaucoup plus faibles avec cette nouvelle disposition qu'avec la précédente : les violons sonnent plus clair et l'ensemble devient plus "brillant".

En résumé, ce que nous avons voulu montrer, c'est que des études systématiques sur la directionnalité des instruments de musique en salle sourde, malgré les restrictions qu'elles impliquent comparativement avec la réalité, peuvent être d'une très grande utilité quant à la réalisation de la disposition optimum des musiciens dans une salle donnée, et pour peu que le chef d'orchestre et les musiciens soient convaincus de l'intérêt de telles recherches, on réussit à cerner de façon beaucoup plus rationnelle et sûre ce difficile problème.

## DISCUSSION

Nous remercions très vivement toutes les personnes compétentes qui ont bien voulu participer à notre réunion, et en particulier plusieurs musiciens de l'OPERA, MM. FAYEULLE, THEVET, cor solo, EUSTACHE, flûte solo, DELMOTTE, trompette solo, BLANC, violon. Malheureusement en raison de la représentation de FALSTAFF le soir même, ces musiciens ont dû nous quitter avant la discussion, que nous résumons à présent au mieux.

M. FORET : Les musiciens jouent souvent sur une scène, plane qui semblerait défavorable selon vous. Aux Concerts Colonne, je vous parle d'expérience, je n'ai pas le sentiment que le fait d'être sur un plan unique était défavorable du point de vue de la qualité de la musique.

M. LEIPP : Bien sûr! tout dépend de la salle et de la disposition relative entre les musiciens : c'est chaque fois un cas particulier. D'autre part il faudrait chaque fois définir l'idéal esthétique que l'on recherche. Veut-on une musique bien enveloppée, où tout est bien fondu ? Veut-on une émergence brillante des trompettes ou des cors ? C'est une affaire de point de vue. D'ailleurs tout dépend largement de l'oeuvre interprétée : on ne dispose pas les musiciens de l'orchestre de façon identique pour Wagner ou Debussy : tout le monde le sait.

M. CALAME : Etes-vous content de la salle de Braunschweig du point de vue musical ?

J. MEYER : Oui! quoiqu'elle ne soit pas uniquement destinée à faire de la musique, elle est considérée comme bonne par la majorité des gens.

M. CALAME : Pourquoi a-t-on fait cette salle si large, puisque l'on connaît les inconvénients pour les places latérales ?

J. MEYER : Les architectes ont construit cette salle sans que nous soyons sollicités pour formuler un avis : ils ont fait ce qu'ils estimaient convenable du point de vue esthétique.

M. LEIPP : C'est, hélas, un drame courant avec lequel nous avons été confrontés nous-même pour des salles de parole. Nous avons fait une étude acoustique pour certains amphithéâtres de la Faculté des Sciences et suggéré quelques améliorations possibles; mais le mal était fait ! Pour les salles de musique, il faut bien le dire, il n'existe pas de doctrine suffisante : l'acoustique des salles reste un domaine très mal étudié et si l'on veut faire une bonne salle de musique, il faut aussi savoir ce qu'on veut y "rayonner", c'est-à-dire connaître les mécanismes de rayonnement des instruments de musique, la structure physique des sons musicaux rayonnés, les mécanismes de perception de la musique. On est fort loin du compte. Nous faisons bien, ici, des efforts dans ce sens, depuis 10 ans, pour combler cette lacune. L'acoustique des salles ne peut venir qu'ensuite. Nous

avons bien amorcée des études de salles depuis longtemps; en particulier j'ai fait des recherches sur l'acoustique des églises par rapport avec celle des orgues qui s'y trouvent. Une publication a été faite dans la revue "ORGUE" et cela a fait l'objet d'une communication au Congrès International d'Acoustique de Liège en 1965. D'autre part, J.S. LIENARD a entrepris des expériences sur maquette à notre laboratoire, en utilisant la méthode élaborée par SPANDOCK. Tout cela aboutira certainement à des résultats, mais c'est fort long, et il faudrait quelqu'un pour s'en occuper systématiquement.

Avec d'autres, nous avons souvent répété qu'une bonne salle de musique ne peut être un local énorme. Pour des salles de 1000 à 2000 personnes on n'a pas trop de problèmes. D'autre part il faut prévoir un plafond et des murs avec volets réglables; l'idéal serait une salle à géométrie variable; mais cela coûte cher et ne marche pas très bien !

M. FORET - Il me semble que dans toutes ces questions, le pragmatisme doit rester de rigueur. On a fait d'excellentes salles sans aucune étude systématique du point de vue acoustique, et celles où l'on a utilisé des données acoustiques (salle Pleyel, par exemple) n'ont pas toujours été des plus réussies. L'ancienne salle du Conservatoire était remarquable; elle est devenue mauvaise quand on a voulu y mettre 100 musiciens....

M. LEIPP - C'est bien le problème : il n'y a pas de salle universelle, bonne à la fois pour du quatuor ou du grand orchestre. Les anciens architectes bénéficiaient parfois d'une tradition acoustique valable; lorsque GARNIER construisit l'Opéra de Paris, il avait au préalable visité de nombreuses salles réputées bonnes et mauvaises et tiré des conclusions apparemment assez valables, car l'Opéra, malgré ses dimensions, est une bonne salle de musique. Dans les théâtres lyriques émergent d'ailleurs de nombreux problèmes supplémentaires : les musiciens placés dans une fosse ont des problèmes très différents de ceux d'une salle de concert d'orchestre !

M. DUNA - J'ai ouï dire que, à l'Exposition universelle d'OSAKA, on a construit une salle "idéale". Que faut-il penser de cette information.

M. LEIPP - Il faut penser à priori qu'il s'agit d'une affirmation assez gratuite ! Nous venons de dire qu'une salle idéale n'existait que dans la théorie. Je puis vous donner des informations précises sur cette affaire, car il s'agit certainement de la salle en forme de sphère de 30 m de diamètre, que l'Allemagne a construite pour l'Exposition Universelle d'OSAKA. Le promoteur acoustique en est Fritz WINCKEL, de Berlin, que certains d'entre vous ont déjà rencontré à l'occasion d'un GAM (n° 11, Avril 1965) où précisément il avait abordé cette question d'acoustique des salles... Or WINCKEL nous a rendu visite au laboratoire il y a une quinzaine de jours et nous avons longuement parlé de cette affaire. Cette salle d'OSAKA est en fait une sphère destinée à "contenir" de la musique électronique expérimentale. Dès le départ, le problème n'a plus rien de commun avec celui que nous avons abordé ici. En effet, il s'agissait de disposer quelque 300 haut-parleurs sur toute la surface interne de la sphère, et d'y envoyer des signaux variés d'une musique "spatiale" où l'on peut faire sortir à loisir n'importe quoi de n'importe quel haut-parleur à un instant donné grâce, soit à un programme, soit à une petite "maquette" de la salle, où le musicien peut régler avec ses mains le champ sonore de cette "boule sonore" avec laquelle il peut "jouer" comme on joue d'un instrument de musique. Le problème acoustique était simple : pour éviter les focalisations et les interférences des parois, réflexions etc.. tout a été recouvert de matériau absorbant. L'expérience est certainement très intéressante, et on peut y "penser" une musique électronique particulière, bien adaptée à la fois aux besoins d'une exposition universelle et à certains types de compositions musicales modernes. Mais il est bien évident que pour un orchestre classique, avec des instruments traditionnels, sans amplification électronique, la salle représente une vraie "chambre sourde". Elle est, donc probablement très peu favorable à la musique traditionnelle, où une certaine réverbération est absolument nécessaire pour satisfaire nos habitudes auditives occidentales ....

...../

M. GUILBERT - Xénakis a écrit des oeuvres musicales destinées à une architecture particulière qu'il a imaginée lui-même, puisqu'il est architecte ! C'est évidemment l'idéal.... mais que ne peut se permettre tout le monde !

M. LEIPP - Bien sûr. De tels essais sont toujours intéressants. Mais j'insiste encore : la musique électronique pose des problèmes très particuliers qui sortent de notre sujet, mais que nous espérons bien aborder quelque jour. Le cahier de charge d'une salle pour musique électronique n'a pas grand chose à voir avec celui d'une salle de musique classique. Aujourd'hui je voudrais encore remercier Jürgen MEYER de nous avoir apporté le résultat de ses expériences. S'il n'a pas vidé la question de l'acoustique des salles et de la disposition de l'orchestre, du moins avons-nous à présent une idée claire des innombrables difficultés que la disposition de l'orchestre soulève chaque fois pour le chef d'orchestre, dont le rôle est d'autant plus ingrat que la salle est plus mal conçue. Le pouvoir directionnel des instruments est l'une des variables, parmi les plus importantes d'un problème, dont la solution suppose encore de longues et patientes recherches avant que l'acousticien ne soit en mesure de le trancher de façon satisfaisante, avant que l'acousticien ne puisse nous proposer un projet acoustique d'une salle de musique idéale !

E. LEIPP

PARIS, le 23 Mai 1970



particuliers qu'il s'imagines lui-même, puisqu'il est architecte ! C'est évidem-  
ment l'idéal...., mais que ne peut se permettre tout le monde !

LEIPP - Bien sûr. De tels essais sont toujours intéressants. Mais l'instinct en-  
core : la musique électronique pose des problèmes très particuliers qui exigent  
de notre sujet, mais que nous espérons bien aborder quelque jour. Le centre de  
charge d'une salle pour musique électronique n'a pas grand chose à voir avec  
celui d'une salle de musique classique. Aujourd'hui je voudrais encore remonter  
Jürgen MEYER de nous avoir apporté le résultat de ses expériences. S'il n'a pas  
vécu la question de l'acoustique des salles et de la disposition de l'orchestre,  
au moins avons-nous à présent une idée claire des anomalies difficiles que  
la disposition de l'orchestre souleve chaque fois pour le chef d'orchestre, dont  
le rôle est d'autant plus ingrat que la salle est plus mal conçue. Le pouvoir  
directionnel des instruments est l'une des variables, parmi les plus impor-  
tantes d'un problème, dont la solution suppose encore de longues et patientes recher-  
ches avant que l'acousticien ne soit en mesure de se frayer de façon satisfai-  
sante, avant que l'acousticien ne puisse nous proposer un projet acoustique  
d'une salle de musique idéale !

E. LEIPP

PARIS, le 23 Mai 1970