

# REUNION SUR LE DIAPASON

ORGANISEE AU LABORATOIRE D'ACOUSTIQUE PAR

RAYMOND LYON

EN COLLABORATION AVEC LE COMITÉ NATIONAL DE LA MUSIQUE

SOUS LA PRÉSIDENCE DE

HENRI SAUGUET



INTRODUCTION DE FRANCOIS AGOSTINI

EXPOSÉ PAR EMILE LEIPP  
TOUR D'HORIZON  
SUR LE DIAPASON

MARS 1970

N°47

# GAM

BULLETIN DU GROUPE d'ACOUSTIQUE MUSICALE  
FACULTÉ DES SCIENCES - PLACE JUSSIEU - TOUR 66. PARIS 5<sup>e</sup>

G. A. M.  
GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE  
Laboratoire d'Acoustique  
Faculté des Sciences  
Place Jussieu Tour 66. 5<sup>e</sup> étage  
Adresse postale : 9 Quai St Bernard

Paris, le 5 Avril 1970

BULLETIN N° 47

TOUR D'HORIZON SUR LE PROBLEME DU DIAPASON

Réunion du 14 Mars 1970

organisée en collaboration avec le COMITE NATIONAL  
DE LA MUSIQUE

sous la Présidence de Henri SAUGUET  
sous l'impulsion de M.R. LYON

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président du GAM ainsi que M. GAUTHIER, Vice Doyen de la Faculté des Sciences n'ont pu être des nôtres, en raison d'obligations universitaires.

Etaient présents :

M. Henri SAUGUET, président du Comité National de la Musique;  
M. Raymond LYON; M. F. AGOSTINI, Directeur à l'Opéra de Paris;  
M. LEIPP, Secrétaire général du G.A.M.;  
Melle CASTELLENGO, Secrétaire.

Puis, par ordre d'arrivée :

Mme A. de BOISSIEU (CNRS); M. Marjonovic MILORAD, Radiotélévision de Belgrade;  
M. FAYEULLE, Chef de la Fanfare de l'Opéra; M. L. AMION, Président des Activités musicales; M. BARREAUD (Secrétaire général APEMU); M. LEVALLOIS (APEMU); Melle COURTIN, (Inspectrice Générale); M. DANION (Facteur d'orgues - Ets BONZALES); M. LEGUY (Etudiant Télécomm); M. ALLUSON (Service de la Musique); M. CHESNAIS (Secrétaire Général Fédération Nationale de la musique); M. A. MASSIS (Inspecteur Général de la musique); M. AMELLER (compositeur); M. LEBOEUF (Professeur E.M.); M. BURGAUD; M. BOISSEAU (Facteur d'Orgues à Poitiers); Mme STRAUS (Professeur Lycée La Fontaine); M. BASS (Professeur de Musique); M. THEVET (Cor Solo à l'Opéra de Paris); M. S. DUNA (Traducteur, Revues musicales); M. A. TAMBA (Compositeur); M. J.J. BERNARD (Maitre de Conférence Faculté des Sciences de Caen); M. BERGMANS (SFA); Mme NYEKI (Phonothèque Nationale); Mme BOREL MAISONNY (Orthophoniste); M. R. LE ROY (Professeur au Conservatoire de Musique); Dr DORGEUILLE; M. LOUVET (S.A.); M. BOYADJIAN (Professeur de Musique); M. J.O. FAYEULLE, Biologiste), Melle DINVILLE (Orthophoniste);

Excusés : M. ISOIR; M. MALERNE; Mme M.J. CHAUVIN; Melle S. CORBIN; M. JOUHANNEAU; M. MIHALO-VICI; M. SEMLER-COLLERY; Melle NOUFFLARD; M. CONDAMINES; Dr TOMATIS; M. A. VERCHALY; M.G. AURIC; Mme ARBEAU-BONNEFOY; M. MURGIER; M. A. THIRIET; Abbé Georges BEYRON; M. LEHMANN; M. GARDERET; M. RANNON; M. A. MALRAUX; M. J. DEWEVRE; Dr CLAVIE; M. CLIDIM; M. R. FERNAY; M. BLADIER; M. FRANCOIS; M. J. FRANCAIX; M. P. DEVAUX; M. R. LOUCHEUR; M. JACQUILLAT; M. A. MARCHAL; M. L. HAUTECOEUR; Mme B. LEDUC; M. P. AUCLERT; M. RAMPAL; M. FEDOROV; Mme N. CARON; M. Cl. GIRARD LEDUC; M. E. COSTERE; M. GILOTAUX; M. SELMER; Dr POUBLAN; M. DUBUC

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.

# PRESENTATION DE LA RÉUNION SUR LE DIAPASON

Par Henri SAUGUET

Nous sommes réunis pour parler du diapason; mais, au fond, nous sommes en droit de nous demander si nous ne sommes pas à Byzance ! ... En effet, une grande partie de la musique qui s'écrit de nos jours a résolument décidé de se passer du diapason. Mais la musique est une chose vivante : que ce soit du Monteverdi, du Debussy ou du Stravinsky, du Mozart ou du Beethoven, nous la recevons à notre époque. On pourrait donc considérer que cet espèce d'étalon-or que représente le diapason, est en même temps le pouls de la sensibilité de notre temps, et c'est pour le sonder que nous sommes ici. Les personnes qui vont vous en entretenir sont M. AGOSTINI et M. LEIPP.

C'est d'abord M. AGOSTINI que les musiciens connaissent bien et depuis longtemps, pour avoir fondé en 1934 l'Anthologie sonore qui fut la première édition de disques des chefs d'oeuvres de la musique occidentale depuis l'an 1000 jusqu'à Mozart. En 1949, M. AGOSTINI devint directeur artistique chez Pathé Marconi, et on connaît les grands enregistrements qu'on lui doit. Entre 1954 et 1959, il fut Directeur à l'Opéra Comique; nous savons tous la vie qu'il a donnée à ce théâtre. M. AGOSTINI fut appelé comme Directeur à l'Opéra en 1959, et Georges AURIC lui confia le soin de doter l'Opéra d'un diapason, celui dont on va parler tout à l'heure.

M. LEIPP a soutenu en Sorbonne une thèse de doctorat de Sciences sur les instruments à cordes frottées. Il est chef du Laboratoire d'acoustique de la Faculté des Sciences de Paris et maître de recherches au Centre National de la Recherche Scientifique, chargé de cours au Conservatoire National de Musique de Paris et membre de la Commission des orgues, aux Monuments historiques. Il fut aussi violoniste et luthier... donc praticien de la musique, ce qui est important ici.

Sa collaboratrice, Melle CASTELLENGO, est professeur d'Etat de Musique, titulaire d'un certificat de musicologie et de deux certificats de psycho-physiologie. Elle est pianiste et prépare une thèse sur les tuyaux sonores.

Ces personnes vont vous exposer les conditions et résultats de leurs recherches, et vous dire comment elles sont parvenues à élaborer le diapason électronique DIAVAR, qui, je l'espère, permettra de trancher maint différend. Je donne donc la parole d'abord à M. AGOSTINI.

## INTRODUCTION

par M. AGOSTINI

La question du diapason préoccupe les hommes, depuis le commencement de l'ère polyphonique. Si les variations et les controverses ont duré si longtemps, c'est d'abord parce que l'esprit de coopération et d'entente entre villes et entre pays est une notion récente.

C'est ensuite parce que les moyens techniques de mesurer la hauteur des sons et de constater leurs fluctuations ont manqué jusqu'au siècle dernier.

C'est enfin parce que pendant longtemps et même de nos jours encore, on a voulu résoudre le problème sur le plan théorique, alors qu'il s'agit d'étudier un fait musical, dans la réalité de son exécution.

Depuis 1934, mes activités artistiques m'ont contraint, en premier lieu, à me documenter sur l'accord des instruments, en remontant dans le temps aussi loin que possible. En effet, lorsqu'on doit enregistrer harpe médiévale, rebec, flûte à bec, vièle à

...../

archet, viole, clavecin virginal, clavicorde ou cornet à bouquin, il faut s'efforcer de connaître puis de respecter la tessiture originale de ces instruments. J'ai eu la grande chance de bénéficier, pendant plusieurs années, de l'éminente collaboration du professeur Curt Sachs qui a été l'un des musicologues les plus érudits et les plus intuitifs de sa génération.

Les travaux entrepris ont permis d'acquérir quelques connaissances... ainsi qu'une grande modestie. Car si l'on peut recueillir certaines données touchant l'accord des instruments d'autrefois, il faudrait être bien présomptueux pour affirmer qu'au temps de Josquin des Prés, de Marc Antoine Charpentier ou même de Mozart le  $1a^3$  comprenait exactement X vibrations doubles par seconde. En réalité, l'incertitude à ce sujet est certaine et l'on est souvent réduit aux conjectures. Ce qui permet d'apprécier à sa juste valeur la précision scientifique des analyses musicales modernes.

J'ai constaté d'autre part, au cours de ma carrière, une série de faits précis tels les fluctuations, suivant les circonstances d'exécution, d'une note prise comme base d'accord.

Je citerai, à titre d'exemple, un enregistrement qu'il me fallait réaliser en deux journées consécutives. La première séance fut excellente. Mais nous étions encore dans la période de pénurie causée par la dernière guerre et, faute de combustible, le studio ne put pas être chauffé, le lendemain. La différence de température entre les deux journées était telle qu'en dépit de l'héroïque résistance des musiciens contre le froid il fut impossible d'accorder et surtout de maintenir les instruments au diapason de la veille. Une séance ratée coûte fort cher et c'est bien souvent à ses dépens que l'on acquiert de l'expérience.

Plus tard, à l'Opéra-Comique puis à l'Opéra, j'ai dû arbitrer le conflit opposant les chanteurs aux musiciens d'orchestre. Les premiers reprochaient aux seconds, faussement d'ailleurs, de faire monter le diapason à un point tel que certains ouvrages ne pouvaient plus être chantés, en raison d'une tessiture devenue trop élevée.

Cette querelle injustifiée était alimentée par certains articles émanant de personnes sincères mais mal informées, qui accusaient sans preuves le diapason de montée constante.

Au milieu de cette confusion, on constatait qu'il n'y avait, dans les Théâtres Lyriques Nationaux, aucun diapason de référence. C'est la raison pour laquelle Georges Auric, alors administrateur, m'a chargé de doter l'Opéra d'un diapason. Mission très délicate. Heureusement, j'étais déjà en rapport et je collaborais, sur le plan pratique, avec M. LEIPP et Melle CASTELLENGO qui, dans le cadre du Laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences, étudiaient depuis de longues années le problème du diapason, sur le plan musical comme sur le plan scientifique, ce qui est l'idéal. Nos travaux furent intensifiés, nos connaissances, nos expériences et nos initiatives furent mises en commun et, avec l'accord du Syndicat des musiciens et des artistes du chant, "La damnation de Faust", à l'Opéra, et "Le barbier de Séville", à l'Opéra-Comique, furent enregistrés pendant les spectacles, d'abord en été puis en hiver. Ces enregistrements, que les chercheurs peuvent écouter au Laboratoire d'Acoustique, ont permis d'analyser dans tous leurs détails les exécutions publiques d'ouvrages lyriques c'est-à-dire de compositions réunissant tous les problèmes musicaux et vocaux.

Les constatations effectuées nous ont permis de conclure que le diapason le plus pratique et le plus exact doit tenir compte des conditions thermiques dans lesquelles une œuvre musicale est exécutée. Comme à notre connaissance, aucun diapason de ce genre n'existait, nous l'avons fait construire, suivant des données précises, pour le Théâtre National de l'Opéra.

M. LEIPP va nous en parler, après avoir fait au préalable un tour d'horizon général sur la question du diapason.

## TOUR D'HORIZON SUR LE DIAPASON

par E. LEIPP

Depuis le référendum pour l'unification du diapason organisé en 1953 par PASQUALINI, à ROME, le "diapason" n'a pas cessé de faire partie de nos préoccupations et de nos recherches, et tout spécialement depuis la création de notre Laboratoire d'Acoustique en 1963. Nous avons organisé diverses réunions sur ce thème et publié nos résultats, en particulier dans nos bulletins GAM N° 3, 36 et 40, auxquels nous renvoyons pour certains détails. Nous disposons désormais d'une somme d'informations suffisante pour proposer un tour d'horizon sur cette question, qui suscite encore trop souvent des réactions passionnelles, les affirmations s'appuyant trop souvent sur des données discutables, dont il est temps de dénoncer la nocivité. Périodiquement, en effet, paraissent des articles faisant état du scandale de la "hausse continue du diapason" et énumérant tous les soi-disants dangers qui menacent la musique de ce fait. A l'appui de ces affirmations, on apporte des "preuves", puisées, en particulier, dans la publication d'ELLIS (History of Pitch, 1885) récemment réinsérée dans la traduction anglaise de l'ouvrage de HELMHOLTZ (The sensation of Tone; Ed. DOVER, NEW-YORK, 1954). ELLIS fait état d'un nombre impressionnant de relevés de "diapasons", définis au 1/10° de Hz près, <sup>et que</sup> l'on peut classer grosso modo en cinq catégories, et sur lesquelles il convient de formuler dès le départ un certain nombre de réserves :

- 1°) On a mesuré la fréquence de diapasons à fourches ayant appartenu à des personnages plus ou moins illustres (Mozart, Haydn etc..). Or nous n'avons aucune garantie quant à l'authenticité de ces instruments, ni quant à leur état d'origine : il est absolument impossible d'affirmer que tel diapason n'a pas été retouché entre temps, soit systématiquement, soit pour en ôter de la rouille par exemple, toutes choses susceptibles de modifier largement la fréquence. Enfin, même si l'on est sûr de l'authenticité et de l'état de conservation, on ne sait pas du tout ce qu'en faisait le propriétaire. Ainsi, je possède personnellement un diapason de 432 Hz parmi mes affaires; mais cela ne veut absolument pas dire que j'accorde mon violon à cette fréquence ! D'autre part même si telle fourche historique servait effectivement à donner le diapason à un orchestre, cela ne signifie pas que l'orchestre jouait réellement à ce diapason; nous y reviendrons plus loin à propos de nos mesures à l'OPERA.
- 2°) On fait état de flûtes à bec ou de flûtes traversières historiques, conservées dans les musées par exemple, pour soutenir que le diapason avait telle valeur à telle époque, du temps de Louis XIV par exemple. Or il faut bien préciser que beaucoup de ces instruments possédaient dans leurs étuis, des corps intermédiaires de diverses longueurs, permettant de modifier le "diapason" de la flûte dans une assez large proportion; le musicien en était simplement quitte pour modifier un peu son jeu et corriger les notes douteuses aux lèvres ou par d'autres moyens : force du souffle, recouvrement de l'embouchure, recouvrement partiel des trous, fourches etc... De toutes façons on peut facilement montrer que ce type d'instruments n'était pas normalisé autrefois : on trouvait des flûtes de diapasons très divers et un cas particulier n'a donc aucune signification.
- 3°) On cite souvent le diapason d'orgues anciens. Or, qui saurait affirmer que tel orgue du 17° siècle a conservé son diapason d'origine ? On sait bien que tous les orgues ont été remaniés, restaurés, recoupés, ramenés au ton à plusieurs reprises au cours de leur existence. D'autre part, est-il nécessaire de rappeler une fois de plus que la hauteur du son donné par un tuyau à bouche d'orgue indépendamment de sa longueur dépend du type de tuyau : taille, dimensions de la bouche (également), forme (cylindrique, conique etc...). Pour une même longueur, la fréquence varie encore selon la pression utilisée (voir fig. 1a) : les différences peuvent atteindre le demi-ton ! Or nous ne savons généralement rien de la pression d'origine des orgues anciens. Et même si nous la connaissions, nous ne pourrions rien affirmer, car la hauteur d'un tuyau est fortement liée à la température de l'air par une loi physique bien connue (fig.1b). Selon la température, le même tuyau peut sonner près d'un demi-ton plus haut ou plus bas.

Comme les effets de la pression et de la température peuvent se cumuler, il est bien évident qu'un même tuyau peut varier de plus d'un ton; tout dépend des conditions où les relevés sont faits : or on ne les donne jamais, et les mesures, si précises soient-elles, ne signifient alors strictement rien, à un ton près ....

4°) On cite des chiffres de diapasons "calculés" à partir des longueurs de tuyaux données par tel ou tel auteur, à l'aide des formules de Bernoulli ( $V/2L$  pour les tuyaux ouverts;  $V/4L$  pour les tuyaux fermés) éventuellement modifiées par une "correction au bout". Or les formules de Bernoulli, même corrigées, ne représentent que des abstractions physiques .... Prenons un cas précis. Dans son ouvrage sur l'ORGUE CALLINET de MOLLAU, dont la tuyauterie n'a pas été recoupée, MEYER-SIAT nous donne les dimensions du tuyau "do 37" de la montre 8 pieds.

La longueur est de 0,287 m. Si on applique la formule des tuyaux ouverts, on trouve la fréquence en Hertz =  $340 : (2 \times 0,287) = 593$  Hz. Or la fréquence réelle, mesurée dans les conditions normales (environ 20°C; pression 82 mm d'eau au manomètre à air libre) est de 518 Hz. Entre 593 et 518 Hz on a un intervalle de 48 savarts, soit presque un ton entier....

La raison de cette anomalie apparente est simple. Un tuyau d'orgue réel, dit "ouvert", ne peut être assimilé à un tuyau théorique ouvert aux deux bouts. En effet, vers le haut le tuyau est bien complètement ouvert; le diamètre du tuyau étant de 2,8 cm, la section, est de 6,15 cm<sup>2</sup>. Mais à l'autre bout du tuyau, la bouche n'est qu'un rectangle de 2,1 x 0,7 cm, soit 1,47 cm<sup>2</sup>. Cette surface est donc 4 fois plus petite à peu près que la section du tuyau. Il est clair que ce tuyau n'est pas un tuyau ouvert aux deux bouts, mais un tuyau partiellement fermé à un bout. Bien entendu la formule des tuyaux ouverts ne signifie plus rien, à un ton près. Il est donc tout à fait illusoire de "faire des calculs" sur les tuyaux à partir de leur longueur pour définir le "diapason" d'un orgue, à fortiori de "faire de la précision" à moins d'un hertz près.

5°) Enfin, on donne souvent des valeurs de diapason mesurées avec la collaboration de musiciens par des savants utilisant des appareillages de mesure très précis. L'opération est à peu près la suivante. On demande au violon, au hautbois solo de tel théâtre d'apporter leur instrument au laboratoire et de "donner le la" qu'ils utilisent. Le plus souvent, ces musiciens sont accusés par la rumeur publique de "faire monter le diapason". Aussi, comme leurs instruments le leur permettent aisément, jouent-ils un "la" plutôt bas.... Les résultats sont faussés, et de toutes façons le "diapason" relevé de cette façon n'a rien à voir avec le diapason statistique que ces musiciens utilisent effectivement lors de leurs exécutions. Nous l'avons bien vérifié à l'occasion des mesures que nous avons faites à l'Opéra, à l'Opéra Comique etc...

Bref, malgré leur apparence de précision, ce genre de données sur le diapason ne peut avoir aucune valeur : il faut des relevés statistiques sur des oeuvres complètes, où doivent être prises en compte de larges fluctuations esthétiques dues au contexte musical, tonalité des oeuvres effets attractifs etc...

En résumé, des longues listes de chiffres relatifs au diapason que l'on nous propose depuis ELLIS, il est impossible de tirer des conclusions objectives, et par conséquent tout ce que l'on a dit relativement à une soi-disant "montée continue du diapason" ne repose que sur des affirmations gratuites, et il convient de rechercher des données plus réalistes dans "l'histoire" du diapason.

## II - QUELQUES DONNEES HISTORIQUES UTILISABLES

Nous partirons du début du 17<sup>e</sup> siècle, époque où le problème du diapason commence à se poser de façon aiguë. Le document fondamental, sur lequel nous avons attiré l'attention de nombreuses fois déjà, reste le SYNTAGMATIS MUSICI, de PRAETORIUS (Wolfenbüttel, en Basse-Saxe; 1618). PRAETORIUS était musicien, organiste, facteur d'orgues. Son ouvrage nous fournit non seulement des textes importants, mais aussi des figures, réalisées à l'aide de la "camera oscura", donc fidèles, et accompagnées d'une échelle. L'auteur nous donne en début d'ouvrage une représentation en grandeur exacte de l'unité de mesure du lieu et de

...../

égal. selon l'auteur, à la demi-coude  
utilisée à BRAUN.SCHWEIG, cad à WOLFENBÜTTEL.

l'époque : le pied de Saxe (28,32 cm) Nous traduisons de cet ouvrage les passages concernant le diapason, en respectant plus l'esprit que la lettre. Nous nous excusons de cette longue citation, mais l'estimons importante. On verra à quel point PRAETORIUS avait bien compris et posé le problème, au point qu'il nous est possible de définir avec une précision satisfaisante l'état du diapason en Europe, au début du 17<sup>e</sup> siècle.

1°) LE SYNTAGMATICUS MUSICI. Chapitre II. Du vrai ton des orgues et autres instruments.

" Pour commencer, il faut savoir que le diapason des orgues et autres instruments est très variable. Nos ancêtres ne pratiquaient pas la musique d'ensemble et leurs instruments à vent furent fabriqués et accordés très diversement, l'un haut, l'autre bas. Car (ils recherchaient une qualité de son optimale et ils savaient que) plus on monte le diapason de certains types d'instruments comme cornets, chalumeaux et violons plus ils sonnent clair et fort. Inversement, plus les trombones, bassons, bassanellis, bombardes et contrebasses à cordes sont accordés bas, plus leur sonorité est somptueuse et magnifique. D'où la tendance de monter le diapason pour les uns, de le baisser pour les autres; D'où, aussi, les difficultés rencontrées par les musiciens du fait que les orgues, positifs, clavecins et instruments à vent ne sont pas accordés au même et vrai ton.

Chez nos prédécesseurs, le ton de chapelle (chorton) était un ton plus bas que notre diapason actuel, ce qu'on peut encore vérifier sur les orgues et instruments à vent anciens. Puis, d'année en année, il fut monté jusqu'au point où il en est actuellement en Italie, en Angleterre et dans les chapelles ducales allemandes - le diapason anglais étant d'ailleurs légèrement plus bas que les autres, comme on le vérifie sur les cornets, chalumeaux et hautbois.

Actuellement certains musiciens se permettent de monter encore d'un demi-ton par rapport à notre diapason actuel. Quoiqu'il ne m'appartienne pas de redresser cette erreur, je dois cependant préciser que, selon mon expérience, cela constitue une gêne pour les chanteurs (altos et ténors en particulier) qui, parfois, ne réussissent plus à monter assez haut. En plein milieu du chant, ils ratent leurs quintes et tout est " dans le lac ... "

Il serait donc raisonnable d'en rester au diapason normal actuel, non seulement pour les chanteurs, mais aussi pour les " cordes ", violon, viole de gambe, luth pandores et autres. Il faut en effet que ces instruments résistent à la tension des cordes et tiennent l'accord. Pour atteindre ce but, on les accorde communément un ton plus bas que les autres instruments, ce qui complique la tâche des musiciens peu exercés mais facilite celle des chanteurs.

En fait, je ne puis qu'approuver les usages des musiciens de Prague et de certaines chapelles catholiques, où l'on utilise deux diapasons :

- l'un, le " Cammerton", le ton d'orchestre, utilisé par les musiciens dont le métier est de réjouir les convives de banquets. C'est le ton sur lequel sont d'ailleurs accordés la majorité de nos orgues actuels.
- l'autre, qui est un ton plus bas, le ton de chapelle, pour les chantres d'église, qui, sans devenir enrôlés, doivent assumer la lourde tâche de chanter de nombreux et longs psaumes, dans les chapelles catholiques en particulier.

Un autre argument milite d'ailleurs en faveur du ton de chapelle : la voix humaine est bien plus chaude et agréable dans sa tessiture moyenne ou grave, que dans l'aigu où on est obligé de forcer outre mesure.

Finalement, on ferait bien d'accorder tous les orgues un ton plus bas, mais ceci est tout à fait impensable dans nos pays d'Allemagne où ils sont presque tous au ton d'orchestre !

En Angleterre, naguère, et en Hollande encore actuellement, les instruments à vent sont accordés une tierce mineure plus bas que notre diapason d'orchestre. Ainsi leur Fa est notre ré et leur sol notre mi. Le célèbre facteur de clavecins Johann Bossus

d'Antorff accorde sur ce diapason la plupart de ses instruments qui sonnent ainsi de façon plus aimable et séduisante. Les bons fabricants, y compris ceux qui font des flûtes et autres instruments savent bien qu'avec un diapason bas l'oreille entend tout autrement; de plus, les notes graves sont moins criardes.

En Italie et dans certaines chapelles allemandes on utilise de même un tel diapason, plus bas d'une tierce. Certains, en effet, trouvent le chant aigu désagréable et soutiennent que, de plus, l'intelligibilité du texte devient mauvaise quand on claironne comme un coq, qu'on crie et chante tout en haut à la façon des servantes de ferme (Grasemägdle).

Pour les mêmes raisons, lorsque les Italiens utilisent le mode hypoionique en UT, ils le transposent d'une quinte, en FA et, de surcroît le baissent encore d'une tierce et le jouent en RE sur leurs orgues et autres instruments (...). Ces transpositions sont considérées comme rebutantes par les organistes et musiciens, mais pour peu que l'on s'exerce avec persévérance, cela devient très facile et plaisant !

Plus loin, PRAETORIUS nous dit encore : CHAP. VIII. DU TON DES ORGUES ANCIENS (p.122

... " De même, selon que l'on avait ou non à sa disposition des voix agües criardes (Schreihälse), les orgues étaient accordés 1 ton plus haut ou plus bas. A noter que beaucoup d'orgues anciens ont été "restaurés" et leur diapason remonté.

Mais le vrai ton (le diapason idéal) celui que l'on trouve encore dans les églises célèbres, est un ton plus bas que notre ton d'orchestre actuel. Ce vrai ton est obtenu en montant notre ton (d'orchestre) d'une quarte puis en le baissant d'une quinte.

Malgré cela on trouve de nombreux orgues accordés un ton plus haut ou un ton plus bas (que le vrai ton), nombre d'entre eux étant construits et accordés seulement un demi-ton plus haut que le diapason idéal "

Enfin, à propos de la régale, PRAETORIUS pose clairement le problème de la température ... " Lorsqu'un froid intense sévit et dure, les tuyaux d'orgue des églises baissent d'un demi ton, si ce n'est plus; ce qu'on peut observer aussi avec les instruments à vent comme les cornets, les flûtes, les trombones, les bassons. De même les positifs placés dans des pièces chauffées montent, du fait de la grande chaleur dégagée par les fourneaux."

Quelles conclusions peut-on tirer de tout ces textes relativement au diapason de l'époque ? C'est ce que nous allons tenter d'examiner à présent.

## 2°) DISPERSION ET VALEUR ABSOLUE DU DIAPASON AU DEBUT DU 17° SIECLE.

### a) La dispersion

La dispersion du diapason au début du 17° siècle était énorme. Elle devait poser bien des problèmes aux musiciens, soit lorsqu'ils allaient en d'autres régions avec leurs instruments à vent et à trous latéraux en particulier, soit lorsqu'ils devaient interpréter des oeuvres vocales écrites pour un autre diapason, différent d'une tierce et davantage du leur.

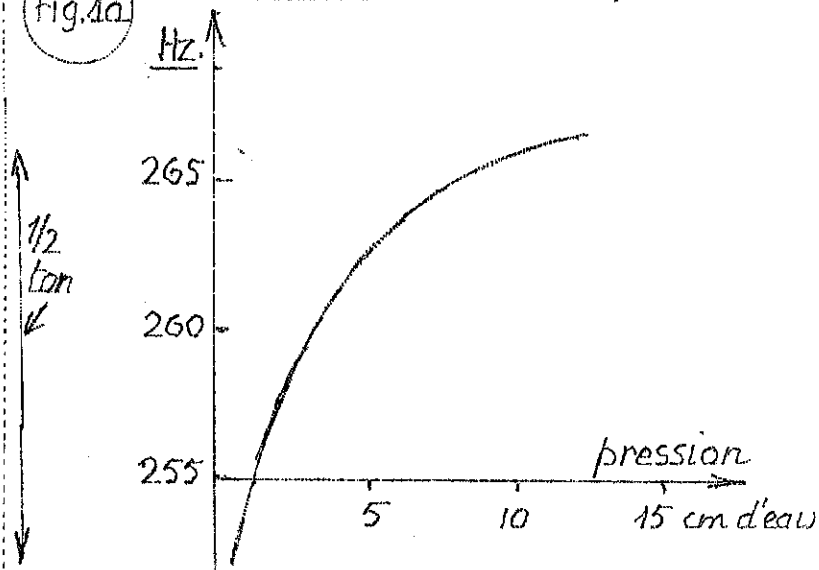
Le texte de PRAETORIUS nous permet d'apprécier avec une précision largement suffisante la dispersion (fig.2a). Prenons comme référence le ton "normal" en Saxe. Vers le bas, on trouvait d'abord le ton de chapelle explicitement décrit comme un ton plus bas que la référence. Plaçons les "diapasons" anglais, Italiens, Hollandais, un demi-ton plus bas que le ton de chapelle (puisqu'ils sont une tierce mineure en dessous de la référence). Un demi-ton plus bas encore, viennent "certains orgues anciens". Enfin, il faut tenir compte de la baisse possible de 1/2 ton en période de grands froids. Bref, la limite inférieure était environ 2 tons et demi, soit une quarte en dessous du ton normal.

Qu'en est-il pour la limite supérieure ? PRAETORIUS nous précise que " certains se permettent de monter le diapason un demi-ton au-dessus de la norme ". En rajoutant une marge de sécurité d'un demi-ton pendant les grandes chaleurs, on définit la limite su-



Fig. 1a

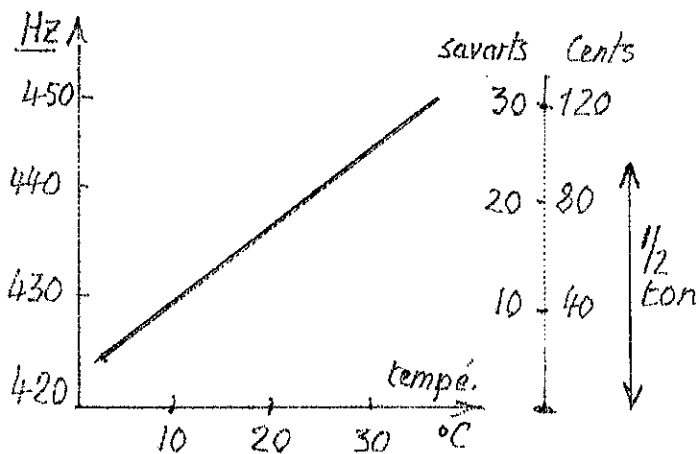
Variation de la Fréquence avec la pression.



Lorsque la pression monte de 2 à 15 cm d'eau au manomètre à air libre, le son monte de plus d'un demi-ton. Donner la hauteur du diapason d'un orgue sans mentionner la pression, n'a donc pas de sens.

Fig. 1b

Variation de la Fréquence d'un tuyau avec la température

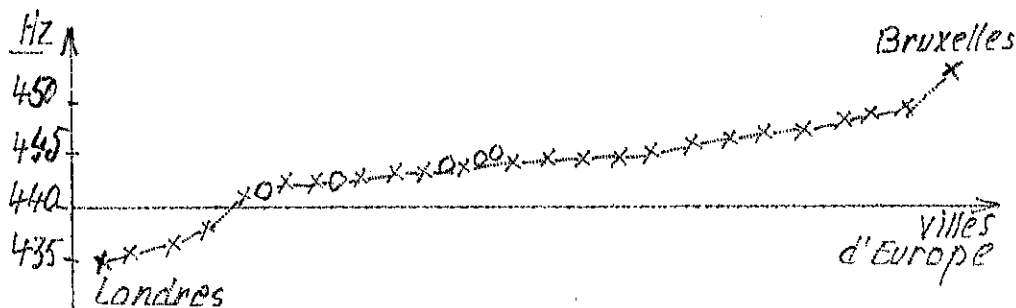


Lorsque la température passe de 0 à 30°C, le son monte d'un demi-ton. Toute indication de diapason d'orgues ne précisant pas la température, est dénuée d'intérêt.

Fig 2 DISPERSION du temps de PRAETORIUS

limite sup <sup>re</sup> (températ.)	488
certaines se permettant...	460
ton normal (d'orchestre)	444
	435
	440
ton de chapelle	388
Angleterre	365
Italie-Holl.	346
certaines orgues anciens en 1618	346
limite inf <sup>re</sup> (températ.)	327

Fig 3 DIAPASONS de LISSAJOUS (x 1858)



Entre Londres et Bruxelles, l'écart est de 460 / 435, soit de quelque 20 savants (ou 80 cents), soit d'environ 1/2 ton... Mais la moyenne est voisine de 444 Hz, En 1858, le diapason en était donc au même point qu'en 1968... (mesures données ci dessus par les petits carres : o)

périeure, située environ un ton au-dessus de la norme de l'époque en ce lieu.

Entre la limite supérieure et la limite inférieure, on a la marge de dispersion, qui est donc d'environ 3 tons et demi soit une quinte ! (fig.2a)

b) La hauteur absolue du "diapason normal" en 1618. Le texte de PRAETORIUS permet-il de s'en faire une idée assez précise ? A priori, toute spéculation sur ce point pourrait sembler sans signification puisqu'on ne savait pas mesurer des fréquences à l'époque. A la réflexion, cependant, nous avons pensé qu'on pouvait proposer le raisonnement suivant.

PRAETORIUS était organiste et organier. Or les spécialistes et les musiciens de l'orgue désignent depuis toujours les jeux par la longueur en pieds du tuyau le plus grave du jeu : montre de 8 pieds, prestant de 4 pieds etc... C'était alors la seule manière pratique de préciser la hauteur d'un son en valeur absolue, compte tenu de la température. On peut avancer sans trop de risque de se tromper qu'à l'origine, bien avant PRAETORIUS, les facteurs d'orgues faisaient comme de nos jours pour accorder leurs instruments : ils commençaient par accorder un jeu bien défini et "quasi normalisé", le prestant, jeu de 4 pieds ayant une taille et une bouche caractéristiques. On accorde ensuite les notes des autres jeux à l'unisson avec le prestant. Grâce à la méthode des battements, la précision de l'accord ainsi réalisée est considérable.

Le prestant, malgré des différences de détail d'un facteur à l'autre, était et reste un jeu très stéréotypé, car la facture d'orgue avait, pour l'Europe, une même tradition, une même source commune (Byzance). Or, il est raisonnable de penser que les premiers facteurs donnaient effectivement à leur tuyaux de prestant la longueur métrique réelle, en pieds, qu'ils leur attribuaient : un tuyau de prestant de 4 pieds avait effectivement 4 pieds de long. Pour les autres jeux, on les coupait sans se soucier de la longueur réelle, la hauteur variant avec le type de tuyau, la taille, l'égalisation etc.. Ainsi un bourdon de 4 pieds, tuyau fermé, n'avait que deux pieds, <sup>de long environ</sup> mais sonnait à la même hauteur que le tuyau de référence du prestant, ouvert, de 4 pieds. Bref, lorsqu'on parle de tuyaux de 4 pieds, cela ne veut pas dire qu'ils ont tous 4 pieds de long, mais que le tuyau de référence ayant servi à les accorder, à savoir le tuyau ouvert de prestant, avait 4 pieds effectifs.

Ici, intervient une première complication. Les "pieds" avaient des longueurs très différentes selon les endroits... Rappelons par exemple que le pied de roi français avait 32,48 cm; le pied de Prusse, 31,39 cm; le pied d'Angleterre, 30,48 cm; le pied de Hollande, 28,40 cm; le pied de Saxe (dont PRAETORIUS donne un exemple en grandeur), 28,32 cm... etc.. En Italie, on utilisait le "braccio" (coudée de 35,57 cm. Entre le plus long (Italie) et le plus court (Saxe), on trouve un rapport de 35,57 / 28,32, ce qui donne à très peu de chose près 100 savarts, soit deux tons entiers (tierce majeure). Si on ajoute à cette tierce majeure un ton pour les marges de température et autres variables, on retrouve à très peu de choses près la dispersion d'une quinte indiquée par PRAETORIUS... Cette question de mesures métriques va nous permettre à présent de préciser la hauteur absolue du diapason normal en 1618 en Saxe.

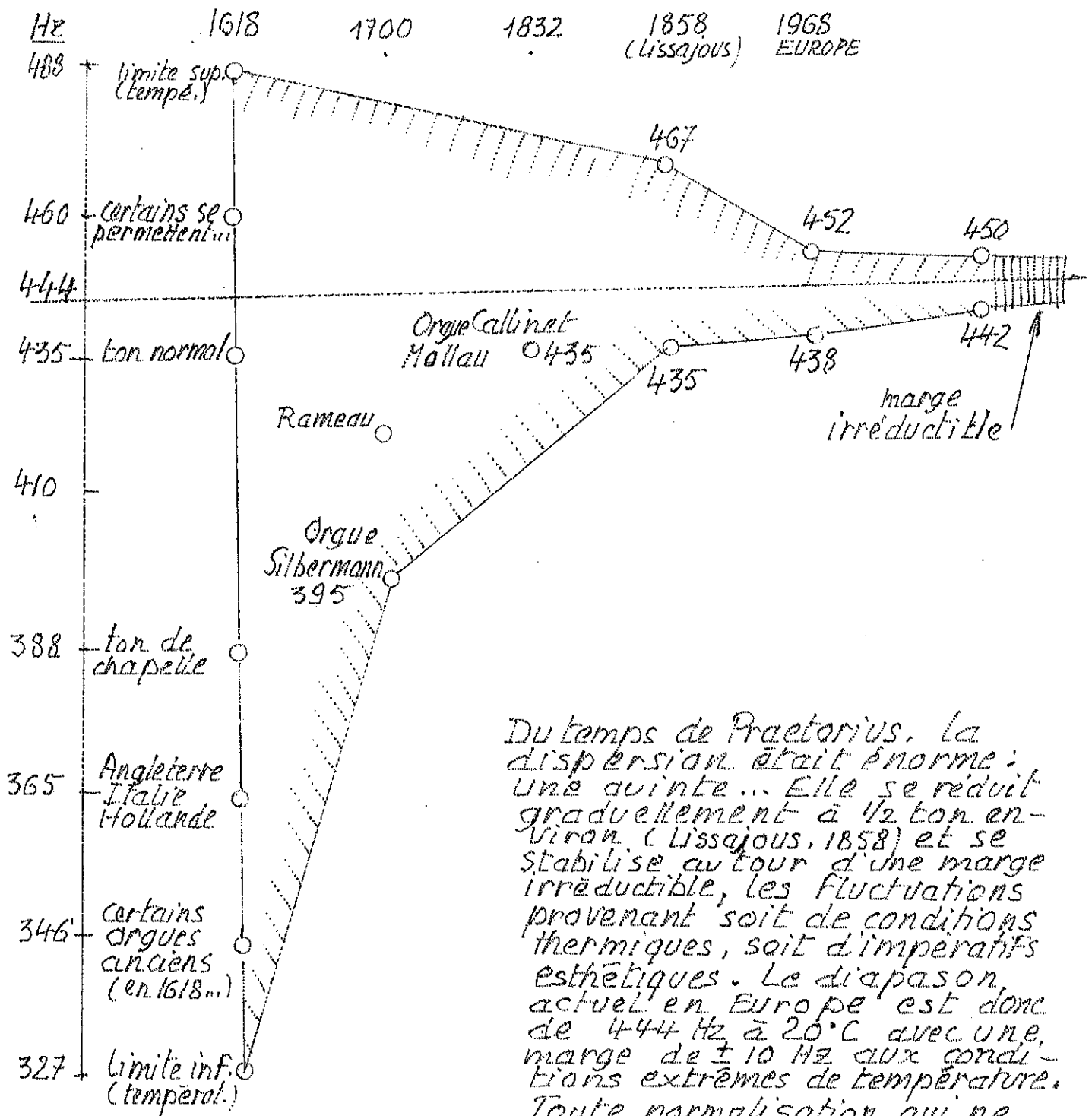
En effet, commençons par mesurer la hauteur réelle d'un tuyau de prestant qui aurait une longueur correspondant au pied de Saxe (28,32 cm). Comme toute précision est bien inutile, assimilons ce tuyau réel <sup>à celui</sup> du prestant de MOLLAU, qui mesure 28,5 cm et dont j'avais mesuré sur place le diapason à 20°C. Chose curieuse, cet ut 25, donne 518 Hz, ce qui correspond à un la3 de 435 Hz, diapason de l'orgue de MOLLAU ... Il est donc légitime de dire que le "diapason normal" de Saxe, pour les instruments autochtones utilisant le pied de Saxe était identique, c'est-à-dire très voisin de 435 Hz à 20°C.

Il reste à expliquer pourquoi les orgues "anciens" du temps de PRAETORIUS étaient un ton en dessous... Il est difficile d'admettre que l'unité métrique de longueur ait changé en Saxe un siècle avant PRAETORIUS, - quoique ce ne soit pas invraisemblable : tel prince, telle religion... probablement aussi tel usage, telles unités métrique et, bien sûr, tel diapason. Il serait peut être intéressant de ce point de vue de consulter l'histoire de Saxe... Mais, sans aller aussi loin, on peut imaginer que le facteur d'orgue célèbre ayant fait tel orgue, n'était pas nécessairement originaire de la région, qu'il venait de Prusse, ou de France ou d'ailleurs. Il apportait bien

...../

Fig 4

DISPERSION du DIAPASON de 1618 à nos jours.



Du temps de Praetorius, la dispersion était énorme : une quinte... Elle se réduit graduellement à 1/2 ton environ (Lissajous, 1858) et se stabilise autour d'une marge irréductible, les fluctuations provenant soit de conditions thermiques, soit d'imperatifs esthétiques. Le diapason actuel en Europe est donc de 444 Hz à 20°C avec une marge de  $\pm 10$  Hz aux conditions extrêmes de température. Toute normalisation qui ne tient pas compte de ces résultats est vouée à l'échec. On notera que le diapason ne "monte pas continuellement" ... mais se normalise autour d'une moyenne atteinte dès 1700...

sûr avec lui sa technique, ses abaques, ses unités métriques habituelles etc.. Imaginons par exemple que tel orgue de Saxe ait été construit par un facteur français en renom. Le pied de roi était de 32,48 cm; l'intervalle entre le pied de roi et le pied saxon était alors de 32,48/28,32 cm, ce qui fait un intervalle musical de près de 60 savarts, un peu plus d'un ton. Le pied de roi étant plus grand, que celui de Saxe, cet orgue était évidemment un ton en-dessous des orgues autochtones.....

Comme cet écart commençait à poser d'épineux problèmes aux musiciens en voyage, la tendance vers la normalisation européenne va dès lors se préciser et s'imposer graduellement. Les choses ne vont pas aller vite : on ne détruit pas un orgue parce qu'il n'est plus au diapason et on ne change pas les habitudes des facteurs d'instruments et des musiciens en quelques années. Bref, nous pouvons admettre sans grand risque de nous tromper que le diapason "normal" en Saxe était assez voisin de 435 Hz... ceci pour un pays assez froid, et nous pouvons dès lors tenter de définir des valeurs absolues dans notre diagramme de dispersion (fig.2b).

### 3°) HISTOIRE DU DIAPASON A PARTIR DU 19° SIECLE.

Nous n'insisterons pas sur les détails, donnés ailleurs. Les plaintes de "montée du diapason" dont PRAETORIUS fait déjà état, vont se multiplier parce que la musique et les musiciens vont se déplacer de plus en plus. Mais dès le début du 19° siècle, on saura mesurer des fréquences et de nombreuses commissions scientifiques vont être sollicitées pour tenter de trouver une solution.

En 1834, à STUTTGART, une commission internationale, sur la foi de travaux réalisés par le physicien SCHEIBLER, va adopter une norme de 440 Hz pour le "la3". Aucun résultat n'ayant apparemment été atteint et les plaintes se multipliant, une nouvelle commission se réunit en 1859, en FRANCE. Le physicien LISSAJOUS, au Centre National des Arts et Métiers, assisté de musiciens (Halévy et autres) fit une enquête en Europe. On demanda à chaque ville d'envoyer un diapason à fourche correspondant à la norme du lieu. Nous avons pu mesurer ces diapasons au Musée Instrumental du Conservatoire National de Musique de Paris et redonnons ici les relevés que nous avons faits (Fig.3). Le diapason le plus bas était à 435 Hz; le plus élevé à 459 Hz. Il aurait été raisonnable de fixer la norme autour de la moyenne de 445 Hz, correspondant à ce que faisait à peu près tout le monde à l'époque. Or on le fixa à 435 Hz, c'est-à-dire à la limite inférieure. On ne peut être surpris que cette décision restât lettre morte.

En 1939, à la veille de la guerre, la nécessité d'une nouvelle réunion se fit jour. Elle se tint à LONDRES, à l'ISO (Institut for Standardization Organisation). S'appuyant sur les mesures faites à partir d'émissions radiophoniques par LOTTERMOSER (PTB), VAN DER POL, etc.. on "normalise" le diapason à .... 440 Hz, comme en 1834. Les physiciens consultés avaient construit des appareillages pour mesurer de façon très précise le "la". Mais on avait oublié les problèmes de tonalité et de température (que les émissions radiophoniques ne précisaient pas....). Aussi n'est-il pas étonnant de voir ressurgir le problème en 1952, avec le référendum pour l'unification du diapason, lancé par PASQUALINI. Une fois de plus l'Organisation Internationale de Standardisation se réunit à LONDRES en 1953... pour décider de fixer le diapason à 440 Hz à 20°C.

Ces échecs successifs montraient avec évidence que le problème était en suspens. Nous avons donc amorcé une étude sous l'impulsion de DUCLOS, Chef des Choeurs de l'Opéra - qui mourut malheureusement peu de temps après. La question fut reprise par M. AGOSTINI Directeur à l'OPERA, qui nous fournit toutes possibilités pour enregistrer des œuvres entières à l'OPERA et à l'OPERA COMIQUE de Paris. Simultanément nous faisons d'autres relevés : concerts, musique de chambre, etc; puis nous avons attaqué la question de la méthodologie et du dépouillement des résultats. Les mesures furent faites par Melle CASTELLENGO. Les résultats firent l'objet de deux rapports circonstanciés à la Direction de l'Opéra, de trois réunions du GAM (1964-1968-1969), et d'une communication fut faite au Groupement des Acousticiens de Langue Française par Melle CASTELLENGO (1968). Entre temps nous avons fait toute une série de recherches pour le CONSEIL DE L'EUROPE : en Belgique, Angleterre, Italie, Autriche, Irlande, Allemagne, Suisse, etc.. tous pays pour lesquels nous avons pu obtenir des enregistrements réalisés avec les précautions nécessaires (relevé de la température en particulier).

Les conclusions de toutes ces longues recherches furent formelles :

Si on tient compte de la température, le diapason moyen est partout voisin de 444 Hz à 20°C. Cette "normalisation" n'a pas de quoi nous étonner : les fabricants d'instruments ont tous, et depuis longtemps "accordé" leurs fabrications entre elles, à très peu de chose près, et cela essentiellement pour des raisons d'exportation. Signalons que nous avons consulté des musiciens professionnels voyageant beaucoup; plusieurs d'entre eux nous ont affirmé qu'ils n'avaient aucun problème en arrivant à Berlin, Rome ou New York... ce qui est bien un argument de poids que tout est normalisé en fait.

Il va sans dire que si le diapason moyen à 20°C est partout le même, cela ne signifie pas en que les orchestres jouent effectivement partout et en toute circonstance à 444 Hz... Personne ne peut rien contre la loi de montée du diapason avec la température. Lorsqu'il fait 30°C, le diapason monte de 10 Hz en moyenne (en gros un Hertz par degré centigrade): il est alors à 454. S'il fait très froid il est plus bas à 435 Hz par exemple.

Insistons sur le fait que tous nos relevés ont montré qu'au cours d'une exécution musicale, l'attraction, le contexte musical, le filtrage de la fosse, de la salle, des coulisses, interviennent largement en plus de la température !

De tout cela on peut donc conclure que le diapason ne "monte" pas du tout depuis PRAETORIUS, mais que la dispersion s'est graduellement réduite, ce que montre avec évidence la figure 4 où nous avons porté un certain nombre de valeurs connues. Il est bien évident que pour les uns - ceux qui étaient très haut - le diapason a baissé; pour les autres, qui étaient très bas, il a monté ... Un fait est certain, la convergence du diapason n'aboutira jamais à une ligne unique : il existera toujours une marge, qui est irréductible, résultant des conditions thermiques et d'impératifs esthétiques musicaux (attraction, entrée d'instruments à sons fixes comme la harpe, perception de la hauteur de sons filtrés etc...).

Le seul problème objectif est finalement celui de la température. Pour "donner" le "la" en toutes circonstances thermiques, l'idée s'est alors faite qu'il serait possible de construire un diapason, réglé à 444 Hz par exemple pour 20°C, mais dont la fréquence s'adapterait automatiquement à la température ambiante. Cet instrument a été étudié et réalisé par le département d'électronique du Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences de Paris (M. SAPALY) sur les données résultant de nos recherches. Un thermocouple fait automatiquement monter ou baisser le diapason; on donne ainsi un diapason qui sera nécessairement admis par les musiciens puisque ce sont eux qui ont fourni les données. Ce diapason électronique est le DIAVAR, dont nous avons donné en son temps une description détaillée. Cet instrument permet accessoirement de faire, en direct, une mesure précise en Hertz de l'état du diapason à un moment et dans des circonstances données. Le DIAVAR ne résoudra pas les problèmes des musiciens d'Opéra ou d'Orchestre, qui sont difficiles, parfois même insolubles parce que les conditions devant lesquelles on se trouve sont souvent contradictoires. Mais en tout état de cause cet instrument permettra :

- de savoir exactement et en toutes circonstances où on en est, grâce à des mesures précises chiffrées, relevées in situ.
- d'éviter les discussions stériles qui durent depuis trois siècles, et qui sont préjudiciables à tout le monde : instrumentistes, chanteurs, facteurs d'instruments etc...

Rajoutons ici quelques remarques relatives à l'exécution d'oeuvres chantées anciennes. Il est bien évident que si l'on prend une oeuvre écrite en Italie du temps de PRAETORIUS (diapason une tierce mineure plus bas) et dans laquelle la basse descendait, à l'époque vers les limites inférieures, les notes graves seront actuellement inchantables. De même une oeuvre écrite à l'époque dans un diapason très élevé ne sera plus à la portée du soprano dans la limite supérieure. Transposer l'orchestre d'un ton ou d'une tierce, c'est rendre certaines parties instrumentales injouables, sans compter une perte de qualité sonore de l'orchestre : au violon une partition

comportant 6 bémols sonne très mal! Il faut donc s'y résigner et choisir entre la transposition ou la recherche du "phénomène vocal" capable de chanter une tierce plus haut ou plus bas que la norme des chanteurs.

Tous les éléments que nous venons de donner, vont à présent nous permettre de conclure ce tour d'horizon sur le diapason.

### III - CONCLUSIONS

On a souvent dit : " le problème du diapason est un faux-problème!" nous pensons plutôt que c'est un problème trop souvent mal posé. Si on veut éviter de recommencer les errements passés, de perpétuer des discussions et disputes sans fin, il fallait commencer par faire une enquête pour savoir ce que font les musiciens. Car lorsque des praticiens résolvent un problème d'une certaine manière après des siècles d'expérience, c'est généralement parce qu'il est impossible de faire autrement. Notre enquête, tenant compte des facteurs esthétiques et thermiques, nous a montré que le diapason européen est actuellement voisin de 444 Hz à 20°C. Il faut donc prendre cette base comme "norme" du diapason, si on désire la voir respecter, car, les instrumentistes ne sont pas disposés à abandonner leurs instruments et les facteurs à changer complètement leur outillage à tout bout de champ. Il faut ensuite définir une méthode de relevé du diapason, tenant compte des réalités musicales (problèmes d'attraction, de filtrage etc..) et non pas "mesurer la la", comme on l'a constamment fait. En particulier, il faut relever non le "la", mais les toniques et dominantes, seules notes stables en musique tonale. D'autre part, il faut fournir aux facteurs d'instruments un moyen pratique efficace pour apprécier le "diapason" d'une flûte, d'une clarinette etc... C'est la méthode du relevé des champs de liberté que nous avons mise au point dans ce but. Elle consiste à mesurer, pour chaque note de l'instrument, le "champ des possibles", à voir de combien on peut monter ou baisser une note donnée aux lèvres, à la bouche, à la pression etc... Nous avons donné des exemples ailleurs. Enfin, il convient certainement de ne pas fixer le diapason à un chiffre unique, compte tenu de la température; il est indispensable de définir des marges pratiques autour de cette valeur. <sup>Pour l'orchestre,</sup> L'expérience nous a montré qu'il faut dire : " le diapason normal est de 444 Hz à 20°C, avec une marge de  $\pm 10$  Hz (donc avec des limites de 454 et 434 Hz). Si quelqu'un sort de ces marges, une enquête peut être faite avec la méthode préconisée. Mais de toutes façons il est souhaitable de définir alors des recommandations et non de fixer des normes par décret. Des sondages devraient être faits régulièrement tous les 5 ou 10 ans par les instances officielles, à l'OPERA, à l'OPERA COMIQUE etc.. On pourrait alors savoir, dans les temps ultérieurs, si le "diapason monte" ou non. Nous pensons ces conclusions réalistes, donc utilisables, et il serait possible de s'y tenir dans l'intérêt très général de la musique.

### D I S C U S S I O N

Résumée par M. LEIPP

M. LYON : Je remercie M. LEIPP de nous avoir fourni des informations susceptibles de susciter une intéressante discussion, et vous pouvez à présent poser les questions qui vous préoccupent.

M. MASSIS : J'ai apporté un diapason à fourche qui correspond à ce que l'on entend journalièrement aux émissions radiophoniques; pourrais-je en connaître la fréquence ?

M. LEIPP : Nous disposons de plusieurs moyens de mesure, entre l'accordeur où le compteur électronique; mais il est facile de faire directement la mesure par battements avec le Diavar. En réglant celui-ci sur "variable", ce qui tient compte de la température ambiante (environ 25°C) on trouve à peu près 444-445 Hz (valeur ramenée à 20°C); en fait ce diapason est à peu près à 450 Hz. Compte tenu du fait que, dans les studios, la température est généralement assez élevée cela confirme tous les résultats de nos mesures un peu partout en Europe.

...../

Je voudrais maintenant rajouter ici une observation importante et dont j'ai omis de faire mention dans mon exposé. M. MAILLARD, nous avait signalé naguère une observation curieuse : plusieurs musiciens, tous âgés, avaient leurs "oreilles désaccordées"; ils entendaient un demi-ton trop bas et plus, au point que certaines oeuvres sautent à une autre tonalité.... Il s'agit à, n'en pas douter, d'un phénomène de perception des hauteurs lié au vieillissement de notre oreille, et dont seuls sont conscients les musiciens ayant une oreille "absolue" et une bonne mémoire. Le problème du diapason et des plaintes de "montée continue" est très probablement lié à cette affaire, qui relève de mécanismes psycho-physiologiques. La question du diapason n'est donc pas un problème simple. Autre point important dans le même ordre d'idées : je suis en train de faire des recherches systématiques sur la sensation de hauteur qui, pour la très grande majorité des gens, n'est pas la même pour l'oreille gauche que pour l'oreille droite (diplacousie). Selon la fréquence et le niveau, selon les dispositions du moment de l'individu, j'ai vérifié qu'on pouvait entendre le même son (sinusoïdal) plus d'un demi-ton plus haut (ou plus bas) entre l'oreille droite et l'oreille gauche... J'espère un jour communiquer sur ce sujet des résultats précis et détaillés, mais je pense qu'il était important, d'ores et déjà, de signaler ces faits dont les incidences sur le problème du diapason sont évidentes.

M. MASSIS : Je puis confirmer le premier point que vous avez soulevé : des compositeurs comme Henri BUSSET ou Louis AUBERT m'ont également affirmé : " j'entends un demi-ton trop bas "....

D'autre part, je vous ai apporté un certain nombre de relevés extraits du rapport LABADIE, Chef du Bureau des théâtres au Ministère de l'intérieur en 1858 rédigé à l'occasion de la Commission Lissajous.

M. LEIPP : Il est regrettable que l'on ne connaisse pas les conditions des mesures, température en particulier; à 10 ou 15 Hz près, on ne sait donc pas ce qu'il en est, et les chiffres avancés n'ont pas plus de signification que ceux d'ELLIS.

M. AMELLER : Vos diagrammes relatifs à l'OPERA, à la SCALA etc... m'ont vivement intéressé. Dans les passages musicaux très denses, comme la Course à l'Abîme de la Damnation, les toniques et dominantes sont répétées de nombreuses fois; on doit obtenir ainsi une plus grande précision.

M. LEIPP : Je pense que toute précision supérieure à 1 Hz est bien illusoire.

M. AMELLER : Dans certaines tonalités, la dominante est plus claire que dans d'autres...

M. LEIPP : Il faudrait bien s'entendre sur la signification de "clair". Pour nous, un son "clair" est un son comportant un assez grand nombre d'harmoniques. La sensation de hauteur est alors très précise, mais le même son, privé, par filtrage, de ses harmoniques supérieurs, sonne à la fois plus sourd et plus bas, quoique la fréquence en Hz n'ait pas changé....

A ce propos, il faut rappeler que, selon les instruments, certaines tonalités sonnent plus "clair". C'est le cas de la tonalité de sol majeur ou de ré majeur au violon, où les cordes voisines se mettent à résonner par "sympathie", ce qui amplifie notablement les harmoniques du son joué sur une autre corde. Il en est de même pour les instruments à vent, à trous latéraux en particulier, qui ont tous des "mauvaises notes", des notes sourdes, que les facteurs essayent d'améliorer au mieux. Mais obtenir un instrument homogène est un problème pratiquement insoluble. On peut toujours améliorer telle note défectueuse dans une clarinette ou un saxophone; les fabricants le savent bien... Mais ils savent bien aussi qu'en corrigeant telle note, ils en "abîment" deux ou plusieurs autres qui sonnent <sup>alors</sup> sourd et trop bas.

M. AMELLER : Je signale de ce point de vue le problème du do dièze de la flûte et du fa dièze du basson, qui sont toujours trop bas.

M. MASSIS : Revenons à la question des sensibles. Tous les musiciens savent qu'il existe un effet attractif des sensibles et il faut en tenir compte dans la question du diapason; mais seuls les instruments à sons variables peuvent réaliser ces effets attractifs....

M. LEIPP : Et les chanteurs, bien sûr ....

M. CASTELLENGO : Pour fixer les idées, je signale que dans la chanson du Roi de Thulé la sensible est vraiment tout près de la dominante... quelque 10 savarts, moins d'un quart de ton.

M. MASSIS : La virtuosité des instrumentistes intervient alors pour réaliser l'accord avec le chanteur !

Monique BERGMANS : Vous avez parlé d'oeuvres et de tonalités classiques. Que se passe-t-il avec les oeuvres dodécaphoniques, avec SCHOENBERG ? ...

M. LEIPP : Si on admet douze demi-tons de valeur égale, il ne peut plus y avoir d'attraction, par définition. Mais entre la théorie et la pratique il y a une marge.... Tous les musiciens, consciemment ou non, font de l'attraction lorsqu'ils jouent réellement, dans la mesure où leur instrument le leur permet. Entre ce qu'on affirme et ce qu'on fait, les différences sont généralement grandes. C'est comme pour les gammes : tel joueur de trompe affirme jouer la gamme naturelle, tel violoniste la gamme de Pythagore, tel pianiste, la gamme tempérée.... mais lorsqu'on s'avise de vérifier leurs dires avec des appareils de mesure, on voit bien que les choses ne sont pas si simples. Nous aurons d'ici peu un orgue expérimental au laboratoire, le Cantor, comportant 3 claviers dont chaque note est réglable en hauteur, intensité, attaque, extinction etc... Nous verrons bien ce qu'il en est ! Nous demanderons aux musiciens d'accorder l'instrument à leur goût et nous ferons les mesures ensuite seulement. Je prédis sans grand risque que nous aurons des surprises, car nous avons fait déjà de nombreuses expériences. Nous savons en particulier qu'entre la fréquence et la hauteur, les rapports ne sont pas aussi simples que ce que l'on nous en dit dans les manuels de physiques. La sensation de hauteur change avec l'intensité, et des sons de 1000, 2000, 4000 Hz, ne sonnent pas du tout comme des octaves : il s'en faut et de beaucoup parfois... Si la perception des hauteurs est un problème difficile, comment celui du diapason serait-il simple !

M. AMELLER : Il y a bien d'autres complications ! Ainsi au moment où le marteau du piano frappe la corde, il produit une surtension momentanée de celle-ci et le son est plus aigu à l'attaque que par la suite. Dans les passages musicaux rapides, on entend surtout le début du son, qui sonne plus haut. Quand violon et piano jouent ensemble le violoniste s'accordant sur la "queue" du son, son instrument sonne trop bas lorsqu'il joue... Jacques THIBAUT avait découvert la chose et s'accordait toujours un peu plus haut.

M. LEIPP : Je n'ai pas fait de mesures précises sur ce point. Je ne sais donc pas si le surcroît de tension au moment du choc est susceptible de "monter" la note de façon notable avec des tensions de cordes situées autour de 80 à 120 kg. Mais il y a peut être une autre explication. Les sonagrammes de piano que nous avons faits montrent que le spectre s'appauvrit graduellement et rapidement pendant que le son s'éteint. Au début on trouve par exemple 20 ou 25 partiels (quasi harmoniques); au bout d'un dixième de seconde il ne reste guère que le fondamental et deux ou trois partiels notables. Cet appauvrissement du timbre fait baisser la sensation de hauteur même si la fréquence ne bouge pas. Bref, notre système auditif n'est pas une simple machine à compter des fréquences et cela complique énormément tout ce qui est relatif au diapason.

M. LEGUY : Pour en revenir aux gammes, il semble bien que chacun de nous ait une gamme déterminée "dans la tête", apprise à l'usage, donc tenant compte des particularités de notre système auditif. Lorsque nous faisons de la musique d'ensemble, nous écoutons ceux avec qui nous jouons, et nous distordons cette gamme selon les besoins. Par exemple, lorsque nous sommes en "sol" majeur, le "si" aura tendance à se rapprocher de la tierce exacte, naturelle, alors qu'en do majeur, le "si" aura tendance à se rapprocher du "do" à cause de l'attraction.

X. : Avez-vous été en contact avec M. TOMATIS ? Celui-ci a découvert que l'oreille droite entend d'abord, l'oreille gauche ensuite, à 1/5 de seconde d'intervalle. C'est ce qui donne du relief à l'audition. En parole, le bégaiement apparaît dans les cas



où l'oreille gauche n'est décalée que de  $1/15^{\circ}$  de seconde : le bégue entend alors deux fois les sons et répète ce qu'il entend....

M. LEIPP : Il n'est pas impossible qu'il existe des cas particuliers de ce genre; mais il faudrait des preuves objectives pour justifier de telles hypothèses. Le système auditif humain n'est pas un système normalisé et je crois qu'il est difficile de généraliser et de ramener un problème humain, perceptif en particulier, à des lois aussi simplistes. Mme BOREL MAISONNY, qui est parmi nous, est beaucoup mieux habilitée que moi pour apporter une réponse réaliste à ces questions....

Mme BOREL MAISONNY : Avec Melle DINVILLE, nous avons fait autrefois un grand nombre d'audiogrammes pour élucider cette question avec le Docteur TOMATIS. La notion d'oreille directrice nous est apparue comme bien fragile ! ... Les résultats changent selon que l'on commence par l'une ou l'autre oreille, en raison de la fatigabilité des sujets sans doute. De plus, il faudrait préciser chaque fois de façon très rigoureuse les conditions des expériences. Nous avons vérifié que d'un appareillage à l'autre, d'une expérience à l'autre, d'une température ambiante à l'autre les résultats variaient. Il est bien connu que les appareils de mesure, surtout à l'époque, présentaient des dérives importantes dans le temps, au fur et à mesure du chauffage des lampes... il faut donc être prudent dans ses affirmations, même si elles sont étayées de mesures.

M. Luc AMION : J'ai assisté à une expérience très spectaculaire de M. TOMATIS. On a fait lire à un professeur d'anglais un texte en anglais, prononcé avec le plus pur accent anglais. Puis on a coiffé le lecteur d'un casque et il a relu le même texte : l'accent était devenu franchement américain....

M. LEIPP : L'interréaction de l'audition sur la phonation ou le jeu instrumental est connue depuis toujours des musiciens, qui règlent leur jeu en conséquence, et de façon différente, chaque fois qu'ils jouent dans une autre salle, par exemple. La salle est ici un "filtre acoustique", tout comme l'appareillage utilisé dans l'expérience.

M. LYON : Ces propos nous écartent quelque peu de notre sujet !

M. LEIPP : Peut être moins qu'on ne pourrait le croire. Ils montrent que la sensation auditive varie avec le filtrage des sons; il faudrait simplement considérer la question sous l'angle de la perception des hauteurs .....

M. AMELLER : Je signale un fait d'expérience. Nous utilisons un diapason électronique, et l'orchestre s'accorde; en début de séance sur 442 Hz. A la fin du concert, le diapason est souvent monté très haut, jusqu'à 458 Hz.... mais les musiciens jouent juste ! Mais si on s'accordait trop haut au départ, ils joueraient faux.... Quoi qu'il en soit, il faut une base de départ stricte, autour de laquelle nous puissions évoluer.

Je voudrais vous poser une autre question. Pourquoi en fabrication de bassons accorde-t-on l'instrument sur la base de  $15^{\circ}\text{C}$ .

M. LEIPP : Je puis vous affirmer qu'aux établissements Buffet Crampon, où le basson est une spécialité de renommée mondiale, l'essai se fait autour de la température normale, entre  $20$  et  $22^{\circ}\text{C}$ . De toutes façons, la mesure de hauteur des notes graves reste un problème difficile. En effet, les analyses de son de basson, faites en collaboration de M. ALLARD, Professeur au Conservatoire, ont montré que le fondamental et les premiers harmoniques des sons graves de basson sont très évanescents, sinon inexistantes .... La sensation de hauteur n'est donc liée à la fréquence du fondamental que de façon très incertaine... Il reste à faire toute une étude sur la perception des sons complexes très graves et les conséquences sur le problème du diapason de cet instrument.

M. BOISSEAU : Pouvez-vous me dire depuis quand la référence est passée de  $15^{\circ}\text{C}$  à  $20^{\circ}\text{C}$ . Autrefois j'ai signé des marchés à 435 Hz pour  $15^{\circ}\text{C}$  alors qu'à présent c'est 440 Hz à  $20^{\circ}\text{C}$ .

M. LEIPP : Je crois me rappeler qu'à Stuttgart, en 1830, on avait déjà précisé : 440 Hz à 20°C. Mais les habitudes changeaient selon les époques et les endroits. Je précise qu'autour de 440 Hz, un degré de différence correspond à peu près à un Hertz; il est donc évident que 435 Hz à 15°C c'est la même chose que 440 Hz à 20°C. Il faut peut être insister sur le fait que des difficultés surgissent quand la température change dans le local où l'on fait de la musique. Ainsi certains problèmes de justesse des formations jouant en coulisse à l'Opéra peuvent-ils sans doute partiellement s'expliquer ! En effet, les musiciens de coulisse sont très mal placés, plus ou moins dans les "courants chauds" des bouches chauffantes, plus ou moins dans les courants d'air froids venant du haut.... M. FAYEULLE pourrait en parler mieux que moi !

M. FAYEULLE : Oui. Mais comme on accuse les musiciens de coulisse de jouer trop bas, ils montent systématiquement leur diapason ! La mise en scène semble jouer un rôle aussi important que la température dans cette sensation de jeu trop bas ! D'autres phénomènes semblent intervenir, par exemple la lumière : je suis souvent frappé par la tristesse des exécutions dans la demi-obscurité où nous jouons souvent, et il y a sans doute une influence sur le diapason...

Voici une observation personnelle relative au problème des fanfares de coulisse. J'ai travaillé récemment et pendant un mois avec le BOLCHOI. Les interventions de coulisse se font chaque fois le plus près possible de la fosse d'orchestre, au premier plan, et personne ne se plaint que les musiciens jouent trop bas .....

M. LEIPP : C'est évident. Ce sont les coulisses qui filtrent les sons; entendus de la fosse d'orchestre ou de la salle, ceux-ci paraissent alors trop bas. Rapprocher les musiciens de l'avant plan, c'est supprimer le filtrage, donc les plaintes. Mais, point important, la sensation d'éloignement, esthétiquement recherchée est alors fortement atténuée. De quoi les auditeurs se plaignent-ils le plus facilement ? De la justesse ou de l'absence de sensation d'éloignement ? Il faut choisir !

M. FAYEULLE : Pourquoi les instruments à cordes ne donnent-ils pas sur scène ou en coulisse la même sensation de fausseté ?

M. LEIPP : D'abord parce qu'ils sont peut-être moins sensibles à la température que les "vents"; ensuite en raison de leur tessiture souvent plus aiguë et de leur richesse en harmoniques de rang supérieur, ce qui les rend moins vulnérables quant au filtrage par les coulisses que les sons graves.

M. FAYEULLE : J'ajoute que le BOLCHOI joue dans de vieux décors, les bons vieux décors de théâtre. Nous, on nous met du velours partout....

M. LEIPP : Les décors classiques du théâtre se sont lentement élaborés par une évolution de caractère empirique qui a duré des siècles et qui a abouti à un optimum fonctionnel, tant du point de vue du jeu de scène que de la musique. Je ne saurais mieux faire que de rappeler un mot de MEYER SLAT, qui me dit un jour, au sujet de l'orgue : "La pierre de touche de ce qui est classique ?... Lorsqu'on veut enlever quelque chose, ça ne va plus; lorsqu'on rajoute quelque chose, ça ne sert à rien"... Mettre du velours partout, c'est évidemment disposer le meilleur matériau insonorisant connu... et filtrer les sons le plus fortement possible donc aller audevant de plaintes certaines sur les fanfares de coulisse !

M. THEVET : Pour certains instruments de musique, le "la" n'est pas une note-repère... Il serait opportun de rajouter d'autres notes sur votre diapason électronique DIAVAR; par exemple un ut.

M. LEIPP : Le modèle que vous avez devant les yeux est un prototype. Des notes supplémentaires sont prévues par la suite. A l'origine, le "la" a sûrement été choisi parce que le quatuor à cordes constitue la base de l'orchestre classique; or le violon, l'alto, le violoncelle et la contrebasse ont tous une corde "la".

M. MASSIS : Lors d'une tournée à Singapour, j'ai eu l'occasion de jouer le trio Archiduc de Beethoven. Il faisait 35°C dans la salle; il était impossible de jouer; la sonorité était éteinte, le piano semblait bas.

M. LEIPP : La chaleur y était sûrement pour quelque chose; mais son effet était certainement aggravé par l'humidité. Des cordes en boyau, du bois imprégné d'humidité chaude, deviennent mous et inertes; le son devient sourd et tout semble alors trop bas en raison du filtrage mécanique des sons qui deviennent pauvres en harmoniques. De plus il est très probable que notre oreille et notre système nerveux se trouvent modifiés : nous n'entendons plus normalement !

M. CHENAUD : L'idéal serait de normaliser la température dans les salles. Mais c'est bien difficile en pratique ....

M. THEVET : Dans notre fosse à l'Opéra, la température s'élève beaucoup à cause du chauffage des lampes... Je ne crois pas qu'il soit facile de normaliser une température ici...

Mme de BOISSIEU : On a parlé jusqu'ici surtout d'oeuvres tonales. Mais il est certain que le problème est différent selon que l'oeuvre possède un caractère mélodique ou harmonique. Je pense ainsi à BARTOK où quinte et quarte sont des bornes essentielles et où l'attraction joue de façon très différente comparativement avec les oeuvres tonales.

M. LEIPP : C'est absolument certain; l'attraction est plus évidente dans les oeuvres mélodiques et d'autant plus que les instruments utilisés peuvent réaliser effectivement des notes attractives ! Dans une oeuvre de Xénakis, il est bien vain de vouloir poser le problème du diapason...

M. CASTELLENGO : Je voudrais apporter un complément d'information. Lors de l'analyse de la chanson du Roi de Thulé de la Damnation, il était frappant de voir le cor anglais jouer systématiquement plus haut les notes qui se trouvaient dans un passage ascendant mélodiquement, et inversement. Le diapason change donc selon l'allure du contexte mélodique immédiat.

D'autre part, je rappelle que dans l'oeuvre la moins tonale que j'ai analysée (Jeux, de Debussy) il ne se dégageait pas une ligne de diapason aussi nette qu'à l'Opéra : la dispersion de hauteur des notes était beaucoup plus forte.

M. DANION (Ets GONZALES). M. LEIPP, vous êtes membre de la Commission des orgues, aux Monuments Historiques. La restauration des orgues anciens nous pose des problèmes compliqués. Certains instruments ont été recoupés, restaurés 10 - 15 fois depuis trois siècles, sans qu'il soit possible de connaître l'état et la longueur d'origine des tuyaux, ni la pression utilisée. Or on sait bien que la qualité sonore d'un tuyau dépend des variables que l'on a modifiées, en particulier de la taille des tuyaux. Si on recoupe une gambe ou autre jeu étroit, le rapport longueur/diamètre change et on s'approche d'un timbre de flûte... D'autre part, on a généralement remplacé les soufflets à main par des ventilateurs et rajouté des charges sur les réservoirs pour avoir des pressions plus fortes; corrélativement on a été obligé de remonter la bouche; on change alors le timbre. Dans ces conditions, il ne peut être question que l'instrument "sonne comme au 17<sup>e</sup> siècle"... par exemple.

M. LEIPP : " Sonner comme au 17<sup>e</sup> siècle ".... Où sont les documents objectifs permettant de savoir comment l'instrument sonnait lors de sa réception? Or, on n'en sait strictement rien, quoique l'on puisse affirmer. Si encore on possédait une description scrupuleuse de l'instrument à son origine, avec les relevés rigoureux des cotes de chaque tuyau, de la pression etc... Mais de tels relevés ont été rarement faits, car ils représentent un travail de bénédictin, et je ne connais guère que le relevé de l'orgue de MOLLAU, par MEYER SIAT, qui satisfasse aux conditions requises. Encore faut-il bien insister sur le fait que de nombreuses variables des tuyaux échappent à la description précise, surtout au niveau de la lumière et de la bouche où des modifications qui échappent à l'oeil sont, par contre, très sensibles à l'audition. Il est encore plus impossible de "décrire" physiquement une anche ! Il faut donc se résigner : nous ne saurons jamais rien sur ce qu'étaient les orgues historiques à l'origine. Et puis, si nous possédions même un enregistrement, peut-être serions-nous déçus, car il est certain que nos goûts esthétiques, notre façon d'écouter la musique ont profondément changé depuis deux ou trois siècles. C'est pour éviter à nos descendants les discussions stériles et les polémiques auxquelles nous assistons, que j'ai proposé à la Commission des orgues d'enregistrer systématiquement sur bande magnétique les orgues authentiques récents (qui seront anciens plus tard), ou ce qui reste actuellement des .....

orgues historiques, dont on connaîtra au moins plus tard, l'état sonore en 1970, à défaut de la qualité sonore à l'origine...

M. FAYEULLE : Pourrait-on savoir où en était le diapason il y a 40 ou 50 ans à partir d'enregistrements phonographiques ? C'est un point qui nous préoccupe beaucoup !

M. LEIPP : Etant donné ce que nous savons des systèmes mécaniques utilisés alors pour l'enregistrement des disques, je crois qu'on ne peut se faire trop d'illusion quant à la précision des renseignements que l'on obtiendrait à partir de disques !

M. LYON : Lorsqu'on enregistrait, au début du siècle, on gravait directement et la platine tournait rigoureusement à 78 tours/minute, ce dont on est sûr parce que le moteur d'enregistrement n'était pas à ressort, mais à contrepoids, avec régulateur.

M. LEIPP : Je suis assez sceptique quant à la précision de défilement de tels systèmes; il faudrait au moins la contrôler s'il existe encore des platines de gravure de l'époque en bon état. Avec les dispositifs à contrepoids les frottements devaient être importants et variables entre le début et la fin du disque du fait que la vitesse tangentielle varie considérablement entre les sillons extérieurs et ceux du centre du disque. Bref, j'émetts des doutes tant que je n'aurais pas vérifié moi-même, ce qu'il en est : nous en avons les moyens.

Pour ce qui est des gravures plus récentes, il est encore plus impossible de tirer des conclusions sur le diapason. En effet, M. GILLOUX, Directeur chez Pathé Marconi, nous a affirmé que, pour éviter toutes discussions quant aux questions de diapason, on alignait actuellement d'office tous les disques sur 440 Hz pour le "la", ce qui est une opération facile actuellement.

M. AMION : Il serait bon d'insister auprès des fabricants d'électrophones pour que l'on puisse régler la vitesse de leurs appareils, comme c'était le cas dans les anciens phonographes. Ceci permettrait à chacun d'ajuster le "diapason" à son goût lors de l'audition et éviterait à ceux dont les oreilles sont "désaccordées" d'entendre certaines oeuvres dans des tonalités différentes de la tonalité d'origine.

M. LEIPP : C'est sans doute impossible, en raison du type de moteurs utilisés en fabrication commerciale. On ne peut réguler la vitesse d'un moteur synchrone que si l'on dispose un variateur continu de vitesse à poulies coniques par exemple; mais cela augmente considérablement le prix de revient....

M. AMION : C'est bien dommage !

M. LEIPP : Je crois que nous pouvons conclure à présent. Si le problème du diapason était un problème simple, on ne nous aurait pas attendu pour le résoudre et nous ne serions pas réunis ici aujourd'hui... Je pense qu'il était précisément important de dégager l'extrême complication de cette question, due à des causes physiques esthétiques, perceptives, humaines. Cela permettra au moins, nous l'espérons, de ne pas tomber dans les errements de nos prédécesseurs qui pensaient naïvement pouvoir imposer une fréquence de référence rigoureuse et légiférer dans un domaine artistique. Il est possible, il est bon de fixer un diapason; mais il faut que la température soit précisée et que l'on définisse des marges pour les fluctuations d'ordre esthétique. Par exemple, on pourrait fixer la norme à 444 Hz  $\pm$  10 Hz à 20°C, et ceci sous forme de recommandation plutôt que de décret... C'est une solution réaliste, et il suffirait de faire des contrôles périodiquement, tous les 5 ou 10 ans, pour voir ce qui se passe. On saurait alors si le diapason "monte" ou non, quitte à prendre, le cas échéant, des décisions plus fermes afin d'éviter aux fabricants d'instruments et aux musiciens des ennuis comparables à ceux qui découlèrent naguère du décret Lissajous.

o  
o

#### BIBLIOGRAPHIE ET COMPLEMENTS D'INFORMATION :

Nous renvoyons à celle de notre bulletin GAM N°36 (Mai 1968) et au Bulletin GAM N° 40 (février 1969 : Un diapason électronique nouveau à l'Opéra de Paris).

...../