

LE PROBLÈME DE LA NORMALISATION
DU DIAPASON

Mlle M. CASTELLENGO

LE PROBLÈME DE LA NORMALISATION DU DIAPASON*

I. — INTRODUCTION

Le diapason dont il sera question ici est la fréquence de référence sur laquelle doivent s'accorder les musiciens en musique d'ensemble. On choisit généralement celle de la note LA₃ (a' en Allemagne, A₄ aux U.S.A.).

Jusque vers la fin du 17^e siècle il y avait pratiquement autant de diapasons que de lieux. L'étalon était alors la fréquence donnée par un tuyau à bouche, ouvert, de 8 pieds de long (Bib. 1 et 2) ; mais comme les mesures métriques de même nom variaient d'un pays à l'autre, le diapason subissait des fluctuations parallèles qui pouvaient être considérables. Ainsi il était une tierce mineure plus bas en Italie qu'en Saxe ! Cet état de choses ne portait pas trop à conséquence tant que les musiciens restaient dans leur province.

Dès que les instruments et les hommes se sont mis à circuler, une entente s'est avérée nécessaire.

La première réunion internationale eut lieu à STUTTGART en 1834 et fixa la fréquence d'accord à 440 Hz (880 vibrations doubles de l'époque).

En 1859, la Commission LISSAJOUS-HALEVY, du Conservatoire des Arts et Métiers, réunit un grand nombre de diapasons à fourches utilisés dans les orchestres de France et de l'étranger afin de les examiner. Les diapasons de cette Commission existent aujourd'hui encore dans la collection du Musée du Conservatoire de Musique. Nous avons pu les mesurer (Fig. 1). On voit qu'à l'exception de quatre d'entre eux, tous ces diapasons étaient au-dessus de 440 Hz. La Commission décide alors de baisser le diapason

et adopte 435 Hz, chiffre confirmé peu après par un décret gouvernemental.

Par la suite, d'autres réunions Internationales ont lieu :

1885, Conférence internationale de Vienne. On adopte 435 Hz.

1939, réunion préparatoire de l'I.S.O. à Londres. La question est posée à des laboratoires officiels qui font des mesures statistiques sur le LA₃, à partir de retransmissions radiophoniques en direct.

1953, l'I.S.O. adopte 440 Hz à 20°C, et cette recommandation est entérinée peu après par l'A.F.N.O.R.

Ces résultats semblent pourtant remis en question aujourd'hui, puisque le Conseil de l'Europe rassemble des documents en vue d'une nouvelle réunion prévue à Salzbourg, cet été, et que l'Association Européenne des Facteurs et Réparateurs de pianos (Europiano) procède de son côté à une enquête auprès des Conservatoires et Ecoles de Musique pour établir une entente commune sur l'accord des pianos.

On peut se demander pourquoi il y eut tant de réunions et tant de littérature sur ce sujet et pourquoi les normes décidées sont périodiquement remises en question.

La question nous a intrigués et nous avons organisé au laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences, une première réunion d'information, en Février 1964 (Bib. 3), à laquelle

* Conférence présentée au G.A.L.F. le 4 Avril 1968.

** Laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences de Paris (Département du Laboratoire de Mécanique Physique), 9, quai Saint-Bernard, Paris-V^e.

les 24 DIAPASONS de la COMMISSION C.N.A.M. 1858

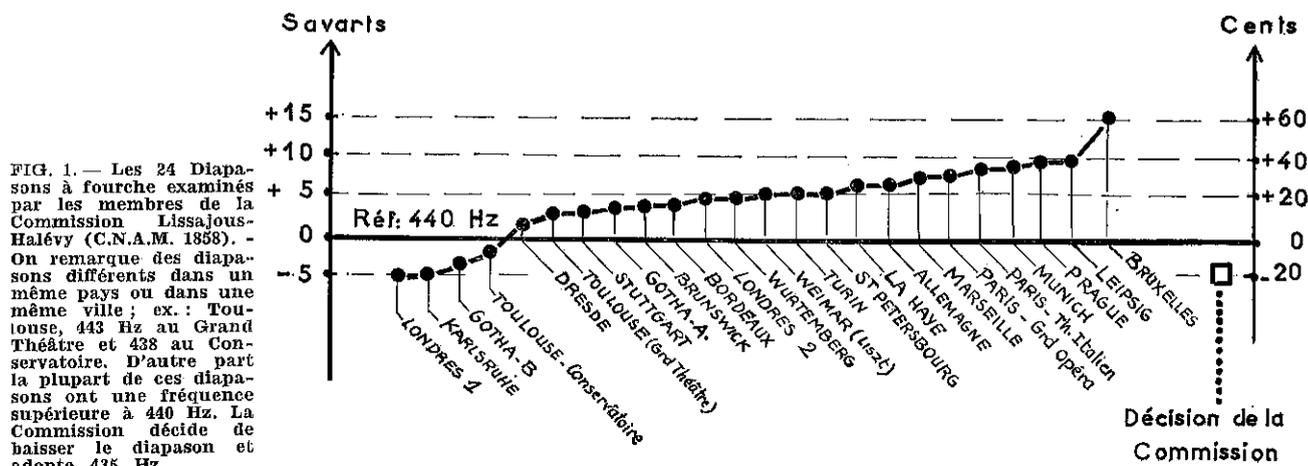


FIG. 1. — Les 24 Diapasons à fourche examinés par les membres de la Commission Lissajous-Halévy (C.N.A.M. 1858). — On remarque des diapasons différents dans un même pays ou dans une même ville ; ex. : Toulouse, 443 Hz au Grand Théâtre et 438 au Conservatoire. D'autre part la plupart de ces diapasons ont une fréquence supérieure à 440 Hz. La Commission décide de baisser le diapason et adopte 435 Hz.

ont participé des instrumentistes, des chanteurs, des facteurs d'instruments.

Deux conclusions nettes nous sont apparues :

- Le problème est en fait beaucoup plus compliqué qu'on ne pense, car il fait intervenir des facteurs physiques, musicaux et psychophysiologiques qui n'ont pas toujours été pris en considération.
- On parle communément de la hausse du diapason ; hausse par rapport à quoi ? En fait, aucune personne de l'assistance n'était capable de dire avec précision, à quel diapason jouent actuellement les musiciens des théâtres lyriques et des associations symphoniques.

Nous avons donc décidé d'entreprendre au laboratoire, une série d'études, pour connaître ce que font les musiciens.

Grâce à la collaboration de M. R. DUCLOS, chef des Chœurs de l'Opéra, malheureusement décédé entre temps, qui a donné l'impulsion, puis de M. AGOSTINI, Directeur Technique de l'Opéra, nous avons pu faire des mesures sur les pianos de l'Opéra, sujets de plainte de la part des chœurs, et des enregistrements pendant des représentations réelles, à l'Opéra et à l'Opéra-comique.

Nous avons ainsi mis au point une méthode d'étude originale pour dépouiller les résultats en fonction des idées que nous avons. Enfin, dernièrement, nous avons pu élargir notre point de vue en effectuant des mesures sur des bandes magnétiques envoyées d'Angleterre, d'Italie, de Belgique et nous en attendons d'Allemagne.

II. — METHODE D'ETUDE DU DIAPASON

A) GENERALITES

a) Des mesures sur les diapasons à fourche ne signifient pas grand chose ; s'ils donnent une

fréquence bien définie, ils ne peuvent pas nous renseigner sur la réalité musicale. En effet, les musiciens s'accordent traditionnellement sur le hautbois, dont le timbre riche en harmoniques est bien entendu de tous les musiciens. Or, contrairement à une opinion largement répandue, le hautbois est loin de donner des sons de hauteur fixe, bien au contraire ! Cet instrument permet de monter ou de descendre une note donnée, d'un demi-ton, rien qu'en pinçant l'anche... (Bib. 4). On peut donc relever l'accord de départ des musiciens, mais celui-ci change dans le temps et il est au moins aussi important d'en connaître l'évolution au cours de l'exécution musicale.

b) On associe par définition la fréquence de la note LA₃ à l'idée de diapason ; mais on risque ainsi d'être en dehors du problème pour des raisons tenant à la nature même de la musique comme on va voir.

La musique tonale et même la plupart des musiques modernes, bien que leurs auteurs s'en défendent, sont basées sur le phénomène de l'**attraction**. Les instruments ayant un champ de liberté des hauteurs : violon, flûte, hautbois, clarinette, etc... changent constamment la hauteur des notes qu'ils jouent, selon le contexte musical. Ce phénomène, connu plus ou moins consciemment des musiciens est toujours sous-estimé dans son importance, car l'oreille est la première trompée. En effet, dans un passage attractif, on entend positivement un demi-ton là où il n'y a qu'un quart de ton ou même moins. Nous en faisons journellement l'expérience au laboratoire.

Prenons pour exemple une œuvre orchestrale écrite dans le ton de SI_♭ majeur ou mineur. Le LA, sensible inférieure de la tonique est attiré par cette dernière. Dans la succession SI_♭, LA, SI_♭ on jouera le LA très près du SI_♭, en réalisant un intervalle beaucoup plus petit que le demi-ton théorique (Fig. 2). Si maintenant on se trouve dans la tonalité de SOL_♯ mineur ou de LA_♭ majeur, la note LA se trouvera

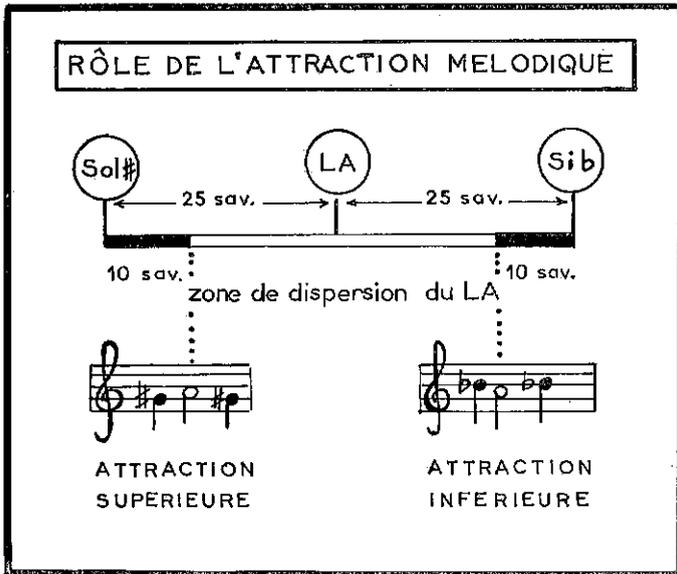
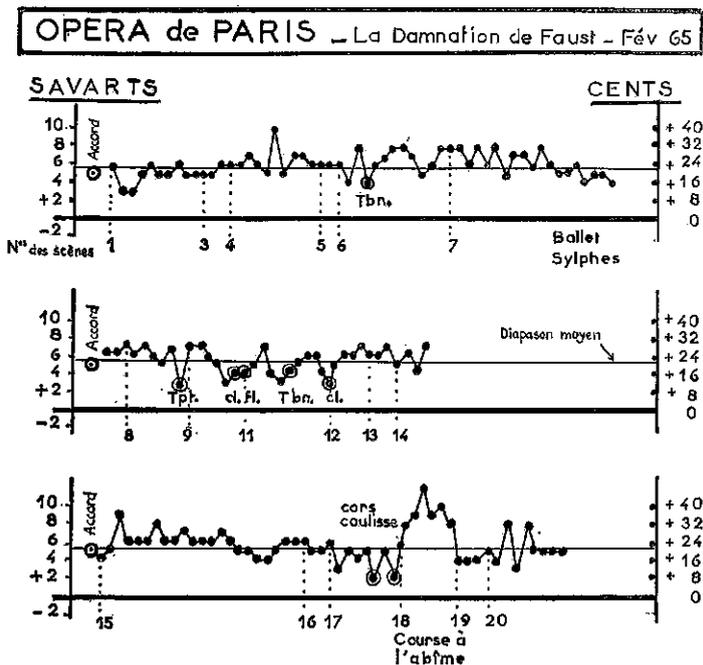


FIG. 2. — Rôle de l'attraction mélodique. Pour tous les instruments à sons variables, la place d'une note musicale — par exemple le « LA » — varie dans de grandes proportions selon le contexte tonal ou mélodique. Il faut donc prendre soin de ne mesurer que des notes stables : la tonique et la dominante du ton où l'on se trouve.

FIG. 3. — Mesure du diapason à l'Opéra de Paris. (Février 1965, « La Damnation de Faust » H. Berlioz). — Au cours d'une représentation dramatique, le diapason subit des fluctuations dues à de nombreux facteurs : variations de température des instruments à vent, différences de température salle-couloirs, modification de la perception de la hauteur par effet de filtrage, changements de tempo etc... Dans le cas de l'Opéra de Paris, les fluctuations sont très faibles (+ 5 Hz — 3,8 Hz) et le diapason moyen statistique remarquablement stable.



Diapason moyen: 445,8 Hz $T^{\circ} = 22^{\circ}C$

On prend pour référence la gamme tempérée, base $LA_3 = 440$ Hz
 Abréviations : Tbn (Trombone) - Tpt (Trompette) - cl. (clarinette)
 fl (Flûte)

cette fois-ci attirée vers le bas puisqu'elle est sensible supérieure de la tonique. Si on change de tonalité un grand nombre de fois dans le courant d'un même morceau, on aura au total une dispersion de plus d'un demi-ton (25 savarts ou 100 cents). Dans ce cas, les mesures précises n'ont plus de signification.

Il faut donc repérer au passage les notes stables de la tonalité à savoir la **TONIQUE** et la **DOMINANTE**, et ne mesurer que celles-ci. Ceci suppose un grand entraînement de l'audition musicale pour effectuer l'analyse tonale de la partition, et une excellente oreille pour « entendre les notes ».

B) METHODE

On commence donc par faire un enregistrement sur un magnétophone de haute qualité ayant un défilement rigoureux. Il est de toutes façons nécessaire d'avoir un **contrôle de défilement** en enregistrant une fréquence connue (diapason à fourche, pistonphone de 1.000 Hz, etc...) à certains intervalles de temps, début et fin de bande, etc... Ce contrôle est indispensable.

Il est bien connu que la célérité du son dans l'air varie avec la température. On doit donc connaître la température :

- au lieu d'enregistrement,
- dans la fosse d'orchestre (pupitre du hautbois),
- dans les coulisses des théâtres lyriques.

Le dépouillement se fait au laboratoire. On utilise un accordeur électronique (B.L.N.) qui permet de mesurer l'écart en savarts ou en cents d'une note donnée par rapport à la note correspondante de la gamme tempérée, base $LA_3 = 440$ Hz prise pour étalon. L'appareil est manié par un musicien entraîné qui repère simultanément les notes mesurées sur la partition musicale, toniques et dominantes de la tonalité, et indique le type d'instrument, ce qui a son importance.

Enfin on porte les résultats sur un graphique.

III. — RESULTATS

a) **OPERA DE PARIS** — « La Damnation de Faust » de Berlioz. Fév. 1965 — $T^{\circ} 22^{\circ}C$.

Pour cette première analyse nous avons fait 145 mesures réparties tout au long de l'œuvre afin de connaître l'évolution du diapason au cours d'une représentation complète.

La fig. 3 montre les écarts en savarts et en cents par rapport à la gamme tempérée base $LA_3 = 440$ Hz.

Etant donné que nous avons pris la précaution de ne mesurer que des notes stables on pouvait s'attendre à trouver pour les mesures des résultats très voisins ; or il n'en est rien.

On n'observe pas non plus de montée constante.

En fait, le diapason ne peut se définir que de façon statistique : c'est la fréquence moyenne

autour de laquelle se répartissent les mesures avec des marges de fluctuations variables.

Les causes de ces fluctuations sont très nombreuses :

CAUSES PHYSIQUES

1) **Rôle de la température.** La fréquence des sons fournis par les instruments à vent est liée à la température de la colonne d'air. Or celle-là varie de façon complexe pendant les premières minutes de jeu, comme le montre la figure 4 pour une flûte traversière. Au cours d'une œuvre musicale, les instruments à vent jouent tour à tour, se réchauffant pendant 2 à 3 minutes de jeu consécutif et se refroidissant pendant les silences. Corrélativement, leur diapason monte ou descend.

Ainsi, les mesures entourées d'un cercle sur le graphique, correspondent à l'entrée de cors, clarinettes, flûtes qui sont plus bas que l'orchestre.

2) La différence de température entre la salle et les coulisses où règnent de nombreux courants d'air est aussi à l'origine de fluctuations du diapason, pour les mêmes raisons que précédemment. On voit par exemple que les cors jouant en coulisse sont en moyenne 2 à 3 Hz en-dessous de l'orchestre.

CAUSES PSYCHO-PHYSIOLOGIQUES

Le mécanisme de la perception de la hauteur des sons complexes est encore mal connu. Nous avons particulièrement observé :

1) **L'effet de filtrage.** Dans le cas d'instruments jouant en coulisse ou dans une partie de la scène fortement garnie de rideaux et de

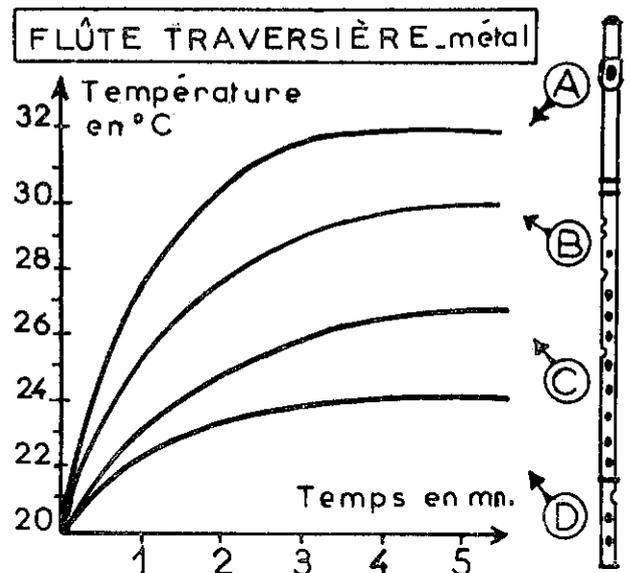


FIG. 4. — Evolution de la température intérieure d'une flûte traversière pendant les premières minutes de jeu. — Pour une température extérieure de 20°C l'instrument se réchauffe graduellement et n'est stable qu'au bout de 5 minutes. Pendant tout ce temps le diapason s'élève progressivement.

dispositifs scéniques, une partie importante des composantes aiguës du spectre rayonné est absorbée, et la note perçue dans la salle semble plus basse. Les musiciens rectifient en conséquence ce qui produit des fluctuations du diapason.

2) **Rôle du tempo.** On sait que les propriétés de notre système perceptif dépendent étroitement de notre état physiologique. Lorsque nous participons à une action dramatique, tendue, nous ressentons une émotion ; celle-ci s'accompagne de modifications neuro-végétatives (par exemple le pouls s'accélère), et perceptives (le temps semble passer plus vite). Or le temps

HISTOGRAMMES DES MESURES DU DIAPASON

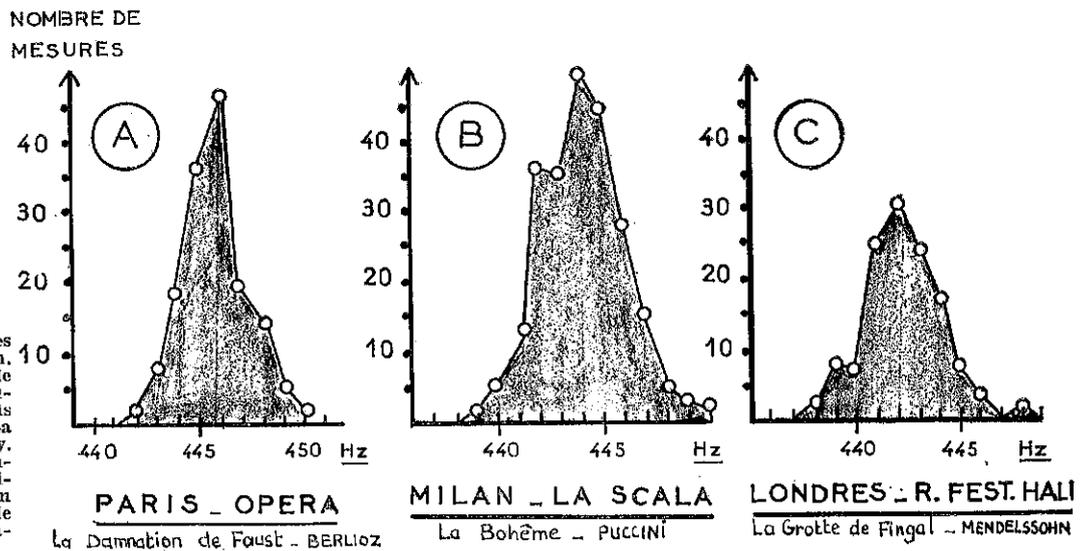


FIG. 5. — Histogrammes des mesures du diapason. Résultats comparatifs de la répartition des mesures du diapason, à Paris (Opéra), Milan (Th. La Scala) et Londres (Roy. Fest. Hall). L'histogramme permet de déterminer le diapason moyen statistique et l'ordre de grandeur des fluctuations.

et la fréquence sont liés. On constate alors effectivement que les musiciens accélèrent le tempo et que le diapason monte, comme on le vérifie lors de la « course à l'abîme ».

Les musiciens ont donc à faire face à un grand nombre de difficultés : il faut concilier les problèmes de l'orchestre, des chanteurs, des solistes, des chœurs, de la fanfare dans les coulisses, avec les exigences théâtrales, étrangères à la musique. **On ne peut qu'admirer les résultats des musiciens de l'Opéra de Paris : le diapason est remarquablement stable (445,8 Hz) très voisin de l'accord initial précédant chaque acte (445 Hz) et les fluctuations sont faibles (+ 5 Hz — 3,8 Hz).**

On peut aussi présenter les résultats sous forme d'histogramme affectant l'allure d'une courbe de Gauss (Fig. 5A).

b) **SCALA DE MILAN** — « La Bohème » de Puccini. Mars 1968 — T° 22°C.

Il est intéressant de comparer les résultats obtenus à la Scala avec ceux de l'Opéra de Paris, puisqu'il s'agit de deux théâtres lyriques (Fig. 5B).

On retrouve la même allure générale dans le graphique détaillé, avec toutefois une marge de dispersion plus grande + 6 Hz
— 5 Hz

Le diapason moyen est de 444 Hz alors que l'accord initial se fait sur 442 Hz.

c) **LONDRES** — Royal Festival Hall « La Grotte de Fingal » de Mendelssohn.

La musique symphonique pose en principe moins de problèmes puisque le déroulement d'un concert est infiniment plus simple que celui d'une représentation dramatique (Fig. 5C).

Pour une température moyenne de 22°C, le diapason moyen est de 442 Hz alors que la fréquence initiale d'accord était en principe de

440 Hz. Ecart maximum et minimum + 6 Hz et — 4 Hz.

IV. — CONCLUSIONS

Le problème de la normalisation du diapason est beaucoup moins simple qu'on ne pouvait le penser a priori. Il est louable et utile de chercher à établir une entente internationale, mais on s'aperçoit une fois de plus qu'on ne peut pas se contenter d'un chiffre lorsque l'élément humain est en cause. Le problème n'est d'ailleurs pas si grave ; il l'était bien plus du temps de Praetorius ! Les résultats des analyses que nous avons faites montrent qu'une sorte d'entente tacite s'est pratiquement réalisée, due au fait que les musiciens voyagent beaucoup et entendent les retransmissions radio-phoniques de tous les pays. Si l'on veut imposer une norme, il faut d'abord tenir compte de ce qui se fait actuellement ; on ne peut fixer un nombre rigide : **il faut définir une valeur moyenne et des marges à ne pas dépasser dans des conditions de température définies.** On peut alors raisonnablement espérer que la législation sera suivie d'effet.

Exposé fait au G.A.L.F. le 4 Avril 1968.

Bibliographie

- (1) PRAETORIUS.
« Syntagmatis Musici ». Wolfenbuttel - 1618.
- (2) E. LEIPP.
« Le problème du diapason ». In Das Musikinstrument - Frankfurt - Février 1962.
- (3) E. LEIPP.
« Le problème du diapason ». Bulletin du G.A.M. N° 3 - Février 1964. Edition Interne de la Faculté des Sciences de Paris.
- (4) E. LEIPP.
« Les champs de liberté des instruments de musique ». Bulletin du G.A.M. N° 10 - Février 1965. Edition interne de la Faculté des Sciences de Paris.