

E. LEIPP

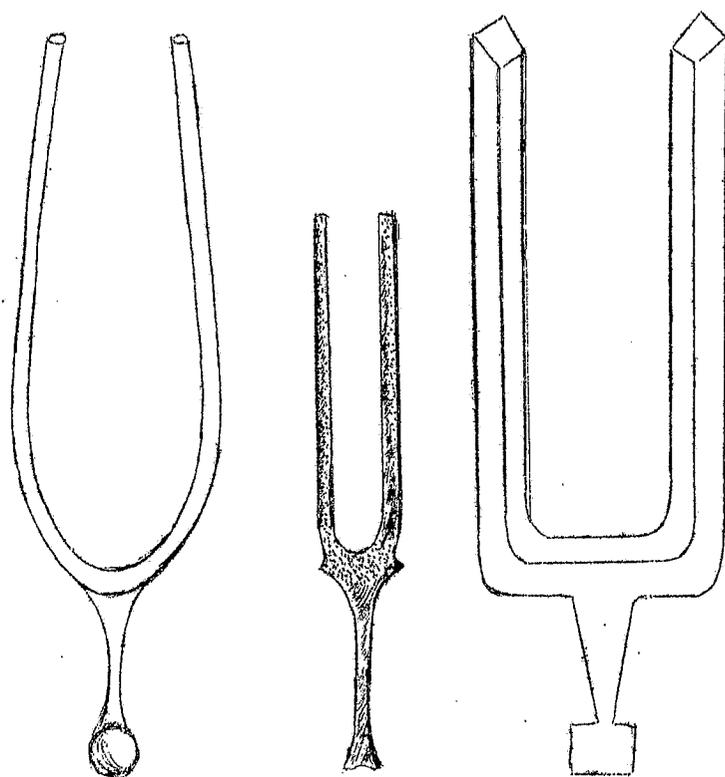
M. CASTELLENGO

N° 36



MAI 1968

LE DIAPASON



GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE
FACULTE DES SCIENCES - 8 RUE CUVIER - PARIS 5°

REUNION DU 10 MAI 1968.

Etaient présents :

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président.
M. LEIPP Secrétaire Général; Mlle CASTELLENGO Secrétaire.

puis par ordre d'arrivée :

Dr. Ing. J. MEYER (Laboratoire du P.T.B. de Braunschweig, Allemagne); Mme et M. J.S. LIENARD (Ingénieur A. et M.); M. RENAUDIN (Classe de Musicologie de Poitiers); M. GENET-VARCIN (Chef T.P. Chimie); M. F. FORET (Compositeur) M. AGOSTINI (Directeur Technique de l'Opéra); M. CHENAUD (Président Assoc. Facteurs Accordeurs et Réparateurs Pianos); M. SASSO (Président EUROPIANO); Mlle F. LEIPP (Etudiante Orthophonie); M. CUILLERIER (Etudiant IDHEC); Mme LEIPP; Mme CHARNASSE (C.N.R.S.); M. GUILLAUME (AFARP); M. BATAISSIER (Secrét. Techn. S.I.E.R.E.); M. SELMER (Instr. à vent); M. SACKUR (Professeur); M. S. WALCH; M. OUNA (Das Musikinstrument); M. LARACINE (Lab. Acoust. O.R.T.F.); M. MAILLARD (Ecrivain); M. MANEN (Prof. Conservatoire de Musique); M. LEBLANC (Clarinettes); Mme NYEKI (Phonothèque Nationale); M. MOUTET (ONERA); M. DETTON (Sté Fse Cybernétique); Mme et M. POUBLAN (Médecin Biologiste); Mlle G. NOUFFLARD (Flûtiste); Mlle DINVILLE (Orthophoniste); M. SAPALY (Maître de Conférences); M. ETTLINGER (Clarinette solo TEL AVIV); M. BORIS (Architecte, RAUC); M. DUPARCQ (Revue Musicale); M. TRAN VAN KHE (Maître de Recherches C.N.R.S.); M. CONDAMINES (Lab. Acoust. ORTF).

Excusés :

M. GAUTHIER, Vice-Doyen de la Faculté des Sciences;
Mmes BOREL-MAISONNY, CARON, COUTURE, STRAUS
Mlles S. HUE, E. WEBER.
Messieurs CARCHEREUX, MAILLOT, VOGEL, MOLES, LHOPE, LEHMANN, KLEIN, PERIN, GEORGEAIS, GRINDEL, CLEAVER, PUJOLLE, BAUDO, BENEDETTI, ISOIR, BLONDELET (Ets BUFFET-CRAMPON).
M. GUNDRY et M. PAWLEY (Ing. Chef des Relations Ext. de la B.B.C.)
M. Tomaso VALDINOCI (Théâtre de la Scala de Milan).
M. RORIVE (Ing. Direct. "Equipements Studios" R.T.B. Bruxelles).

PERIODIQUE : 6 numéros Annuels

PRIX DE VENTE : Service Gratuit

IMPRIMEUR : Laboratoire de Mécanique Physique
Faculté des Sciences de Paris

NOM DU DIRECTEUR : M. le Professeur SIESTRUNCK.

N° D'Inscription à la Commission Paritaire des Publications
et Agences de Presse : 46 283.

	<u>Pages</u>
I. <u>INTRODUCTION</u>	1
II. <u>LES DONNEES HISTORIQUES ET LEUR CRITIQUE</u>	2
1°) GENERALITES. LA PERIODE PROTOHISTORIQUE...	2
2°) LA PERIODE HISTORIQUE	4
A) <u>Les travaux d'ELLIS</u>	4
a) Valeurs calculées sur données littéraires	4
b) Valeurs mesurées sur diapasons à fourches.....	4
c) valeurs mesurées sur orgues historiques	5
d) relevés faits par des scientifiques	5
B) <u>Les commissions et congrès de normalisation</u>	7
a) Stuttgart 1834	7
b) C.N.A.M. 1858	7
c) ISO 1939	10
d) Pasqualini Rome 1952	10
e) Organisation Int. Norm. AFNOR...	10
III. <u>LE PROBLEME ACTUEL</u>	10
1°) Rôle de la température	11
2°) Réunion du GAM (1964)	13
3°) La campagne de presse 1964-1968	13
IV. <u>NOS RECHERCHES SUR LE DIAPASON REEL</u>	18
1°) La méthode	18
2°) Les résultats	20
a) allure générale	21
b) Intérêt artistique des fluctuations	21
c) Problème de la perception des hauteurs	21

PLAN (suite)

	<u>Pages</u>
3°) AUTRES RESULTATS (OPERA, OPERA COMIQUE etc..)	21
4°) LA REUNION DE SALSBOURG	25
Oeuvres étudiées	26
V. <u>CONCLUSIONS</u>	28

LE DIAPASON

I. INTRODUCTION

Le diapason, dans le sens où nous l'entendons ici, est la fréquence de référence utilisée par les musiciens pour s'accorder entre eux. Cet " étalon " est indispensable dès que l'on fait de la polyphonie.

On choisit habituellement la note " la₃ " (a¹ ou a¹ en Allemagne; A₂ aux U.S.A.) correspondant approximativement à la fréquence de 440 Hz, dans l'octave du milieu du piano. Ce choix n'est pas arbitraire : cette note existe sur la plupart des instruments de musique traditionnels européens; c'est en particulier une corde à vide commune dans le quatuor à corde (à l'octave près pour le violoncelle), ce qui facilite l'opération d'accordage. Enfin, le la₃ est situé dans la zone de bonne sensibilité de l'oreille humaine.

Si l'on a défini au préalable une échelle précise, dont cette note fait partie, la fréquence de référence est suffisante pour déterminer entièrement la " hauteur " à laquelle on joue une oeuvre.

Il était d'usage, au siècle dernier, de définir une fréquence en " vibrations simples " ; on disait 880 vibrations simples au lieu de 440 Hz (ou 440 cycles/seconde, aux U.S.A.). Il convient d'abandonner l'ancienne dénomination pour une raison évidente : dans un mouvement pendulaire sinusoïdal) un aller et un retour sont identiques, au signe près; mais dans un mouvement vibratoire compliqué, comme le sont tous les sons musicaux, ce n'est pas le cas, et très généralement l'aller et le retour n'ont ni la même durée, ni la même forme (oscillations de relaxation). Il convient donc d'employer le mot " HERTZ " (Hz) qui est maintenant universellement adopté.

L'étude objective des problèmes relatifs au diapason est, par définition, l'affaire d'un laboratoire d'acoustique musicale, et dès la création de celui de la Faculté des Sciences nous avons commencé à rassembler une documentation sur cette question. Il s'est vite avéré que le problème n'était pas résolu, et dès février 1964 nous avons provoqué une réunion du GAM sur ce sujet. Nous avons alors tenté de faire le point et examiné certains aspects particuliers du problème. Il fut décidé

de procéder à des recherches systématiques, en particulier dans les théâtres lyriques parisiens. Entre temps, nous avons pu étendre nos investigations à d'autres pays européens, et nous disposons actuellement de données suffisantes pour poser correctement le problème.

En fait, celui-ci est beaucoup plus compliqué qu'il n'apparaît à première vue; en tout état de cause, il est indispensable de le reprendre à partir de son origine.

II. LES DONNEES HISTORIQUES ET LEUR CRITIQUE

1°) GENERALITES. LA PERIODE PROTOHISTORIQUE.

A l'origine, les musiciens ne se souciaient pas du diapason. Ils fabriquaient souvent eux-même leurs instruments qu'ils adaptaient à leur propre anatomie. Des possibilités d'écartement des doigts découlaient les écarts des trous des flûtes et la longueur vibrante des cordes de rebec etc.. On jouait généralement seul et pour son propre plaisir ; il n'y avait pas de problème du diapason.

Mais les choses allaient se compliquer de bonne heure. Les organiers avaient besoin d'un " étalon " d'accord dès qu'ils firent des instruments tant soit peu élaborés. Ils choisirent le seul moyen pratique alors disponible pour définir une " hauteur " et qui consistait à utiliser la longueur d'un tuyau à bouche dont on sait qu'elle est inversement proportionnelle à la fréquence. Cet étalon restait cependant très imprécis parce que l'unité de longueur, le pied, n'était pas du tout normalisée; de plus la fréquence d'un tuyau est liée à d'autres paramètres que la longueur; nous y reviendrons plus loin.

De leur côté, les autres instrumentistes s'avisèrent de bonne heure que le jeu d'ensemble était susceptible d'enrichir considérablement la palette musicale. Mais dès lors, un problème allait se poser ; il fallait s'accorder.

Pour les instruments à cordes, le quatuor de violons en particulier, la méthode était simple et efficace; PHILIBERT JAMBE de FER, dans son EPITOME MUSICAL (1556) nous la décrit avec précision.

Le violon tendait sa 4ème corde SOL jusqu'au point où il en estimait la sonorité agréable; puis il accordait les autres cordes par quintes successives, en utilisant les battements, probablement comme de nos jours. Les dimensions des violons et les cordes n'étant pas normalisées; c'était une méthode efficace pour obtenir un rendement sonore optimum, eu égard au goût de l'époque.

Les autres instruments du quatuor prenaient alors leur accord sur le " sol " à vide du violon, qui correspondait, pour l'alto et le ténor, à leur troisième corde. Enfin, le violoncelle accordait de même sa première corde en sol (et non en " la " comme de nos jours; mais les habitudes variaient sans doute selon les lieux).

Le quatuor ne posait donc pas vraiment de problèmes de diapason. Lorsque la formation comportait des instruments à trous latéraux (flûte, chalemie etc...) les instruments à cordes s'accordaient nécessairement sur eux. C'était possible sans autres complications, car un violon " sonne bien " dans une assez grande marge de tensions de cordes.

Les discussions sur le diapason ne vont vraiment débiter qu'à l'époque où la musique et les musiciens commencent à voyager. Une lecture attentive du SYNTAGMA MUSICUM de PRAETORIUS (1618) montre une situation déjà compliquée en SAXE et même dans la petite ville de WOLFENBUTTEL où l'auteur fit imprimer son ouvrage. PRAETORIUS nous fournit de nombreuses précisions et nous dit :

- " mes ancêtres accordaient leurs orgues un ton plus bas que nous.
- notre orgue actuel est un ton plus bas que celui des musiciens profanes.
- Certains de ceux-ci se permettent de jouer encore un demi-ton plus haut
- en Angleterre, Italie et Hollande, les orgues sont accordés une tierce mineure plus bas que les nôtres."

Si on admet qu'il existait encore en 1618 des orgues " anciens ", le texte de PRAETORIUS montre clairement que les " diapasons " européens étaient alors tout à fait disparates, et que la dispersion, d'un endroit à l'autre, dépassait largement une quinte.

Cette situation allait poser aux musiciens, qui commençaient alors à voyager de cour en cour, deux problèmes épineux :

- Comment chantera-t-on telle pièce italienne notée une tierce plus bas ?
- Comment tel virtuose de flûte ou de hautbois fera-t-il pour se " mettre au ton " avec telle formation étrangère ?

Ce double souci va s'aggraver graduellement et provoquer des réactions de plus en plus vives; il sera à la base de la convocation de nombreux congrès nationaux et internationaux sur la normalisation du diapason. On aura dès lors besoin de renseignements objectifs, de mesures.

..../

Celles-ci seront généralement réalisées par des savants et beaucoup d'entre elles nous sont parvenues ; la période " historique " du diapason va s'ouvrir.

2•) LA PERIODE HISTORIQUE JUSQU'EN 1953

A - LES TRAVAUX D'ELLIS.

Il existe un seul travail important regroupant les données historiques précises : c'est " l'HISTORY OF PITCH " d'ELLIS (1885); tous les spécialistes du diapason y ont puisé leurs renseignements (bib I). Nous avons longuement étudié cette publication au sujet de laquelle il est indispensable de formuler diverses réserves.

ELLIS nous donne un grand nombre de chiffres, au dixième de Hertz près, relatifs aux diapasons utilisés entre 1511 et 1885. Ses renseignements proviennent de sources variées et notre expérience dans le domaine de l'acoustique musicale nous montre qu'il convient de les accepter avec un certain esprit critique :

a) Valeurs calculées à partir de données littéraires (tuyaux d'orgue décrits par DOM BEDOS, MERSENNE etc...) Il est bien évident que ces nombres ne peuvent avoir de valeur, sinon indicative; nous savons bien que la hauteur du son d'un tuyau à bouche, même de diamètre défini, est très largement variable avec la pression du vent, la température, l'éguelement, l'orientation d'"oreilles" éventuelles etc..; l'expérience montre qu'on peut monter ou baisser un tuyau donné d'une bonne tierce en jouant sur ces divers paramètres. Comme on n'avait aucune méthode valable pour mesurer une fréquence du temps de MERSENNE, on est bien obligé d'en conclure que les nombres avancés par ELLIS n'ont aucun rapport avec la réalité.

b) Valeurs mesurées sur des diapasons à fourche historiques. On possède de nombreux diapasons à fourche ayant appartenu à des personnages plus ou moins illustres (MOZART, HAENDEL, etc..). Comme un tel instrument ne risque guère de se dérègler dans le temps, on en a conclu qu'il était facile de connaître le diapason du vivant de leurs propriétaires. Cependant la plus grande circonspection s'impose en ce domaine. Il faudrait d'abord être certain de l'authenticité de l'objet; ensuite il faudrait avoir la preuve que ces diapasons n'ont jamais été " recoupés " ou " dérouillés " inconsidérément car un petit coup de lime au bon endroit peut modifier beaucoup la fréquence. Enfin il faudrait connaître l'usage qu'on en faisait; par exemple le fait que je possède personnellement un diapason à fourche à 432 Hz à mon domicile, ne prouve nullement que je m'en sois servi pour accorder mon violon. En fait, les

fourches citées peuvent avoir une certaine valeur sentimentale ou, peut-être même acoustique; MOZART a bien pu se servir de tel diapason pour accorder son clavecin; mais nous n'avons aucune garantie sur aucun des points soulevés plus haut et par conséquent nous ne saurons jamais rien de ce qu'était le diapason réel lors de l'exécution de telle oeuvre de MOZART. Toutes les conclusions qu'on a tirées des fourches historiques relèvent de la présomption ou de l'affirmation sans preuves.

c) Valeurs mesurées sur des orgues historiques.

On peut reprendre à ce sujet tout ce qui a été dit plus haut au sujet des valeurs calculées à partir de tuyaux à bouche. On ne sait rien ni de la température, ni des pressions d'origine, ni même de la longueur et de l'égueulement des tuyaux, car tous les orgues anciens ont été de tout temps remaniés, "ramenés au diapason", dotés d'autres souffleries, etc... Nous pensions un moment pouvoir tirer des conclusions à partir des bourdons que certains facteurs soudaient; mais comme on ne sait rien de la pression d'origine, ni de l'orientation des oreilles, il est impossible de conclure quoi que ce soit. Bref, il faut s'y résigner : nous ne saurons jamais avec certitude comment tel orgue était accordé à l'origine et il est bien illusoire dans ce cas de donner le "diapason" de tel orgue ancien avec une précision requérant l'usage de décimales ...

d) Valeurs mesurées par des chercheurs scientifiques.

Dès le premier congrès sur le diapason, on avait sollicité le concours d'hommes de science, ce qui, à priori, était raisonnable puisqu'il s'agissait de mesurer une fréquence. On pouvait dès lors espérer des données objectives, plus sérieuses que les précédentes.

Pour mesurer une fréquence, il faut nécessairement remplir deux conditions préalables : il faut une méthode d'inscription ou de comptage des vibrations et un étalon de temps précis. Les acousticiens du siècle dernier n'avaient pas, comme nous, de moyens simples et expéditifs pour résoudre ce problème; mais leur extraordinaire ingéniosité leur a permis de triompher des difficultés, dans une mesure largement suffisante pour les besoins de la cause.

On disposait alors de plusieurs méthodes, infiniment supérieures à celles qui dérivait de l'usage du sonomètre à cordes dont la précision est très faible, même si on dispose d'un diapason à fourche étalonné pour l'accorder (nous avons longuement travaillé naguère avec le sonomètre : on ne peut guère espérer une précision supérieure à quelque 5 savarts, soit 20 cents). Au siècle dernier, les chercheurs sollicités pour le diapason utilisaient, plusieurs méthodes ;

- la sirène. C'est un disque à trous; ceux-ci défilent à une vitesse donnée devant un jet d'air qui est donc interrompu périodiquement. En réglant la vitesse et la pression de la soufflerie, on obtient une fréquence définie qui peut servir d'étalon; on accorde la sirène sur le son à tester, par la méthode auditive des battements, qui est très précise. C'est ainsi que travaillait LISSAJOUS. En utilisant une soufflerie de précision que CAVAILLE-COLL lui avait construite, il arrivait à une précision de l'ordre du Hertz (pour 440 Hz), largement suffisante ici.

- le stroboscope optique. C'est une roue comportant des fentes à travers lesquelles on peut observer une corde vibrante. Si la vitesse de rotation de la roue est convenablement réglée par rapport à la fréquence de la corde, celle-ci semble immobile; on peut donc par ce procédé mesurer la fréquence d'une corde de violon par exemple. La précision est comparable à celle que l'on obtient avec la sirène.

- l'inscripteur électrographique (MAYER). L'apparition de l'électro-aimant permettait simultanément d'inscrire sur un cylindre de laiton noirci la vibration à étudier et l'étalon de temps (horloge électrique). La précision obtenue est suffisante.

- l'horloge de KOENIG. Ce chercheur utilisait un diapason de basse fréquence (64 Hz) comme étalon de temps; celui-ci jouant le rôle du balancier entraînait une véritable horloge; on pouvait faire ainsi un comptage sur de très longues durées, ce qui permettait une très grande précision.

Toutes ces méthodes étaient largement suffisantes dans le problème du diapason, mais une question importante va dès lors se poser : QUE VA-T-ON MESURER ?

On fit alors venir le violon solo de l'OPERA (Ferrand), le hautbois solo etc..., et on leur demanda de s'accorder normalement, comme ils le faisaient lors de l'exécution des oeuvres qu'il jouaient; les mesures furent alors faites sur la fréquence du la_3 .

Il est nécessaire d'ouvrir ici une parenthèse. Nous savons par expérience, que certains musiciens ont une mémoire des hauteurs extraordinairement fidèle. Nous avons vérifié en particulier que le hautbois solo de l'Opéra (DEBRAY) donnait aux entre-actes un " la " de 440 Hz à moins d'un savart près sans avoir aucunement besoin d'un accordeur électronique ou d'un diapason à fourche... et cela quoique l'instrument ne soit pas du tout un " instrument à sons fixes " comme nous l'avons encore entendu répéter !

Mais il faut tenir compte d'un fait important : Lorsque LISSAJOUS fit ses recherches et convoqua FERRAND, toute une campagne sur la " hausse du diapason " était en cours - comme de nos jours. On accusait déjà le hautbois, les violons etc., et il est évident que dans ces conditions et pour des raisons psychologiques, faire " donner le la " à un hautbois ou à un violon ne signifie plus grand chose; en effet, ni le hautbois, ni le violon solo ne voudront être accusés de " monter le diapason ", et ils resteront prudemment plus bas que d'habitude. En tout cas nous n'avons aucune garantie de ce point de vue et, comme on verra plus loin, le problème du diapason n'est de toute façon pas le problème du relevé précis d'une note !

Quoiqu'il en soit, de nombreuses commissions et congrès nationaux et internationaux se sont appuyés sur les données fournies par les scientifiques pour tirer leurs conclusions. Rappelons l'essentiel de ce point de vue.

B - LES COMMISSIONS ET CONGRES DE NORMALISATION DU DIAPASON.

a) En 1834, le CONGRES DE STUTTGART se basait sur les recherches de SCHEIBLER. Celui-ci avait établi un " tonomètre ", série de 52 diapasons accordés de 4 en 4 Hz entre 220 et 440 Hz, et qui représentaient ainsi des étalons pour mesurer une hauteur de façon expéditive, soit directement à l'oreille, soit avec l'aide d'appareillages quelconques. Ce tonomètre est perdu; mais ELLIS avait pu en retrouver un autre exemplaire, du même chercheur, comportant 56 diapasons à fourche. Vérification faite, tous n'étaient pas accordés à 4 Hz d'intervalle; 23 d'entre eux se situaient entre 3,8 et 4,2 Hz. En fait on ne sait pas ce que SCHEIBLER faisait de ces fourches. En tout cas, la commission de STUTTGART fixa le diapason à 440 Hz, norme qui ne fut jamais respectée en fait, puisque les réunions vont se succéder.

b) En 1859, se réunit la COMMISSION LISSAJOUS-HALEVY. (Arts et Métiers ; CNAM). Nous n'avons pu retrouver les actes de cette commission, mais on sait que LISSAJOUS demanda aux principales villes d'Europe où l'on faisait de la musique, d'envoyer un diapason à fourche correspondant au " diapason " du lieu considéré.

Rappelons dès le départ, les objections faites plus haut : il n'est pas possible, à partir d'un diapason à fourches, d'affirmer que les musiciens jouaient réellement à ce diapason pendant leurs exécutions; nous pouvons simplement présumer qu'ils étaient au voisinage de cette norme.

Nous avons pu retrouver la série des diapasons de LISSAJOUS, au Musée Instrumental du Conservatoire Nationale de Musique de Paris, et, grâce à l'obligeance de la conservatrice de ce musée, Madame de CHAMBURE, il nous a été possible de relever les fréquences de ces diapasons à fourches (fig. I).

Il apparaît avec évidence que la très grande majorité des diapasons était au-dessus de 440 Hz; un simple coup d'oeil montre que la moyenne se situait autour de 445 Hz. La dispersion est de l'ordre de 20 Hz entre maximum et minimum.

La décision prise par la commission LISSAJOUS fixa légalement le diapason à 435 Hz à 18°C, seule décision légale existante, actuellement encore.

On peut se demander pourquoi la commission jugea opportun de fixer la norme à 435 Hz alors que tout le monde était plus haut. Sans doute était-ce sous l'effet des doléances de certains " spécialistes du diapason " ou même de certains musiciens, chanteurs en particulier, qui se plaignaient, comme de nos jours de ne plus pouvoir exécuter certaines oeuvres classiques des siècles précédents. Nous analyserons plus loin ces doléances et montrerons qu'elles n'étaient alors guère plus justifiées qu'actuellement, la dispersion du diapason signalée dès PRAETORIUS rendant de toutes façons certaines oeuvres anciennes inchantables dans le ton. Mais il est nécessaire d'insister ici sur le fait que la décision de cette commission manquait de réalisme et témoignait en tout cas d'une méconnaissance du problème réel; comme telle elle fut dès l'origine inapplicable et néfaste.

- Inapplicable : il aurait fallu mettre au rebut tous les instruments de musique à trous latéraux (flûtes, clarinettes, hautbois, etc...) qui sont construits pour un diapason donné, d'une façon très rigoureuse. Selon les mesures de LISSAJOUS, l'OPERA était alors autour de 447 Hz; or ramener une flûte ou un hautbois de 447 à 435 Hz est une impossibilité pratique évidente. On peut bien raccourcir un peu le tuyau, mais la distance inter-trous reste la même, et alors l'instrument devient faux. Grâce au champ de liberté de tout instrument à vent, le musicien peut bien rectifier ses notes dans une certaine mesure; mais il est mal à l'aise et joue faux dans les passages rapides. Pour illustrer ce qui vient d'être dit, voici une flûte construite pour 435 Hz. (fig.2). Lorsqu'on relève le champ de liberté de l'instrument - c'est-à-dire la marge de correction possible aux lèvres et au souffle, en jeu normal et pour chaque note - on trouve une aire d'allure horizontale. Rappelons qu'un instrument peut être considéré comme juste lorsque l'on peut faire passer intégralement une ligne horizontale dans le " champ du possible " ... Ici, c'est le cas entre 434 et 438 Hz; la flûte

est donc " juste " pour 435 Hz. Mais en traçant une ligne à 445 Hz, on vérifie l'impossibilité de jouer assez haut une bonne moitié des notes de l'instrument à ce diapason.

Dans ces conditions, et pour ne pas perdre un instrument auquel le musicien tient généralement pour des raisons variées, fonctionnelles, pécuniaires ou sentimentales, on essaye de " corriger " l'instrument. Par exemple on recoupe le tuyau de la flûte vers l'embouchure. L'instrument est alors " remonté " en bloc, mais il n'est plus possible de trouver en aucun point une ligne horizontale entièrement incluse dans le nouveau champ de liberté (en hachures, l'instrument est faux, A 440 Hz, toute l'octave aiguë est trop haute et incorrigible; à 445 Hz l'aigu reste toujours faux.

- Néfaste. La décision de la commission fut néfaste, parce que les propriétaires d'instruments à trous latéraux ne pouvant faire " rectifier " ceux qu'ils possédaient, furent contraints d'en acheter d'autres. Les fabricants de flûtes, de clarinettes, et hautbois, de bassons savent bien " recalculer " leurs instruments pour un diapason plus haut ou plus bas; mais l'opération coûte assez cher, car il faut souvent renouveler tout l'outillage, ce qui représente des sommes considérables, surtout si l'on tient compte qu'il s'agit souvent, en facture instrumentale, d'entreprises artisanales - même actuellement. En tout cas, certains facteurs, et parmi eux, les plus connus - qui en avaient les moyens - se mirent dès lors à faire des instruments au diapason de 435 et l'on trouva sur le marché deux types d'instruments : les " anciens " faits pour un diapason de 445-447 à 20°C (si nous en croyons les mesures de LISSAJOUS et le témoignage de plusieurs musiciens qui n'ont pas oublié cette situation), et les autres, plus bas de 10 à 12 savarts, soit d'un quart de ton environ. Les conséquences néfastes de cette dualité ont des prolongements jusqu'à nos jours : tel flûtiste qui tient à tel instrument datant du siècle dernier pour des raisons sentimentales ou sonores a fait recouper son instrument, avec les conséquences évidentes que nous avons précisée plus haut! Lorsqu'il jouera seul ou en petite formation d'instruments accordables à des diapasons variés, tout ira bien; mais dès qu'il sera incorporé à une formation " normale " aujourd'hui, il se plaindra de ce que les autres fassent " monter le diapason ", car il lui sera impossible de corriger suffisamment aux lèvres les notes extrêmes de son instrument.

Si la commission de 1859 avait pris la décision raisonnable de fixer le diapason à la moyenne où il en était effectivement alors, d'innombrables complications auraient été évitées aux facteurs d'instruments et aux musiciens. Nous espérons que le fait de dénoncer cette erreur évitera la récurrence...; mais l'impossibilité pratique d'appliquer effectivement le décret de 1859 devait de toutes fa-

çons appeler d'autres réunions de normalisation.

c) en 1939, se réunit la Commission de l'ISO (International Standardizing Organisation). Elle s'appuyait sur des travaux de techniciens de la radiodiffusion en particulier, qui avaient enregistré des émissions radiophoniques et relevé la fréquence du la_2 à l'aide d'appareillages électro-acoustiques maintenant classiques (LOTTERMOSER VAN DER POL etc..). Les relevés avaient un aspect statistique, donc en principe beaucoup plus raisonnable que ceux de LISSAJOUS; Mais nous verrons plus loin que " mesurer le la ", c'est oublier un certain nombre de paramètres musicaux importants et fausser le problème. Quoiqu'il en soit, on décida d'une norme de 440 Hz à 20°C. Puis la guerre arriva et on eut d'autres soucis.

d) en 1952, PASQUALINI (bib 3-4) de l'ACADEMIE DE MUSIQUE SANTA CECILIA fit une enquête européenne, auprès de musiciens, de facteurs d'instruments etc... pour tenter de faire le point sur la question du diapason. La plupart des données historiques invoquées sont tirées des travaux d'ELLIS et les arguments avancés s'appuient encore trop souvent sur des affirmations. Cette enquête était faite en vue de la réunion d'une nouvelle commission à Londres.

e) En 1953, le Comité d'acoustique de l'Organisation Internationale de Normalisation, réuni à Londres, fixa le diapason à 440 Hz à 20°C, valeur entérinée en France par l'AFNOR. La décision, une fois de plus, ne fut pas suivie d'effet si on en croit toute la littérature parue ces temps derniers sur cette question. La commission pensait faire une " mise au point définitive " de l'accord international de 1939 et d'aucuns, dans le compte-rendu des séances, déploraient cette décision, trouvant " regrettable qu'il n'ait pas été possible de proposer un abaissement de la fréquence normale à 435 ou 432 Hz ". Les mêmes erreurs entraînant les mêmes conséquences, le problème restait sans solution dans la pratique, et c'est ce qui nous a conduit à faire au laboratoire une série de recherches sur ce sujet.

III. LE PROBLEME ACTUEL

Nous avons commencé par regrouper toute l'information disponible et amorcé quelques expériences dès 1962, date de la création de notre laboratoire. Les résultats furent publiés dans un premier article paru dans " DAS MUSIKINSTRUMENT " en 1962 (bib.5). La partie historique s'appuyait essentiellement sur les données d'ELLIS pour la simple raison qu'il n'existe que

...../

peu de renseignements écrits autrement. La deuxième partie posait le problème de la température et de son action sur les instruments de musique, problème sur lequel nous avons entretemps réalisé une expérimentation systématique et dont il est nécessaire de donner les conclusions et résultats essentiels.

1°) Rôle de la température sur les instruments de musique.

Les musiciens connaissent bien, empiriquement, les effets de la température sur leur instrument; leurs constatations sont justes, mais imprécises.

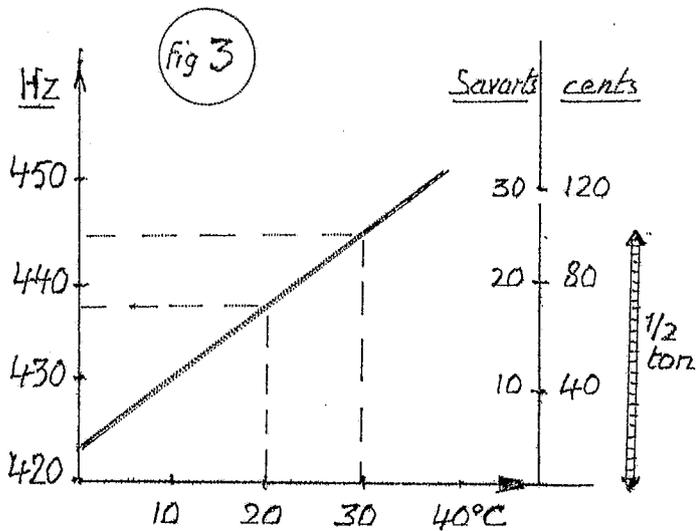
Il faut considérer deux cas distincts : celui des instruments accordables quand la température change, et les autres.

Lorsqu'on joue du violon en orchestre, la température et surtout l'hygrométrie montent dans la salle; ces deux facteurs modifient l'accord de l'instrument en agissant sur les cordes, le bois etc.. Il est difficile d'établir une " loi de variation " ici, car c'est chaque fois un cas particulier. Tel musicien joue des cordes en boyau, tel autre des cordes en acier; un tel possède un instrument sensible aux conditions atmosphériques du fait des matériaux utilisés dans sa construction ou du traitement de ceux-ci etc.. Quoiqu'il en soit, le violoniste réaccorde en un tour de main son instrument, à n'importe quel moment " creux " et rectifie de toutes façons " au doigt " : il n'y a donc pas de problème ici.

Par ailleurs certains instruments, laissés en permanence dans la salle de concert, comme la harpe, le piano ou le clavecin, ne se désaccordent guère et leur diapason est déterminé au moment de l'accord, la température ne jouant qu'un rôle négligeable. Mais, le problème va se poser avec les instruments comportant une " colonne d'air " qui règle la hauteur des sons. Si la température joue un rôle, certains musiciens pourront, comme les violonistes, " corriger " sans difficulté : le trombone allonge un peu plus ou moins, le trompette peut tirer sur ses coulisses etc.. Le véritable problème va se poser pour les instruments à trous latéraux.

En effet, il est bien connu (Loi de BERNOULLI) que la hauteur du son donné par une colonne d'air cylindrique est proportionnelle à la célérité du son (V) dans l'air, la fréquence N étant, en première approximation égale à $V/2L$ dans un tuyau ouvert et $V/4L$ dans un tuyau fermé.

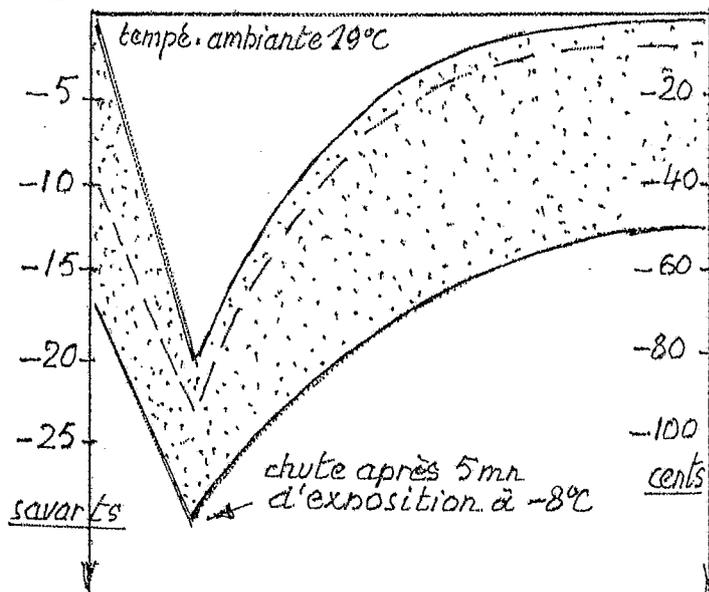
Mais la célérité V varie proportionnellement à la racine carrée de la température absolue en degrés KELVIN. La formule de LAPLACE permet de calculer la célérité du son dans les diverses conditions. On vérifie qu'entre 0°C et 20°C la variation de célérité est de l'ordre de $0,60 \text{ m/s}$



Montée théorique de la Fréquence avec la température.

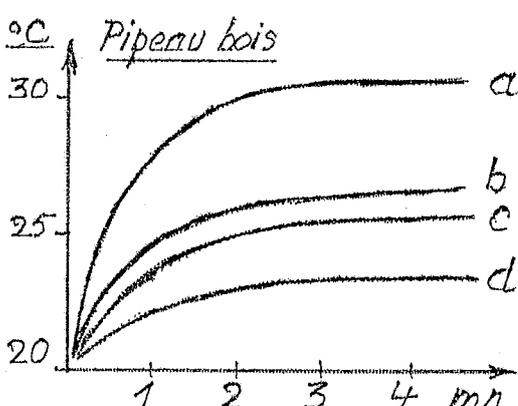
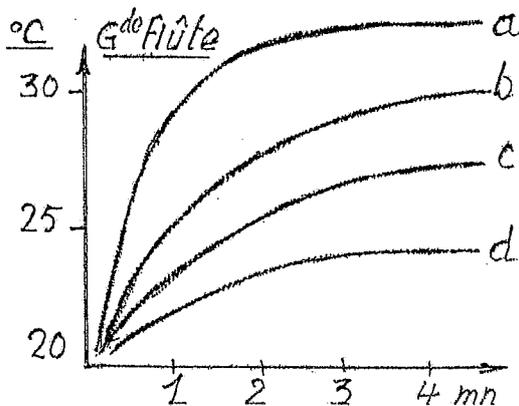
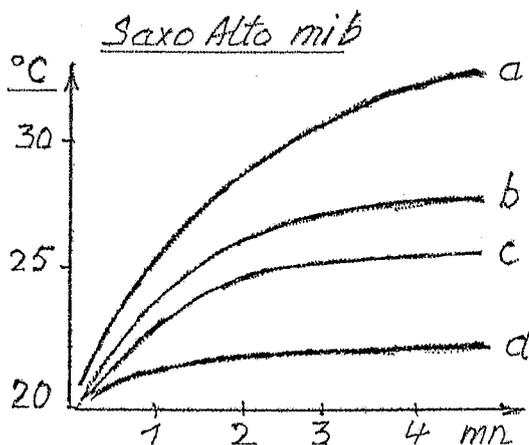
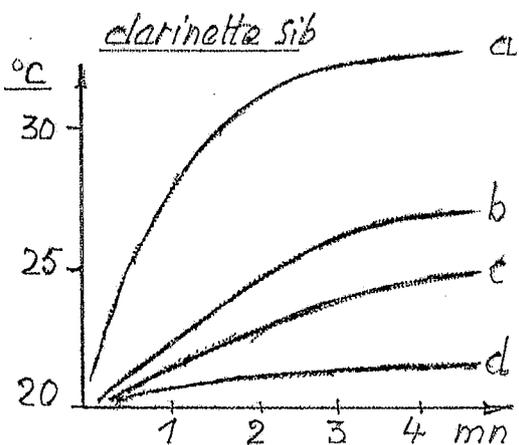
Entre 10°C et 40°C. le diapason monte de 428 à 450Hz!

Fig 5 Clarinette en sib - ré₃ 147Hz



Champ de Liberté d'un ré₃ 147Hz de clarinette entre 19°C et -8°C après 5 mn d'exposition à -8°C seulement.

Fig 4



bec.



a

b

c

d

bout

Montée de la température en quatre points entre bec et bout pour 4 types d'instruments à vent.

par degré centigrade; on obtient, tous calculs faits, un diagramme de variation de fréquence en fonction de la température (fig.3). Mais la réalité n'a jamais la belle simplicité de la théorie; en effet, lorsqu'un musicien souffle dans une flûte ou dans une clarinette, la température près de la bouche du musicien est voisine de 37°C. Partant de la température ambiante, elle va s'élever graduellement dans le tuyau. La loi de montée sera bien entendu différente pour les divers instruments selon leurs dimensions, la nature du matériau, les points de contact des mains etc... A coup sûr elle ne sera pas homogène et tout sera en fait très compliqué.

Pour nous faire une idée de l'allure des phénomènes, nous avons procédé à une série d'expériences. La longueur de l'instrument (clarinette, saxophone, flûte et pipeau) est divisée en quatre parties égales. On place ensuite 4 thermomètres entre l'extrémité du tuyau et la bouche, où on suppose la température stable autour de 37°C.

On joue ensuite l'instrument normalement, dans la mesure du possible et on relève les températures toutes les 10 secondes par exemple (fig.4).

Les quatre courbes ainsi obtenues définissent les lois de variation temporelles de la température à l'intérieur de l'instrument. Celle du haut correspondant à la première subdivision par 4 du tuyau, celle du bas à l'extrémité de l'instrument opposé à la bouche.

Ces diagrammes sont d'une importance extrême. Ils montrent que la loi de réchauffement varie avec l'instrument - ce qui était prévisible. Mais ils établissent non moins nettement que la colonne d'air d'un instrument, en jeu normal, n'est stabilisée qu'après quelque 3 à 4 minutes de jeu. On verra les incidences de cette remarque plus loin.

Les expériences précédentes donnent les modifications de température, mais il était intéressant de voir dans quelle mesure celles-ci agissaient pratiquement sur la hauteur des sons émis par l'instrument.

Pour cela nous avons procédé à l'expérience suivante. Une clarinette, conservée dans une température ambiante de 19°C fit d'abord l'objet du relevé de son champ de liberté. Pour chaque note, on demandait au musicien de "forcer" la note le plus haut, puis de la baisser le plus possible; on demandait aussi de jouer le son le plus facile. La figure 5 donne le résultat pour la note ré₂, 147 Hz (tous les trous bouchés). Avant l'expérience, l'instrument, sur cette note, avait un champ de liberté de 16 savarts environ. Le relevé étant fait, il fut exposé pendant 5 minutes seulement à un froid de -8°C, puis rejoué comme précédemment. L'instrument baisse de près de 25 savarts, soit un demi-ton tempéré..... En continuant à le

...../

jouer, le champ de liberté remonte graduellement, mais très lentement. Au bout de 20 minutes, on n'est pas encore revenu au point de départ.

Le musicien peut bien entendu corriger aux lèvres, mais il est bien évident qu'il ne peut rattraper des écarts d'un demi ou d'un quart de ton.... Autrement dit, le clarinettiste jouera faux pendant longtemps s'il est placé dans les conditions de l'expérience. Le fait est bien connu : nous avons à présent des ordres de grandeurs des phénomènes!

C'est à la suite de ces expériences que nous avons pensé le moment venu de poser le problème au GAM.

2°) La réunion du GAM du 28 février 1964

Le bulletin n° 3 du GAM en résume les conclusions principales. M. DUCLOS, alors Professeur au Conservatoire et chef des CHOEURS de l'OPERA faisait état de plaintes de ses chanteurs relativement au diapason, qui était trop élevé selon eux. D'autre part, les facteurs d'instruments présents (M. BLONDELET, M. JUNCK, M. KLEIN) déclarèrent être tout prêts à faire n'importe quoi, pourvu qu'on leur indiquât sur quelle base il fallait accorder les instruments. La question de fond fut posée : " où en est le diapason réel actuel ? " Personne ne put faire état de réponses chiffrées précises ! Enfin, il apparut nécessaire de savoir si vraiment le hautbois était responsable de la hausse du diapason.

Il fut alors décidé que nous ferions une série de recherches systématiques, à l'OPERA et à l'OPERA COMIQUE pour commencer. Malheureusement M. DUCLOS décéda peu après et notre travail fut arrêté quelques semaines, jusqu'au moment où M. AGOSTINI, Directeur technique de l'OPERA, nous procura toutes facilités et tous accords pour faire les enregistrements et mesures nécessaires.

Les travaux commencèrent aussitôt, et trois rapports furent rédigés par nos soins, avec les premières conclusions, et adressés au Directeur de l'OPERA et de l'OPERA COMIQUE. Divers résultats partiels ayant filtré avant la fin de nos recherches, il s'ensuivit une campagne de presse que nous n'avons ni provoquée ni désirée, mais sur laquelle il convient de donner des précisions.

3°) La campagne de presse (1964-1968)

De nombreux articles sont parus dans diverses revues (bib.8 à 15). Les arguments invoqués par les auteurs peuvent se classer en quatre catégories :

...../

A) Affirmations gratuites. Elles sont sans aucun intérêt. Exemple : " je suis contre la hausse du diapason" (sans autre explication).

B) Affirmations relatives à l'ethos des tonalités.

Comme elles ont été maintes fois avancées, il convient de les analyser de près. On sait de quoi il s'agit : beaucoup de musiciens soutiennent que si l'on transpose une oeuvre, elle perd une grande partie de sa valeur esthétique.

Nous savons depuis longtemps, par expérience, que lorsque les musiciens soutiennent des affirmations relatives à leur métier, celles-ci recouvrent toujours une réalité, généralement très compliquée et, pour cela même, mal explicitée. Qu'en est-il donc de l'ethos des tonalités ?

- Si l'on utilise une gamme tempérée et des sons spectralement identiques, comme ceux que l'on peut obtenir avec des orgues électroniques par exemple, il n'y a strictement aucune raison qu'une séquence ou une oeuvre présente de différence perceptive et esthétique lorsqu'on la transpose, du moins dans des limites étroites de l'ordre du ton ou de la tierce. Une gêne ne peut résulter que dans la mesure où un musicien connaît par avance la tonalité de l'oeuvre; s'il a une bonne mémoire, il peut alors protester contre la non-conformité à la volonté de l'auteur; mais cela n'a rien à voir avec la sensation esthétique.

- S'il s'agit d'une gamme non tempérée, comme celle qu'on dit avoir été en usage dans les orgues anciens, le problème change ! En effet, il est évident que dans ce cas une gamme commençant par " ut " ne présente pas les mêmes intervalles successifs qu'une gamme en " ut dièze ", puisque les intervalles entre demi-tons sont inégaux par définition. Une transposition équivaudra alors à un changement de gamme, chose à laquelle tous les musiciens sont très sensibles, même lorsque les écarts sont très faibles.

- Considérons maintenant le cas d'une gamme instrumentale strictement tempérée. Malgré ce qu'on pourrait imaginer à priori, une transposition changera nécessairement le caractère esthétique de l'oeuvre. En effet, chaque note d'un instrument traditionnel a sa personnalité propre, son " spectre ", sa physionomie; on n'est jamais dans le cas de l'orgue électronique. Dans ces conditions, jouer une pièce de musique diatonique, par exemple, c'est organiser un jeu avec 7 " êtres sonores " originaux, tous différenciés quoique faisant partie d'une même famille. Moduler ou transposer c'est faire entrer de nouveaux " êtres sonores " dans le jeu et en éliminer certains autres. Le caractère de l'exécution est alors modifié tout autant que peut être l'interprétation d'une même pièce de théâtre par des acteurs différents...

...../

Les musiciens ont donc tout à fait raison de parler d'éthos des tonalités, mais l'argumentation relative à l'interprétation d'oeuvres anciennes tombe pour deux raisons évidentes :

- Pour retrouver l'esthétique d'une exécution musicale ancienne il faudrait d'abord disposer des mêmes générateurs sonores, rayonnant les mêmes signaux acoustiques. Or, pour peu que l'on ait étudié ce problème un peu sérieusement, une certitude s'impose : nous ne savons rien ni du rayonnement acoustique des instruments de musique anciens, ni de leurs cordes, ni du style de jeu des musiciens qui s'en servaient. S'imaginer qu'il suffit de " barrer un violon à l'ancienne " pour retrouver la " sonorité " et l'allure esthétique du jeu d'un TARTINI ou d'un PAGANINI relève d'une méconnaissance complète des problèmes de la lutherie et du jeu violonistique. Il est donc inutile d'insister : nous n'entendrons jamais ce que MOZART a entendu.

- Nous ne l'entendrons pas pour une autre raison, non moins déterminante. Nous savons bien maintenant que notre juge esthétique est intégralement déterminé par notre conditionnement préalable, surtout dans nos jeunes années. Porter un jugement esthétique, c'est confronter une réalité actuelle avec une référence apprise. Or les références sonores, à partir desquelles nous portons actuellement nos jugements auditifs n'ont plus avec celles de nos ancêtres que des rapports très lointains. On peut avancer sans grand risque de se tromper que nous serions déçus en écoutant MOZART ou BEETHOVEN diriger eux-mêmes leurs oeuvres, comme nous le sommes en écoutant YSAÏE sur les enregistrements phonographiques qu'il a laissés et qui ne datent pourtant que de 50 ans ! Déçus non pas à cause de la mauvaise qualité technique de la gravure, mais à cause du style de jeu !

Il faut donc se résigner : nous n'aurons de toutes façons plus jamais les émotions qu'éprouvaient nos ancêtres en écoutant telle ou telle oeuvre; cela ne nous empêche pas de la goûter, car une partie du message musical est transposable à notre siècle. Mais le problème de l'éthos des tonalités disparaît du même coup ou, du moins est relégué au troisième plan. Revenons donc aux arguments de la campagne de presse.

C) Affirmations relatives aux propriétés mécaniques de certains instruments, violons en particulier.

C'est un problème que nous connaissons bien pour avoir fabriqué nous-même de nombreux instruments et étudié systématiquement les caractéristiques de milliers de cordes, tensions, modules élastiques etc... Une conclusion s'impose : un violon ne va pas " s'effondrer complètement "

...../

parce que la tension des cordes a augmenté. Il faudrait au préalable apporter des preuves de cette augmentation de tension; si le fait était établi, il faudrait encore se rappeler que la force d'appui d'un chevalet sur une table ne peut en aucune façon être déduite de la tension des cordes si on ne tient pas compte de l'angle de bri-
sure des cordes sur le chevalet. Toutes les affirmations que nous avons lues sur ce sujet sont fortement sujettes à caution et indiquent une méconnaissance des problèmes mécaniques posés par ce type d'instruments. Ajoutons que " l'agonie des antiques " (violons ayant plusieurs siècles d'existence) est un argument de collectionneur ou de commerçant sans intérêt dans le cas qui nous occupe ici. Passons donc à un point plus intéressant de notre propos, celui des responsables présumés de la " hausse du diapason " .

D) Affirmations relatives aux responsables de la
soi-disant montée du diapason.

Elles sont aussi nombreuses que peu convaincantes. Nous ne pouvons résister au plaisir de citer ELLIS lui-même :

" La montée du diapason commença avec le grand Congrès de Vienne, en 1814, quand l'empereur de Russie présenta de nouveaux instruments plus aigus à un régiment dont il était colonel. La fanfare de ce régiment fut remarquée pour le brillant de sa musique. En 1820, un autre régiment autrichien reçut des instruments encore plus hauts, et comme les théâtres dépendaient grandement des fanfares des régiments de l'endroit, ils étaient obligés d'adopter leur diapason. Graduellement, à Vienne, le diapason monta de 421,6 (diapason de MOZART) à 456,1 Hz, c'est-à-dire de 136 cents ou près de 3/4 de ton. La manie s'étala sur l'Europe, mais à des occasions très différentes. Le diapason atteignit 448 à l'OPERA de PARIS, et le monde musical prit peur. "

Plus loin on lit :

" La tendance de notre diapason anglais est la montée; notre diapason d'orchestre et de piano est maintenant de 449,7 à 454,7 Hz. La montée du diapason anglais est largement due à l'action individuelle de Sir Machael COSTA, des Concerts Philharmoniques "

Ces citations basées sur des affirmations incontrôlables, relèvent de l'anecdote, mais ne peuvent rien nous apporter. Passons plutôt à des accusations plus sérieuses, par exemple celles où le hautbois est incriminé depuis longtemps.

C'est le lieu d'insister une fois encore sur le fait que le hautbois n'a jamais été un instrument à sons fixes,

contrairement à la légende que l'on continue à propager encore actuellement sans qu'il soit possible d'en connaître la cause. Nous avons longuement parlé et travaillé avec des hautboïstes (DEBRAY, Hautbois solo à l'OPERA en particulier). Si le hautbois a été choisi empiriquement pour donner le " la ", c'est justement parce que ce n'est pas un instrument à sons fixes ! En effet, le musicien est obligé de régler à l'oreille la hauteur des notes qu'il joue; pour y atteindre il doit nécessairement être doté d'une excellente mémoire des hauteurs, mémoire qu'il entraîne d'ailleurs continuellement; moyennant quoi il possède le " la " dans la tête avec une précision qui nous a parfois étonné.

Dans un ordre d'idées différent, signalons une autre affirmation curieuse : nous avons lu que le hautbois était contre-indiqué pour donner le " la " parce que cette note " contenait des harmoniques ". Certes elle en contient un grand nombre et nous en avons compté facilement 20 ou 30 selon la façon de jouer. Mais c'est précisément pour cette raison qu'on a bien fait de prendre le hautbois comme " diapason ". En effet, c'est grâce à ses harmoniques que le hautbois émerge dans le brouhaha de l'accord de l'orchestre; d'autre part nous savons que la sensation de hauteur d'un son est d'autant plus précise et nette qu'il contient un grand nombre d'harmoniques. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de reparler de ce phénomène que nous allons bientôt pouvoir expérimenter grâce à notre orgue électronique, le CANTOR.

Que reste-t-il alors des accusations lancées contre le hautbois ? Le " la " donné à l'OPERA en 1858 était plus haut (457) que celui de tous nos relevés à l'OPERA en 1964-65 ! De plus, toutes nos mesures, à l'OPERA et ailleurs, ont montré clairement que le " la " donné par le hautbois était toujours sensiblement plus bas que la hauteur statistique de l'orchestre ...

Passons au violon ! Nous lisons : " On sait qu'une des causes principales de la montée du diapason est l'exigence des solistes jugeant un diapason élevé plus favorable au succès ... " En fait, nous savons que pour émerger d'un ensemble de 60 ou 80 musiciens, le violoniste soliste utilise divers subterfuges; en particulier lorsqu'il se sent noyé, il joue légèrement faux, observations faites par d'autres que nous. Mais cela ne justifie en rien une " montée du diapason ".

Finalement on accuse le jazz, les fabricants de cordes, le bruit de fond; en fait, on n'a même aucune preuve objective d'une constante montée.

....

E) Affirmations relatives à une " constante montée "
du diapason.

Pour la soutenir, il faudrait d'abord montrer qu'il y a effectivement montée (depuis quand ? où ? de combien ?). Ensuite il faudrait établir la constance du phénomène sur preuves objectives. Or celles-ci font totalement défaut. Nous avons trouvé une seule voix pour émettre un doute : " ... on ne peut donc pas dire que le diapason n'a cessé de monter jusqu'à nos jours " (bib.14). Nous partageons tout à fait ce doute si nous en croyons les mesures de LISSATOUS et si nous les confrontons aux nôtres. La seule chose dont on soit sûre, c'est la dispersion des valeurs du diapason en Europe; dispersion indiquée par PRAETORIUS, confirmée par les 24 diapasons de la Commission du CNAM, qui montrent cependant qu'en dehors de quelques cas marginaux le diapason était déjà bien unifié autour de 445 Hz en Europe. Dispersion qui a pu faire croire à certains qu'il s'agissait d'une montée, mais qui se rétrécit en fait autour d'une valeur pratique qui existait il y a un siècle déjà ! Il est donc absurde de protester contre la " constante montée " et de proposer actuellement une norme dont on sait par avance qu'elle suivra le sort de celle de 1858 parce qu'elle est impossible à respecter en fait. Tout cela semble relever d'une véritable psychose dont sont victimes les musiciens eux-mêmes aujourd'hui comme hier... Ainsi BERLIOZ après avoir constaté une élévation progressive du diapason, évaluait cette progression à un demi-ton tous les cinquante ans et proposait de fixer à 898 vibrations à la seconde (449 Hz) le " la " normal (Feuilleton des DEBATS, 27 Septembre 1859; bib.10). Rien ne semble avoir changé dans les doléances, comme on voit.

C'est pour savoir ce qu'il fallait exactement penser de toutes ces affirmations que nous avons développé depuis 4 ans toute une série des travaux dont nous allons maintenant donner les principaux résultats.

IV - NOS RECHERCHES SUR LE DIAPASON REEL

Toutes les conditions matérielles étant réunies, il fallait d'abord mettre sur pied une méthode adéquate, tenant compte des observations que nous avons faites antérieurement, en particulier dans le problème de la température.

1°) METHODE.

Les théâtres lyriques cumulent tous les problèmes ! ... l'OPERA et l'OPERA COMIQUE étaient donc un domaine de choix pour faire des recherches sur le diapason. Voici la méthode que nous avons élaborée.

.... /

On commence par enregistrer l'oeuvre choisie à l'aide d'un magnétophone professionnel dont la vitesse de défilement et la stabilité répondent au degré de précision requis. Pendant l'enregistrement, on donne de temps à autre un coup de diapason à fourche, enregistré simultanément pendant les moments creux. Ce diapason étant étaloné, le signal permettra à la fois de vérifier continuellement le défilement et de régler l'appareil de mesure lors des relevés qui se font pas la suite au laboratoire.

Pendant l'exécution de l'oeuvre, la température est relevée dans la salle, dans les coulisses et au voisinage du hautboïste, dans la fosse. L'expérience a montré que ces températures varient peu lors d'une représentation donnée, mais des écarts considérables peuvent exister à divers moments de l'année.

Le dépouillement se fait au laboratoire où l'on procède de la façon suivante. Un premier magnétophone lit l'oeuvre que l'on contrôle à l'oreille sur une bonne chaîne d'écoute. Une sortie du magnétophone entre dans un deuxième magnétophone monté d'une boucle sans fin que l'on règle à 2 ou 3 secondes.

Lorsqu'un passage intéressant, contenant une note à mesurer apparaît, on coupe le deuxième magnétophone ; on a ainsi cette note sur la boucle que l'on peut répéter indéfiniment ; ceci permet de faire les mesures à loisir.

Le dépouillement ne peut être fait que par un musicien entraîné et cela parce qu'il faut être capable de suivre une partition (étudiée préalablement) de reconnaître instantanément le nom d'une note et la tonalité de la séquence à laquelle elle appartient. Cette nécessité est évidente et en voici la raison :

On connaît depuis longtemps le phénomène de l'attraction, relevant de phénomènes perceptifs encore mal connus. Dans une musique tonale, deux notes sont vraiment fixes tout au long d'une exécution : ce sont la tonique et la dominante. Dès qu'une note s'approche, par le bas ou par le haut, de l'une de ces deux notes, elle est plus ou moins fortement attirée. Ainsi, en ut majeur, l'intervalle si-ut se rétrécit couramment à deux ou trois centenas (10 à 15 savarts ; 40 à 60 cents au lieu de 100). Si on procède donc à des mesures de hauteur du la_3 dans une séquence où cette note joue le rôle de sensible ascendante ou descendante (de tonique ou de dominante) le " diapason " sera jugé respectivement trop haut ou trop bas de 10 ou 15 Hz (voisinage de 440 Hz un savart correspond assez rigoureusement à un Hertz). Mesurer le " la_3 " comme on l'a fait généralement n'a donc pas de sens, en particulier dans les tonalités de si bémol et de sol dièse où la note " la " est sensible de tonique.

La conclusion s'est rapidement imposée à nous pour obtenir un résultat significatif en " mesures du diapason ", il faut relever uniquement les toniques et les dominantes d'un morceau et pour cela il est nécessaire d'être musicien. On peut assez facilement construire des appareils enregistreurs automatiques comme on l'a fait déjà, mais cela ne change pas le problème, car il faut repérer la tonalité à chaque instant, en particulier lorsqu'il y a modulation, relever la tonique et la dominante sur la boucle et la mesurer.

La mesure se fait soit avec un compteur électronique (Rochar) après filtrage préalable du son, ou, plus simplement avec un " accordeur électronique " que nous avons adapté à nos besoins. Ce dernier appareil fournit instantanément l'écart en savarts ou en cents par rapport avec la gamme tempérée de la base $la_3 = 440$ Hz que nous avons arbitrairement prise comme référence.

Les notes mesurées sont ensuite portées sur un diagramme; on relève un minimum de 100 toniques et dominantes pour avoir un aspect statistique suffisant. Nous avons aussi établi des histogrammes avec les divers résultats obtenus, mais les diagrammes détaillés sont beaucoup plus intéressants et plus parlants.

2°) RESULTATS.

Nous avons commencé nos relevés à l'OPERA, et choisi la DAMNATION DE FAUST de BERLIOZ pour deux raisons : d'abord parce que nous connaissions bien l'oeuvre, ensuite parce qu'elle comporte à peu près tous les problèmes musicaux et scéniques classiques : riche orchestration, défilé de musiciens, fanfares en coulisse etc...

Cette oeuvre a été intégralement relevée deux fois : en été (23 Juillet 1964; température extérieure supérieure à 35°C) et en hiver (5 février 1965; température extérieure voisine de -5°C).

Nous donnons ici le diagramme relatif à l'enregistrement fait en hiver. Les températures variaient :

- dans la salle : de 21 à 23°C
- près du hautboïste : 22,5 à 23°C
- dans les coulisses : 22,5 à 24°C

La température moyenne était donc de 22°C environ et les fluctuations pratiquement négligeables dans le cas qui nous intéresse ici.

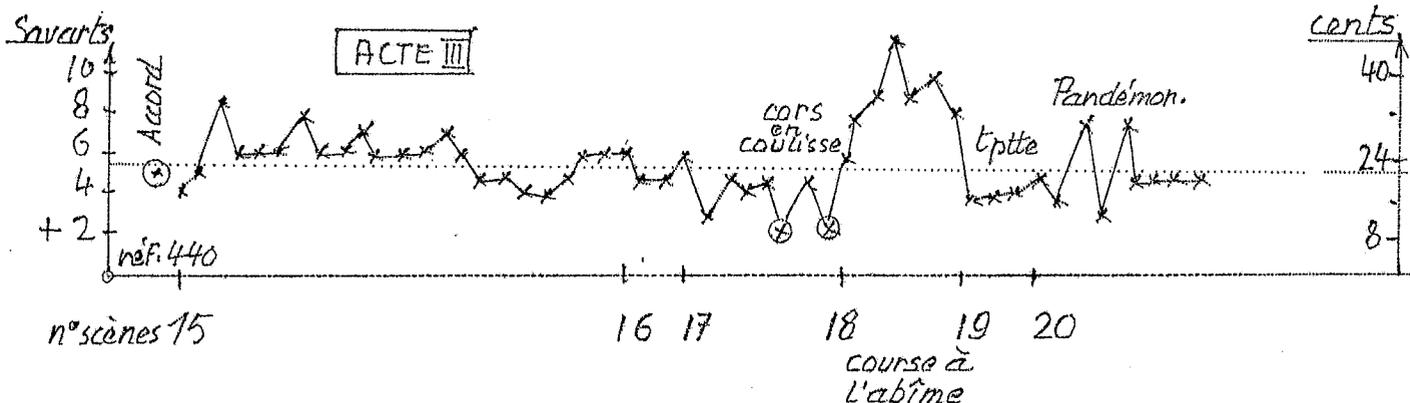
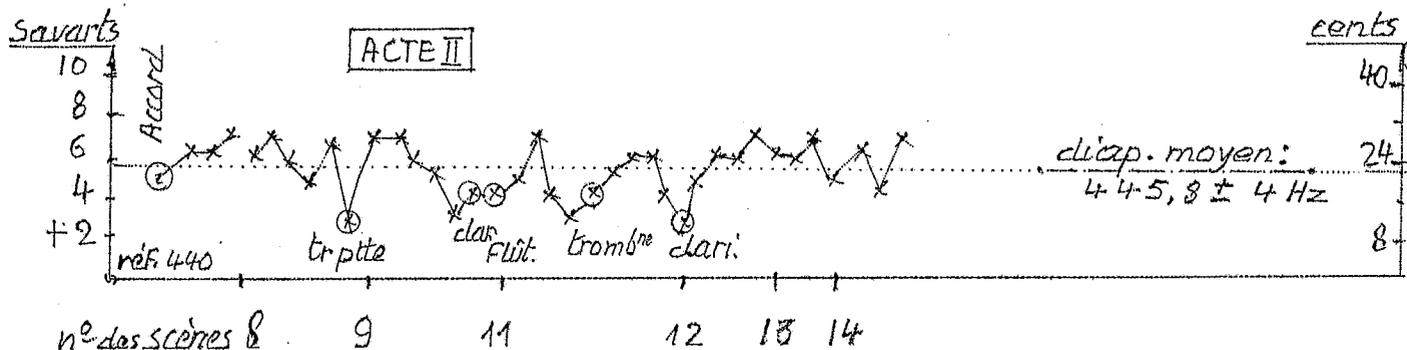
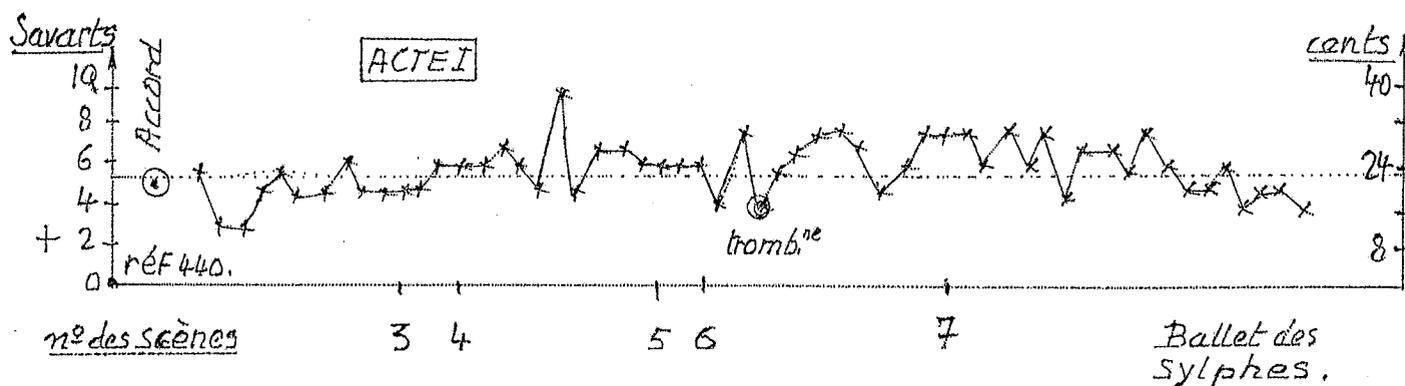
Le relevé (fig.6) appelle de très nombreuses observations que nous allons essayer de sérier :

...../

Fig. 6

OPÉRA de PARIS — La Damnation de Faust Février 1965

Température Fosse: 22-23°C



MESURE STATISTIQUE DU DIAPASON A L'OPERA ... T° 22-23°C

L'accord donné au début des actes par le hautbois est rigoureusement de 445 Hz à 22-23°C.

L'horizontalité (tenue de l'accord) est remarquable. Les déviations sont voulues pour des raisons esthétiques ou dues à des entrées d'instruments Froids ou placés en coulisse.

En été, avec un température de 32-35°C au lieu de 22-23°C le diapason moyen tourne autour de 448,7 ce qui est tout à fait normal. Le diapason moyen à 20°C est voisin de 443-444 Hz valeur qu'on retrouve ailleurs (Fig 6b)

a) Allure générale. Le hautbois donnait un la de 445 Hz de façon rigoureuse au début et à chaque entre-acte. Les mesures ont une dispersion très faible autour de 445,8 Hz, les valeurs extrêmes étant respectivement 442 et 450 Hz. La stabilité du diapason est remarquable entre le début et la fin de l'oeuvre et suppose une maîtrise extraordinaire de la part des instrumentiste et des chanteurs qui ont à résoudre d'innombrables difficultés lors de l'exécution.

On observe un certain nombre de fluctuations du diapason, dont à priori on pourrait supposer qu'il s'agit d'imperfections. Une étude approfondie nous a montré qu'il n'en était rien et voici quelques réflexions sur ce point :

b) - Intérêt artistique des fluctuations.

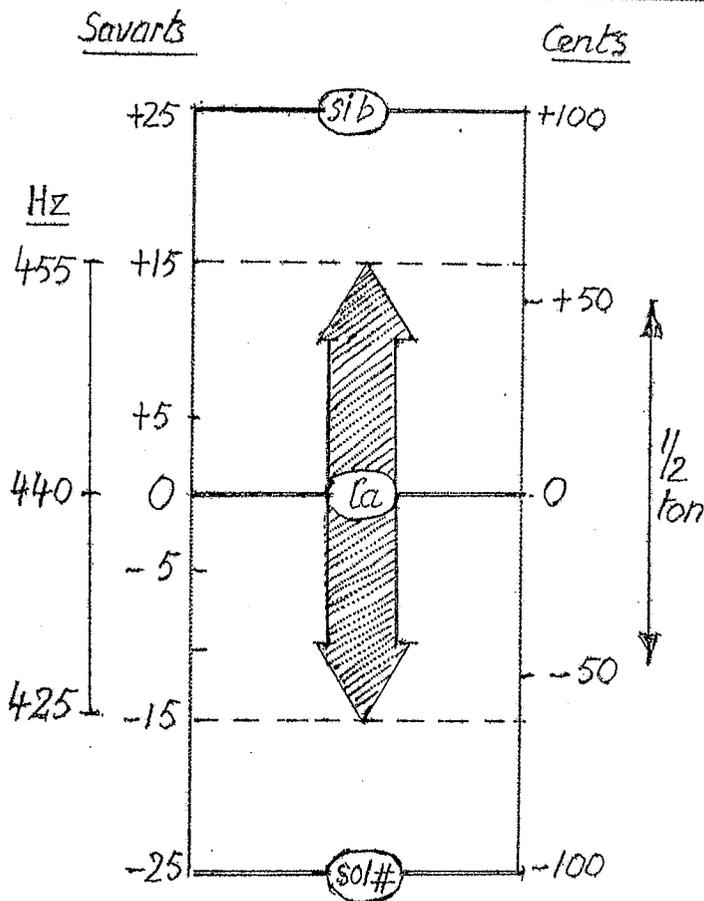
D'une façon très générale, l'expérience nous a montré depuis longtemps que la stabilité en musique est aux antipodes de l'art. Perceptivement ce qui ne change pas, ce qui est prévisible, est rapidement jugé inintéressant. Au niveau du signal déjà, nous avons montré qu'un son électronique fixe est à juste titre qualifié de " mort " par les musiciens. De même une oeuvre jouée par un instrument à sons rigoureusement stables (orgue de barbarie, piano mécanique) devient lassante au bout de très peu d'auditions. L'audition répétée d'un même disque crée la même sensation, et si nous allons écouter la même oeuvre au concert, c'est parce que nous y trouverons le taux d'imprévisibilité - donc d'originalité, qui renouvelle l'oeuvre ! En fait, la totalité des fluctuations de diapason que l'on observe peuvent se justifier par les propriétés perceptives de notre système auditif. Certaines de celles-ci sont bien connues, d'autres moins, mais elles relèvent toutes du problème de la perception de la hauteur d'une note musicale.

c) Problèmes de la perception des hauteurs d'un son musical.

Contrairement à ce que dit la théorie simplifiée, la sensation de hauteur n'est pas reliée de façon simple à la fréquence et on note de nombreuses déviations systématiques qu'il faut donc bien expliquer.

- Lors des relevés, Melle CASTELLENGO avait observé d'abord un phénomène assez curieux. En relevant la hauteur de toutes les notes d'une séquence mélodique jouée au cor anglais (thème du Roi de Thulé) le diapason baissait sensiblement dans la phrase descendante; mais il montait dans les passages ascendants; la même note est jouée systématiquement 6 ou 7 savarts plus haut ou plus

PROBLÈME de L'ATTRACTION - La question des sensibles

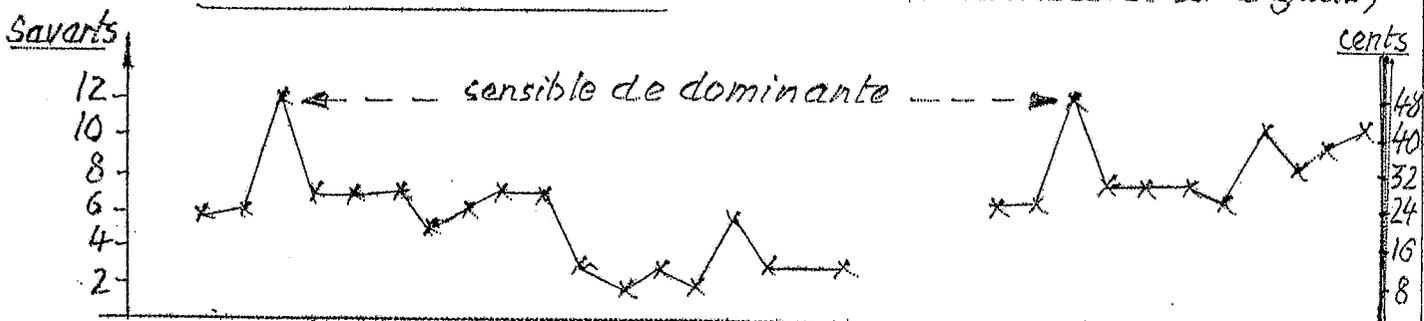


de tonique et de dominante.

Dans une échelle tempérée à base 440Hz, le "la₃" fluctue en fonction de la tonalité entre 425 et 455Hz, soit de plus d'un demi-ton.

Lorsqu'on relève le diapason, il ne faut donc pas mesurer le "la₃", mais les toniques et dominantes qui sont les seules notes stables en musique classique.

Damnation de Faust. - Thème du Roi de Thulé. (cor anglais)



On a mesuré la hauteur de chaque note d'un passage mélodique joué par le cor anglais. On est frappé par le parallélisme entre la ligne mélodique et les fluctuations du "diapason". En ligne mélodique ascendante, le musicien joue telle note plus haut qu'en ligne descendante.

bas selon le cas Cela montre que, perceptivement les intervalles s'élargissent lorsqu'on monte et inversement. Il s'agit d'un effet artistique voulu, car on pourrait difficilement mettre en cause l'habilité du musicien !
(Fig. hors texte)

- Certains phénomènes bien connus de perception des hauteurs de sons sinusoïdaux interviennent probablement dans la réalité musicale. Ainsi on sait qu'un son de 1500 Hz ne sonne pas comme l'octave inférieure de 3000 Hz. Cette constatation a donné naissance à l'échelle des MELS, unités mélodiques qui s'écartent notablement des fréquences théoriques attribuées aux notes. D'autre part, on sait également qu'un son aigu, au-dessus de 1000 Hz, monte si on augmente son intensité; mais un son grave baisse lorsqu'il devient plus fort. La relation fréquence-hauteur n'est donc pas clairement définie, mais les musiciens tiennent compte intuitivement de ces phénomènes et il ne faudrait pas conclure trop hâtivement à leur maladresse lorsqu'on observe des fluctuations de hauteur inexplicables si on ne tient pas compte de l'intensité des notes mesurées.

- Une autre idée nous est venue à l'esprit. On sait depuis longtemps qu'il n'y a guère de relations entre le temps physique mesuré par une horloge et le temps psychologique, ou sensation d'écoulement de la durée. Le premier est une grandeur physique dont on possède des étalons précis; l'autre est une grandeur floue, élastique. Selon les circonstances, le temps nous paraît long, ou, au contraire extrêmement fugace. La sensation de durée est certainement liée au fonctionnement de nos organes. Or nous allons au concert dans l'espérance d'y trouver des émotions. Lorsque nous sommes émus, notre cœur bat plus vite, notre pouls s'accélère ainsi que notre respiration; ce sont des faits nets d'expérience! Mais la sensation de hauteur est fonction de la fréquence, c'est-à-dire du nombre de vibrations physiques par seconde. Si donc notre étalon de durée se raccourcit lorsque nous sommes émus, il est évident que le nombre de vibrations contenu dans une " seconde psychologique " est alors plus faible que la fréquence en Hz, et dans ces conditions, nous entendons positivement plus bas! Pour que cela " sonne juste " on remonte alors la fréquence physique: le diapason monte ... Inversement dans les moments de retour au calme le phénomène opposé se produit et le diapason baisse.

Il ne s'agit certainement pas d'une vue de l'esprit. Si nous observons soigneusement le diagramme de la Damnation de Faust, nous voyons effectivement le diapason monter au moment de la tension dramatique maximum (Course à l'abîme), puis redescendre beaucoup à la fin de l'oeuvre quand tout se dénoue dans le " calme céleste ". On peut d'ailleurs observer dans beaucoup de cas, une montée statistique du diapason dans les actes où la tension croît, et qui n'est sans doute pas liée à la montée

de la température dont les effets se traduisent par des anomalies lors des entrées de certains instruments à vent.

- Problème de l'"entrée" de certains instruments.

On a vu plus haut que pour stabiliser un instrument à vent 3 ou 4 minutes étaient nécessaires. La conséquence de ce fait est bien connue ; lorsqu'une clarinette un cor ou un trombone entrent, ils sont froids, et le musicien ne peut pas toujours corriger suffisamment les notes. Si les choses s'arrangent assez vite pour une colonne d'air courte comme c'est le cas pour une clarinette, il n'en est pas de même pour un cor, dont la colonne d'air dépasse trois mètres. Mais il peut alors arriver que le corniste averti "surcorrige" ses premières notes (voir acte I). Tout cela montre qu'il faut beaucoup de métier pour conserver l'horizontalité du diapason que nous constatons dans ce relevé à l'Opéra.

On notera en passant le rôle stabilisateur des instruments à sons fixes, par exemple de la harpe en fin d'acte I. Les musiciens qui jouent simultanément s'adaptent alors habilement au diapason de la harpe, et tout cela passe inaperçu à l'audition.

- Une autre complication intervient encore du fait du filtrage des sons par les décors et coulisses. Des expériences préalables nous avaient montré que lorsqu'on ampute fortement un son de ses composantes harmoniques aiguës, il semblait baisser. L'expérience est facile à réaliser grâce aux filtres électroniques. Or les coulisses produisent des effets identiques et nous avons fait des analyses pour le vérifier : elles coupent plus ou moins fortement toute la partie supérieure des spectres, et ce de façon variable, selon l'orientation de l'instruments que l'on joue. La conséquence est bien connue. Ainsi, pour simuler l'éloignement, on fait jouer des trompettes en coulisse. Le musicien dans la coulisse entend bien tout le spectre, son oreille étant à quelques centimètres de l'instrument ; mais le musicien qui se trouve placé dans la fosse d'orchestre perçoit le son filtré et pense à juste titre que son collègue joue trop bas. L'inverse reste d'ailleurs vrai et il en résulte parfois de graves difficultés dont les musiciens atténuent au mieux les effets en jouant systématiquement plus haut dans les coulisses. Ces difficultés sont encore accrues lorsqu'il s'agit d'un défilé où le filtrage se modifie continuellement !

Nous avons insisté longuement sur ces questions qui expliquent certaines anomalies apparentes du diapason, par exemple celle des trompettes en coulisse (acte II scène VIII), et montrent que les musiciens ont à résoudre des problèmes d'une difficulté inouïe. Nos relevés montrent à quel point ils réussissent à s'acquitter de

...../

leur tâche ! L'exemple de la DAMNATION DE FAUST que nous venons d'analyser en détail est démonstratif à cet égard; mais nous avons fait de nombreux autres relevés qui confirment ce qui a été dit plus haut.

Compte tenu de toutes les observations, on peut résumer ainsi les résultats relatifs au diapason à l'OPERA, lors de la représentation du 5 février 1965.

Pour une température moyenne de 22°C, le diapason moyen était de 445,8 Hz avec des fluctuations normales de + 4,2 Hz et de - 3,8 Hz (soit une dispersion de 442 à 450 Hz environ). Ceci correspond, à 20°C, à 443 - 444 ± 4 Hz, nombre sensiblement inférieur à ceux qui furent relevés par LISSAZOUS il y a un siècle.

3°) AUTRES RESULTATS A L'OPERA, à L'OPERA COMIQUE et ailleurs à PARIS.

Le relevé de la même oeuvre à l'OPERA, mais avec une température intérieure moyenne d'environ 35°C est intéressant à comparer au précédent. En effet, nous savons qu'une montée de température d'une dizaine de degrés doit se traduire par une montée théorique du diapason de quelque 6 à 8 Hz. En fait, le diapason moyen n'était monté que de 445,8 (22°C) à 448,7 Hz (35°C). Le rôle stabilisateur des instruments à sons fixes a certainement joué; mais il est certain que les musiciens étaient mal à l'aise, ce que traduit une dispersion plus grande (+5 et -6 Hz). Cependant toutes les observations relatives aux fluctuations restent intégralement valables ici.

Nous avons de même fait un relevé complet du BARBIER DE SEVILLE, à l'OPERA COMIQUE (14 Mai 1965). Il faisait encore très chaud (de 28 à 30°C près du hautboïste); le diapason moyen était de 447,2 Hz, ce qui est normal; la dispersion était de +5 et - 3 Hz. On peut répéter ici tout ce qui a été dit plus haut.

Des relevés dans divers concerts sont toujours conduits sensiblement aux mêmes résultats; si l'on tient compte de la température, on peut affirmer que le diapason moyen, à Paris, pour 20°C, tourne autour de 443-444 Hz et que les fluctuations, avec de bons musiciens, sont de ± 5 Hz environ. Insistons encore sur le fait qu'on ne peut définir un diapason avec un nombre unique; il faut la température, la moyenne statistique pour les toniques et dominantes, et les fluctuations en + et en -.

Tous ces résultats, lentement élaborés depuis 1964 nous ont permis de poser le problème correctement, et de comprendre les raisons de l'échec de toutes les tentatives pour normaliser le diapason. Nous avons pensé nécessaire de publier nos résultats, car la commission des Affaires Culturelles du CONSEIL DE L'EUROPE doit se réu-

.... /

nir en été 1968, et la note d'information qui a été diffusée à cette occasion a longuement retenu notre attention. Nous avons communiqué en son temps notre inquiétude au responsable, et cela nous a fourni l'occasion d'étendre nos recherches sur le diapason à plusieurs pays d'Europe, ce dont nous voudrions maintenant dire quelques mots.

4°) La réunion de SALZBOURG.

La note CCC/AC (67) 69, VI 323 du 29 Juillet 1967 relative à une réunion sur la normalisation du diapason, à SALZBOURG, pose un certain nombre de prémisses auxquels nous avons répondu par avance et en détail dans l'argumentation précédente, nous n'y reviendrons donc pas. Les arguments sont :

" constante hausse, étonnante et peu acceptable; conséquences sur l'exécution des oeuvres anciennes, sur les instruments à cordes etc... "

Cette note aura eu pour mérite de nous permettre un sondage européen, en utilisant la méthode que nous avons mise au point pour faire des relevés statistiques sur le diapason.

En effet, M. SACKUR, chargé de faire un rapport sur l'état du diapason a pu obtenir divers enregistrements européens qu'il nous a été loisible d'étudier. Ces enregistrements sont malheureusement souvent inutilisables. En effet, malgré notre insistance, nous n'avons pas toujours pu obtenir ce que nous demandions, à savoir : l'enregistrement de la température au voisinage de l'orchestre et de l'adjonction tout au long, de l'enregistrement d'un signal de référence permettant de corriger les différences entre les vitesses de défilement des appareils d'enregistrement et de lecture.

Les relevés et mesures faits par Melle CASTELLENGO aidée de M. J. CHAUVIN ont fait l'objet d'un rapport dont nous donnons ci-après les conclusions.

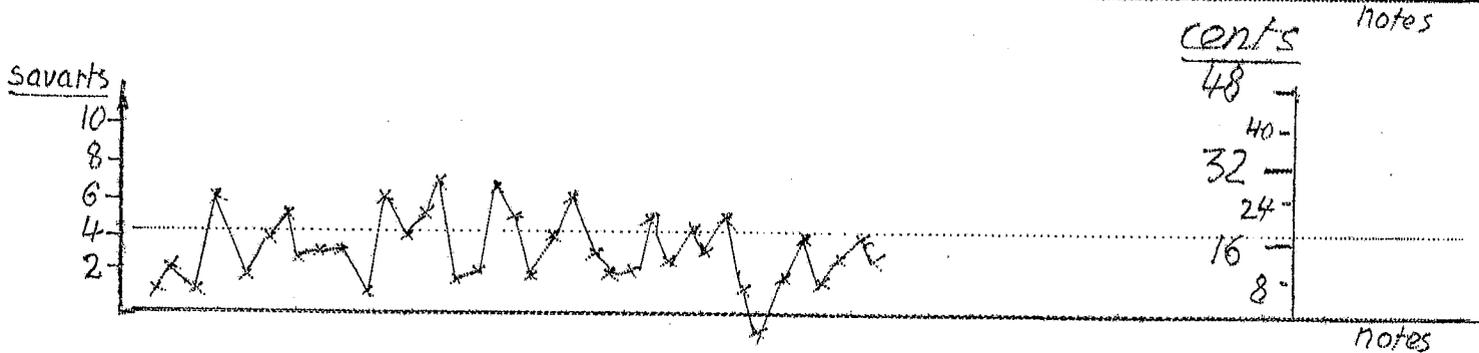
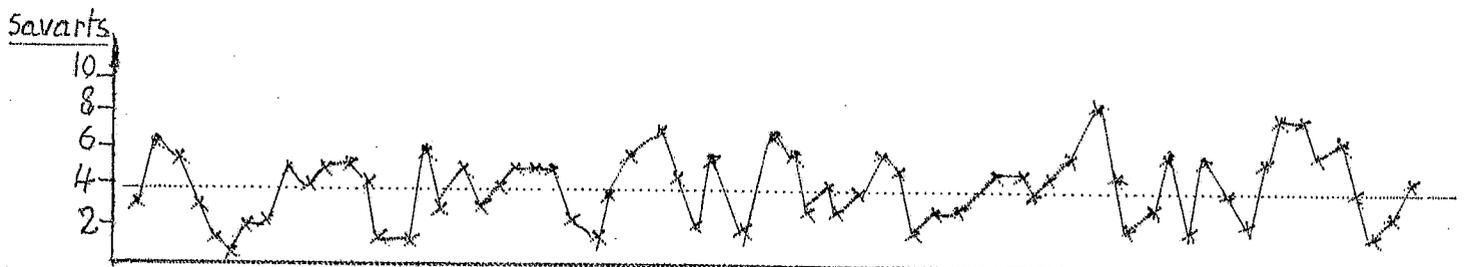
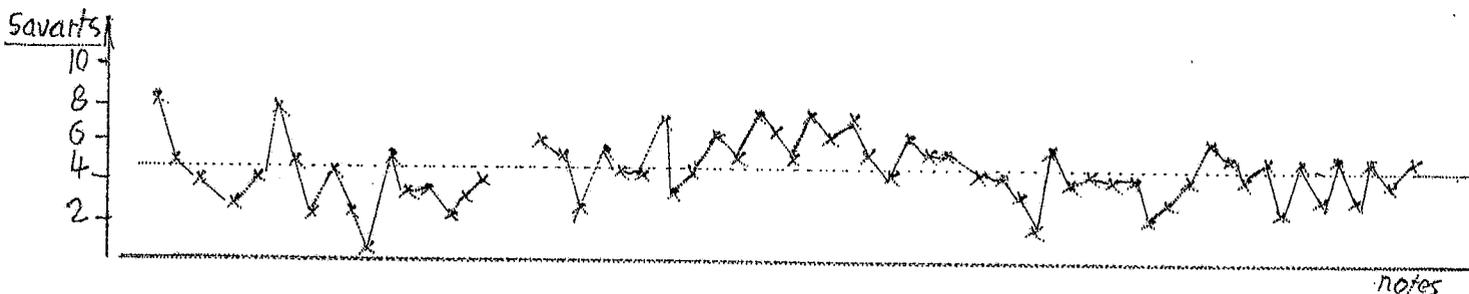
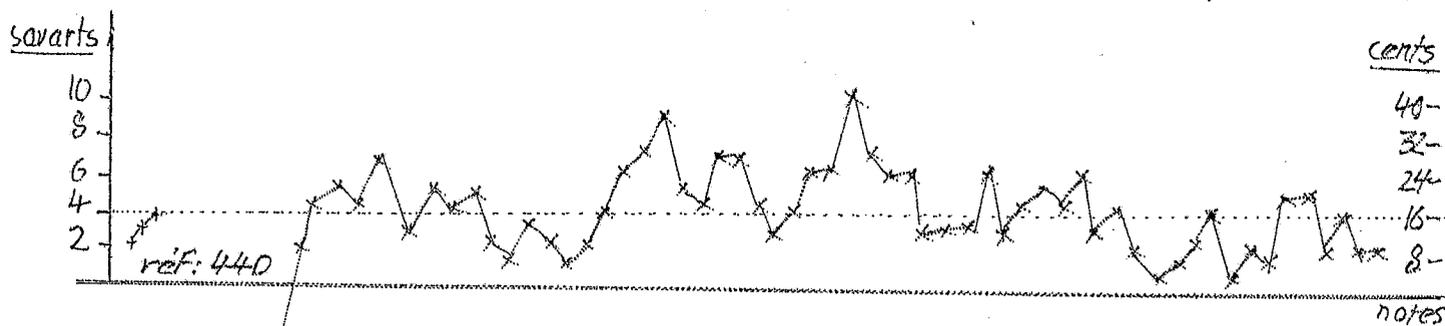
.... /

Fig 6 bis

SCALA de MILAN

- La Bohême -

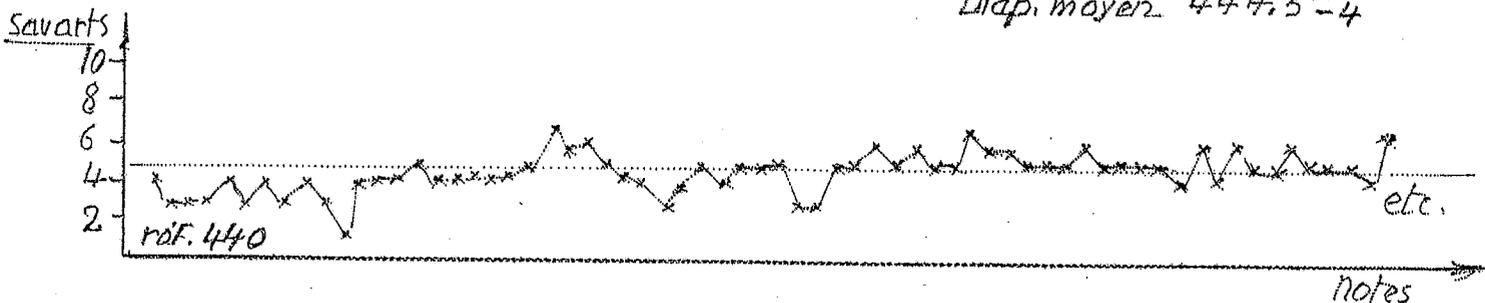
Diap. moyen 444 +5
-7



RUNDFUNCK de COLOGNE

Brahms 2^e symphonie

Diap. moyen 444.5 +2
-4



OEUVRES ETUDIÉES

BELGIQUE . Bruxelles : Théâtre de la Monnaie
" Jeux " de Debussy. Température 22°C
diapason moyen : 445 Hz; max 450 Hz, mini 442 Hz
Remarques : Oeuvre enregistrée au cours d'une
répétition de ballet; avec nombreux arrêts. Lan-
gage musical basé sur des chromatismes attractifs;
d'où une assez grande dispersion.

Bruxelles : R.T.B.
" Gymnopédie " d'Erik Satie. Température ?
diapason moyen : 441; maxi 444, mini 437
Remarques : La harpe, qui joue un rôle stabilisa-
teur est accordée à 438-439 Hz. Musique lente en
style de mélodie sur des intervalles consonants.
Pas d'attraction. Température inconnue, mais en
studio de radiodiffusion elle sort rarement des
limites 22 - 24°C.

ANGLETERRE . Londres (Royal Festival Hall)
" Concerto pour piano et orchestre en ré majeur
de Mozart. Température 21°C
Diapason moyen : 443; maxi 447, mini 440
Remarques : Les fluctuations du diapason de l'or-
chestre sont constamment ramenée à la valeur
moyenne d'accord du piano : 443 Hz. On a donc
une très grande stabilité.

Londres (R.F.H.). La grotte de Fingal. (ouverture)
F. MENDELSSOHN
Température : 21°C.
Diapason moyen : 442; maxi 448; mini 438.
Remarques : Le graphique montre une assez bonne
stabilité mais pas mal de dispersion autour de la
valeur moyenne. Ceci est dû au fait que les ins-
truments à vent ont des phrases mélodiques cour-
tes et de nombreuses interruptions pendant les-
quelles ils se refroidissent.

ITALIE . Milan. Théâtre de la SCALA
" La Bohème " de Puccini (extraits)
Température ?
Diapason moyen : 444 Hz; maxi 450; mini 437.
Remarques : Stabilité d'ensemble assez grande;
il est normal que la dispersion soit importante ;
il faut concilier l'orchestre, les chœurs, la
fanfare et tenir compte des conditions de tempé-
rature et de filtrage de la salle, de la scène
et des coulisses.

Turin. R.A.I.

" Concerto pour piano et orchestre " sol mineur.
F. MENDELSSOHN.

Température ?

Nous n'avons pas effectué l'analyse, car il n'y a pas de concordance entre les références données sur la bande (accord si bémol majeur de l'instrument électronique à 4 Hz au-dessus du $1a_3$)

Il est indispensable d'avoir la référence absolue sur la même bande que l'enregistrement de musique (sans collages) !

AUTRICHE.

Vienne

" Galop chinois " de Johann STRAUSS père

Température ?

Pas de repère de hauteur sur la bande.

L'oeuvre étant très courte, nous avons fait une analyse des fluctuations ; elles sont de ± 10 Hz. On constate une montée à chaque reprise du thème ; mais c'est tout ce qu'on peut tirer de cet enregistrement.

IRLANDE.

Dublin Radio Telefis Eireann

" Fantaisie et sonate en do mineur pour piano " de MOZART

Température : 20°C

L'accord du piano est à 442-443 Hz. Le problème des fluctuations ne se pose pas pour le piano sol !

ALLEMAGNE.

Cologne.

" Zweite Symphonie " Brahms

Température ?

Diapason moyen : 445 ; maxi 450 ; mini 440

SUISSE.

Genève. Radio Suisse Romande

" Mort et transfiguration " de Richard Strauss

Sondages.

Température ?

Diapason moyen : 445-446 ; maxi 449 ; mini 440 Hz

Comme on le voit, nous avons systématiquement arrondi les nombres, toute précision supérieure au Hz étant sans signification. D'autre part, en l'absence de la température, ne restent valables que les oeuvres avec piano (dans la mesure ou la bande porte une référence de hauteur bien entendu ; dans ces conditions, on peut conclure que, partout, les pianos sont accordés à 443-444 Hz. Ceci est conforme aux mesures statistiques que nous avons pu faire sur les pianos à l'OPERA de Paris

...../

(444 Hz) et du Conservatoire national de Musique de Paris. Signalons qu'il peut exister des cas particuliers de pianos accidentellement accordés trop haut. Il s'agit généralement d'instruments dont on a de temps à autre remonté certaines notes fausses sans refaire l'accord intégral; au bout d'un certain nombre de réaccordements partiels, il arrive ainsi qu'un instrument soit " monté " plus haut que la normale. Il faut alors procéder à un retour à la norme; le cas s'était présenté pour le piano de la salle de répétition des chœurs de l'OPERA, dont se plaignait M. DUCLOS lors de notre réunion GAM de 1964; vérification faite, l'accord était effectivement trop haut de presque 5 Hz; il fut alors réaccordé normalement et les plaintes cessèrent. Mais il ne faut bien entendu pas en conclure que le diapason à l'OPERA était de 450 Hz ou encore que " c'est le piano qui fait monter le diapason " !

V - CONCLUSIONS

Nous avons fait un effort pour repenser le problème du diapason en le replaçant d'abord dans son contexte historique; ceci était de toutes façons indispensable, puisque la quasi totalité des doléances à ce sujet déplorait une " constante montée du diapason ". Nous avons donc commencé par relever les rares données objectives que nous possédions à ce sujet, et fait leur critique. Force nous a été de constater que, malgré les apparences de précision des nombres fournis par les documents, on ne dispose d'aucun renseignement précis sur ce que faisaient effectivement les musiciens naguère ou autrefois lors de leurs exécutions, aucun relevé statistique n'ayant été fait avant 1939. D'autre part, les résultats utilisés lors de la réunion de l'ISO, à cette date, restent sujets à caution car les méthodes employées ne tenaient pas compte de certains aspects importants du problème : relevé de la température, tonalité etc...

Notre première réunion au GAM (Février 1964) donna l'impulsion à toute une série de recherches à notre laboratoire; en particulier sur le rôle de la température dans le problème du diapason. D'autre part, devant l'absence de renseignements précis, il fut décidé que des recherches systématiques seraient entreprises, en particulier dans les théâtres lyriques parisiens.

Ces travaux commencèrent dès lors et les premiers résultats furent l'objet de trois rapports confidentiels au Directeur de l'OPERA et de l'OPERA COMIQUE. Certains résultats partiels ayant filtré, une campagne de presse s'amorça sur le problème du diapason, où malheureusement prédominait l'aspect purement subjectif et passionnel du problème.

.... /

Entretiens, nous avons poursuivi nos investigations et nous avons pu obtenir des résultats suffisants pour nous faire une idée claire du problème, qui, il faut insister, est inextricablement compliqué, car les musiciens sont obligés de tenir compte d'un très grand nombre de variables dans leurs exécutions, tâche dont, à l'OPERA et à l'OPERA COMIQUE en particulier, ils s'acquittent avec une maîtrise que les relevés mettent en évidence. La température, les nécessités esthétiques basées sur les propriétés de l'appareil auditif humain, les problèmes d'absorption spectrale par les coulisses, ceux qui proviennent de l'entrée d'instruments à vent qui sont " froids ", sont cernés et résolus le mieux possible.

Les résultats généraux, à Paris, peuvent se résumer ainsi :

Le diapason moyen est voisin de 443-444 Hz à 20°C.

Les fluctuations - indispensables esthétiquement ou imposées par des nécessités irréductibles sont de l'ordre de + 5 Hz approximativement. Les instruments à sons fixes (harpe, pianos, etc...) sont accordés à 442-444 Hz environ.

LE CONSEIL DE L'EUROPE nous a offert l'occasion d'étendre nos recherches à divers pays européens (Allemagne, Angleterre, Belgique, Irlande, Autriche, Suisse, Italie). Nos conclusions sont en tous points identiques : diapason européen moyen : 443-445 Hz à 20°C avec les mêmes fluctuations, selon les cas; diapason des pianos 442-444 Hz.

A la réflexion il n'y a pas là de quoi être surpris. Les virtuoses et les bons musiciens d'orchestre voyagent beaucoup actuellement. Lorsqu'ils arrivent à Berlin, Rome ou Rio de Janeiro il est indispensable qu'ils puissent s'accorder entre eux; en particulier lorsqu'il s'agit d'instruments à vent et à trous latéraux. Ceci implique un diapason variable avec la température; en pays chaud, le diapason moyen monterait à 450 Hz et les musiciens seraient à l'aise pour jouer juste. Il n'y a là rien que de normal et l'erreur capitale à éviter est de vouloir imposer en toutes circonstances un diapason fixe que les musiciens ne respecteraient pas de toutes façons puisque c'est impossible du fait qu'on ne peut rien contre les effets de la température ! En fait, de nombreux musiciens professionnels nous ont confirmé qu'ils réussissaient à s'entendre sans trop de complications avec leurs collègues étrangers lors de leurs déplacements; ce n'est pas surprenant; ils utilisent maintenant à peu près tous des instruments, à trous latéraux en particulier, faits sur le même modèle, sinon construits par le même fabricant! Facteurs d'instruments et musiciens ont en fait réalisé un accord tacite sur ces questions et celui-ci a conduit à une normalisation de fait autour de 444 Hz à 20°C partout. Il est donc vain et illusoire de vouloir légiférer autour d'autres valeurs et il serait tout à fait inopportun de refaire les mêmes erreurs que la commission LISSAJOUS, en 1858, dont les conclusions néfastes se font en-

core sentir de temps à autre de nos jours (flûtes recoupées, par exemple).

La méthode que nous avons mise au point à l'occasion de toutes ces recherches est raisonnable; elle tient compte des variables en présence, qui sont nombreuses et parfois difficiles à saisir; sa précision est largement suffisante et il est bien inutile de mesurer des fractions de Hertz. Le diagramme théorique des températures (fig.3) permet de prévoir approximativement à quel diapason peut monter un orchestre lorsqu'il joue dans des conditions extrêmes de température. D'autre part, comme nous conservons les enregistrements faits par nous, où tout reste contrôlable en raison des précautions prises, il est dorénavant possible de reprendre périodiquement, tous les 5 ou 10 ans, des mesures sur le diapason; il sera donc possible, ultérieurement, de préciser objectivement et sur des bases sérieuses s'il y a " montée " du diapason ou non.

Nous espérons, par nos recherches, avoir fait oeuvre utile dans la mesure où elles sont susceptibles de calmer certaines inquiétudes nées d'une campagne de presse inconsidérée. Il était de toutes façons nécessaire de faire le point quant aux affirmations sur une soi-disant montée constante du diapason, affirmations maintenant répétées depuis un siècle, sans fondements sérieux et dont le seul résultat était de perpétuer, en sensibilisant l'opinion, un climat de mécontentement et de suspicion réciproques, préjudiciable tant aux facteurs d'instruments qu'aux musiciens qui ont bien assez de soucis autrement.

N O T E

Nous avons eu le plaisir d'avoir parmi nous, à notre réunion, Jurgen MEYER, que nous connaissons déjà bien, en particulier pour nous avoir exposé au G.A.M., l'an dernier, ses résultats obtenus au P.R.B. (Physikalisch Technische Bundesanstalt) sur le pouvoir directionnel des instruments de musique. On sait que LOTTERMOSER dirige la section de recherche de physique des instruments de musique au P.T.B. et ses recherches sur la valeur statistique du diapason, faites avant la guerre, avaient été utilisées par la commission de l'I.S.O. à Londres en 1939.

LOTTERMOSER utilisait alors l'enregistrement automatique au "la₃" grâce à un dispositif qu'il avait construit. Chaque fois qu'un "la₃" apparaissait lors de l'enregistrement, l'appareil inscrivait une ligne dont les écarts par rapport avec une horizontale étalonnée (par exemple 440 Hz) fournissait, en cents, les déviations du la₃.

SEASHORE, avant 1938, utilisait déjà un appareillage similaire pour étudier le vibrato et a donné des exemples de diagrammes obtenus, dans son ouvrage (PSYCHOLOGY OF MUSIC). Cette méthode a l'avantage d'être automatique et de fournir un grand nombre de résultats précis; mais il est évident que si on considère ce qui a été précisé plus haut, sur le problème de l'attraction et de la tonalité, l'appareillage était inadéquat sauf pour la tonalité " la majeur " ; à condition qu'il n'y ait pas de modulations en cours d'exécution.

Pour pallier à ces inconvénients, le PTB a reconstruit un autre appareil permettant de choisir la note dont on veut mesurer les fluctuations de hauteur, parmi les 12 notes tempérées de la gamme; la marge utilisable étant de 100 cents, soit un demi-ton.

L'idée de l'appareillage est intéressante. On possède des inscripteurs classiques de fréquence, mais permettant seulement l'enregistrement de fréquences tournant autour de 5000 Hz, qui sortent par conséquent du champ des fondamentaux musicaux. Une disposition ingénieuse consiste alors à utiliser un modulateur à anneau permettant d'ajouter et de soustraire une basse fréquence quelconque de la fréquence de base 5000 Hz. Prenons un exemple concret :

Soit un signal de 250 Hz (par exemple le fondamental d'un do₃ de violon, préalablement extrait par filtrage). En mélangeant ce signal par l'intermédiaire d'un modulateur à anneau avec la fréquence de référence de 5000 Hz, on obtient un signal complexe....

...../

comportant un mélange de $5000 + 250 = 5250$ Hz et de $5000 - 250 = 4750$ Hz. Un filtre coupe tout ce qui est en dessous de 5000 Hz (donc on élimine 4750 Hz) et il reste uniquement 5250, fréquence qui est alors inscrite sur une bande de papier sous l'aspect d'une horizontale. Si maintenant la fréquence du signal basse fréquence vient à se modifier, par exemple si elle passe graduellement à 280 Hz, il est évident que la sommation augmente; à la fin on aura: $5000 + 280 = 5280$ Hz. Aussi le trait monte-t-il et l'écart de 5250 à 5280 peut être étalonné en intervalles musicaux, savarts ou en cents. En d'autres termes on peut graduer les ordonnées en cents par exemple et le dispositif est alors très intéressant pour étudier le vibrato dont Jurgen MEYER nous en a donné quelques exemples. Dans le domaine de mesure du diapason, ce dispositif est beaucoup plus intéressant que le précédent, puisque théoriquement on peut tenir compte de la totalité. I_1 a l'avantage d'être automatique et de fournir de nombreux documents, c'est à dire de réaliser un aspect statique du diapason. Cependant, il convient de faire de nombreuses restrictions. D'abord, il est évidemment nécessaire "d'accorder" constamment l'appareil sur l'intonique, ce qui suppose, lors des modulations, une préparation préalable de la partition et un repérage à l'oreille du passage considéré; bref, il faut un musicien pour manipuler l'appareil. D'autre part, si la méthode fournit de nombreux documents, il est évidemment nécessaire de les dépouiller à la lumière des observations faites plus haut sur les problèmes de perception des hauteurs en fonction des paramètres physiques et esthétiques en présence. Bref, l'automatisme de l'enregistrement ne résoud le problème qu'en apparence. Ainsi, Nello CASTELLENGO, lors de ses relevés, fait-elle tout du long un travail intelligent, notant des observations, sélectionnant des notes à mesurer selon de nombreux critères, revenant en arrière ici et là toute opération qu'une machine simple est incapable de faire. En d'autres termes, la machine fournit un très grand nombre de documents très précis mais qui n'ont de signification que s'ils sont dépouillés en fonction du contact musical de chaque note. Ceci suppose, de toute façon, une analyse préalable de l'oeuvre et un repérage précis de chaque note: finalement, le gain de temps avec un enregis-

trement automatique est très problématique et de toute façon il faut interpréter chaque mesure sinon le résultat final perd toute signification. Ceci sans parler des problèmes que pose la région frontière entre deux notes où, en cas de dépassement, il faudrait réenregistrer deux fois le même passage: une fois pour la partie d'une note qui est en deçà, une fois pour celle qui est au delà de la frontière. Ce moyen technique nous semble donc beaucoup plus intéressant pour l'étude des fluctuations de hauteur de la musique considérées du point de vue esthétique (déviations, vibrato etc...) que dans le problème du diapason. Mais enfin, tout le monde sait qu'un appareil ne vaut, de toute façon, que dans la mesure où on sait "jouer avec" et celui-ci peut être précieux; c'est pourquoi nous remercions Jurgen MEYER de nous avoir signalé son principe et donné quelques résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- ELLIS (A.J.) The history of musical pitch (1885)
in "the sensation of tone" (Helmholtz DOVER
New York 1954.
- 2- CACIOTTI M. RIGHINI P. SAVELLI V.
Un instrument électronique pour l'accord
des grands orchestres.
Annales TELEC. Tome 12 n) 10 Oct. 1957
- 3- PASQUALINI G. La questione del diapason.
Academie Santa Cecilia . Rome avril 1952
- 4- PASQUALINI G. Referendum per l'unificazione del diapason
Académie Santa Cecilia. Rome 1953
- 5- LEIPP E. Le problème du diapason
Bulletin GALF n°3 Février 1964 (Ed. interne
Fac. Sciences Paris)
- 6- LEIPP E. Le problème du diapason
Das Musikinstrument Février 1962
- 7- CASTELLENGO M. Le problème de la normalisation du diapason
Exposé au groupement des Acousticiens de
Langue française (GALF) avril 1968.
A paraître dans: Revue d'Acoustique française
- 8- MUSIQUE ET INSTRUMENTS n°5 (mai, juin 1965)
Le diapason (référendum)
- 9- PETIOT A. - Au sujet du diapason
Musique et Instruments. Juillet 1965
- 10- PETIOT A. - Relativité du diapason
Journal de la Confédération musicale de
France . Aout, Sept. 1965
- 11- DUMESNIL R. Il faut enfin fixer le diapason
LE MONDE 30 sept. 1965 p.15
- 12- ANSERMET E. Au sujet du diapason
Musique et Instruments n°7, Sept. Oct. 1965
- 13- MAILLOT Ch. Au sujet du diapason
Musique et Instruments n°8, Nov. Dec. 1965
- 14- MAILLARD P. Diapason; Faisons le point.
Musique et Instruments n°9, Fevr. 1966
- 15- DUMESNIL R. Deux périls menaçants: la hausse du diapa-
son et l'accélération du tempo.
LE MONDE, 28 juin 1966, p.15
- 16- CONSEIL DE L'EUROPE Note de la Division des Affaires
Culturelles: La normalisation du diapason.
Note CCC/AC (67) 69 VI. 323

- 17- X ? Le niveau du diapason.
Musique et Instruments. Sept. Oct. 1967
- 18- Y ? Problèmes du diapason. Janv. Fev. 1968
- 19- . ? Problèmes du diapason. Mars Avr. 1968
- 20- CASTELLENGO M. Rapport sur le diapason pour le CONSEIL DE
L'EUROPE , mars 1968
- 21- MEYER J. Akustic des Holzblasinstrumente das
Musikinstrument. 1966.

DISCUSSION

M. BATISSIER. Le taux d'humidité joue-t-il un rôle dans la hauteur des sons instrumentaux?

M. LEIPP. Pour les "cordes" c'est certain; pour les vents, il n'y a pas d'effet en pratique, sinon direct, du fait de la condensation au voisinage de l'anche ou des trous.

M. MANEN. Vos méthodes sont-elles utilisables avec la musique contemporaine?

M. LEIPP. Si la musique n'est pas tonale, on peut, en principe, mesurer le "la" ou toute autre note; mais en fait, les musiciens exécutants qui peuvent le faire jouent toujours sur l'attraction, consciemment ou non. Pour des musiques "aléatoires" des "nuages de sons" des mesures n'ont pas de sens.

Melle G. MOUFFLARD. A l'étranger, en particulier en Allemagne, tous les pianos sont accordés à 440 Hz; je suis à l'aise sur ma flûte LOT alors qu'en France j'ai toujours des problèmes.

M. SACKUR. A la radiodiffusion, à Francfort comme à Bruxelles, il existe pourtant des diapasons électroniques qui sont tous à 443-44 Hz.

M. LEIPP. Je ne crois plus guère qu'aux mesures que nous faisons nous-mêmes... Or Melle CASTELLENGO a vérifié que les références sur les bandes étrangères tournent toutes autour de 443-444. En effet, je pense qu'on a sensibilisé et complexé tout le monde: personne n'ose dire qu'il accorde à 443-444 mais tout le monde le fait dès que l'on se donne la peine de vérifier objectivement.

M. MANEN. Si on écoute les grandes orgues du siècle dernier, comme par exemple St Sulpice, ils sont tous 1/2 ton trop bas.

M. LEIPP. On ne peut pas donner de réponse simple; d'autre part, il est absolument indispensable de préciser la température: s'il fait 10° C ou 35° C il est évident que les différences peuvent être considérables sans que l'on n'y puisse rien en pratique, sauf réaccorder les anches pour avoir un instrument juste... Avec Claude Charpentier j'ai eu plusieurs fois l'occasion de jouer en orchestre à St Germain des Frés le 11 Novembre: il était impossible d'arriver à accorder orchestre et orgues. Mais il faut aussi rappeler qu'un demi ton à l'oreille peut être beaucoup plus rétréci que ne le veut la théorie numérique!

M. SASSO. 90% des pianos anciens ne peuvent supporter un accord supérieur à 440 Hz. Or un enfant qui travaille sur le piano de son professeur et qui rentre chez lui pour retrouver son piano accordé un quart de ton en-dessous, finit par se dégouter de la musique et, selon mon expérience, beaucoup d'enfants ont l'oreille assez sensible de ce point de vue.

M. LEIPP. Ce problème est compliqué, comme tous ceux de la musique! La mauvaise tenue de l'accord vient de la mauvaise tenue des chevilles; il faudrait faire des pianos neufs à prix abordable et accepter de les renouveler comme on l'accepte pour une automobile! Mais ça c'est une autre histoire, comme vous savez.

M. OUNA. J'ai retenu qu'il était nécessaire de préciser chaque fois la température, sinon un nombre ne signifie rien. Disons que le diapason est à 440 Hz pour 18°C.

M. LEIPP. C'est cela; les corrections peuvent être déduites en gros du diagramme théorique donné tout à l'heure, en se rappelant que les écarts réels sont un peu plus faibles et qu'il est oiseux de chipoter sur les virgules en raison des fluctuations obligées.

M. MANEN. Vous avez parlé de la force d'appui du chevalet sur le violon. Quand on tire plus fort, l'angle devient plus important !

M. LEIPP. Non! une augmentation de tension provoque bien sûr une augmentation de force d'appui; mais il ne faut pas oublier que la tension des cordes provoque également une force appliquée à l'extrémité de la table (flambement) et qui réagit en sens inverse du chevalet. Si l'instrument était correctement équilibré, il le restera même si on augmente la tension des cordes; ce qu'il ne faut surtout pas, c'est déséquilibrer l'instrument en baissant le chevalet, erreur que l'on commet tout à fait généralement à la suite de raisonnements simplistes; on diminue alors bien la force d'appui sur la table, mais on augmente la poussée vers le haut, résultant du flambement; si l'instrument était bien équilibré avant, il ne l'est plus et il se déformera dès lors.

M. SASSO. Les personnes qui iront à Salzbourg viendront surtout avec des idées préconçues, vous devriez diffuser vos résultats.

M. LEIPP. Nous nous y employons et j'espère que cela servira à quelque chose...

M. TRAN Van KHE. Les chinois se souciaient du diapason il y a bien longtemps et pensaient que sa stabilité conditionnait directement celle de la société; l'histoire des lius est bien connue : la longueur du tuyau-diapason était déterminée à partir des unités métriques du moment; on a fait des calculs savants: le diapason semble avoir été voisin du mi_3 .

M. ETTLINGER. Nous autres musiciens avons observé depuis longtemps que le cor anglais et le hautbois baissaient quand la ligne mélodique baissait et inversement; je suis donc heureux de confirmer ce que disait tout à l'heure Melle CASTELLENGO.

M. FORET. En effet, et nous savons que le phénomène se produit avec tous les instruments à colonne d'air conique!

M. SASSO. Du 23 au 25 nous avons une réunion EUROPIANO à Copenhague où cet irritant problème du diapason sera posé. J'aimerais bien pouvoir apporter votre documentation.

M. LEIPP. Nous ferons le nécessaire pour cela.

M. SIESTRUNCK. Notre seul désir est de rendre service; nous ne pouvons le faire qu'avec la collaboration des intéressés eux-même et je voudrais , de ce point de vue, remercier tout particulièrement M. AGOSTINI grâce à qui l'impulsion a été donnée.